

*На правах рукописи*

Цюй Чэнцзюнь

**Влияния природных и антропогенных факторов на  
экологическое состояние болота Джалон (КНР)**

Специальность 25 00 36 – «геоэкология»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени кандидата  
географических наук

Санкт-Петербург

2008

Работа выполнена на кафедре экологии Российского государственного гидрометеорологического университета и в Метеорологическом управлении провинции Хэйлунцзян Китая.

Научный руководитель: Доктор биологических наук В.Б.Сапунов  
Официальные оппоненты: Доктор географических наук Д.А.Субетто,  
Доктор географических наук М.Б.Шилин.

Ведущая организация – Государственный Гидрологический институт.

Защита диссертации состоится «25» декабря 2008 г. в 15 часов на заседании специализированного совета Д. 212.197.03 в Российском Государственном Гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, г. Санкт-Петербург, пр. Металлистов, дом 3, ауд. 406-б, тел. (812) 224-16-59.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского Государственного Гидрометеорологического университета  
Автореферат разослан « 25 » ноября 2008 г.

Ученый секретарь специализированного совета  
Профессор, доктор технических наук.

П.П. Бескид

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность исследования.** Болото является важным для регионального биоразнообразия и регуляции среды типом экосистем. Его основные экологические функции: накопление торфа, сохранение биоразнообразия и ресурсов вод, очистка вод и т.д. Болото Джалон – важное и знаменитое болото Китая, является типичным низинным болотом. Благодаря его мощной экологической функции оно играет важную роль для стабильности регионального экологического состояния. В последние годы под влиянием неблагоприятных природных и социальных факторов в болоте Джалон намечилось вырождение экологической системы. Изучение экологических процессов на болоте, анализ природной обстановки составляют основу настоящей работы.

Болото Джалон является основным местом размножения и миграции многих птиц. В болоте Джалон велико биоразнообразие. В 1992 году болото Джалон было включено в международный список особо значимых болот. Благодаря огромным экологическим функциям болото Джалон играет важную регулирующую роль для экологического состояния всей равнины Соннэн. В последние годы изменение климата и нерациональное использование природных ресурсов вызвали ухудшение состояния болота. Строительство гидротехнических сооружений, промышленное и сельскохозяйственное загрязнение и нерациональное освоение окружающих территорий оказали неблагоприятное влияние на экологические процессы на территории болота Джалон: сокращение площади болота, загрязнение воды, изменение растительности, уменьшение биоразнообразия и т.д. Таким образом, охрана и сохранение болота Джалон - важная и актуальная задача. Чтобы успешно проводить работы по охране болота, изменить тенденцию ухудшения его состояния, необходимо выяснить динамику основных экологических процессов в болоте Джалон за последние годы и проанализировать влияние на них различных факторов.

**Цель исследования.** Целью настоящей работы, является изучение и оценка экологических факторов, влияющих на состояние экосистемы болота Джалон, оценка состояния болота и разработка предложений по сохранению болота в будущем.

### **Задачи:**

1. Дать анализ основных экологических и климатических процессов, изменений во флоре, фауне, растительности и животном населении на болоте Джалон с 60-х – 50-х гг. XX в. по настоящее время.
2. Проанализировать влияние природных факторов на экологические процессы болота Джалон.
3. Оценить в количественном и качественном аспекте роль антропогенного фактора в динамике состояния болота.
4. Представить научные рекомендации по сохранению болота Джалон в будущем.

### **Научная новизна и практическая ценность.**

1. Впервые дан комплексный анализ различных факторов, влияющих на экологическое состояние болота Джалон и окружающих территорий.
2. Впервые сделана подробная оценка экологического отклика болот на воздействие со

стороны изменяющейся и развивающейся окружающей среды.

3. Впервые получены обобщающие данные по основным экологическим процессам данного района Китая.

4. Создана схема сукцессии болотных растительных сообществ применительно к данному региону.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Комплексная оценка экологической обстановки на территории болота Джалон с выявлением основных тенденций в условиях роста антропогенного пресса.

2. Оценка возможности самоочистки вод и восстановления естественных экосистем.

3. Набор рекомендаций, направленных на рационализацию основных форм природопользования на территории болот.

**Практическая значимость работы** определяется тем, что впервые систематизированы данные по экосистемам болота Джалон, составлена перспектива развития этого региона и представлены конкретные рекомендации по рационализации природопользования на рассмотренной территории.

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались и обсуждались на семинарах Российского Государственного гидрометеорологического университета, на международной конференции памяти А.Л.Чижевского (С-Петербург, 2007), на международных конференциях по проблемам климата в Харбине (Китай, 2007), на конференции "История науки и техники" (С-Петербург, 2008), на конференции "Ученые XXI века" (С-Петербург, 2008)

**Публикации.** Основное содержание работы изложено в 5 публикациях, две из которых – в изданиях списка ВАК.

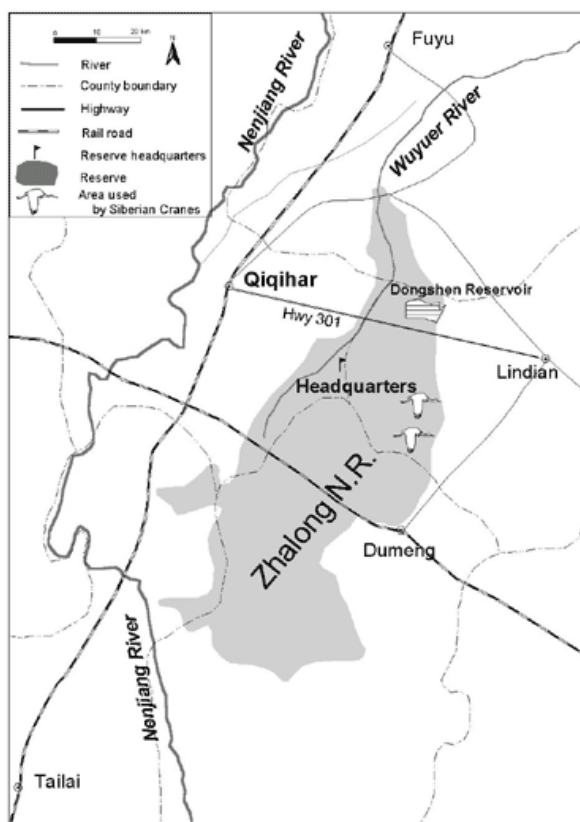
**Объем и структура работы.** Работа состоит из введения, 6 глав, рекомендаций, выводов, списка литературы, включающего 125 названий и приложения. Работа напечатана на 132 страницах, включает 40 рисунков и 22 таблиц.

### **Основное содержание работы**

**В главе 1** даются географо-экологическая характеристика болота Джалон и окружающих территории (а дальнейшем для краткости, мы пишем «болото», подразумевая, что в область рассмотрения входят и окружающие территории). Рассмотрение вопроса начинается с освещения истории развития болота и его изучения.

Болото Джалон – типичное низинное болото, располагается в западной области провинции Хэйлунцзян КНР, в низовьях реки Уйюй и Шуанианхэй. Географическая широта изменяется от N46°48' до N47°32', долгота от E123°52' до E124°38'. Оно есть главное место миграции и размножения журавля. В 1979 году был создан природный заповедник Джалон по решению руководства провинции Хэйлунцзян. В 1984 оно стало национальным природным заповедником (НПЗ), площадь НПЗ 2100 км<sup>2</sup>. В 1992 году Китайская Народная Республика вступила в конвенцию Рамсар (Ramsar Convention), и НПЗ Джалон был включен в международный список особо значимых болот (Рис. 1.). Заповедник

разделяется на три зоны: центральная, буферная и экспериментальная. В центральной зоне запрещены любые формы деятельности человечества; в буферной зоне можно заниматься научными исследованиями, а в экспериментальной зоне можно проводить даже экскурсии. Велико биоразнообразие болота Джалон. Высшие растения относятся к 67 семействам, 320 видам. Наибольшие площади заняты тростниковыми зарослями. Животный мир включает птиц, насекомых, рыб, земноводных, пресмыкающихся и т.д. Всего имеются представители 43 отрядов, 142 семейств, 642 видов. 41 вид птиц внесены в охранный список птиц на уровне государства, первая степень охраны — 7 видов, вторая — 34 видов. Журавль, особенно японский журавль (*Grus japonensis*), играет важную роль в экологической системе болота Джалон. На сегодня болото Джалон – самый большой национальный заповедник редких птиц с главным объектом охраны – журавлем.



**Рис. 1. Схема болота Джалон**

По данным официальной статистики в 2000 году численность населения на территории бассейнов рек Уйюор и Шуаниянхэй достигала 2 362 тысяч. Валовой продукт - 8,11 миллиарда юаней, соотношение сельского хозяйства, промышленности и индустрии услуг – 0,40:0,25:0,35, промышленная валовая продукция - 4,37 миллиарда юаней, валовой продукт земледелия, животноводства, рыболовного промысла – 5,73 миллиарда юаня, доходы на душу населения на этой территории равны 2 103 юаня в год. Экономика всех городов и уездов на территории бассейна реки Уйюор и Шуаниянхэй опирается на сельское хозяйство и животноводство. Промышленность в основном сосредоточена в городах и поселках. Основные отрасли промышленности - электроэнергетика, машиностроение, производство удобрений, изготовление лекарств, варение сахара, спиртовое, молочное производство, обработка льна, лесная промышленность. На территории имеется развитая сеть дорог. Железные дороги Биньбэй, Цибэй и Биньчжоу пересекают эту территорию, шоссейные дороги Харбин-Далянь и другие так же проходят через всю территорию.

Болота Джалон – значимый с точки зрения, как теоретической экологии, так и

рационального природопользования район Китая. Относительная изученность этих болот дает серьезный задел для активного управления сохранением биоразнообразия и экодинамики этого района. При этом важным подспорьем могут оказаться методы теоретической экологии, разработанные применительно к другим районам Земного шара. В частности, целесообразно максимально использовать задел в области практического управления экологическими системами на территориях СНГ и Китая.

**Глава 2 излагает методику выполнения работы.**

Были обработаны данные, полученные специалистами Хэйлунцзянского метеорологического научно-исследовательского института, управления национального природного заповедника Джалон и северо-восточного географического института под руководством Национальной Академии Наук Китая, а так же гидрологического управления провинции Хэйлунцзян. За период 2002 – 2005 гг. автор работы участвовал в составе экспедиций на территорию болота с целью наблюдения за основными экологическими процессами, там происходящими. Наблюдения носили как качественный, так и количественный, измеряемый характер.

**Глава 3 дает характеристику природным и социальным факторам, влияющим на экосистему болота.**

Погода на территории болота Джалон находится под постоянным контролем представителей гидрометеослужбы Китая. Изменения климата проявляются в повышении средней температуры воздуха. С 1961 года по 2005 год годовая средняя температура повысилась на 1.5°, весной средняя температура повысилась на 1.8°, летом – 0.6°, осенью – 0.6°, зимой – 1.8°; Эти цифры несколько превышают глобальные тенденции изменения климата. Многолетние средние осадки – 420 мм, колебания - 630 – 300 мм. В 2005 - 2007 годы установился сухой период. В связи с повышением температуры испарение увеличилось от 800 до приблизительно 1000 мм в год. Это - главная причина недостатка воды на болоте. По результатам анализа мы заметили, что суточный ход температуры уменьшался. Прослеживается связь динамики осадков и испарения на болоте с солнечной активностью и уровнем солнечной освещенности – доли суток, в течение которой светило Солнце, непокрытое облаками.

В последние десять лет уровень воды и ее количество в болоте Джалон непрерывно уменьшаются, площадь болота сократилась. В 1998 году состояние недостатка воды временно скомпенсировалось за счет наводнения в бассейне реки Нэньцзян. Но в 1999, 2000, 2001, 2003, 2004 и 2007 годах бассейны реки Уйюр и реки Шуанянхэй подвергались засухе. Более того, водохранилище Дуншэн в верхнем течении реки Уйюр и водохранилище Шуанянхэй в среднем течении реки Шуанянхэй ограничивают водоток, что приводит к пересыханию рек в нижнем течении (реки Уйюр и реки Шуанянхэй). По сравнению с 1990 годом, сегодняшний уровень воды в болоте Джалон снизился примерно на 1 метр. В период с апреля до июля 2002 года и в сентябре 2004 года, Министерство водного хозяйства и правительство провинции Хэйлунцзян провели временные добавление воды для болота Джалона, чтобы в определенной степени скомпенсировать состояние

сухости болота. Но эти добавления не дают компенсации до объема воды в 200 млн кубометров, который может сохранить основной уровень экологической среды в болоте Джалона.

В главе 3 рассмотрена роль социальных факторов в динамике болота. В верхнем и среднем течении реки Уюйр и Шуаниянхэй, в ходе распашки в целях сельского хозяйства, были вырублены леса, покровный коэффициент земляной поверхности снизился, началась эрозия почвы. Растительный покров верхнего и среднего течений реки был разрушен. Эрозия почвы ведет к увеличению выноса наносов в нижнем течении. Сельскохозяйственная распашка приводит к увеличению загрязнения вод, повышает загрязнение поверхностного стока. В то же время, после разрушения растительного покрова, шероховатость земляной поверхности и способность к регулированию стока уменьшилась.

В последние десятилетие в целях борьбы с наводнением, для ирригации и водопотребления городов и поселков, на территории бассейна реки Уюйр и Шуаниянхэй один за другим построены больше 60 водохранилищ и водоемов, среди них два крупных. Одно – это водохранилище Дуншэн, построенное на главном нижнем течении реки Уюйр. Его главная функция – орошение. Его общий объем –  $1,5 \times 10^8$  м<sup>3</sup>. Другое – это водохранилище Шуанъянхэй, его главная функция – борьба с наводнением, объем –  $2,98 \times 10^8$  м<sup>3</sup>. Водоохранилищ среднего масштаба – 8, все они находятся на притоках. Среди них водохранилище Наолунхэ поставляет воду для города и поселков Бэйъан, его общий объем –  $0,97 \times 10^8$  м<sup>3</sup>. Водоохранилище Гуннун поставляет воду для сахарного завода Чжаобэй, его общий объем –  $0,20 \times 10^8$  м<sup>3</sup>. Другие водохранилища в основном работают в целях орошения. Водоохранилищ малого масштаба – около 50. Их функции – сельскохозяйственное орошение. По берегам главного течения реки Уюйр размещаются районы орошения в 9 местах, проектная площадь орошения 15,9 тысяч га, действенная площадь орошения поливного поля 5,43 тысяч га. Кроме этого, существует еще площадь орошения путем водоподъема – 947 га. На главном течении реки Шуанъянхэ существует только один район орошения водохранилища Шуанъянхэ. Его проектная площадь – 890 га, действенная площадь орошения 670 га. Большое количество водохранилищ, прудов перекрывает и задерживает радиальное течение даже в маловодные годы, что резко уменьшило водоприток в болото Джалон на нижнем течении рек.

По данным гидрологической станции Иъань, на нижнем течении реки Уюйр объем расхода воды в период с 1951 - 2000 г. составляет  $7,51 \times 10^8$  м<sup>3</sup>. После возврата объема водопотребления на верхнем течении в исходное положение, многолетнее среднее значение природного годового объема главного течения –  $7,74 \times 10^8$  м<sup>3</sup>. Разница между ними  $0,23 \times 10^8$  м<sup>3</sup> – это многолетнее среднее значение потребления воды в верховьях, в районе станции Иань. После 90-х годов на территории бассейна потребление воды обладает тенденцией резкого роста. В период с 1991 по 2000, среднее количество потребления составляет  $0,83 \times 10^8$  м<sup>3</sup>. Это больше в 3,8 раз, чем многолетнее среднее значение годового потребления воды, и больше в 2,8 раз общего количества потребления воды в предыдущее 40 лет (Табл. 1).

**Табл. 1. Сравнительная таблица природного и измеренного годового стока на станции Иъань (на верховьях реки Уйюр)**

Годы	51-60	61-70	71-80	81-90	91-00	Многолетнее среднее
Природное среднее (10 <sup>8</sup> м <sup>3</sup> )	14,26	8,94	3,33	6,02	6,15	7,74
Измеренное (10 <sup>8</sup> м <sup>3</sup> )	14,16	8,89	3,28	5,92	5,32	7,51
Разница (10 <sup>8</sup> м <sup>3</sup> )	0,1	0,05	0,05	0,1	0,83	0,23

Рост потребления воды на верховьях непременно приводит к уменьшению водопритока в низовьях болота. После 90-х годов такое влияние стало особенно явным.

Гидротехнические сооружения имеют важное влияние на среду болота. Водоохранилище, пруд и плотина, дорога изменяют природное гидрологическое состояние реки. Рост потребления воды на верховьях приводит к уменьшению водопритока в болото, водная емкость болота снижается. Изменение гидрологического состояния приводит к уменьшению уровня воды в болоте, вырождению экосистемы болота.

Постройка гидротехнических сооружений обеспечивает водой нужды сельскохозяйственного производства, защищает сельскохозяйственный район в сухие годы от засух, но одновременно именно постройка гидрологических сооружений изменила исходную структуру и форму пространственного распределения водных ресурсов на территории болота, изменила природную гидрологическую ситуацию на болоте. Гидрологические сооружения в виде плотин, канавок и каналов разделили землю болота на полосы и фрагменты, раздробили его. Плотины так же закрыли пути миграции проходных рыб. Поэтому ресурсы проходных рыб сейчас находятся в состоянии истощения. Плотины препятствовали так же прямому обмену вод болота и рек. Растительная популяция болота изменилась, процесс вырождения болота стал более интенсивным. В верхнем течении перекрытие реки и постройка плотины, развитие сельскохозяйственного орошения, привели к тому, что некоторые территории в нижнем течении реки не получают достаточного количества воды. На состояние болота оказывают влияние дороги. В начале 80-х годов прошлого века только старая государственная дорога №301 проходила на север через болото Джалон. 90-е годы – это время интенсивной постройки дорог на территории болота и его окрестностей. Во-первых, старые дороги были усовершенствованы, во-вторых, построено много сезонных дорог, и в центральном районе болота построены новые дороги. Постройка дорог уменьшает площадь болота. В ходе эксплуатации дорог происходит загрязнение болота разной степени.

На территории болота многолетнее среднее количество осадков составляет 420 мм, осадки с обеспеченностью 50% -- 400 мм, маловодный год (осадки с обеспеченностью 75%) — 328 мм, а засушливый год (осадки с обеспеченностью 90%)—288 мм.

По результатам анализа, в естественных условиях многолетнее средние значения поступающей воды в болото составляет  $4,32 \times 10^8$  м<sup>3</sup>, в конце года площадь водной



поверхности — 654,7 км<sup>2</sup>. Таблица 2 показывает количества поступающей воды и площади водной поверхности в конце года на территории болота в различные по водности года.

**Табл. 2. Обстановка водного обеспечения в разные годы**

	Поступающие воды за год ( $\pm 0,25 \times 10^8 \text{ м}^3$ )	Площадь водной поверхности в конце года ( $\pm 50 \text{ км}^2$ )
Многолетнее средние	$4,32 \times 10^8 \text{ м}^3$	655 км <sup>2</sup>
Маловодный год	$2,0 \times 10^8 \text{ м}^3$	500 км <sup>2</sup>
Засушливый год	$1,25 \times 10^8 \text{ м}^3$	250 км <sup>2</sup>

По результатам анализа Северо-восточного географического института (Lu Xianguo, 2005), необходимый годовой сток в центральную зону должен составлять  $2,6 \times 10^8 \text{ м}^3$  (кроме осадков). Обеспечение водопотребления центральной зоны – это минимальное требование охраны болота Джалон. Таким образом, в вододефицитные годы необходимо проводить сбросы воды из водохранилищ (водоёмов) в болото. По таблице 2 в маловодный год (осадки ниже 328 мм) дополнение воды в болото должно быть не менее  $0,6 \times 10^8 \text{ м}^3$ . В засушливый год (осадки ниже 288 мм) дополнение воды должно быть не менее  $1,35 \times 10^8 \text{ м}^3$ .

Степень загрязнения болота Джалон обуславливают массовые сточные бытовые и промышленные воды, ядохимикаты и химические удобрения, выпадающие в водоемы с поверхностным стоком с сельскохозяйственных полей. В это время вырождение растительного покрова болота снизило его способность к биологической самоочистке. В середине апреля 2005 года на селе Хунци города Линьдиань обнаружено, что стоки бумажной фабрики Линьдиань не только загрязнили питьевую воду, но и через подземные ручья и трубы прямо попали в болото Джалон. Усиление загрязнения приводит к серьезным неудовлетворительным последствиям в экосистемах болота.

В течение последних 50 лет население на территории болота Джалон резко увеличилось. В центральном районе в 10 деревнях в конце 50-х годов было 500 с лишним человек. На сегодня население превысило 3 800. В буферной и экспериментальной зонах проживает уже больше 25 300 человек, и тенденция роста продолжается. В прошлом ресурсы рыб и тростников в болоте были богаты. В связи с массовым заселением территории они стали сокращаться. Основные виды деятельности населения – ловля рыб, сбор тростника, животноводство, и сельскохозяйственное производство. Быстрый рост населения при ограниченных ресурсах болота приводит к тому, что ресурсы на душу населения уменьшаются. Нерациональное их использование ведет к заметному снижению ресурсов болота. Биомасса болота уменьшилась на 70%. По причине сильной зависимости от природных ресурсов, при условии их заметного снижения, и при постоянном росте населения, районная экономика не растет. Возникла тенденцию к экономическому спаду.

**В Главе 4** анализируется экологический отклик на воздействие окружающей среды.

Установлено, что в результате деятельности человека, в последние годы ландшафт болота Джалон сильно изменился. Некоторые большие участки болота уже разделены на отдельные фрагменты или заменены пашнями, дорогами и канавами и эта тенденция усиливается.

Гидрологический институт провинции Хэйлунцзян анализировал изображения спутниковых данных и составил «Отчет использования земли государственного заповедника Джалон». В этом отчете, на основе системы классификации государственных земельных ресурсов, земли болота разделены на 7 типов: пашню, поселки, озера и водохранилища, луг, солончаковую землю, тростниковое болото, водное болото.

Спутниковые изображения (1988, 1998, 2001 гг.) показывают, что с 1998 года по 2001 год площадь водного болота колебалась с тенденцией к сокращению.

Пахотная земля преимущественно располагается в изучаемом районе и вокруг него. Площадь пахотной земли колеблется в пределах 240-260 км<sup>2</sup>, имеется достоверная тенденция роста на 2 – 3 % за рассматриваемый период. Это показывает, что действие человеческого фактора на территории болота интенсифицируется, болотистая земля распахивается. На пашне болота основными культурами являются кукуруза, пшеница, чумиза, гаолян, соя и рис. Но из-за неблагоприятных природных условий урожайность последние годы была низкой. Валовая продукция хлеба нестабильна, урожайность с единицы площади невысока.

На территории болота Джалон располагаются многочисленные озера, водохранилища, пруды, в том числе водохранилище Дуншэн, озеро Кэцин, озеро Дэлун. Общая площадь их колеблется. Водная площадь имеет тесную связь с осадками. Экологические последствия засух бывают серьезными. В таких случаях в крупных водохранилищах и озерах, например, водохранилище Дуншэн, озеро Кэцин, уровень воды приближается к предельно низкому, или эти водоемы даже полностью пересыхают.

Солончаковые земли включают в себя солончаковую почву и солонцовую почву. Солонцовая почва преимущественно располагается на низменности и обводненной отмели реки, а солончаковая почва – в низинах, обводненной отмели и низменности. Площадь солонцово-солончковой почвы тоже обладает тенденцией роста. Общую тенденцию развития разных типов земель см. в таблице 3.

По результатам анализов данных спутниковых изображений, почти все болота в заповеднике Джалон относятся к тростниковым болотам. Тростник – это основной вид популяции растений. Камыши *Scirpus fluviatilis*, *Carex meyeriana* Kunth и *C. Angusiifolia* – сопровождающие виды. Площадь болота и территорий, заросших тростником, варьирует год от года.

**Таблица 3. Площади разных типов земель в болоте Джалон (км<sup>2</sup>)**

Год, месяц	пашня	поселки	Озера и водохранилище	степь	солончаковая земля	Тростниковое болото	*Водная поверхность
1986.0	242	19	103	373	57	657	649

2							
1988.09	238	19	119	362	59	796	506
1989.08	245	19	87	314	101	1015	319
1998.05	265	20	165	294	113	678	565
1998.10	266	20	187	253	78	849	449
1999.10	265	21	91	279	106	847	492
2000.09	262	21	102	296	106	1171	143
2001.04	251	21	94	292	105	1244	70
2001.10	251	21	67	292	112	1207	126
2002.04	264	21	94	319	125	1169	110
2002.07	251	21	85	292	106	961	361
2002.10	251	21	87	291	108	990	329

\*Примечание: Водная поверхность понимается как обводненная поверхность, на которой мало тростника.



Рис. 2. Изменения площади разных типов земель

В результате анализа динамики площадей разных типов земель в разные времена показано следующее. Площадь пашни, населенных пунктов, солончаковой земли имеют тенденцию к росту. А площади озер и водохранилищ, водной поверхности, тростникового болота тесно связаны с количеством притекающей воды. Площади степи имеет тенденцию уменьшения. Изменение площади болота в центральном районе

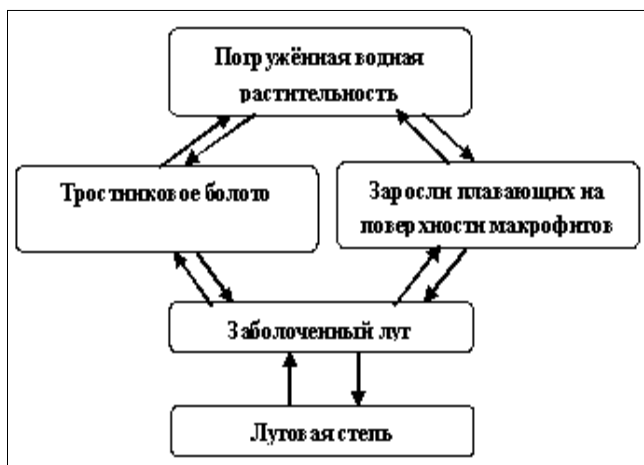


Рис. 3. Сукцессия растительных популяций в болоте Джалон

показано на таблице 2, тенденция изменения площади разных типов земли показана рис. 2.

Изменения площадей тростникового и водного болот имеют четко выраженный противоположный ход, зависящий от водности года. Площадь тростникового болота имеет тенденцию к росту, а водного – к уменьшению. Это естественный процесс. На территории заповедника «болото Джалон» располагаются луговые степи, заболоченные луга, болотные фитоценозы. Процесс сукцессии растительности делится на стадии с сообществами разной степени влаголюбия. Общая тенденция. Общая тенденция указана на Рис. 3.

Гидатофит и фитопланктон растут на поверхности воды. Их остатки из года в год попадают в воду, вместе с остатками водных растений, накапливаются на дне реки и образуют торф, который заполняет дно реки. Это приводит к изменению дна и процессу заболачивания. По мере уменьшения глубины, гидатофит и фитопланктон заменяются макрофитами. По мере процесса заболачивания, вселяются некоторые водостойкие растения и образуют заболоченный луг. Преимущественными таксонами и экотипами являются однолетние травы. В случае недостатка воды, Сообщество заболоченного луга будет развиваться в сообщество с доминированием *Puccinellia*, а потом в степное сообщество с господством *Aegilops*. Сообщество камыша является эдификатором болота Джалон, его сукцессия имеет важное экологическое значение. Количество камыша непрерывно увеличивается по мере процесса гидрофилизации экологической среды. Популяция эгилопса обычно живет в экологической среде ксерофилизации, популяция камыша – в экологической среде гидрофилизации, а популяция мхов и осок в большом количестве живет в состоянии интерфазы «ксерофилизации - гидрофилизации». В природном состоянии по мере ксерофилизации экологической среды, камыш заменяется мхом и эгилопсом, которые адаптируются к условиям меньшей влажности, и наоборот.

Во время осушения биотопа количество камыша уменьшается. Количество эгилопса увеличивается, относительная его доля повышается. Болотная растительность, где камыш имеет преимущество, будет развиваться в направлении луговой степи, где эгилопс имеет преимущество. В процессе гидрофилизации динамика этих популяций проявляет противоположную тенденцию, и направление сукцессии растительности тоже противоположно, то есть луговая степь, где эгилопс имеет преимущество, развивается в направлении болотной растительности, где доминирует камыш. Между сообществом с преимуществом камыша и сообществом с преимуществом эгилопса существует промежуточное сообщество. Это – экосистема, где преобладает мох и осока. Это - переходный этап сукцессии первых двух сообществ. Изменение среды «Ксерофилизация - гидрофилизация» является одним из главных факторов, которые влияют на распространение видов растений, количество популяций и направление сукцессии (Тянь Сюнь, 2004 г.).

В истории болото Джалон славилось высококачественными кормовыми травами, и урожайность кормовой травы на болоте намного выше чем на других пастбищах. По историческим данным 1963 года высота травы луговой степи около 80 см, обилие трав

около 90%, на площади 1 м<sup>2</sup> росло 20-30 видов растений, сухая урожайность составляла выше 6 т/га. В 1983 году данные общенациональной переписи ресурсов степи показывают, что высота травы снизилась с 80 см до 46 см, обилие сократилось с 90% до 75%, урожайность сократилась до 3 т/га. Появились вредные растения. До 1997 года, площадь степи сильно уменьшалась, и даже появились явления опустынивания и засоления почв. Площадь степи чрезмерного вырождения составляет 5%, серьёзного вырождения - 32%, среднего вырождения - 41%, лёгкого вырождения – 22%. Производительность степи резко снизилась.

Тростник – типичное растение в болоте Джалон, широко располагается на бассейне рек Уйюр и Шуанянхэй, играет важную роль в экосистеме болота Джалон. В 60 – 70 годах прошлого века площадь тростникового болота – 160 тыс. га, занимала 80% площади общего заповедника. Средний диаметр тростника 7 – 8 см, урожайность наверно 7,5 – 12 т/га. Валовая продукция около 500 тыс. т. С начала 80-х годов, особенно в начале 90-х годов XX века популяция тростника стала сильно вырождаться, урожайность снизилась. С 1995 по 1998 год среднее годовое валовое производство тростника только осталось 30 тыс. т. Плотность тростника сокращались, ухудшается его экономическая ценность.

На территории болота Джалон растут десятки целебных трав, на пример *Saposhnikovia*, *Bupleurum*, *Gentiana*, *Glycyrrhiza* и т.д. В 60 гг. XX века в период цветения *Bupleurum* можно видеть жёлтую красоту в отдельном месте, а сейчас уже редко видно. В середине 80 гг. прошлого века *Gentiana* уже исчезли.

До середины 70-х годов XX века на территории заповедника Джалон существовало много видов птиц. В середине 80-х годов работники заповедника обнаружили серую цаплю, большую белую цаплю и других цапель во время полевой экспедиции. Ежегодно больше 100 тысяч птиц здесь размножались. В конце 80-х гг. прошлого века птицы постепенно сокращались в численности, в середине 90-х гг. количество гнездящихся птиц сократилось на 80%. В то же время количество японского журавля за счет мер по искусственному разведению птенцов в инкубаторах и их последующей интродукции растёт.

По данным экспедицией в начале 80-х годов XX века в этом районе насчитывались 173 японских журавлей, в 1990 году - 243, в 1996 году - 346, в 2003 году - 408. В 2001 году большинство гнезд японских журавлей располагается в зоне переходных болот центрального района, а в чрезмерном увлажненном болоте (большая площадь водной поверхности) - мало. Вне центрального района располагается небольшая часть гнезд японских журавлей, т.е. в экспериментальном и буферном районах тоже имеется немного журавлей. В 2003 году экспедицией было показано, что большинство японских журавлей и белых журавлей осталось в центре охраняемой

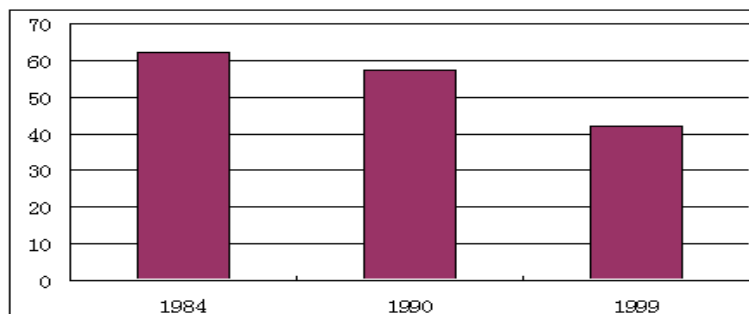


Рис. 4. Изменение числа видов птиц

зоны. Это значит, что за центральной зоной среда обитания журавлей стала менее благоприятной для этих птиц. Количество других птиц, не поддерживаемых искусственно, сокращается. Данные экспедиций по обследованию ресурсов пернатых в болоте Джалон, которые были проведены в 1984, 1990 и 1999 годах, свидетельствуют о сокращении численности и биоразнообразия пернатых. В районе экспедиции с начала 80 лет до конца 90 лет число видов птиц снижалось с 62 видов до 42, численность пернатых уменьшилась на 67 % (рис. 4).

В истории болото Джалон славилось рыбными ресурсами и являлось местом интенсивного рыболовства. По статистике рыболовства за последние годы в рыбном промысле "Джалон" уловы снижаются. В 1963 году годовой улов рыбы достигал 801 тонны, через 18 лет, в 1980 году улов снизился до 30 тонн. В середине 90-х годов рыбные ресурсы сильно снизились, в 1996 году рыболовство в этом районе составляло меньше 10 тонн, в сравнении с 1963 годом, снизилось в 80 раз. Наблюдая изменение структуры популяции, специалисты отметили, что в 50-60 годах XX века сазан, карась, сом и щука занимали более 80 % уловов. В 70-х годах карась занимал большую долю, рыбы крупных размеров постепенно сокращались в числе. После середины 90-х гг. вьюн, сазан и другие рыбы малого размера занимали более 50 % от уловов, но редко превышали по массе 50 г.

Болото Джалон находится в низовьях рек Уюйэр и Шуанянхэй. По результатам «Отчета борьбы с загрязнением воды и охраны журавлей в районе болото Джалон» трофность вод в болото Джалон была высокой. По стандарту оценки качества воды поверхности Земля (GB3838-88, китайский государственный стандарт), качество воды в некоторых местах уже достигло V категории. Динамика трофности вод в болоте Джалон - Табл. 4, Рис. 5. – подчинена двум процессам. С одной стороны имеет место эвтрофикация за счет смыва в воды удобрений, промышленных выбросов и биогенов. С другой стороны, развитие макрофитов содействуют природной самоочистке, перекачиванию биомассы из воды в биомассу тростников и камышей. Отсюда – некоторая неоднозначность данных, представленных в табл. 4.

**Табл. 4. Показатели трофности вод в болоте Джалон (мг/л)**

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1999	2000	2005
N	0,646	0,842	0,251	0,128	0,191	0,483	0,131	0,252	0,510
P	0,280	0,160	0,060	0,200	0,100	0,220	0,060	0,130	0,035
ХПК	8,32	8,56	10,15	6,96	8,87	12,18	5,67	13,65	11,11
БПК <sub>5</sub>	5,68	6,05	7,89	4,60	6,21	10,56	4,38	11,45	10,77

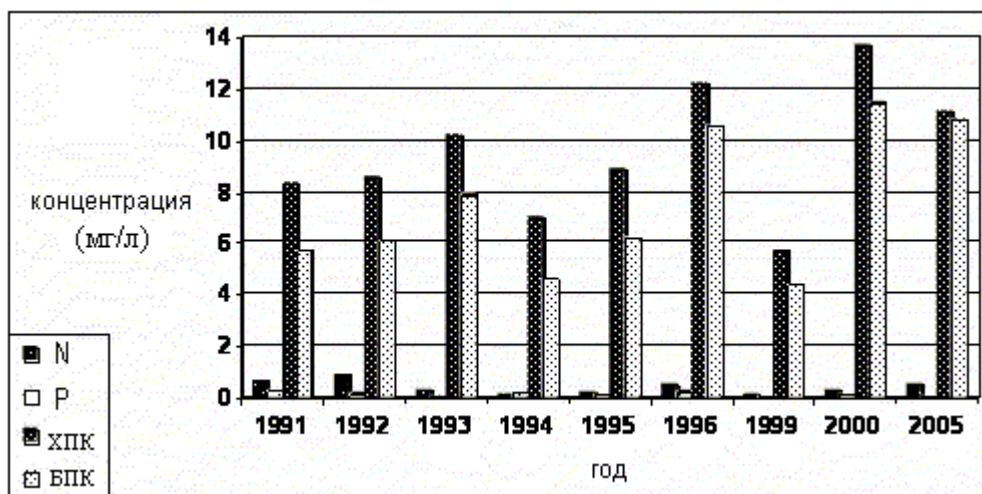


Рис. 5. Изменения показателей трофности воды в болота Джалон в 1991 – 2005 гг.

Эвтрофикация вод, в ходе которой количество микроорганизмов и концентрация биогенов в водах растет, осуществляется автономно, деятельность же человека может его несколько модифицировать. В данном случае фактор, усиливающий эвтрофикацию – увеличение площади пашен и смыв гумуса в воду дождями и паводками.

**5-я глава** посвящена общей оценке экологической обстановки и перспективе. Экосистема болота Джалон – полузакрытая, подвергается определенному антропогенному влиянию. Для того чтобы осмыслить состояния и тенденции изменения этой системы, мы определили нижеуказанные показатели с указанием их соответствующего коэффициента удельного веса – см. Табл. 5.

Табл. 5. Показатели оценки экологического состояния болота Джалон и их весовой коэффициент

Показатель	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория	5 категория	настоящее состояние	Коэффициент веса вектора*
Тростниковая урожайность (сухая) (т/га)	$\geq 12$	$\geq 9$	$\geq 6$	$\geq 3$	$< 3$	3,6	0,5
Средний диаметр тростникового стебля (мм)	$\geq 7,5$	$\geq 6$	$\geq 4,5$	$\geq 3$	$< 3$	4,445	0,08
Урожайность эгилопса (сухая) (т/га)	$\geq 6$	$\geq 4,5$	$\geq 3$	$\geq 1,5$	$< 1,5$	2,25	0,1
Количество воды в год ( $10^8 \text{ м}^3/\text{г.}$ )	$\geq 14,5$	$\geq 13,5$	$\geq 12,5$	$\geq 11,5$	$< 11,5$	12,3	0,4
ХПК (мг/л)	$\leq 2$	$\leq 4$	$\leq 6$	$\leq 8$	$> 8$	11,11	-0,04
БПК <sub>5</sub> (мг/л)	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 6$	$> 6$	10,77	-0,04

N (мг/л)	≤ 0,04	≤ 0,15	≤ 0,3	≤ 0,7	>0,7	0,51	-0,04
P (mg/L )	≤ 0,02	≤ 0,025	≤ 0,05	≤ 0,2	>0,2	0,035	-0,04
Численность японского журавля	≥ 1500	≥ 900	≥ 300	≥ 100	<100	346	0,05
Процент площади растительности поврежденной болезнями и вредителями (%)	≤5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	>40	<5	-0,02
число видов интродуцированных из инкубаторов птиц	≥ 8	≥ 6	≥ 4	≥ 2	≤ 1	2	0,05

\*Коэффициент веса вектора определялся на основании экспертной оценки группы специалистов.

Из таблицы 5 ясно, что показатели площади, зараженной вредителями и заболеваниями, находятся на хорошем уровне, в пределах 1 категории. Урожайность тростника, объем воды, общий азот в диапазоне 3-4 категории, показатель ХПК и БПК<sub>5</sub> самый плохой - в пределах 5 категории. Для лучшего отображения экологического состояния болота Джалон, мы применили методы прикладной математики.

На основе стандартных методов прикладной математики предлагаем модель квантификации: Вес вектора и целевые матрицы

Предлагаем вес вектора в С, целевые матрицы в  $A = (a_{ij})$ ,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \mathbf{L} & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \mathbf{L} & a_{2j} \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ a_{i1} & a_{i2} & \mathbf{L} & a_{ij} \end{bmatrix}$$

$i = 1, 2, \dots, 11$  (всего 11 показателей);

$j = 1, 2, \dots, 5$  (всего 5 категорий).

считаем, что  $d = C \times A = (d_1, d_2, d_3, d_4, d_5)$

Здесь  $d_j = \sum_{i=1}^{11} c_i a_{ij}$  ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ ),  $d$  – комплексный показатель  $j$ -й категории,  $C$  –

коэффициент веса какого-то показателя. Тогда определим коэффициент квантификации

$b_1, b_2, b_3$ .

Если:  $d > d_1$ , то экологическое состояние находится в 1-ой категории;

$d \leq d_1, d + b_1 d_2 > d_1$ , то экологическое состояние находится в 2-ой категории;

$d + b_1 d_2 \leq d_1, d + b_1 d_2 + b_2 d_3 > d_1$ , то экологическое состояние находится в 3-ей категории;



$d + b_1d_2 + b_2d_3 \leq d_1, d + b_1d_2 + b_2d_3 + b_3d_4 > d_1$  , то экологическое состояние находится в 4-ой категории;

$d + b_1d_2 + b_2d_3 + b_3d_4 \leq d_1$ , то экологическое состояние находится в 5-ой категории.

Сейчас  $C = (0,5; 0,08; 0,1; 0,4; -0,04; -0,04; -0,04; -0,04; 0,05; -0,02; 0,05)$

$$b_1 = 0,7 \quad b_2 = 0,6 \quad b_3 = 0,6$$

Из данных, представленных в табл. 5 вычислим:

$$d_1 = 521,5 \quad d_2 = 380,7 \quad d_3 = 239,7$$

$$d_4 = 118,5 \quad d_5 = 117,4 \quad d = 157,1$$

потому  $d + b_1d_2 = 423,6 < d_1$

$$d + b_1d_2 + b_2d_3 = 567,4 > d_1$$

Итак, мы получили следующий результат: сейчас комплексное экологическое состояние болота Джалон находится в пределах 3-ей категории, на среднем уровне, т.е. средняя экологическая напряженность.

Такое состояние болота свидетельствует, что ассимиляционная емкость экосистемы болота еще не превышена и возможности самовосстановления сохранены. Если состояние болота перейдет в 4-ю категорию, возможности самовосстановления будут проблематичны.

Болота находятся под влиянием абиотических, биотических и социальных факторов. К числу абиотических относят, например, динамику солнечной активности. В связи с регулярными изменениями солнечной активности, будут и впредь наблюдаться колебания режима увлажнения. Биотические факторы включают в себя регулярные миграции животных, колебательные процессы в популяциях, связанные с генетико - автоматическими процессами (Воронцов, 1980). Соответственно, вне зависимости от деятельности человека будут иметь место регулярные изменения численности перечисленных выше видов животных. Деятельность же человека носит направленный характер, который пока что выражается в неуклонном росте антропогенного давления на экосистему болота. Он не приведет к полной деградации экосистем, поскольку имеются большие резервы восстановления урбанизированных экосистем (Proc. 6<sup>th</sup> Int Conf Urban pests, 2008).

**Глава 6** рассматривает влияние режима национального заповедника и природоохранного законодательства КНР на экосистему болота. Государственная природоохранная стратегия КНР исходит из понимания значения глобальной роли болот. Сегодня в Китае, как и во всем мире, жизнь болот находится в опасности, вызванной интенсивным развитием деятельности человечества. Значительно сократилась общая площадь болот в Китае. Идёт процесс активного осушения болот и их распахивания. Изменение флоры и фауны болот связано с загрязнением воды промышленностью, сельским хозяйством, бытовыми стоками.

**Рекомендации.** В ходе выполнения диссертационной работы по болоту Джалон и анализа экологической обстановки на других болотах, диссертант сформулировал определенные положения с целью вынесения их на защиту и для представления в природоохранные органы Китая. Перечислим эти положения.

1. Необходимо выработать режим наполнения вод из водохранилища с целью

обеспечения минимального водопотребления болота Джалон (центральной зоны). В маловодный год (осадки ниже 328 мм) дополнительный сброс воды должен быть не менее  $0,6 \times 10^8 \text{ м}^3$ . В засушливый год (осадки ниже 288 мм) дополнение воды - не менее  $1,35 \times 10^8 \text{ м}^3$ .

2. Строго запретить дальнейшее распаивание на всей территории болота.
3. Оптимизировать процессы миграции населения, по возможности сократить население в области болота, после чего производить восстановление степей и болота.
4. Безусловно выполнять все законы, связанные с защитой болот.
5. Необходимо наличие долговременной государственной программы стабилизации экологической обстановки на территории болота.
6. Необходим регулярный мониторинг антропогенных стоков в болота, оценивающий общее количество и концентрацию попадающих в воду и почву веществ. Особо важен контроль над поступающими биогенами. При развитии мониторинга целесообразно сделать упор на наиболее дешевые и эффективные методы биоиндикации.

### **Заключение**

Болото, в качестве важного природного объекта поверхности Земли, играет важную роль во всемирной экологии. Охрана и восстановление болот имеют существенное экологическое значение. Основой охраны и восстановления болота является рациональное использование болотных ресурсов. По результатам анализа многих специалистов, главные аспекты современного и возможного перспективного использования болот как природных ресурсов разделяют на три основные категории.

1. Виды использования болот, требующие полного преобразования болотных систем и нарушения их основной функции в физико-географическом процессе, т. е. прекращения торфонакопления на занимаемых ими площадях и полного преобразования ландшафта, в частности превращения в сельскохозяйственные угодья.

2. Виды использования, которые требуют сохранения болотных систем полностью в естественном состоянии или с частичными изменениями в их структуре и состава фитоценозов с помощью относительно небольших культурно-технических мероприятий, направленных на умножение полезных естественных ресурсов болот, но без нарушения главной весьма ценной и важной функции болотных систем — накопления органического материала (торфа) на занимаемых ими территориях.

3. Использование болот или точнее, сохранение их в естественном состоянии, как необходимого компонента физико-географической среды и среды обитания человека: для поддержания равновесия в экосистемах биосферы, поддержания качества водных ресурсов и хорошей естественной очистки вод в зоне избыточного увлажнения, сохранения охотничьих угодий и, наконец, сохранение и резервация болот как залежей органического грунта, будущие потенциальные возможности использования которого в современных условиях нам еще далеко не ясны.

К первой категории относятся такие виды использования болот, как: торфодобыча для

промышленно-химического комплекса, для сельского хозяйства в качестве органического удобрения и подстилки для скота, для различных других нужд, в том числе для изготовления строительных деталей; освоение болот под сельскохозяйственные угодья; использование болот как территории для промышленного и гражданского строительства, приобретающее сейчас уже достаточно широкие размеры; преобразование болот путем осушения в лесные массивы.

Ко второй категории относятся все виды использования болот в качестве плантаций для добычи полезных дикорастущих растений и плодов: клюквенные и другие ягодные плантации (морозника, водяника), добыча сфагнома и других растений, обладающих ценными медицинскими свойствами. Следует отметить, что в этом отношении имеет еще место большая недооценка значения болот.

К третьей категории использования болот необходимо отнести ряд важных для состояния среды обитания человека, выполняемых ими функций в физико-географическом процессе (Иванов, 1975) и в первую очередь как регулятора баланса продукции и деструкции на Земле.

Китайское болото Джалон имеют международное значение, как экологически важные заболоченные земли. Качество природной среды этих мест имеет отношения не только к выживанию птиц, связанных с богатым биологическим разнообразием, но и к жизненно важным интересам местных жителей и координации развития всего региона.

Увеличение численности населения, высокие темпы экономического роста привели к постепенной деградации территории. Строительство водохранилищ всех размеров, нарушило существовавшие водооток, постепенно уменьшило общий объем воды на болоте. Строительство дорог нарушило в заповеднике естественный гидрологический режим. Сократились естественные регулирующие функции болота Джалон. Необходим комплекс мер для стабилизации, как экологической обстановки, так и социальной среды, в которой живет местное население. Делать это следует с максимальным привлечением данных, как фундаментальной экологии, так и прикладных аспектов рационального природопользования.

### **Выводы**

1. Экологическая система болота Джалон меняется, причем некоторые составляющие этих изменений следует считать неблагоприятными. Ассимиляционная емкость болота находится на пределе, но на сегодняшний день этот предел еще не превзойден. Соответственно, возможно восстановление экосистем и очистка вод на основе использования процессов самоочистки и активной очистки.

2. На состояние болота существенно значение оказывает локальное потепление и рост нестабильности климата в данном регионе Китая. Роль этих факторов существеннее, чем роль факторов антропогенных.

3. Основные антропогенные факторы, негативно влияющие на общее состояние экосистемы, снижающие биоразнообразие и биомассу – это (в порядке уменьшения

значения) – рост водопотребления, распашка земель, загрязнение вод и почв, строительство дорог, неорганизованный туризм.

4. Основной путь стабилизация экологического состояния, превращения дальнейшего развития болота в устойчивый процесс, не приводящий к локальному экологическому кризису – сокращение антропогенного давления на болота. Дальнейшая разработка и осуществление долговременной стратегии рационального природопользования на территории болота Джалон должна основываться на всемерном учете трех категорий факторов, действующих на болота:

А. Абиотических, включая колебания солнечной активности и глобальный рост нестабильности климата.

Б. Биотических, включая естественную сукцессию, самоочистку, генетико-автоматические процессы в популяциях обитающих там организмов.

В. Социальных, связанных с развитием всех форм природопользования в данном районе.

#### **Список основных публикаций по теме диссертации**

1. Цюй Чэнцзюнь. Причины нарушения экосистемы болота Джалон и меры улучшения экологического состояния // Российский биомедицинский журнал (medline.ru). Том 9, 2008 г. С. 133-137.
2. Цюй Чэнцзюнь. Изучение и охрана болота в КНР // Современные проблемы науки и образования (science-education.ru). № 5 2008 г. С. 31-34.
3. Цюй Чэнцзюнь. Особенности Агроклиматического районирования Северо-восточной части Китая. // Сборник трудов конференции «Погода и жизнь». 2006 г. 145 с.
4. Цюй Чэнцзюнь. Циклы многолетняя динамика экологических процессов на болоте Джалон в связи с колебаниями климата и антропогенным фактором // Сборник трудов конференции - Юбилейные чтения памяти А.Л.Чижевского, посвященные 110-летию ученого. С-Петербург, 2007, с. 165-168.
5. Цюй Чэнцзюнь. Об охране болот КНР // История науки и техники. Сборник трудов, т. 7, С-Петербург, 2008 г. С 95-97.