

Казанский государственный университет
им. В.И. Ульянова-Ленина

Факультет географии и экологии

*К 70-летию географического и 20-летию экологического факультетов
Казанского государственного университета*

**ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И УСТОЙЧИВОЕ
РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ:
НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Труды Всероссийской научной конференции с международным участием

Казань 2009

Казанский государственный университет
им. В.И. Ульянова-Ленина

Факультет географии и экологии

**ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И УСТОЙЧИВОЕ
РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ:
НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Том I. Геоэкология и экзодинамика окружающей среды.
Ландшафтно-экологический анализ геопространства.

Том II. Климат, макроциркуляционные процессы и экология атмосферы.
Социально-экономические и природные условия
конкурентоспособности и позиционирования региона.

Том III. Моделирование в охране окружающей среды.
Общая экология и охрана биоразнообразия.

Том IV. Экологическая безопасность, инновации и устойчивое развитие.
Образование для устойчивого развития.

Редколлегия:

член-корреспондент РАН Дьяконов К.Н., проф. Ермолаев О.П.,
академик РАН Котляков В.М., член-корр. АН РТ Латыпова В.З.,
член-корреспондент РАН Мохов И.И., проф. Переведенцев Ю.П.,
проф. Рогова Т.В., проф. Рубцов В.А., проф. Селивановская С.Ю.,
проф. Сироткин В.В., проф. Скворцов Э.В., доц. Яковлева О.Г.

Казань 2009

Казанский государственный университет
им. В.И. Ульянова-Ленина

Факультет географии и экологии

Том III

Моделирование в охране окружающей среды

Общая экология и охрана биоразнообразия

Казань 2009

УДК 502
ББК 28.088
О 52

Ответственные редакторы:

профессор Скворцов Э.В.,
профессор Рогова Т.В.

О 52 Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Том III: Моделирование в охране окружающей среды. Общая экология и охрана биоразнообразия / под ред. проф. Скворцова Э.В. и проф. Роговой Т.В. Казань.: Издательство «Бриг», 2009.- 351 с.

ISBN 978-5-98946-018-2

В томе публикуются статьи секции «Моделирование в охране окружающей среды», затрагивающие широкий спектр исследований. Среди них описание ГИС «Природопользование» как части системы «Электронное правительство Республики Татарстан», ряд работ по моделированию атмосферы, подземных вод, почв, ландшафтов, популяционной динамики видов и другие.

В секции «Общая экология и охрана биоразнообразия» представлены материалы докладов, посвященные проблемам общей экологии и охраны биоразнообразия. Обсуждаются аспекты популяционной экологии животных и растений в условиях заповедного режима и антропогенного воздействия, видовая и пространственно-функциональная структура водных и наземных экосистем, рассматриваются задачи и подходы организации сети особо охраняемых природных территорий.

Издание трудов конференции поддержано грантом РФФИ № 09-05-99701-р_г.

ISBN 978-5-98946-018-2

УДК 502
ББК 28.088
О 52

© Факультет географии и экологии КГУ, 2009
© Коллектив авторов, 2009

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СОЗДАНИЕ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ» В РАМКАХ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»

*Ермолаев О.П.¹, Мухарамова С.С.¹, Савельев А.А.¹, Пилюгин А.Г.¹,
Чижикова Н.А.¹, Бубнов Ю.П.², Гаязов А.И.³, Яушева С.Р.³*

¹Казанский государственный университет,

²ГУП «НПО Геоцентр РТ»,

³ООО «Градосервис»,

Казань

E-mail: Oleg.Yermolaev@ksu.ru

В настоящее время признано, что в рамках развития региональной экополитики природопользование в субъектах Российской Федерации необходимо осуществлять с позиции Устойчивого Развития. В большинстве государств поиски решений, основанных на научных представлениях и надежных данных и нацеленных на обеспечение устойчивого территориального развития, считаются фундаментальными задачами политики и управления. Одним из инструментов такого управления является региональное планирование, осуществляемое в рамках общего территориального планирования. В России также есть все предпосылки для реализации такого подхода, поскольку в 1996 году утверждена "Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию". Эта концепция предполагает признание равнозначности трех компонент: сбалансированное использование экосистем, эффективная экономика, социальное благополучие (справедливое общество) в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколений. Таким образом, этот подход, предполагает всесторонний учет экологических факторов, которые определяют параметры и темпы хозяйственной деятельности человека, прямо или косвенно затрагивают природно-ресурсный потенциал территории.

Наиболее перспективным направлением обработки моделей устойчивого развития и решения экологических проблем является региональный уровень исследований. На этом уровне инерционность процессов ниже по сравнению с макросистемами при больших возможностях оперативного принятия управленческих решений. В этой связи решающим элементом осуществления региональной экополитики является информационное обеспечение природопользования территории, оперативный анализ, обобщение огромных

массивов информации, что возможно лишь с использованием геоинформационных систем.

В этих условиях создание геоинформационной системы регионального уровня, позволяющей обеспечить информационную и аналитическую поддержку деятельности республиканских органов исполнительной власти, муниципальных образований является, несомненно, важной задачей для повышения эффективности управления в сфере природопользования и охраны окружающей среды. Помимо этого в современных условиях подобная геоинформационная система должна иметь выход на публичные информационные ресурсы и способствовать удовлетворению информационных потребностей населения и представителей бизнес-сообщества в сфере охраны окружающей среды, экологической безопасности и природопользования.

Целью проведения работ по созданию первой очереди ГИС «Природопользование» в рамках системы «Электронное Правительство Республики Татарстан» являлось создание технологии информационного обеспечения природопользования, позволяющей органам государственной власти (ОГВ) и местного самоуправления Республики Татарстан, во взаимодействии с федеральными органами государственной власти и управления, повысить эффективность управления природопользованием и готовить наиболее оптимальные управленческие решения в сфере природопользования и охраны окружающей среды в Республике Татарстан.

Основными задачами работы явились:

1) Разработка и ввод в эксплуатацию геоинформационной системы (ГИС) «Природопользование» регионального уровня, позволяющей обеспечить информационную и аналитическую поддержку деятельности природоохранных органов и других ОГВ, а также способствовать удовлетворению информационных потребностей населения и представителей бизнес-сообщества в сфере природопользования, экологической безопасности и охраны окружающей среды.

2) Интеграция ГИС «Природопользование» с системой «Электронное Правительство Республики Татарстан».

3) Обеспечение создаваемой ГИС современными средствами по защите информации, а также контролю и разграничению доступа к информации.

Информационной основой работы послужили материалы Министерства экологии и природных ресурсов РТ (МЭПР РТ), ГУП «Научно-производственное объединение по геологии и использованию недр Республики Татарстан», Института по проблемам экологии и недропользования при АН РТ.

При создании ГИС, одной из функций которой является информационная и аналитическая поддержка подготовки управленческих решений в сфере природопользования и охраны окружающей среды,

принципиальное значение имеет выбор операционных территориальных единиц (ОТЕ), адекватных решаемым задачам.

ОТЕ являются основой представления пространственной информации в геоинформационных базах данных. Каждая ОТЕ – это пространственный объект, для которого предполагается однородность имеющейся о нем атрибутивной (описательной) информации с точки зрения изучаемых явлений. При выборе системы базовых ОТЕ для ГИС «Природопользование» необходимо было учесть привлекаемые на данном этапе работ источники данных, а также масштаб исследований (уровень пространственной детализации) создаваемой ГИС, позиционируемой как ГИС регионального уровня. Были использованы следующие подходы к выбору ОТЕ:

- Административно-территориальное и хозяйственное деление. Этот подход используется наиболее часто при решении информационных и аналитических задач государственного управления на различных уровнях пространственной детализации. Необходимо отметить относительную простоту выделения таких территориальных единиц, а также то, что информация, привязанная, например, к району, часто в своей основе содержит материалы, полученные при более крупномасштабном исследовании. В то же время, важно помнить случайный характер в проведении границ между хозяйствами, которые не отвечают природным рубежам многих ландшафтоформирующих процессов. Обобщенные (средние) показатели, не отражая пространственной дифференциации изучаемых явлений внутри административного района, резко изменяются на их границах, создавая иллюзию контрастов.

- Ландшафтный подход. Данный подход состоит в использовании различных единиц физико-географического и ландшафтного районирования и считается наиболее обоснованным при анализе экологических процессов. Он в максимальной степени учитывает разнообразие природных условий в типологических единицах разной таксономии. Иерархия этих единиц достаточно хорошо разработана. Это позволяет переходить к тому или иному таксономическому рангу ландшафтов в зависимости от уровня генерализации исследований (класс ландшафтов – вид ландшафтов – местность – урочище – фация).

- Бассейновый подход. Данный подход наиболее часто используется при оценке стока рек, при оценке геоэкологического потенциала территории, определении степени антропогенной нарушенности геосистем. В зависимости от масштаба проводимых работ размеры бассейнов, привлекаемых к анализу, сильно варьируют: от десятков тысяч кв.км до нескольких гектаров. Чаще всего при проведении исследований ограничивают размеры бассейнов в соответствии с масштабом работ, давая ему определение элементарного.

Так как одним из основных источников данных для ГИС «Природопользование» служит топооснова М 1:200 000, то в качестве ОТЕ

рассматриваются объекты реального мира, представленные модельными объектами в слоях общегеографического содержания указанного масштаба (дорожная сеть, гидросеть, административные границы, и т.д.).

Другим источником данных для ГИС «Природопользование» являлись геологические материалы – карты месторождений полезных ископаемых распределенного и нераспределенного фонда недр для территории РТ. Исходя из этого, в качестве ОТЕ были выбраны такие геологические объекты, как месторождения общераспространенных полезных ископаемых, месторождения горючих полезных ископаемых, месторождения подземных вод.

И, наконец, так как в базе пространственных данных (БПД) ГИС «Природопользование» требовалось представить информацию об объектах природно-заповедного фонда, они также были выбраны в качестве ОТЕ, включая особо охраняемые природные территории (ООПТ), государственные охотничьи заказники, резервные территории под ООПТ.

Для ГИС был разработан классификатор пространственных объектов природопользования, основанный на перечне типов объектов природопользования, присутствующих на территории Республики Татарстан и базирующийся на ресурсном подходе. Отметим, что включить в БПД все типы земель возможно будет лишь при наличии полной информации о межевании, приведенной к масштабу работ, поэтому в настоящий момент использовались «суррогатные» ОТЕ, представленные на топооснове М 1:200 000 (местоположения населенных пунктов, лесных массивов, автомобильных и железных дорог и т.д.). Исключение составляет информация о землях особо охраняемых территорий – объектах природно-заповедного фонда (ПЗФ), полученная с использованием Государственного реестра особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан.

В состав ГИС «Природопользование» входят:

- Серверная база пространственных данных со штатными средствами администрирования и организации регламентированного доступа к пространственным и описательным данным.

- Инструментальная клиент-серверная ГИС «MapViewGS», реализующая все основные возможности геоинформационных систем – поиск, просмотр, редактирование, картографическую визуализацию информации – в многопользовательском режиме.

- Программное обеспечение картографического Web-интерфейса для ИАС «Природопользование МЭПР РТ».

Тематически ГИС «Природопользование» на данном этапе работ подразделяется на три подсистемы:

- 1) ГИС «Особо охраняемые природные территории» (ГИС ООПТ) – для работы с геоинформацией об объектах природно-заповедного фонда.

- 2) ГИС «Геология и недропользование» (ГИС ГИН) – для работы с геоинформацией по геологии и недропользованию.

3) ГИС «Государственный экологический контроль» (ГИС ГЭК) – для работы с данными, полученными в ходе проведения государственного экологического контроля и имеющими пространственную привязку.

Серверная БПД, реализованная в среде СУБД PostgreSQL, устанавливается на центральном сервере в центральном аппарате МЭПР РТ с предоставлением удаленного защищенного доступа для подведомственных учреждений. Ответственным за ее сопровождение является администратор базы данных.

Инструментальная клиент-серверная ГИС «MapViewerGS» предназначена для работы с информацией в различных подсистемах ГИС (ГИС ГИН, ГИС ООПТ, др.) и включает три модуля:

- Программные модули «MapViewerGS» (Service) и «MapViewerGS» (Admin) – устанавливаются на локальном сервере в каждом территориальном управлении и в центральном аппарате МЭПР РТ. Ответственным за их работу является старший оператор – сотрудник территориального управления или центрального аппарата МЭПР РТ.
- Программный модуль «MapViewerGS» (Client) – устанавливается на ПК операторов в территориальных управлениях и в центральном аппарате МЭПР РТ.
- Программное обеспечение картографического Web-интерфейса обеспечивает работу с информацией подсистемы ГИС ГЭК с использованием сети Интернет.

Созданная ГИС «Природопользование» взаимодействует с внешними системами: ИАС «Природопользование МЭПР РТ» и системой «Электронное Правительство Республики Татарстан» на уровне обмена данными и доступа к ней из системы «Электронного Правительства Республики Татарстан».

МЕТОДОЛОГИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТНОГО СТОКА ВОД РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Бабкин А.В.

Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург
E-mail: abav@mail.ru

Развитие производительных сил Республики Татарстан в значительной мере определяется наличием достаточного объема вод местного формирования, их комплексным использованием и охраной от истощения и загрязнения. Именно воды местного формирования во многих случаях являются основным показателем водообеспеченности территории и населения республики. Временной ряд ее местного стока с 1930 гг. получен в Информационно-аналитическом центре Государственного водного кадастра (ИАЦ ГВК) при ГУ «ГГИ».

Местный сток Республики Татарстан Q характеризуется значительной изменчивостью. Наименьшая его величина, равная $3,74 \text{ км}^3$, наблюдалась в 1934 и в 1936 гг. В 1947 г. отмечалось его наибольшее значение – $14,5 \text{ км}^3$. Размах изменений местного стока Татарстана за рассматриваемый интервал времени составил $10,8 \text{ км}^3/\text{год}$. Поэтому объемы вод местного формирования на ближайшие годы необходимо достоверно предсказывать.

В настоящем исследовании на примере данных о местном стоке Республики Татарстан дано развитие метода периодичностей и показано его использование при оценках местных водных ресурсов на перспективу.

Временной ряд объемов вод местного формирования анализировался по 1996 г. (выявлялись скрытые гармоники в его изменениях). Отрезок времени 1997 – 2006 гг. использовался для расчетов поверочных прогнозов и оценки их оправдываемости на независимом материале. С учетом выявленных периодов проводились расчеты поверочных прогнозов на пятилетия 1997 – 2001 гг., 2002 – 2006 гг. и на весь поверочный интервал.

Долгосрочный годовой прогноз гидрологической характеристики считается оправдавшимся, если разность предсказанного и наблюдаемого его значений не превосходит $0,674$ от среднего квадратического отклонения его временного ряда [1]. Качество прогнозов на пяти- и десятилетний интервалы может быть оценено по числу оправдавшихся годовых прогнозов и по сумме квадратов ошибок. Оно может быть также проверено при сопоставлении его результатов с прогнозом, полученным по среднему значению.

В результате анализа установлено, что за интервал времени 1930 – 1996 гг. среднее годовое значение местного стока Татарстана составило $8,37 \text{ км}^3/\text{год}$, среднее квадратическое отклонение – $2,64 \text{ км}^3/\text{год}$, допустимая ошибка прогноза – $1,80 \text{ км}^3/\text{год}$.

Метод периодичностей основан на моделировании временного ряда стока суммой синусоид [2]. Временной ряд местного стока

аппроксимировался синусоидальными функциями последовательно с пошаговым изменением периода. В интервале значений периода 3 – 11 лет шаг изменения периода принимался равным 0,1 год. У более длинных периодов изменение периода производилось с шагом 1 год.

При аппроксимации временного ряда синусоидальными функциями для каждого периода T методом наименьших квадратов [3] рассчитывались амплитуда $\Delta P/2$, фаза φ_p и дополнительное слагаемое P_0 наилучшей аппроксимирующей синусоиды, а также сумма ее квадратов разностей с рядом S_p . У некоторых периодов отмечаются локальные минимумы сумм квадратов разностей временного ряда и аппроксимирующей синусоиды. У этих периодов можно предполагать наличие признаков периодичности.

Параметры синусоид с периодами 3 – 11 лет, у которых установлен минимум сумм квадратов разностей с временным рядом в зависимости от периода аппроксимации, представлены в таблице 1. Синусоиды расположены в порядке убывания их корреляции со значениями временного ряда r .

В таблице 1 приводятся также параметры сверхдлиннопериодной синусоиды, установленной согласно критерию минимума квадратов разностей аппроксимирующей функции и ряда наблюдений. Ее период оказался равным 626 лет.

Таблица 1.

Синусоиды прогностической модели местного стока Татарстана

T , годы	P_0 , мм/год	$\Delta P/2$, мм/год	φ_p , радианы	S_p , (мм/год) ²	r	индекс
7,9	8,331	1,335	4,0886	407,56	,357	1
4,0	8,363	0,973	4,2853	435,14	,262	2
4,8	8,367	0,930	4,2322	438,19	,249	3
5,3	8,348	0,927	-1,0866	438,69	,247	4
3,1	8,383	0,918	-,2209	439,19	,245	5
3,7	8,374	0,840	1,6156	443,37	,226	6
10,2	8,392	0,837	,9234	443,65	,224	7
4,4	8,368	0,647	-1,0109	453,32	,172	8
5,9	8,360	0,507	1,0712	458,58	,136	9
3,3	8,373	0,305	-,1817	464,02	,082	10
626,0	5,201	4,815	-,1183	435,47	,260	11

Установленные синусоиды соответственно складывались. При их сложении корреляция их сумм и значений временного ряда монотонно возрастала. Лишь при прибавлении гармоник с периодами 4,4 и 3,3 года корреляция суммы периодичностей и значений временного ряда несколько уменьшалась. Поэтому синусоиды с периодами 4,4 и 3,3 года, корреляция

которых со значениями временного ряда сравнительно невысока, не включены в итоговую прогностическую сумму.

Корреляция суммы 8 синусоид с периодами в диапазоне 3 – 11 лет со значениями ряда местного стока составила 0,64. При включении в сумму синусоиды сверхдлиннопериодной гармоники ее значение увеличилось до 0,69.

На рисунке 1 представлено изменение местного стока Республики Татарстан, сверхдлиннопериодная синусоида, а также сумма всех синусоид прогностической модели. Сверхдлиннопериодная синусоида практически совпадает с тенденцией линейного тренда временного ряда местного стока.

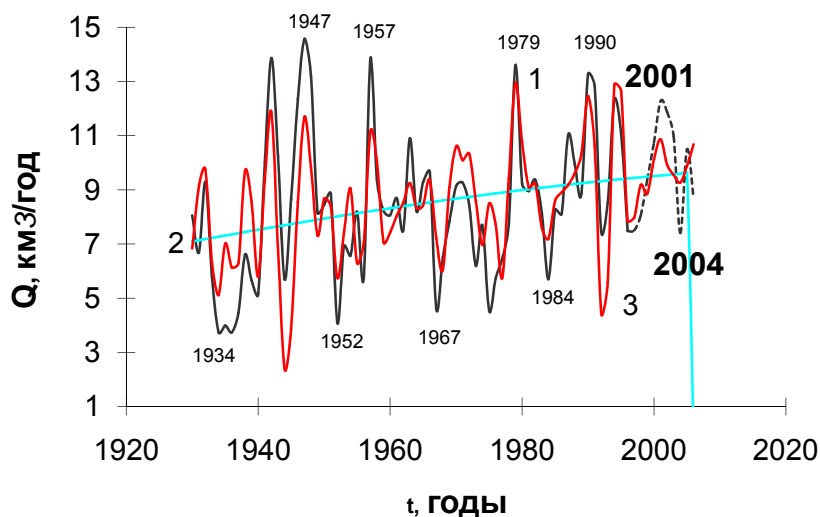


Рис. 1. Диаграмма колебаний местного стока республики Татарстан: 1 – данные наблюдений (пунктирная линия – поверочный участок 1997 – 2006 гг.), 2 – аппроксимирующая синусоида с периодом 626 лет, 3 – сумма синусоид.

Сверхдлинноволновая синусоида и сумма синусоид продлены в будущее. Анализ результатов поверочных прогнозов представлен в таблице 2. В этой таблице Q_{ϕ} – фактические значения местного стока Татарстана; $Q_{\text{ср.}}$ – среднее его значение; $Q(626)$ – местный сток, оцененный по сверхдлиннопериодной синусоиде; Q_s – результаты расчетов по сумме восьми гармоник и сверхдлиннопериодной синусоиды.

Таблица 2.

Оценка оправдываемости поверочного прогноза местного стока республики Тагарстан

t, годы	Qф, км ³ /год	Qср.-Qф, км ³ /год	(Qср.-Qф) ² , (км ³ /год) ²	Q(626), км ³ /год	Q(626)-Qф, км ³ /год	(Q(626)-Qф) ² , (км ³ /год) ²	Qs, км ³ /год	Qs-Qф, км ³ /год	(Qs-Qф) ² , (км ³ /год) ²
1997	7,5	0,869	0,755	9,439	1,939	3,759	7,967	0,467	0,218
1998	8,05	0,319	0,101	9,462	1,412	1,992	9,177	1,127	1,270
1999	9,38	-1,011	1,022	9,484	0,104	0,011	8,855	-0,525	0,276
2000	10,76	-2,391	5,716	9,506	-1,254	1,573	10,13	-0,634	0,402
2001	12,27	-3,901	15,21	9,527	-2,743	7,523	10,87	-1,403	1,969
2002	11,87	-3,501	12,25	9,548	-2,322	5,391	9,926	-1,944	3,779
2003	10,96	-2,591	6,713	9,569	-1,391	1,935	9,545	-1,415	2,003
2004	7,41	0,959	0,919	9,589	2,178	4,748	9,264	1,854	3,439
2005	10,49	-2,121	4,498	9,609	-0,881	0,777	9,877	-0,613	0,376
2006	8,68	-0,311	0,096	9,628	0,948	0,898	10,68	1,998	3,991
		Средн. прогнозов	Суммы кв. ошибок	Средн.	Ч. верных прогнозов	Суммы кв. ошибок	Средн.	Ч. верных прогнозов	Суммы кв. ошибок
1997-2001	9,592	3	22,81	9,483	3	14,86	9,399	5	4,13
2002-2006	9,882	2	24,48	9,588	3	13,75	9,858	2	13,58
ВСЕГО	9,737	5	47,29	9,535	6	28,61	9,628	7	17,72

При оценке значений местного стока на перспективу по среднему значению прогноз оправдался в 5 случаях из 10: три верные значения получены в пятилетие 1997 – 2001 гг. и два – в пятилетие 2002 – 2006 гг. Прогноз по сверхдлиннопериодной гармонике оказался верным в 6 случаях из 10: три его значения предсказаны верно в первое пятилетие и три во второе.

Прогноз по сумме всех синусоид оказался наилучшим. Он оправдался в 7 случаях из 10, причем в первые пять лет предсказаны верно все значения местного стока. Суммы квадратов ошибок прогноза на оба пятилетия и на весь интервал поверочного прогноза оказались наибольшими при прогнозе по среднему значению, а при расчетах по сумме всех синусоид суммы квадратов ошибок наименьшие.

Следует отметить, что в результате прогноза по сумме синусоид верно предсказаны годы наибольшей (2001 г.) и наименьшей (2004 г.) величины стока.

Проводились также оценки средних значений местного стока за интервал поверочного прогноза и оба поверочных пятилетия, а также средних значений расчетов по сверхдлинноволновой синусоиде и по сумме всех синусоид. Сопоставление прогнозов средних значений местного стока на пятилетия с результатами наблюдений указывает на некоторое расхождение расчетов по сверхдлинноволновой синусоиде и временного ряда во второе поверочное пятилетие. Прогнозы средних значений на пятилетия и весь поверочный интервал по сумме всех синусоид оказались несколько лучше.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента Российской Федерации (МД-3616.2008.5) и РФФИ (07-05-00465).

Литература

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
2. Бабкин А.В. Усовершенствованная модель оценки периодичности изменений уровня и элементов водного баланса Каспийского моря // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 11. – С.63-73.
3. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов. – М.: Наука, 1962. – 350 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАВОДНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ

Бадриев И.Б., Задворнов О.А., Исмагилов Л.Н., Скворцов Э.В.

Казанский государственный университет,

Казань

E-mail: Ildar.Badriev@ksu.ru

Введение. Вопросы охраны окружающей среды и рационального природопользования имеют важное значение и привлекают внимание многих специалистов. Большой интерес вызывают проблемы рациональной разработки месторождений нефти, связанные с минимизацией количества скважин, поскольку их увеличение ведет к большему загрязнению окружающей среды. Ниже рассматривается процесс вытеснения вязкопластической нефти из пласта водой. Предполагается, что нефть остается неподвижной в пористой среде, если модуль градиента давления не превосходит некоторого предельного значения (предельного градиента). В процессе вытеснения могут возникать области неподвижной нефти (застойные зоны). По мере продвижения вытесняющей нефть воды застойная зона окажется обойденной водой и превратится в конечном итоге в целик остаточной нефти. Образование целика из-за прорыва вытесняющей воды неизбежно происходит при любом неоднородном процессе вытеснения. Однако в случае обычных вязких жидкостей, следующих закону Дарси, за счет достаточно длительной прокачки воды целик можно сделать сколь угодно малым. Специфика же вязкопластической жидкости состоит в том, что при достаточно малых размерах они могут сохранять свою форму в обтекающем их потоке вытесняющей воды неограниченно долго. Такие не меняющие своей формы целики называются равновесными. По мере изменения размеров целика может наступить момент, когда на его границе градиент давления окажется равным предельному. Если это состояние достигнуто во всех точках контура целика, та такой целик называется предельно равновесным. Предельно равновесный целик представляет собой ту наибольшую область, которая может быть занята остаточной вязкопластической жидкостью неограниченно долго, т.е. характеризует вклад пластических свойств жидкости в остаточные потери нефти. Таким образом, расчет предельно равновесных целиков представляет собой один из возможных подходов к оценке влияния пластических свойств нефти на предельную нефтеотдачу в обход прямого рассмотрения нестационарного процесса вытеснения. Такой расчет полезен для оценки целесообразности бурения новых скважин.

В работе сначала формулируется обобщенная формулировка задачи в виде вариационного неравенства второго рода. Для численного решения задачи предложен итерационный процесс, каждый шаг которого сводится фактически к обращению оператора Лапласа. Затем рассматривается

модельная задача о круговой батарее скважин в области с круговым контуром постоянного давления. Решение этой задачи получено двумя способами – с применением методов теории струй [3] и при помощи упомянутого выше итерационного метода.

1. Постановка задачи. Рассматривается установившийся процесс фильтрации несжимаемой жидкости в пористой среде. Фильтрация происходит в области $\Omega \in R^2$ с липшиц-непрерывной границей $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$ ($\Gamma_1 \cap \Gamma_2 = \emptyset$, на Γ_1 давление считается равным нулю, а на Γ_2 задано условие непротекания) при наличии m точечных источников постоянных интенсивностей $q_j, j=1,2,\dots,m$, в попарно различных внутренних точках $x^{(j)}, j=1,2,\dots,m$, области Ω . Необходимо найти стационарные поля давления u и скорости v жидкости, удовлетворяющих уравнению неразрывности и граничным условиям

$$\operatorname{div} v(x) = \sum_{j=1}^m q_j \delta(x - x^{(j)}), x \in \Omega, \quad u(x) = 0, x \in \Gamma_1, \quad (v(x), \mathbf{n}(x)) = 0, x \in \Gamma_2 \quad (1)$$

(δ – дельта-функция Дирака, \mathbf{n} – внешняя нормаль к Γ_2) в предположении, что фильтрующаяся жидкость удовлетворяет многозначному закону фильтрации:

$$-v(x) \in g(|\nabla u(x)|) |\nabla u(x)| |\nabla u(x)|^{-1}, \quad x \in \Omega. \quad (2)$$

Считаем, что функция g , определяющая закон фильтрации, может быть представлена в виде суммы $g(\xi) = g_0(\xi) + \theta H(\xi - \beta)$, где однозначная функция g_0 и многозначная функция H определены по формулам

$$g_0(\xi) = \begin{cases} 0, & \xi \leq \gamma, \\ g(\xi - \gamma), & \xi \geq \gamma, \end{cases} \quad H(\xi) = \begin{cases} 0, & \xi < 0, \\ [0, 1], & \xi = 0, \\ 1, & \xi > 0. \end{cases}$$

$\theta \geq 0, \gamma \geq 0, \beta \geq \gamma$ – заданные константы, функция $g: [0, +\infty) \rightarrow [0, +\infty)$ удовлетворяет условиям: $g(0) = 0, g(\xi) > g(\zeta)$ для всех $\xi > \zeta \geq 0$, существуют такие постоянные $k > 0, \xi^* \geq 0, L > 0$, что $g(\xi) - g(\zeta) \geq k(\xi - \zeta)$ для всех $\xi > \zeta \geq \xi^*$, $|g(\xi) - g(\zeta)| \leq L|\xi - \zeta|$ для всех $\xi > \zeta \geq 0$. Определим по функции g_0 оператор $G: R^2 \rightarrow R^2$ следующим образом:

$$G(y) = \begin{cases} 0, & y = 0, \\ g_0(|y|) y |y|^{-1}, & y \neq 0. \end{cases}$$

Пусть $h(\xi) = \hat{h}(\xi) + \gamma$, где \hat{h} – обратная к g функция,

$$w_r^{(j)}(x) = \frac{q_j}{|q_j|} \int_{|x-x^{(j)}|}^r h\left(\frac{|q_j|}{2\pi\xi}\right) d\xi, j=1,2,\dots,m, \quad w_r(x) = \sum_{j=1}^m w_r^{(j)}(x), \quad x \in \Omega,$$

где $r > 0$ таково, что $\Omega \subseteq B_r^j = \{x \in R^2 : |x - x^{(j)}| \leq r\}$, $j = 1, 2, \dots, m$. В [2] было установлено, что $w_r \in W_1^{(1)}(\Omega)$ и существует функция $w_\Gamma \in W_2^{(1)}(\Omega)$ такая, что $w_\Gamma(x) = w_r(x)$, $x \in \Gamma_1$. Обозначим $V = \{\eta \in W_2^{(1)}(\Omega) : \eta(x) = 0, x \in \Gamma_1\}$. Следуя [2], под обобщенным решением задачи (1), (2) будем понимать функцию $u \in W_1^{(1)}(\Omega)$, $u = w + w_r + w_\Gamma$, где функция $u \in V$ является решением вариационного неравенства

$$(Aw, \eta - w)_V + \Phi(\nabla \eta) - \Phi(\nabla w) \geq 0 \quad \forall \eta \in V, \quad (3)$$

где $(\cdot, \cdot)_V$ – скалярное произведение в V , оператор $A: V \rightarrow V$ порождается формой

$$(Aw, \eta)_V = \int_{\Omega} (G(\nabla(w + w_r + w_\Gamma)) - \sum_{j=1}^m G(\nabla w_r^{(j)}), \nabla \eta) dx,$$

функционал $\Phi: Y = L_2(\Omega) \times L_2(\Omega) \rightarrow R^1$ задается по формуле

$$\Phi(y) = \theta \int_{\Omega} \varphi(|\nabla(w_r + w_\Gamma) + y| - \beta) dx, \quad \varphi(\xi) = \begin{cases} 0, & \xi \leq 0, \\ \xi, & \xi \geq 0. \end{cases}$$

В [1] было доказано существование по крайней мере одного решения u вариационного неравенства (3) и установлено существование поля скоростей фильтрации, построенного по u , удовлетворяющего уравнению неразрывности.

2. Итерационный метод. Для решения вариационного неравенства (3) в [1] был предложен следующий итерационный процесс. Пусть $\rho > 0$, $\Lambda^*: Y \rightarrow V$ – сопряженный к ∇ оператор, $w^{(0)} \in V$, $y^{(0)} \in Y$, $\lambda^{(0)} \in Y$ – произвольные элементы. Для $n = 0, 1, 2, \dots$, зная $y^{(n)}$, $\lambda^{(n)}$, найдем

$$w^{(n+1)} = w^{(n)} - \tau [Aw^{(n)} + \Lambda^* \lambda^{(n)} + \rho(w^{(n)} - \Lambda^* y^{(n)})].$$

Затем полагаем $z = \rho \nabla w^{(n+1)} + \lambda^{(n)}$ и вычисляем $y^{(n+1)}$, $\lambda^{(n+1)}$ по

$$y^{(n+1)} = \frac{h_\rho(|z|)}{|z|} z - \nabla(w_r + w_\Gamma), \quad h_\rho(\xi) = \begin{cases} \xi / \rho, & 0 \leq \xi < \rho\gamma, \\ \gamma, & \rho\gamma \leq \xi \leq \rho\gamma + \theta, \\ (\xi - \theta) / \rho, & \xi \geq \rho\gamma + \theta. \end{cases}$$

$$\lambda^{(n+1)} = \lambda^{(n)} + \rho [\nabla w^{(n+1)} - y^{(n+1)}].$$

При этом было доказано, что если $0 < \tau_0 < \tau < 2/(2\rho + L)$, то $w^{(n)}$ сходится слабо в V к некоторому решению w задачи (3), $y^{(n)}$ сходится слабо в Y к ∇w при $n \rightarrow +\infty$. Отметим, что данный итерационный метод позволяет находить приближенные значения не только самого решения (давления), но и его градиента, что бывает полезным при решении практических задач, в частности, рассматриваемых в настоящей работе.

3. Модельная задача. Рассмотрим задачу, возникающую в практике разработки месторождений не-newтоновских нефтей при заводнении с

помощью круговой батареи скважин. Эта задача состоит в определении границ предельно равновесных целиков вязкопластической жидкости при фильтрации в области с круговым контуром постоянного давления. Предполагается, что жидкость движется по многозначному закону фильтрации (2), причем $\theta = 1$, $\gamma = 1$, $\beta = \gamma$, $g(\xi) = \xi$, и на границе целика модуль скорости течения v постоянен. Решение задачи получено при помощи методов теории струй [3]. При этом использован аппарат теории аналитических функций. Вводится каноническая область изменения вспомогательного переменного – прямоугольник, на нем формулируется соответствующая краевая задача, решение которой ищется в виде ряда. Это представление удовлетворяет всем граничным условиям, а члены ряда находятся путем итераций. Далее определяются границы области течения.

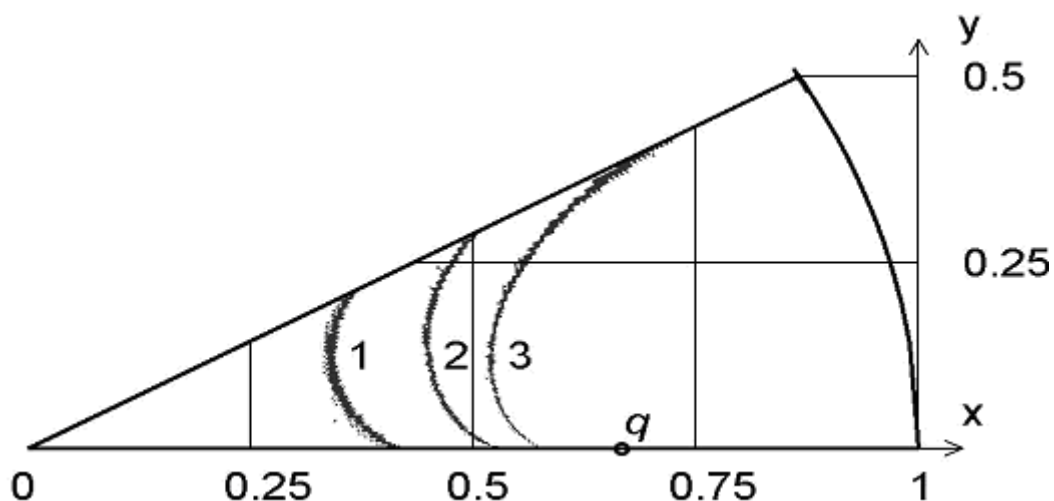


Рис. 1.

На рис. 1 в качестве примера приведено положение целиков в случае батареи шести симметрично расположенных скважин расхода q внутри кругового контура питания единичного радиуса. В силу симметрии задачи показан лишь сектор, равный шестой части кругового контура. Целики неподвижной жидкости (нефти) расположены левее кривых 1–3, отвечающих значениям безразмерного параметра расхода q , равного 3.09, 1.85 и 1.41 соответственно. Расстояние от центра окружности до скважин равно $2/3$.

На том же рисунке приведены результаты расчетов, полученные с помощью итерационного метода, описанного в п. 2. Предварительно были построены конечноэлементные аппроксимации задачи. Сходимость их следует из результатов [4]. Отметим, что для аппроксимирующей задачи сходимость итерационного процесса является сильной. Число конечных элементов составило 10^4 . Эмпирически найдены оптимальные по количеству итераций значения итерационных параметров: $\tau = 0.6$, $\rho = 1$. Число итераций при этом оказалось равным 67. На рисунке приведены треугольные конечные

элементы, на которых модуль градиента давления отличается от β не больше, чем на 10^{-4} . Видно, что расчеты по обоим методам дают близкие результаты. Это подтверждает эффективность итерационного процесса, который может применяться к решению задач об определении границ предельно равновесных целиков остаточной вязкопластической нефти в областях произвольной формы и с произвольным расположением скважин.

Отметим, что знание областей потерянной нефти может быть полезным для оценки целесообразности бурения новых скважин – потенциальных источников загрязнения подземных вод и окружающей среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (коды проектов 08-01-00676, 09-01-00814, 09-01-97015).

Литература

1. Бадриев И.Б., Задворнов О.А. Постановка и решение нелинейных стационарных задач фильтрации при наличии нескольких точечных источников // Дифференциальные уравнения. – 2007. – Т. 43, № 7. – С.905–913.
2. Ентов В.М., Панков В.Н., Панько С.В. Математическая теория целиков остаточной вязкопластичной нефти. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1989. – 196 с.
3. Котляр Л.М., Скворцов Э.В. Плоские стационарные задачи теории фильтрации. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1978. – 141 с.
4. Ляшко А.Д., Карчевский М.М. Разностные методы решения нелинейных задач теории фильтрации // Известия ВУЗов. Математика. – 1983. – № 7. – С.28–45.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОБЛАКА АЭРОЗОЛЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Баянов И.М

Бирская государственная социально-педагогическая академия,

Бирск, Башкортостан

E-mail: bim1966@mail.ru

Введение. Образование аэрозолей в открытой атмосфере всегда происходит с участием водяного пара. Это обусловлено, во-первых, тем, что вода входит в состав атмосферного воздуха и, во-вторых, тем, что вода является одним из основных продуктов при сгорании органического топлива и в большом количестве присутствует в выбросах из труб ТЭЦ, заводов. Несмотря на нетоксичность, роль воды в распространении выбросов в атмосфере велика и обусловлена рядом физических свойств воды, отличающихся от свойств других примесей. Во-первых, температуры замерзания и кипения воды значительно выше, чем у других химических соединений, близких по молекулярной массе. Во-вторых, она обладает аномально высокой теплотой фазовых переходов (плавления и парообразования) и высокой удельной теплоемкостью. В-третьих, она имеет высокую растворяющую способность и химическую активность. Совокупность этих особенностей приводит к сложной картине распространения содержащих воду выбросов в атмосфере, сопровождающейся фазовыми переходами и химическими реакциями с выделением и поглощением тепла. Дополнительный фактор, усложняющий картину распространения влагосодержащих выбросов, – изменчивый характер внешних условий (температуры и влажности воздуха).

Теоретическая модель. При анализе движения выбросов в атмосфере следует учесть характерные масштабы времен для процессов, сопровождающих это движение. Образование облаков при аварийных выбросах происходит обычно за доли или несколько секунд (10^{-1} - 10^0 с). Дальнейшее развитие этих процессов протекает в более медленном режиме, они связаны с перемешиванием с окружающим воздухом и длятся в течение нескольких десятков секунд (10^1 - 10^2 с). Эта стадия, формирующая дальнейшее поведение облака, рассмотрена в данной работе. В частности, от этого этапа во многом зависит, будет ли облако рассеиваться или накапливаться, и, следовательно, какова степень воздействия выброса на окружающую среду и соответствующий ущерб. Детальное рассмотрение данной стадии, в частности, особенно важно для анализа возможного возгорания и взрывов при выбросах, содержащих горючие смеси. Следующая стадия связана с накоплением выбросов в регионе (например, в городе) и происходит в течение нескольких часов и суток (10^3 - 10^5 с).

Средняя плотность облака выбросов, определяющая плавучесть, – один из критических параметров при его распространении. Ее величина,

зависящая от температуры и влагосодержания, со временем меняется за счет теплообмена с окружающей атмосферой, а также из-за фазовых переходов в самом облаке. Поэтому наибольший интерес представляет именно представленная здесь стадия образования облака выбросов с сильными изменениями средней плотности, которая требует детального изучения и анализа.

Различные аспекты распространения воды в атмосфере, как в виде пара, так и в виде тумана рассматривались в работах [3-5], в которых учитывалось множество факторов, таких как наличие центров конденсации, зависимость роста водяных капель от их текущих размеров. В этих работах данное явление рассматривается в больших масштабах пространства (сотни километров) и времени (часы и сутки). Тогда необходимо учитывать влияние солнечной радиации, зависящей от времени, тепло- и влагообмен с подстилающей поверхностью, вращение Земли. Для стадии развития облака водяного пара, которая представлена в данной работе, эти отмеченные процессы несут незначительный вклад. Поэтому для данной стадии удастся изучить процесс в рамках относительно простой теоретической модели, позволяющей выявить основные закономерности движения облака выбросов, содержащего конденсат.

Характерные времена осаждения жидких капелек размерами до десятков микрон составляют десятки минут или часы. Следовательно, в рассматриваемой стадии развития облака продолжительностью не более минуты его можно принять за гомогенную сплошную среду, что существенно упрощает теоретическое описание процессов и проведение численных расчетов.

Движение облака аэрозоля описывается системой уравнений для парогазокапельной смеси с среднемаассовой плотностью ρ и скоростью \dot{v} и включает в себя уравнения неразрывности, импульсов, диффузии, теплопроводности и состояния парогазокапельной смеси [1].

Численная схема решения системы уравнений построена на основе метода крупных частиц газовой динамики [2].

Результаты исследований. Исследовано движение облака аэрозоля, находящегося в начальный момент времени на высоте h над подстилающей поверхностью. Начальная температура облака выбрана близкой к точке кипения ($T_g = 370$ К), но ниже ее значения согласно условию наличия жидких капелек в начальном составе. Для расчетов выбраны два значения начальной температуры воздуха $T_a = 300$ К (теплая погода) и 280 К (холодная) и два значения относительной влажности воздуха, характерные для средних широт при сухой ($j = 60\%$) и влажной погоде (90%).

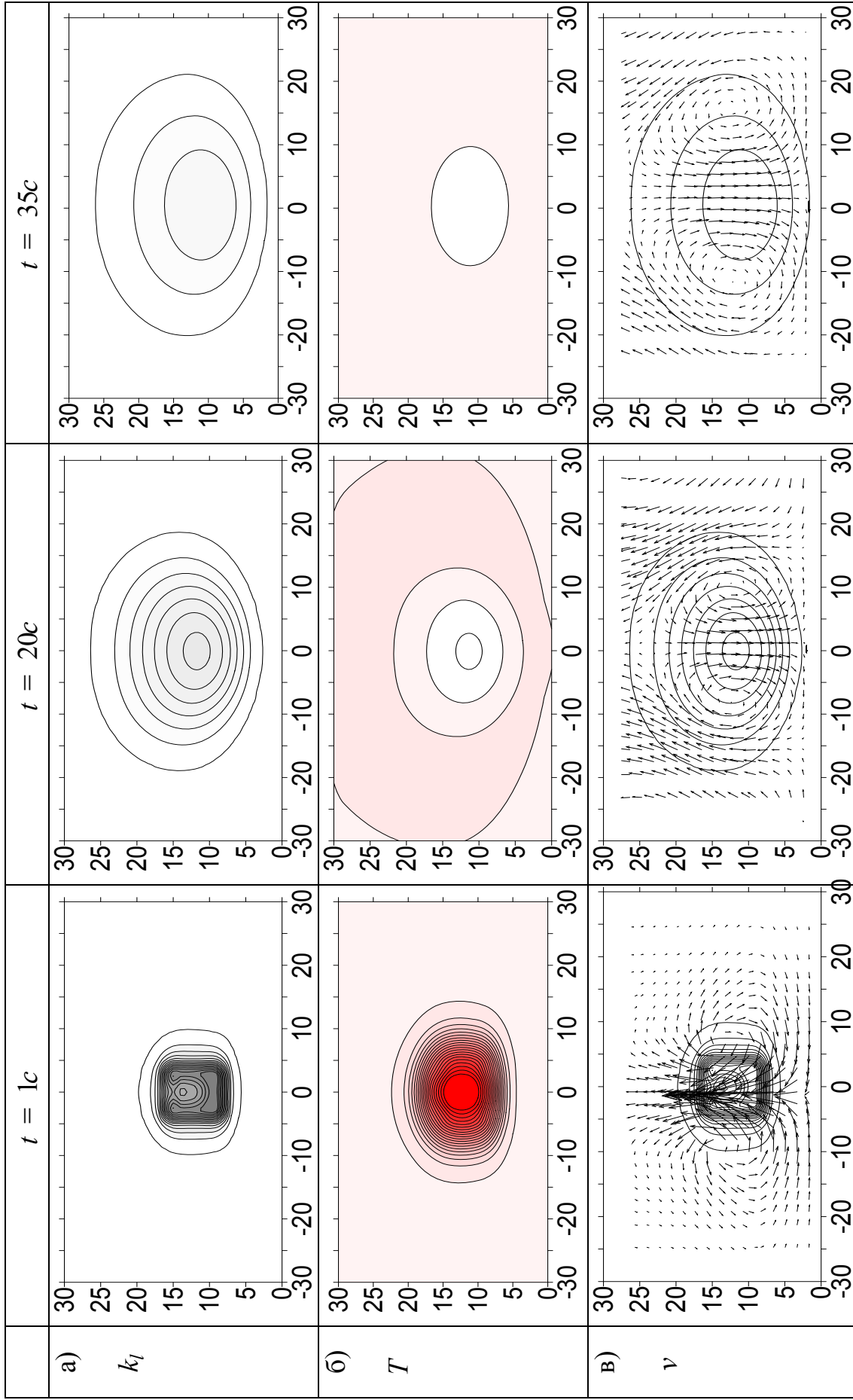


Рис. 1. Поля среднemasовой концентрации капель k_l , температуры T , скорости v при $t = 1, 20, 35c$ (размеры по горизонтали и вертикали указаны в метрах).

Видимая форма облака определяется распределением капель воды в облаке, т.е. среднемассовой концентрацией капель k_l (рис.1,а). По результатам расчета можно проследить эволюцию формы облака в трехмерном виде. На границе облака начинается перемешивание горячего тумана с холодным воздухом и последующая за этим конденсация воды. Когда температура в облаке уменьшается до значений, близких к температуре окружающего воздуха, начинается испарение воды, и облако постепенно рассеивается.

Эволюция температурного поля в расчетной области существенно зависит от процессов конденсации и испарения (рис.1,б). На начальном этапе за счет выделения скрытой теплоты парообразования при конденсации пара температурное поле более инерционное. В последующем проникающий в облако холодный и более сухой воздух усиливает интенсивность испарения, и за счет потерь тепла на испарение, в свою очередь, температура в облаке падает ниже температуры окружающего воздуха – образуется температурная «яма».

Процессы перемешивания горячего пара с окружающим воздухом, сопровождаемые фазовыми переходами, приводят к сложной картине поля скоростей движения среды (рис.1,в). В начальном состоянии, несмотря на наличие конденсата, горячий туман в два раза легче окружающего воздуха, и это приводит к образованию восходящего потока. При этом скорость потока в первый момент движения достигает нескольких метров в секунду. В нижней части в облако поступает холодный воздух, и верхняя более теплая часть облака поднимается вверх. По мере остывания облака значение вертикальной составляющей скорости меняет знак – смесь становится тяжелее воздуха и падает на подстилающую поверхность (рис.1,в).

Таким образом, представленная теоретическая модель позволяет проследить детальную картину движения облака тумана в приземном слое атмосферы в трехмерном виде и выявить основные закономерности этого движения.

В работе также получены зависимости эволюции массового содержания конденсата, температуры и среднемассовой плотности аэрозольного облака от внешних условий (температуры и влажности окружающего воздуха).

Заключение. Представлена теоретическая модель распространения парогасокапельной смеси в приземном слое атмосферы. Изучены эволюции полей температуры, массовой концентрации пара и капель, скорости движения облака в зависимости от начального состояния облака и атмосферы.

Установлено, что, несмотря на незначительный вклад конденсата в среднюю плотность смеси в начальном состоянии, его присутствие в составе выброса приводит к поглощению большого количества тепла при испарении и к охлаждению облака ниже температуры окружающего воздуха. Это, в свою очередь, вызывает рост плотности и образование смеси тяжелее

окружающего облако воздуха. Такое облако впоследствии оседает на подстилающую поверхность и может накапливаться в виде тумана.

Показано, что основной внешний фактор, достаточно сильно влияющий на движение облака, – относительная влажность окружающего воздуха. Понижение температуры окружающего воздуха приводит к значительному росту массы конденсата в облаке, но не вызывает качественное изменение движения выбросов в дальнейшем, поскольку плавучесть и время испарения облака меняются слабо.

Литература

1. Баянов И.М., Хамидуллин И.Р., Шагапов В.Ш. Движение выбросов, содержащих водяной конденсат, в приземном слое атмосферы // Известия АН. Сер. Механика жидкости и газа. – 2007. – № 6. – С.159-171.
2. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. – М.: Наука, 1982. – 392 с.
3. Пискунов В.Н. Теоретические модели кинетики формирования аэрозолей. Монография. – Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 2000. – 209 с.
4. Шагапов В.Ш., Гудкова О.С. Распространение паро-газокапельных струй в атмосфере // Известия АН. Физика атмосферы и океана. – 2001. – Т. 37, № 3. – С.313-321.
5. Hollander W., Zaripov S.K. Hydrodynamically interacting droplets at small Reynolds numbers // International Journal of Multiphase Flow. – 2005. – V.31. – Pp.55-68.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Габдуллин В.М., Семакина А.В., Шкляев М.Е.

Удмуртский государственный университет,

Ижевск

E-mail: vmg@udsu.ru

Согласно официально опубликованным данным, суммарное количество выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в Удмуртской Республике по состоянию на 2005 г. составило 267,654 тыс.т. Из них на долю передвижных источников (государственный и коммерческий автотранспорт) приходится в среднем 35%. При этом в городах доля данного источника составляет около 70%.

При рассмотрении пространственной структуры выбросов можно отметить тяготение основных объемов выбросов к центральной и юго-восточной части территории республики, где сосредоточена преобладающая часть ее промышленного потенциала. Так, преобладающая часть выбросов ЗВ приходится на гг. Ижевск, Глазов, Можга, а также районы, где располагаются объекты нефтедобычи и компрессорные станции магистральных газопроводов.

Компонентная структура выбросов в территориальном аспекте характеризуется значительной изменчивостью. Условно можно выделить несколько групп районов, отличающихся разной экономической специализацией. В первой группе основную долю выбросов от стационарных источников представляют оксид углерода и углеводороды без учета летучих органических соединений (ЛОС). Основными источниками выбросов углеводородов в данной группе являются предприятия обслуживающие газо- и нефтепроводы. В соседнем Пермском крае преобладающую долю в выбросах углеводородов без ЛОС от такого рода источников составляет метан [1].

Преобладание в структуре выбросов диоксида серы, оксида углерода и взвешенных частиц характерно для районов, где ведущей отраслью является сельское хозяйство.

К третьей группе относятся районы, где структура выбросов наиболее разнообразна и представлена такими веществами, как диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, углеводороды и взвешенные частицы. В целом небольшие объемы выбросов связаны с разнообразными типами источников, среди которых ведущее место занимают предприятия жилищно-коммунального и сельского хозяйства. К данной группе можно отнести и города республики, характеризующиеся высоким разнообразием источников и, как следствие, разнообразной структурой выбросов.

Решение задачи расчета среднегодовых концентраций сводится к интегрированию всех возможных концентраций загрязняющих веществ в

заданной точке (x, y) , которые могут возникнуть в течение года с учетом вероятности реализации определенного из шести характерных классов устойчивости атмосферы при заданных скорости и направлении ветра.

В данной работе для характеристики среднегодового загрязнения была использована модель распределения средних значений концентраций наиболее распространенных загрязняющих веществ по слою перемешивания Петрухина, Вишенского [2], в которой учитывались данные о выбросах этих веществ внутри региона и по крупным городам на расстоянии до 100 км от территории Удмуртии, скорости и повторяемости ветров различных направлений, продолжительности присутствия отдельных примесей в атмосфере. Несложная формула позволяет рассчитывать средние значения концентраций по слою перемешивания:

$$C(R) = \sum_{i=1}^8 \frac{4QP_i}{\pi RUH} \left(\frac{1}{R/\tau U} + 1 \right)$$

где $C(R)$ – средняя концентрация вещества ($\text{мг}/\text{м}^3$) в слое перемешивания,
 P_i – повторяемость направления переноса в i -ом секторе (в долях единицы),

Q – мощность источника загрязнения (тыс. т/год),

R – расстояние от источника до контрольной точки (км),

U – скорость ветра в слое перемешивания (км/сут),

H – высота слоя перемешивания (км),

τ – время присутствия примеси в атмосфере, определяющееся интенсивностью процессов химической трансформации и осаждения (сут).

При активной циркуляции атмосферы уровень загрязнения определяется эмиссией ЗВ как из близлежащих, так и из удаленных источников. Таким образом, при картировании уровня атмосферного загрязнения Удмуртии учитывались выбросы на территории республики и близлежащих городов. При этом в рамках регионального подхода в качестве источника загрязнения принимались города либо районные центры.

Согласно изложенной методике была создана программа, позволяющая производить расчет полей концентраций и построение цифровых карт распределения ЗВ в атмосфере. В результате были получены цифровые карты распределения по территории Удмуртской Республики диоксида серы, оксида углерода и оксидов азота и взвешенных частиц. При построении модели распределения в атмосфере группы углеводородов без учета ЛОС в качестве основного компонента был принят метан. На основании полученных моделей, был создан цифровой вариант распределения значений ИЗА на территории Удмуртии (рис. 1).

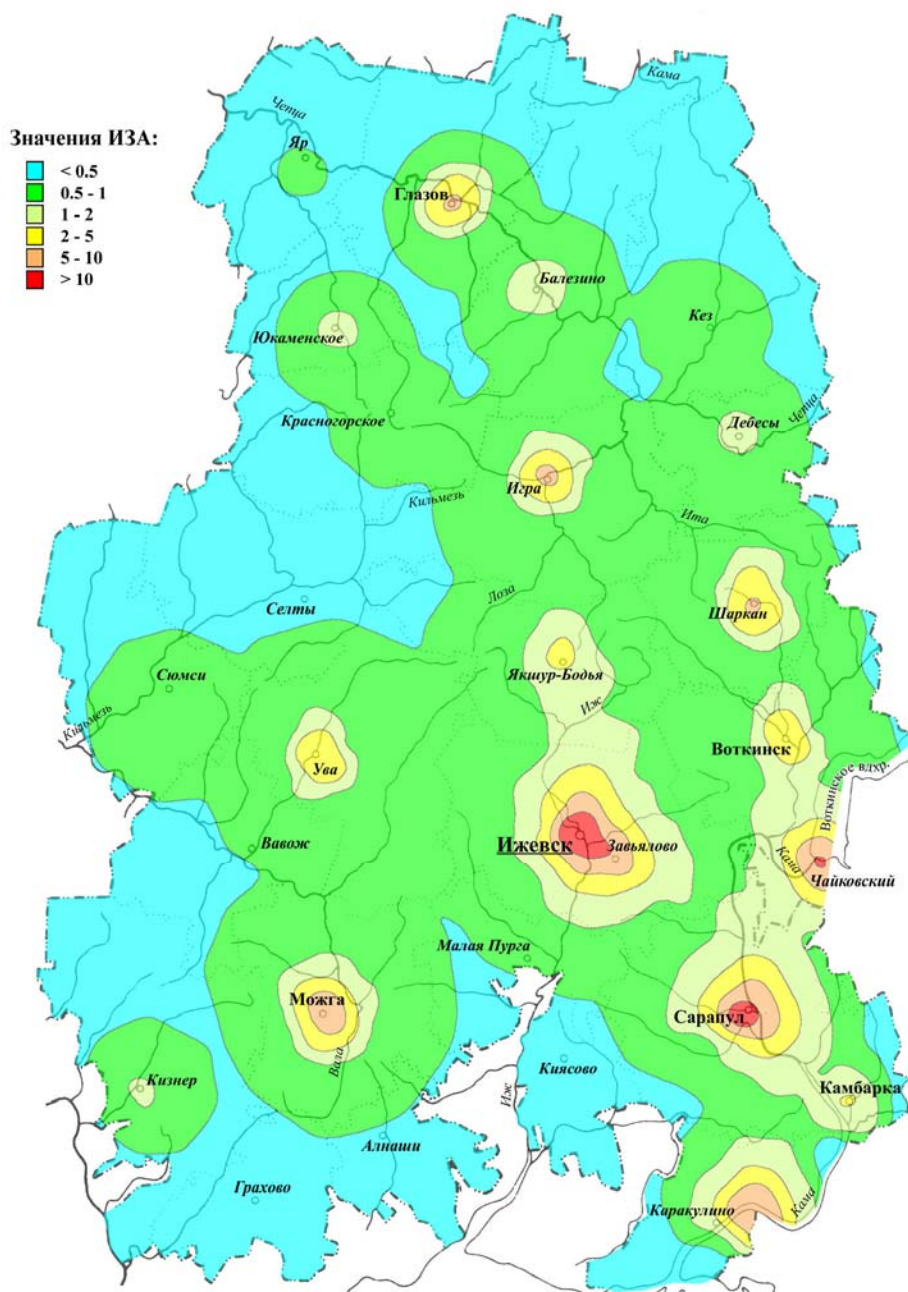


Рис. 1. Распределение индексов загрязнения атмосферы по территории Удмуртии.

При анализе результатов моделирования был выявлен серьезный недостаток модели Петрухина: на малых расстояниях ($< 5 \div 20$ км – в зависимости от других параметров) расчетные концентрации гиперболически возрастают, так как такой характер поведения расчетных концентраций заложен самой формулой. В связи с этим концентрации, рассчитанные на малых расстояниях от источников, не учитывались. Вместо них были использованы данные, полученные при натурных наблюдениях. В то же время эта модель дает неплохое согласие с натурными данными на средних и больших расстояниях, что подтверждается при верификации значений ИЗА,

рассчитанных по модели (рис. 1) и натурным данным, представленным в табл. 1.

Таблица 1.

Значения ИЗА, полученные при натурных исследованиях
(данные мониторинга)

Точка наблюдения	Значение ИЗА
д. Колюшево (Завьяловский р-н)	1,41
д. Мал. Пужмезь (Кезский р-н)	0,74
д. Бегешка (Якшур-Бодьинский р-н)	1,14
д. Кыква (Якшур-Бодьинский р-н)	1,23
д. Дмитриевка (Якшур-Бодьинский р-н)	1,25
д. Кухтино (Каракулинский р-н)	0,97
г. Ижевск	8,73
г. Глазов	4,93

Согласно изложенным материалам, расчетные характеристики фонового загрязнения в пределах республики в целом не превышают 1, за исключением территорий ее центральной и юго-западной части. Необходимо отметить, что в формировании загрязнения в большей мере участвуют местные источники, накладывающиеся на региональный фон, связанный в основном с переносом ЗВ с территории Пермской области. Отдельно можно выделить ареалы со значениями ИЗА более 5. Это территории, близлежащие к гг. Ижевск, Сарапул, Чайковский. Формирование атмогеохимической аномалии в районе г. Ижевска связано со значительными и разнообразными по компонентному составу выбросами, характерными для данного населенного пункта (рис. 1). В тоже время другие две аномалии связаны в первую очередь с выбросами таких ЗВ, как углеводороды (без учета ЛОС).

Литература

1. Состояние и охрана окружающей среды Пермской области в 2003 году. Управление по охране окружающей среды Пермской области. – Пермь, 2004. – 12 с.
2. Petrukhin V.A., Vishensky V.A. Modeling and evolution of Eurasian Tropospheric background pollution based on the date bank of multi-year measurements // Changing composition of the troposphere. Spatial Environment. Rep. N 17. 1989. Pp. 83-86.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОСТЕННОГО ПРОБООТБОРНИКА В НИЗКОСКОРОСТНОМ ПОТОКЕ

¹Гильфанов А.К., ¹Зарипов Ш.Х., ²Маклаков Д.В.

¹Казанский государственный университет,

²Казанская государственная архитектурно-строительная академия,
Казань

E-mail: Artur.Gilfanov@ksu.ru

Введение. В последнее время становится актуальным исследование пробоотбора аэрозольных частиц внутри помещений, где наблюдаются малые скорости движения воздуха ($\sim 0.1-0.2$ м/с), сравнимые со скоростью V_s седиментации грубодисперсных частиц. Так, для частиц размером 80 мкм $V_s \sim 0.17$ м/с [2]. В таких условиях на эффективность аспирации значительное влияние может оказывать сила тяжести. В настоящей работе в приближении потенциального течения несжимаемого газа для несущей среды решена задача аспирации аэрозоля в тонкостенную трубку, ориентированную входным отверстием к набегающему потоку аэрозоля. Проведены исследования коэффициента аспирации при малых значениях отношения R_a скорости ветра к скорости аспирации. Изучено влияние силы тяжести на процесс аспирации.

Постановка задачи. Рассматривается течение аэрозоля при аспирации в круглую цилиндрическую трубку радиуса R_t и бесконечной длины (рис.1).

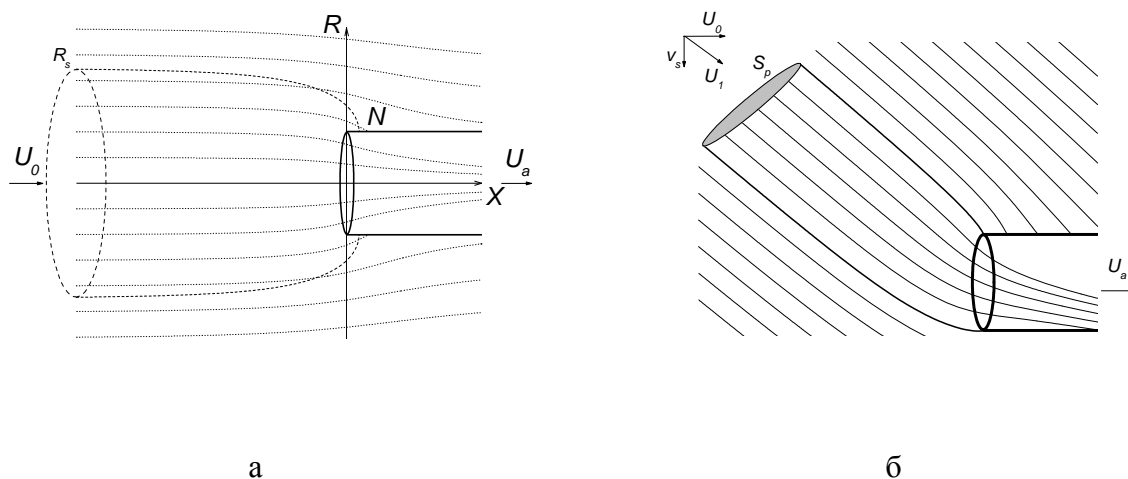


Рис. 1. Линии тока (а) и траектории частиц (б) при аспирации аэрозоля в трубку.

Вдали от пробоотборника несущая среда движется равномерно со скоростью U_0 . Направление вектора скорости ветра U_0 совпадает с направлением скорости аспирации U_s . Осевая симметрия течения газа позволяет рассматривать задачу о поле скоростей несущей среды в цилиндрических координатах X, R в плоскости симметрии. Осевая

координата X направлена вдоль оси пробоотборной трубки. Поле скоростей течения несущей среды рассчитывается методом граничных элементов.

В невозмущенной среде частицы двигаются параллельно вдоль направления, задаваемого вектором скорости $\bar{U}_1 = \bar{U}_0 + \bar{V}_s$, где $\bar{V}_s = \tau \bar{g}$ - скорость гравитационного оседания (рис.1,б). Введем параметр R_a как отношение скорости несущей среды к скорости аспирации $R_a = U_0 / U_s$. Пусть S_p - площадь поперечного сечения предельной трубки траекторий вдали от пробоотборника. Предельная трубка траекторий разделяет дисперсную фазу на потоки аспирируемых частиц и частиц, проходящих мимо пробоотборника. При известной площади S_p коэффициент аспирации вычисляется по формуле

$$A = \frac{U_1 S_p}{Q} = \frac{S_p \sqrt{U_0^2 + V_s^2}}{\pi R_t^2 U_s} = \frac{S_p R_a \sqrt{1 + (St / Fr)^2}}{\pi R_t^2}, \quad (1)$$

где $Q = U_s \pi R_t^2$ - расход газа при течении через трубку. Безразмерные числа Стокса St и Фруда Fr определяются как

$$St = \frac{d^2 \rho_p U_s}{18 \mu D_t}, \quad Fr = \frac{U_0^2}{g D_t}, \quad (2)$$

где d и ρ_p - диаметр и плотность частицы, μ - коэффициент динамической вязкости среды, $D_t = 2R_t$.

В предположении стоксового закона сопротивления безразмерные уравнения движения сферических частиц записываются в виде

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{u_x - v_x}{St}, \quad \frac{dv_y}{dt} = \frac{u_y - v_y}{St}, \quad \frac{dv_z}{dt} = \frac{u_z - v_z}{St} - \frac{1}{Fr}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}, \quad (3)$$

где u_x, u_y, u_z и v_x, v_y, v_z - безразмерные декартовы составляющие скорости газа и частицы в плоскости (x, y, z) , t - время. Радиус трубки R_t и скорость аспирации U_s выбираются в качестве масштаба для безразмерных координат и скоростей. Вдали от трубки скорость частиц полагается равной скорости газа. Численное интегрирование (3) с известными начальными условиями позволяет рассчитывать траектории аэрозольных частиц.

Численные результаты. Проведены исследования задачи аспирации в трубку с $R_t = 0.005$ м при скорости аспирации $U_s = 1$ м/с для водяных капель. На рис.2 приведены области захвата аэрозольных частиц вдали от пробоотборника при уменьшении параметра R_a от 0.2 до 0. Области захвата

S_p показаны в плоскостях, перпендикулярных вектору скорости \bar{U}_1 . С уменьшением R_a начинает сказываться влияние силы тяжести, первоначально круговая область захвата ($R_a=0.2$) меняет свою форму. Появляется узкая область вокруг основного круга ($R_a=0.1$), которая затем соединяется с ним ($R_a=0.08$). Далее область захвата расширяется, и при этом внутри нее растет область, с которой стартуют частицы, оседающие на поверхности трубки ($R_a=0.04$). Полученные области захвата используются для расчета коэффициента аспирации по формуле (1).

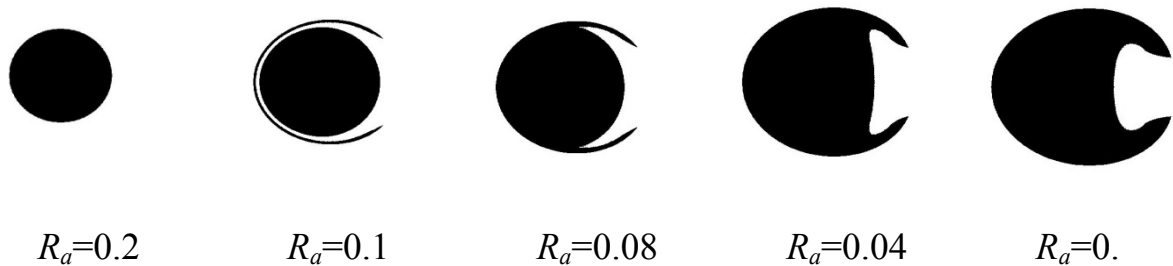


Рис. 2. Области захвата аэрозольных частиц вдали от пробоотборника для $St=1$ и $Fr=10$ при различных значениях R_a .

На рис.3 даны зависимости $A(R_a)$, рассчитанные с учетом (сплошные кривые) и без учета силы тяжести (штриховые кривые). При $R_a < R_c$ ($R_c = St/Fr$) начинает сказываться влияние силы тяжести. Для рассматриваемой задачи – аспирации из движущегося воздуха в трубку, горизонтально ориентированную в пространстве, – коэффициент аспирации уменьшается при учете силы тяжести. С увеличением числа Стокса влияние силы тяжести растет.

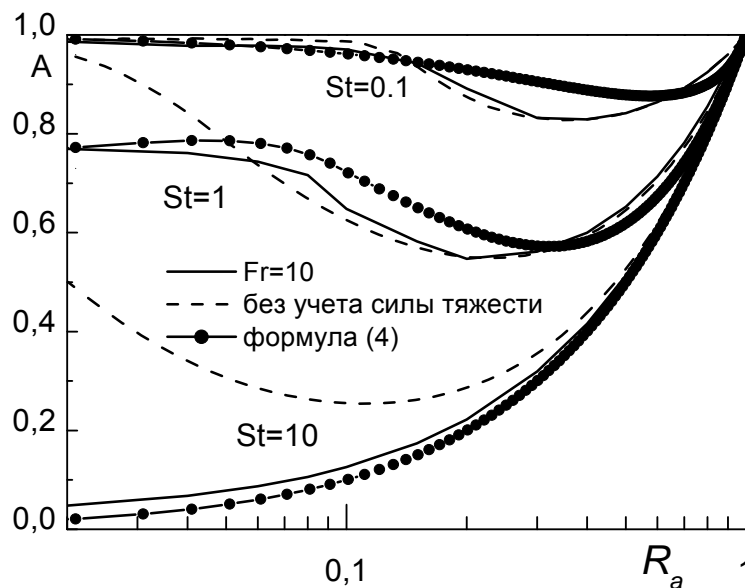


Рис. 3. Зависимость коэффициента аспирации от R_a .

Расчеты показали, что коэффициент аспирации в отсутствие влияния силы тяжести в области R_a хорошо описывается приближенной формулой, предложенной в [1]

$$A_m = 1 + \beta(R_a - 1), \quad \beta = \left(1 - \left(1 + St \frac{\sqrt{R_a}}{1 - \sqrt{R_a}} + 4St \right)^{-1} \right) \quad (4)$$

В то же время, в [3] на основе аппроксимации экспериментальных данных получена формула для коэффициента аспирации в неподвижном воздухе ($R_a=0$)

$$\begin{aligned} A_0 &= 1 - 0.8(4StR_c^{3/2}) + 0.08(4StR_c^{3/2})^2 - 0.8(0.5StR_c^{1/2})^2 \\ &\quad - 0.2 \left\{ 0.12StR_c^{-0.4} (e^{-p} - e^{-q}) \right\}, \\ p &= 2.2StR_c^{1/3}St, \quad q = 75StR_c^{1.7}St \end{aligned} \quad (5)$$

Для вычисления коэффициента аспирации во всем диапазоне $R_a \in [0, 1]$ может быть использована комбинация формул (4) и (5) в виде

$$A = \begin{cases} A_0 + R_a(A_{mc} - A_0)/R_c, & R_a < R_c \\ A = A_m, & R_a > R_c \end{cases}, \quad (6)$$

где $A_{mc} = A_m(R_c)$. Как видно из рис.3, зависимости $A(R_a)$, рассчитанные по (6), неплохо согласуются с кривыми, полученными с помощью описанной численной модели.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 07-07-00183 и № 08-01-00163).

Литература

1. Medvedev A.A. Numerical study of aerosol particle sampling from a low-speed flow // Atmospheric and Oceanic Optics. – 2002. – V.15. – N8. – Pp.663-666.
2. Schmees D.K., Wu Y.-H., Vincent J.H. Experimental methods to determine inhalability and personal sampler performance for aerosols in ultra-low windspeed environments // J. Environ. Monit. – 2008. – V.10. – Pp.1426-1436.
3. Vincent J. Aerosol sampling: science, standards, instrumentation and applications, John Wiley&Sons. – 2007. – 616 p.

МАССОПЕРЕНОС В АГРЕГИРОВАННЫХ НЕОДНОРОДНО УПЛОТНЕННЫХ ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Гончарова Г.С., Храмченков М.Г.

Казанский государственный университет,
Казань

E-mail: Maxim.Khramchenkov@ksu.ru

Введение. Знание особенностей деформирования и массообмена в агрегированных пористых средах имеет большое значение для изучения процесса массопереноса как в технологии (производство лекарств, строительных материалов, экстракция), так и в природных системах (глинистые породы, почвы, торфа). В большинстве случаев строение агрегатов пористой среды носит полидисперсный характер: агрегаты состоят из достаточно крупных частиц, пространство между которыми в различной степени заполнено частицами более мелкого размера. Подобное строение типично для некоторых видов медицинских препаратов, глин и почв. Очевидно, что массообмен при деформировании такой среды между внутриагрегатным и межагрегатными порами проходит в две стадии. На первой из них, характеризуемой более высоким коэффициентом проницаемости внутриагрегатного пространства, раствор отжимается из тех пор агрегатов, которые не заняты полностью мелкодисперсными частицами. На второй – все внутриагрегатные поры заполнены мелкодисперсным материалом, и отжим из агрегатов осуществляется за счет отжатия раствора из пор между мелкодисперсными частицами. Таким образом, возникает необходимость решения задачи о неоднородной усадке агрегированной пористой среды, когда нужно учитывать существование двух зон уплотнения в агрегате и подвижной границы между ними. Подобная задача уже ставилась и решалась ранее [1, 2] при изучении реологических свойств глин. Ниже исследуется отжим раствора из агрегатов сферической формы, при котором в них формируется зона полного уплотнения. Поэтому будем в дальнейшем разделять течение по свободной (не занятой мелкодисперсными частицами) части пор агрегатов и течение через уплотненную зону. Обе зоны отличаются друг от друга прежде всего величиной коэффициента проницаемости, поскольку во втором случае сопротивление течению, обусловленное протеканием через систему мелкодисперсных частиц в уплотненной зоне, значительно выше, чем в первом.

Для описания процесса фильтрации в обоих случаях будем использовать уравнение упругого режима [3]. В соответствии с представлениями, развитыми в [1, 2], образуются две зоны усадки и отжима раствора из агрегатов – «быстрая» и «медленная», с точки зрения скорости фильтрации в них, с разными коэффициентами χ_1 и χ_2 . Когда усадка в «быстрой» зоне достигает некоторого определенного значения, коэффициент χ_1 «быстрой» зоны скачком принимает значение χ_2 «медленной» зоны, поэтому граница

между двумя зонами подвижна. Возникающая задача для усадки и давления в агрегате является задачей Н. Н. Веригина [4].

Постановка задачи. Уравнение для фильтрации в межагрегатном пространстве пористого слоя имеет вид

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi_B \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + j, \quad j = \sigma \chi_2 \frac{\partial w_2}{\partial R} \Big|_{R=a}. \quad (1)$$

Давление задается на верхней и нижней границах слоя. Для нахождения вида источника в уравнении (1) рассматривалась задача о фильтрации в сферическом агрегате, содержащем две зоны уплотнения с разными коэффициентами χ_1 и χ_2 , и движущейся границей между зонами ξ (на последней задано значение усадки):

$$\frac{\partial w_1}{\partial t} = \chi_1 \frac{\partial(R^2 \frac{\partial w_1}{\partial R})}{\partial R}, \quad 0 \leq R \leq \xi; \quad (2)$$

$$\frac{\partial w_2}{\partial t} = \chi_2 \frac{\partial(R^2 \frac{\partial w_2}{\partial R})}{\partial R}, \quad \xi \leq R \leq a; \quad (3)$$

$$w_1(R, x, 0) = \Gamma, \quad \chi_1 \frac{\partial w_1}{\partial R} \Big|_{R=\xi} = \chi_2 \frac{\partial w_2}{\partial R} \Big|_{R=\xi}, \quad w_1(\xi, x, t) = w_2(\xi, x, t) = \text{const}. \quad (4)$$

Фильтрация в агрегате протекает, очевидно, быстрее, чем в межагрегатном пространстве, поэтому распределение давления в агрегате находится из решения стационарной задачи (2) – (4). Сделав замену $1/r = z$, имеем для агрегата

$$\frac{\partial^2 U_1}{\partial z^2} = 0, \quad \bar{\zeta} \leq z \leq \infty, \quad \frac{\partial^2 U_2}{\partial z^2} = 0, \quad 1 \leq z \leq \bar{\zeta}, \quad \bar{\zeta} = \zeta^{-1}.$$

Здесь $\zeta a = \xi$, $U\Gamma = w$, $ra = R$. Распределение давления в агрегате находится из условий

$$\frac{\partial U_1}{\partial z} \Big|_{z=\bar{\zeta}} = 0; \quad U_2(1, x, t) = \Pi, \quad U(\bar{\zeta}, \tau) = \text{const} = \alpha,$$

где $\Pi\Gamma = p$. Далее, условие для движущейся границы в агрегате имеет вид

$$\frac{d\bar{\zeta}}{d\tau} = \gamma \frac{\alpha - \Pi}{\bar{\zeta}}, \quad \gamma = \frac{\chi_2 \beta \Gamma}{\chi_B}. \quad (5)$$

Обозначим $T\tau = t$, $yH = x$, где H – высота слоя. Тогда из (1) получим

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \tau} = F \frac{\partial^2 \Pi}{\partial y^2} + E \frac{\alpha - \Pi}{\bar{\zeta}}, \quad E = \frac{a\sigma\chi_2}{\chi_B}, \quad F = \frac{a^2}{H^2}. \quad (6)$$

Граничные и начальное условия для (6) имеют вид: $\Pi(0, \tau) = 1$, $\Pi(1, \tau) = 0$, $\Pi(y, 0) = 1$. Из (5) и (6) следует уравнение

$$\frac{\partial \bar{\zeta}^{-2}}{\partial \tau} = F \frac{\partial^2 \bar{\zeta}^{-2}}{\partial y^2} - 2E\bar{\zeta}^{-2}$$

с граничными и начальными условиями $\bar{\zeta}^{-2}(0, \tau) = 0$, $\bar{\zeta}^{-2}(1, \tau) = \sqrt{2\alpha\gamma\tau}$, $\bar{\zeta}^{-2}(y, 0) = 0$, которое далее решалось численно.

Уравнение для переноса концентрации в слое имеет вид [4]

$$m \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(CV) = \beta c_0 j, \quad j = \sigma \chi_2 \left. \frac{\partial w_2}{\partial R} \right|_{R=a}, \quad V = -\chi_B \beta \frac{\partial p}{\partial x}. \quad (7)$$

Будем считать, что на верхней границе пористого слоя нет источника концентрации, а в начальный момент времени концентрация в межагрегатных порах равна нулю. После обезразмеривания из (7) получим

$$m \frac{\partial c}{\partial \tau} - FG \frac{\partial}{\partial y} \left(c \frac{\partial \Pi}{\partial y} \right) = EG \frac{\alpha - \Pi}{\zeta},$$

где $G = \beta \Gamma$, с граничным и начальным условиями $\partial c / \partial y|_{y=0} = 0$, $c(y, 0) = 0$.

Результаты расчетов. На рис. 1, а и б приведено распределение концентрации в слое для разных моментов времени и кривая изменения концентрации примеси на нижней границе слоя с течением времени. Расчеты велись для $T \leq 10^8$. Наиболее существенно влияние неоднородной усадки агрегатов сказывается на динамике массообмена в слое. В каждый момент времени из агрегатов отжимается раствор, что подтверждает ненулевой поток на границе агрегатов. Процесс отжима распространяется снизу вверх. При этом образуется зона, в межагрегатном пространстве которой примеси еще нет. Ее граница движется вверх по мере отжима раствора из агрегатов в межагрегатное пространство. Рис. 1 показывает, что отжим раствора из агрегатов происходит постепенно.

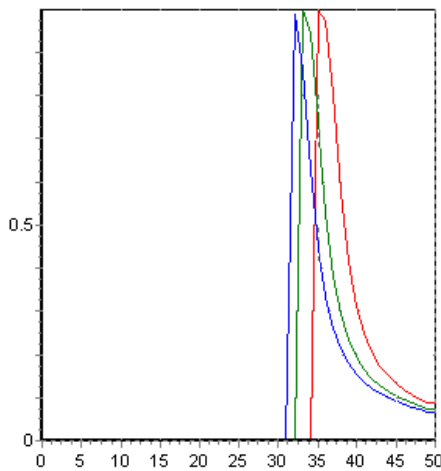


Рис. 1, а.

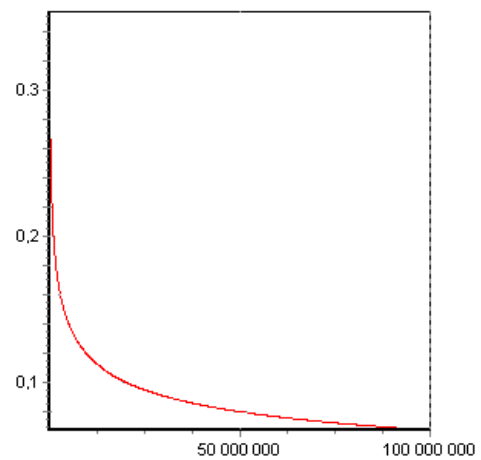


Рис. 1, б

Рис. 1. Распределение концентрации примеси в слое: (а, число агрегатов в слое 50) (1-3 – при $\tau = T/3$; $2T/3$ и T соответственно) и концентрация примеси на выходе из слоя (б).

Обратимся теперь к вопросу о влиянии выбранных значений параметров, прежде всего размера агрегатов, на вид получающихся зависимостей. С этой целью были проведены расчеты для значений параметров, при которых «плотность» упаковки в слое выше (количество частиц в слое не 50, а 1000). Вид кривых концентрации примеси в слое для

разных моментов времени (см. рис. 2, а) и концентрации на выходе из слоя (см. рис 2, б) не претерпел существенных изменений. Поскольку радиус агрегата стал меньше, то уменьшилась и зона усадки в агрегатах и, следовательно, объем вытекающего из слоя раствора.

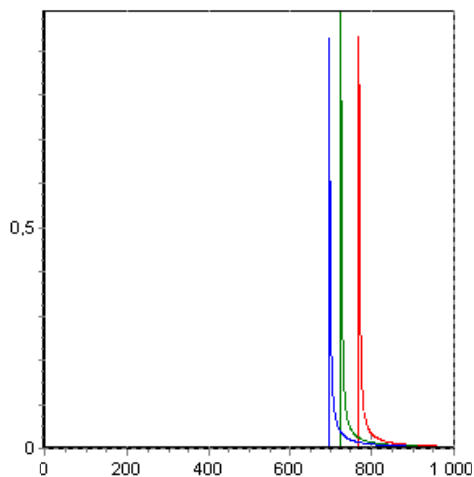


Рис. 2, а.

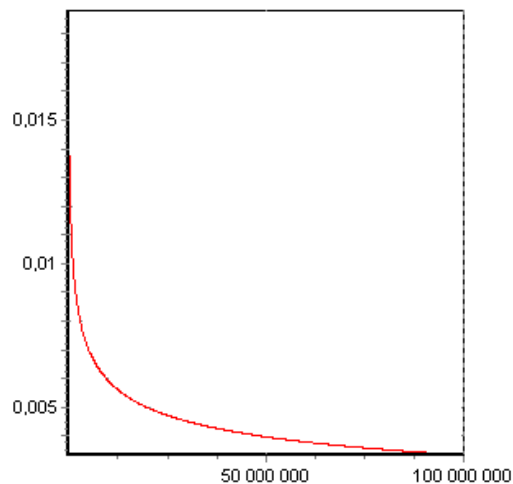


Рис. 2, б.

Рис. 2. Распределение концентрации примеси в слое: (а, число агрегатов в слое 1000) (1 – 3 – при $\tau = T/3$; $2T/3$ и T соответственно) и концентрация примеси на выходе из слоя (б).

Закключение. Исследование модели массопереноса в структурированных (агрегированных) пористых средах показало, что в процессе отжима раствора из пористого слоя происходит неоднородная усадка слоя, при этом выход концентрации примеси из слоя равномерно убывает, однако в течение достаточно большого промежутка времени. Полученные профили концентрации примеси в слое демонстрируют, что сначала процесс затрагивает самые нижние слои, а затем продвигается все выше по слою, и таким образом формируется зона усадки пористого слоя. Выявленные закономерности позволяют рассчитывать различные режимы реализации массопереноса для разных технологических и природных процессов.

Работа выполнена при поддержке Международного Научно-технического Центра (проекты 3868).

Обозначения

Латинские: A, E, F, G – постоянные; a – радиус агрегата; c_0 – концентрация раствора в агрегате; C – концентрация раствора в слое; c – нормированная концентрация в слое; j – величины притока из агрегата в слой; H – толщина пористого слоя; k – проницаемость глин; m – пористость

слоя; \mathbf{q} – вектор скорости фильтрации; p – давление в воде в слое; R – координата точки внутри агрегата; r – нормированный внутриагрегатный радиус; T – общее время проведения реологического испытания; t – время; U – нормированное давление в агрегате; V – скорость фильтрации в слое; w_1 – давление в недоуплотненной зоне агрегата, w_2 – давление в уплотненной зоне агрегата; x – координата в слое; y – нормированная координата в слое; z – обратный нормированный радиус.

Греческие: α – давление на границе между зонами в агрегате; β – коэффициент сжимаемости; Γ – нагрузка; γ, δ_0 – постоянные; ζ – нормированная граница контакта двух зон усадки в агрегате; η – вязкость воды; θ – усадка; χ – коэффициент пьезопроводности; χ_1 – коэффициент пьезопроводности в недоуплотненной зоне агрегата; χ_2 – коэффициент пьезопроводности в полностью уплотненной зоне агрегата; χ_B – коэффициент пьезопроводности слоя; ξ – граница контакта двух зон усадки; Π – нормированное давление в слое; σ – удельная поверхность агрегата; τ – нормированное время процесса.

Индексы: (0) – значение не изменяющихся параметров; (1) – параметры первой зоны усадки в агрегате; 2 – параметры второй зоны усадки в агрегате; индекс (B) – межагрегатное пространство; черта над символом – обратная нормированная граница контакта двух зон усадки в агрегате.

Литература

1. Храмченков М.Г. Математическое моделирование реологических свойств глин и глинистых горных пород // ИФЖ. – 2003. – Т. 76, № 3. – С.159-164.
2. Галиуллина Н. Е., Храмченков М.Г. Изучение реологических свойств глин на примере задачи об усадке глинистого слоя // ИФЖ. – 2006. – Т. 79, № 1. – С.110-113.
3. Николаевский В. Н. Геомеханика и флюидодинамика. – М.: Недра, 1996. – 447 с.
4. Веригин Н. Н., Шержуков Б.С. Диффузия и массообмен при фильтрации жидкостей в пористых средах // В кн.: Развитие исследований по теории фильтрации в СССР. – М.: Наука, 1966. – С. 237-313.

ПРИМЕНЕНИЕ CFD ПАКЕТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ВОЗДУШНЫХ И ВОДНЫХ СРЕДАХ

Зарипов Ш.Х.

Казанский государственный университет,

Казань

E-mail: shamil.zaripov@ksu.ru

Физические и математические модели и численные методы современной вычислительной гидродинамики и газовой динамики нашли свое воплощение в ряде программных пакетов, объединяемых общим названием – CFD (“Computational Fluid Dynamics”) пакеты. Возможности CFD пакетов значительно расширяют круг решаемых задач в области механики жидкости и газа. Они активно применяются и при решении природоохранных задач, связанных с прогнозированием движения загрязняющих примесей в водных и воздушных средах. В настоящем докладе дается обзор работ сотрудников КГУ, посвященных моделированию распространения загрязнений в воздушных и водных средах на основе университетской версии пакета FLUENT [1].

Полная система уравнений газовой динамики, выражающая в виде уравнений в частных производных законы сохранения массы, импульса и энергии, решается с помощью метода конечных объемов [2]. Расчетная область разбивается на множество конечных объемов. Общие уравнения переноса массы, импульса, энергии и т.п. применяются к каждой ячейке и записываются в дискретной форме. Численное решение полученной системы алгебраических уравнений позволяет определить значения неизвестных параметров течения в центре конечных объемов.

Решение задачи с помощью CFD пакета сводится к трем этапам: препроцессинг, решение, постпроцессинг. На этапе препроцессинга в графическом редакторе формируется геометрия расчетной области и осуществляется разбиение ее на конечные объемы. Созданная модель, дополненная граничными условиями и свойствами водной или воздушной среды, используется для расчета в программе FLUENT. Программа допускает работу с трехмерными областями и нерегулярным разбиением их на конечные объемы, что является крайне важным для учета реальной геометрии расчетной области природных объектов (геометрия озера или реки, внутрикомнатное пространство и т.п.). Пакет включает в себя возможность решения уравнения конвективной диффузии для множества компонент с помощью функции UDS (User Defined Scalar). Может быть рассмотрено движение химически активных компонент, а также дисперсных загрязнений в рамках лагранжевого и эйлерового подходов. Отмеченные функции, наряду с возможностью параллельных вычислений, делают пакет FLUENT современным эффективным инструментом для решения реальных

природоохранных задач.

Задачи распространения воздушных загрязнений в целом могут быть разделены на следующие группы:

- глобальный перенос в атмосфере;
- динамика загрязнений в условиях городской среды;
- воздушное пространство внутри жилых и рабочих помещений;
- персональное воздушное пространство человека;
- воздушные загрязнения и дыхательная система человека.

Использование CFD пакетов в атмосферных задачах глобального масштаба осложнено необходимостью введения огромного количества конечных объемов для адекватного описания изменения рассчитываемых параметров во всем спектре масштабов задачи. Поэтому для таких задач, как правило, применяются модели и программы, разработанные для прогнозирования погоды в метеорологических центрах, или упрощенные полуэмпирические методики, содержащие в себе аппроксимационные формулы для скорости ветра и коэффициентов турбулентного обмена. При решении других указанных групп задач CFD моделирование открывает качественно новые возможности.

Наличие в пакете алгоритмов расчета гидродинамических течений со свободными поверхностями дает возможность рассматривать задачи о течениях и распространении примесей в реках и замкнутых водоемах.

На факультете географии и экологии КГУ пакет FLUENT активно используется для проведения научно-исследовательских работ, а также для выполнения курсовых и дипломных работ. В частности, рассчитывались ветровые течения и распространение пассивной примеси в озере Нижний Кабан, движение пылевых частиц при дыхании человека, аэродинамика городских зданий. Исследована эффективность решения трехмерных задач гидродинамики при применении параллельных вычислений. Соответствующие результаты будут представлены в докладе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 07-07-00183).

Литература

1. www.fluent.com
2. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Киреева Н.А.¹, Водопьянов В.В.², Григориади А.С.¹, Онегова Т.С.³

¹ Башкирский государственный университет,

² Уфимский государственный авиационный технический университет,

³ ООО «Башгеопроект»,

Уфа

E-mail: vodop@yandex.ru

Наиболее типичными антропогенными факторами загрязнения окружающей среды в настоящее время являются нефть и продукты ее переработки. Нефтяное загрязнение почв наблюдается в районах добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти как в результате технологически недоработок, так и в аварийных ситуациях. Вследствие этого возникает необходимость ликвидации последствий нефтеразливов. В настоящее время среди методов биоремедиации широко применяются два основных приема: ускорение деструкции нефти внесением питательных субстратов, стимулирующих активность природной микробиоты; внесение активной биомассы углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) в виде готовых биопрепаратов [2]. Важной стадией исследований при выборе наиболее эффективного способа биоремедиации является математическое моделирование, которое позволяет прогнозировать как процессы деградации нефтяных углеводородов, так и биологическую активность загрязненной почвы [1].

Целью работы было исследование эффективности разных приемов восстановления нефтезагрязненной почвы по показателям биологической активности и выполнение математических расчетов для подтверждения целесообразности проведения выбранных ремедиационных мероприятий.

Оценивалось состояние рекультивируемой темно-серой лесной почвы (гумус – 7.8%, рН водный – 6.3, N_{общ} – 4520 мг/кг), предварительно загрязненной товарной нефтью в концентрациях 1, 4 и 10%. Для стимулирования активности УОМ применялся препарат Белвитамил (из расчета 100 г /кг почвы). Биопрепарат Ленойл, состоящий из нефтеокисляющих микроорганизмов, был использован для ускорения разложения остаточных нефтепродуктов из расчета 10⁹ клеток на 1 кг почвы. Для оценки эффективности биоремедиации определялось содержание остаточных нефтепродуктов в почве [5], численность УОМ устанавливалась методом посева на жидкую среду Ворошиловой-Диановой [3]. Статистическая обработка полученных результатов и математическое моделирование проведены с применением пакетов прикладных программ Statistica 6.0 и Matematica 5.

Белвитамил представляет собой активный ил очистных сооружений целлюлозно-бумажного производства. Сухой остаток активного ила содержит от 80 до 90 % органических веществ (30-48 % протеина, 3-7% нуклеиновых кислот, 3-5% липидов, 30-40% клетчатки) и от 7 до 12 % минеральных элементов, а также полисахариды, лигнин, целлюлозное волокно, жирные кислоты, микроорганизмы разных физиологических групп. Препарат нетоксичен, не обладает кумулятивным действием и неспособен к образованию токсичных соединений.

Биопрепарат Ленойл состоит из консорциума микроорганизмов *Bacillus brevis* и *Arthrobacter species* ИБ УНЦ, коллекционный номер ИБ ДТ 5. Он предназначен для ликвидации последствий загрязнения окружающей среды нефтепродуктами. Все компоненты биопрепарата нетоксичны, и штаммы микроорганизмов непатогенны.

В ходе лабораторного эксперимента было проведено исследование содержания остаточных нефтепродуктов в рекультивируемой почве (рис.1). За первый месяц наблюдения во всех нефтезагрязненных образцах наблюдалось снижение содержания остаточной нефти более чем на 15%, что связано как с улетучиванием легких фракций нефти, так и с активностью аборигенной микробиоты. В последующем скорость разложения углеводов нефти значительно снижалась.

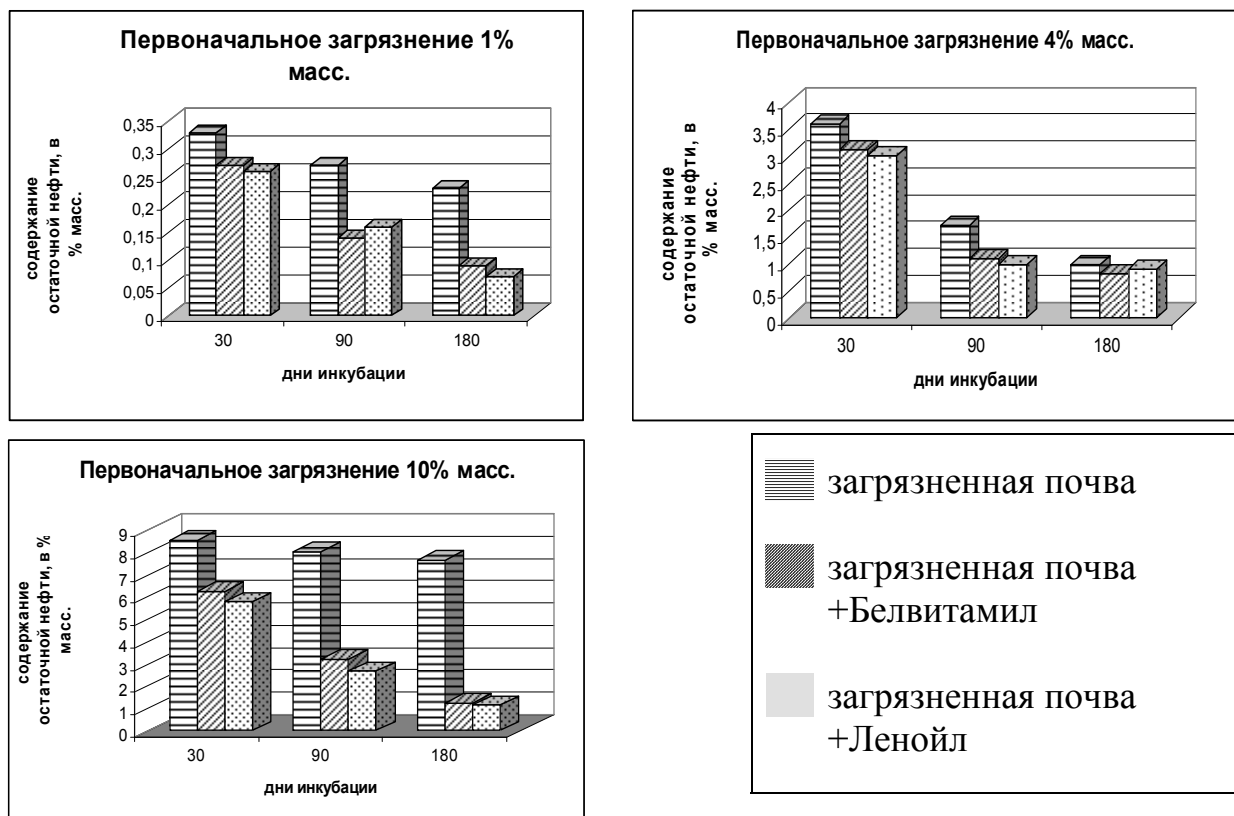


Рис.1. Содержание остаточной нефти в нефтезагрязненной и рекультивируемой почве.

Через шесть месяцев инкубации в пробах с загрязнением нефтью в концентрации 1% произошло значительное разложение поллютанта (до 23% массового содержания). При использовании Белвитамила и Ленойла за этот же период времени содержание нефти в почве снизилось до 9 и 7% соответственно. В вариантах опыта с первоначальным содержанием нефти 10% скорость разложения углеводородов с использованием Белвитамила и Ленойла достоверно отличалась от средних значений в пробах с необработанной загрязненной почвой. Внесение биопрепаратов ускорило разложение поллютанта примерно в 3,7 раз.

Для прогноза воздействия на процессы биоремедиации внесенных препаратов был проведен численный эксперимент с использованием системы уравнений, описанной в [1].

Из результатов численных методов следует, что при внесении ассоциации УОМ можно прогнозировать существенное ускорение разложения нефти в начальный период времени. Однако численность УОМ в загрязненной почве достаточно быстро стабилизируется на фоновом уровне, и к концу года количество разложившейся нефти незначительно превышает уровень загрязнения без внесения ассоциации УОМ. Основными причинами отмеченного могут быть снижение содержания в почве компонентов, обеспечивающих жизнедеятельность УОМ, и конкуренция за питательные вещества. С учетом этого был проведен численный эксперимент, при котором в системе уравнений был изменен коэффициент, что соответствовало внесению в почву биостимуляторов деятельности УОМ. В предположении, что в почву внесено достаточное количество биостимуляторов, была установлена возможность прогнозирования почти полного исчезновения нефти через год после загрязнения при стимулировании деятельности УОМ (рис.2). Последнее связано с тем, что в таких условиях численность УОМ стабилизируется в почве на существенно более высоком уровне, что является основной причиной биodeградации нефти

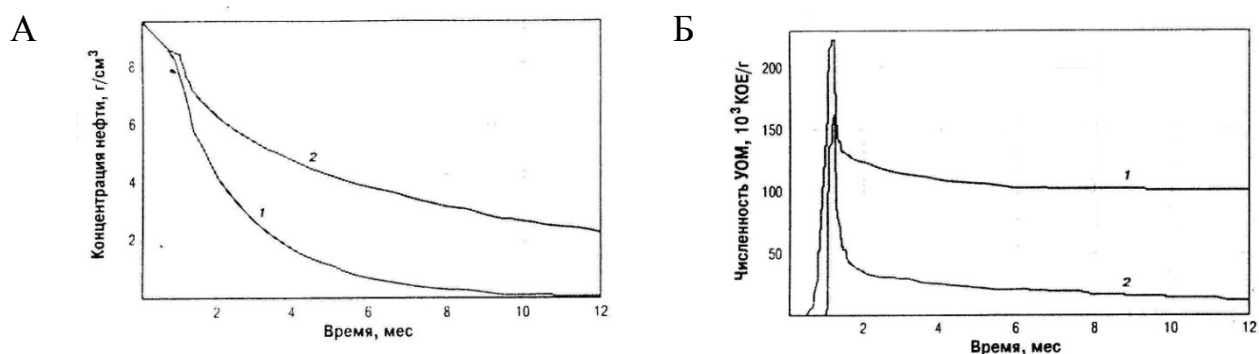


Рис. 2. Результаты моделирования биodeградации нефти (А) и численности УОМ (Б) в почве в внесении Белвитамила (1) и Ленойла (2).

Экспериментальные данные подтвердили адекватность численных экспериментов. Внесение Ленойла и Белвитамила изменяло микробный фон

почвы и стимулировало развитие УОМ (показатели превышали контрольные значения на несколько порядков уже на третий день проведения опыта). Такое резкое увеличение численности данной группы микроорганизмов способствовало ускорению разложения нефти в почве. Значительная стимуляция развития УОМ при внесении Ленойла происходила в результате их интродукции в составе самого препарата. В то же время популяционный «взрыв» привел к деградации среды, и при внесении Ленойла численность УОМ снова стала быстро снижаться (рис.2). При внесении Белвитамила численность УОМ сохранялась на высоком уровне. При внесении в почву биодобавки, вероятно, не только увеличивалась численность УОМ, но и расширился круг микроорганизмов-деструкторов за счет включения микроорганизмов активного ила, способных к соокислению.

Таким образом, внесение как биопрепаратов, так и биодобавок способствует возрастанию активности нефтеокисляющей микробиоты и стимулирует разложение нефти в почве, что ведет к восстановлению ее свойств. Математическое моделирование показало целесообразность биологической очистки загрязненных почв внесением биостимуляторов, способствующих созданию оптимальных условий для размножения и функционирования аборигенных углеводородоокисляющих микроорганизмов.

Литература

1. Водопьянов В.В., Киреева Н.А., Онегова Т.С. Оптимизация биологической очистки нефтезагрязненных почв с использованием математической модели // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 4. – С.108-111.
2. Коронелли Т.В. принцип и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – № 6. – С.576-585.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г.Звягинцева. – М., 1991. – 304с.
4. Смагин А.В. Режимы функционирования динамики биокостных систем // Почвоведение. – 1999. – № 12. – С.1433-1447.
5. McGill W.B., Rowell M.J. Determination content of oil comtaminated soil // Sci. Total Environ. – 1980. – V. 14, № 3. – Pp. 245–253.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКИХ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ГОРОДАХ

Константинова Ю.М., Савельев А.А.*, Девятова Н.Ф.**, Жданова Г.Н.***

**Казанский государственный университет,*

***Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды*

Республики Татарстан,

Казань

E-mail: kulek85@gmail.com

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на перенос и рассеивание вредных примесей, поступающих в атмосферу. К настоящему моменту в России и за рубежом выполнено большое число работ, в которых показана роль отдельных метеорологических элементов и их сочетаний в формировании уровня загрязнения воздуха в городах. [1] В силу большого числа факторов, воздействующих на содержание примеси в атмосфере, влияние метеорологических условий проявляется в разной мере. Накопленный к настоящему времени объем материалов фактических наблюдений за уровнем загрязнения воздушного бассейна позволяет провести различные статистические проработки и выработать прогностические правила, учитывающие особенности механизма загрязнения воздуха в данном географическом районе.

В рамках разработки специализированного программного обеспечения для прогнозирования высокого уровня загрязнения атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях для Нижнекамской промышленной зоны был проведен сбор, систематизация и анализ многолетней информации по метеорологическим характеристикам, синоптическим ситуациям и данным о состоянии атмосферного воздуха по результатам наблюдений на государственной наблюдательной сети ГУ «УГМС Республики Татарстан». Исследуемый материал охватывает период с 2005 по 2008 гг. Корреляционные зависимости между наблюдавшимися в эти периоды степенью загрязнения воздуха и метеорологическими величинами получены в предположении неизменности характера выбросов и расположения источников загрязнения. Указанное предположение приближенно допустимо при сравнительно небольших сроках прогноза с суточной заблаговременностью [2].

Выбор предикторов осуществлялся из общих физических представлений о возможных причинах изменений концентраций примеси. В ходе проведенного статистического анализа были выявлены наиболее важные метеорологические параметры, влияющие на уровень загрязнения воздуха:

1. Существенное значение в формировании высокого уровня загрязнения имеет инерционный фактор. Сохранение больших концентраций примесей после дней с высоким уровнем загрязнения атмосферы отмечено в 21 %

случаев (33 из 154 случаев). Результаты можно объяснить инерцией метеорологических процессов [2].

2. Прослеживается зависимость уровня загрязнения от термической стратификации, характеризующейся особенностями распределения температуры с высотой, в том числе наличие инверсии. Инверсионный слой ограничивает подъем выбросов и способствует их накоплению в приземном слое. За период с 2005г. по 2008 г. наибольшее количество случаев повышенного загрязнения воздуха в Нижнекамске ($P \geq 0,30$) отмечалось при приземных инверсиях – в 97 случаях, что соответствует 44% общего количества случаев; при наличии приподнятых инверсий - всего в 13 % случаев или в 28 случаях.
3. К основным предикторам относится синоптическая ситуация. Синоптическая ситуация характеризуется сложным комплексом метеорологических параметров и отражает многообразие процессов, происходящих в атмосфере. Одной из неблагоприятных ситуаций является центральная область стационарного антициклона и ось малоподвижного гребня - (101 случай, что составляет 46 % от общего количества случаев). Повышенный уровень загрязнения формируется, когда эта ситуация в районе данного города отмечается не менее двух дней подряд. Быстро смещающиеся антициклоны и гребни не формируют высокого уровня загрязнения. Увеличивается уровень загрязнения в теплых секторах циклонов при отсутствии там сильного ветра и интенсивных осадков, при медленно приближающихся теплых фронтах, в теплой воздушной массе и при адвекции тепла в атмосфере - 29 случаев, что составляет 13 %. В малоградиентном поле, в тыловых частях циклонов, в ложбинах циклонов повышенное загрязнение отмечено в 6-7 % всех наблюдаемых случаев повышенного загрязнения (по 13-16 случаев). Еще реже повышенные значения показателя "Р" отмечались в передних частях циклонов и антициклонов, при прохождении атмосферных фронтов и в центральных частях циклонов – от 5 до 8 случаев в каждой ситуации (по 2-4 %).
4. Прямое влияние на характер загрязнения воздуха в городе оказывает направление и сила ветра. Нижнекамская промышленная зона представляет собой обособленное планировочное образование, четко отграниченное от селитебной зоны. Повышенный уровень загрязнения в селитебной зоне наблюдается при условии неблагоприятного направления ветра. Согласно анализу ветровых ситуаций в совокупности с высокими значениями "Р" за период 2005-2008 гг. наиболее неблагоприятным для города Нижнекамска являлся южный ветер – всего 83 случая (37 %). Относительно неблагоприятной скорости ветра, при которой в исследуемый период происходило повышение общего уровня загрязнения в г. Нижнекамске, сделан вывод, что неблагоприятными являются скорости 0-3 м/с и 4-7 м/с, причем примерно в равных пропорциях.

5. Опасность загрязнения воздуха значительно возрастает при туманах, над которыми часто наблюдается приподнятая инверсия. Туманы часто аккумулируют примеси из вышележащих слоев воздуха, вследствие чего происходит возрастание концентраций вредных веществ у земли. Несмотря на то, что в исследуемый период повторяемость дней с туманами была невысока, при этом неизменно во все дни с туманами отмечался повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха.
6. Относительно менее значимыми являются осадки. Данный факт можно объяснить тем, что фоновое загрязнение в селитебной зоне г. Нижнекамска формируется в большей мере в результате переноса примесей со стороны промышленной зоны. В то же время наиболее четко влияние осадков прослеживается в снижении фонового загрязнения, формирующегося при суммарном действии всех источников выбросов. Анализ связей между повышенным загрязнением воздуха в г. Нижнекамске ($P \geq 0,3$) и осадками показал, что наибольшее количество случаев с загрязнением – 93 (42 %) отмечено при ситуациях без осадков и при слабых осадках с количеством от 0 до 3 мм – 48 (22%).

Литература

1. Безуглая Э.Ю. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере : справочное пособие / сост. Э. Ю. Безуглая, М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
2. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование состояния загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ТРИДЕКАНА В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Костерин А.В., Софинская О.А.
Казанский государственный университет,
Казань
ushik2001@mail.ru

Целью математического моделирования в нашем случае было простое адекватное описание эксперимента по деградации углеводорода (УВ) в условиях его низкой токсичности и различной влажности почвы в течение трех месяцев.

Концепция модели. Углеводород-загрязнитель представлял собою н-тридекан, что предполагало следующие свойства: высокую биологическую доступность, низкую растворимость в воде и малое давление насыщенных паров при комнатной температуре. Таким образом, в условиях моделируемого эксперимента перемещение УВ в газовой фазе было пренебрежимо мало, а в водной фазе – возможно лишь в виде эмульсии. Поскольку физико-химическое разложение нелетучих н-алканов имеет скорость в десятки раз меньшую, чем скорость биodeградации [5], в модели учитывалось только биологическое разложение УВ. Предполагалось, что в почве исходно присутствуют микробы – потенциальные окислители углеводородов [1], находящиеся в латентном состоянии до момента создания благоприятной влажности [2].

Структура модели была традиционной, включая уравнения транспорта УВ и микроорганизмов в водной фазе, а также кинетику биodeградации субстрата-загрязнителя. В случае малого количества и высокой биодоступности последнего принято применять уравнения Моно:

$$j(M, C) = \mu \frac{C}{K_1 + C} \cdot \frac{M}{K_2 + M},$$

где C – концентрация углеводородного субстрата, M – концентрация биомассы углеводородокислителей, μ – максимальная удельная скорость активизации микробов ($1/T$), K_1 , K_2 – константы. Здесь полагается, что биodeградация УВ ограничивается как концентрацией биомассы, так и самого тридекана.

Балансовое соотношение для концентрации тридекана кроме конвективной и дисперсионной составляющих содержало $j(M, C)$:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V \frac{\partial C}{\partial x} = -\beta \mu \frac{C}{K_1 + C} \cdot \frac{M}{K_2 + M} + D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2},$$

где t – время, x – вертикальная пространственная координата, D – эффективный коэффициент диффузии в пористой среде для загрязнителя или биомассы в почве (L^2/T), V – скорость фильтрации (L/T), β – количество

тридекана, поедаемое 1-м граммом микробной популяции (эффективность утилизации).

В принятой форме модели требовалась запись баланса биомассы углеводородоксилителей:

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(MV)}{\partial x} = D_2 \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + j(M, C) - f(M - M^*),$$

где $f(M - M^*) = \alpha \cdot (M - M^*)$ – функция стабилизирующего действия почвенных условий на микробное сообщество, которую приняли линейно зависящей от разницы между реально содержащимися в почве активными микробами и потенциальной микробной емкостью почвы M^* . Эту функцию логично предположить зависимой от концентрации C субстрата-загрязнителя: $M^*(C) = M_0^* + (M_1^* - M_0^*)(1 - C)$, где $M^*(C_\infty) = M_0^*$, $M^*(C_0) = M_1^* = 1$, C_∞ – концентрация УВ по окончании процесса деградации, C_0 – концентрация УВ в начальный момент времени.

Граничное условие задавалось в предположении о том, что на нулевой глубине постоянна концентрация микроорганизмов, достигающая ёмкости почвы: $M(t, 0) = M^*$. Начальные условия были продиктованы условиями эксперимента: $C(0, x) = C_0 = 1$, $M(0, x) = M_0$. Таким образом, все величины оказались математически определены, а модель замкнута.

Эксперимент. Для обеспечения модели данными был проведен эксперимент с загрязнением выщелоченного чернозема тридеканом. Эта почва хорошо удерживает влагу и УВ, что позволяет достаточно долго наблюдать процесс деградации. Длительность экспериментов составляла от двух недель до трех месяцев.

Схема эксперимента разрабатывалась с учетом изложенного в работе [5]. Она включала в себя два варианта набивки: равномерный и ступенчатый. При равномерной набивке вся почва в сосуде (300 г) оказывалась одинаково загрязненной тридеканом – 1% масс. При ступенчатой набивке загрязненным был лишь нижний слой почвы, а равный ему по объему верхний оставался незагрязненным (рис.1). Экспериментальные сосуды представляли собою пластиковые колонки диаметром 6 см и высотой – 14 см.

Загрязнение почвы проводилось в воздушно сухом состоянии при комнатной температуре в течение 20 дней. После набивки колонок по схеме 1 происходил полив водой. При этом старались сделать так, чтобы влажность в колонках представляла диапазон, находящийся между наименьшей влагоемкостью (НВ) и влажностью завядания (ВЗ). Эти два значения влажности являются критическими точками для жизнедеятельности организмов, представляя собой предел заполнения водой всех негравитационных пор – с одной стороны и предел существования связных водных пленок в поровом пространстве – с другой. Соответствующие значения для выщелоченного чернозема: НВ – 37 [3], ВЗ – 14 % масс.

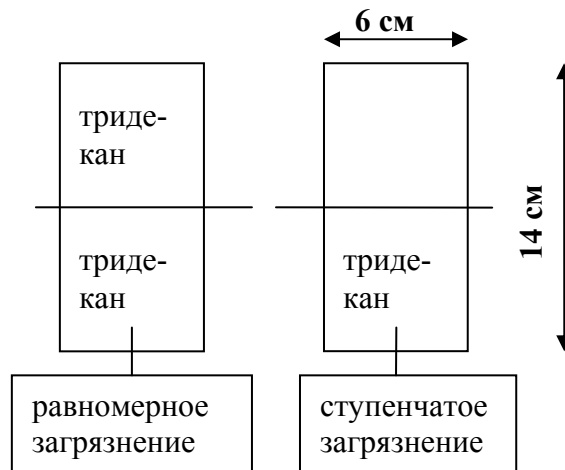


Рис. 1. Схема эксперимента.

Был также проведен примерный расчет влажности разрыва капилляров (ВРК) [4], что привело к значениям 20-26 % масс.

Анализ содержания влаги и тридекана в почве. Отбор проб и определение влажности осуществлялись в соответствии с методикой ГОСТ. Отбор проб на содержание тридекана производился после экстракции гексаном. Анализ содержания тридекана в гексановом экстракте проводился методом газожидкостной хроматографии. Статистическая обработка результатов эксперимента выполнялась методом сравнения выборочных средних по критерию Стьюдента и дисперсий по критерию Фишера.

В общей сложности была проанализирована почва из 99 колонок. Повторность воспроизведения опыта составляла при малых сроках 33-34 для каждого варианта набивки, при больших сроках – 2-9. Вероятность отличия дисперсий в вариантах с равномерным и ступенчатым загрязнением составляла в среднем 0,95; вероятность отличия средних – 1, что позволяет анализировать эти варианты как выборки из разных генеральных совокупностей. Содержание УВ осредняли по следующим диапазонам влажности почвы: ВЗ-ВРК, ВРК и ВРК-НВ, что было статистически обосновано. После этого строилась динамическая зависимость концентрации тридекана от времени.

Экспериментально была установлена отрицательная зависимость остаточной концентрации УВ от влажности почвы, что в целом совпадает с литературными данными [1,5]. Был отмечен значимый эффект верхнего незагрязненного слоя почвы, ускоряющий деградацию УВ в нижнем слое. Наблюдалась приостановка деградации в промежутке 14-30-й дни и дальнейшее ее возобновление. Процесс деградации практически завершился на достижении слабо устранимой концентрации тридекана (порядка 4-6% C_0). Последнее объяснимо, если учесть, что капли тридекана могут свободно занимать поры размером менее 1-2 мкм, в которые не способны проникнуть микроорганизмы [2,4].

Отладка модели. Уравнения модели решались методом Рунге-Кутты. Параметры находились в ходе численных экспериментов после минимизации функционала $I(C) = \int_0^{\infty} (C_p(t, M, \beta, \mu, K_1, K_2, \alpha, M^*) - C_{\text{exp}})^2 dt$, где C_p – расчетная концентрация, C_{exp} – экспериментально найденная концентрация тридекана в почве. Все расчеты были автоматизированы средствами Visual Basic for Applications.

Прежде чем решать уравнения модели, проводилось ее обезразмеривание и подстановка характерных значений параметров. Далее из модели были убраны незначимые слагаемые транспорта, что привело ее к стационарному виду.

Решению системы соответствовала пологая линия, но в эксперименте были обнаружены ступенчатые кривые деградации. Для того, чтобы устранить этот недостаток, была выдвинута гипотеза о том, что в процессе жизнедеятельности микроорганизмы – углеводородокислители выделяют продукты, которые при определенных концентрациях (U) становятся несовместимыми с их активной жизнью. В силу недостатка экспериментальных данных можно лишь предположить, что вещество – «ингибитор» является либо токсичным продуктом разложения тридекана, либо выделяется в процессе отмирания микроорганизмов. Тогда дополненная модель выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} &= -\beta\mu \frac{C}{K_1 + C} \cdot \frac{M}{K_2 + M}, \\ \frac{\partial M}{\partial t} &= \mu \frac{C}{K_1 + C} \cdot \frac{M}{K_2 + M} - \alpha \cdot (M - M^*[C]) - \gamma \frac{MU}{K_3 + M}, \\ \frac{\partial U}{\partial t} &= -\tilde{\alpha}U + \tilde{\gamma} \frac{MU}{K_3 + M}, \end{aligned}$$

где γ – коэффициент влияния «ингибитора» на рост биомассы, $\tilde{\alpha}$ – коэффициент деградации «ингибитора», $\tilde{\gamma}$ – «кинетический коэффициент» накопления ингибитора, K_3 – постоянный коэффициент. Начальные условия: $C(0) = 1$, $M(0) = M_0$, $U(0) = U_0$.

Отклонения полученных моделей от экспериментальных данных составляли не более 5% C_0 (Рис.2).

Формы кривых существенно всего зависели от параметров α и $\tilde{\alpha}$ (Табл.1). Параметры K_2 , K_3 и $\tilde{\gamma}$ практически оставались постоянными для всех случаев моделирования.

Выводы. Построена модель для равномерного и ступенчатого загрязнения почвы тридеканом и уровней влажности от завядания до наименьшей влагоемкости, исходя из гипотезы о накоплении ингибитора микробной деятельности в процессе деградации тридекана. Модель адекватно описывает экспериментальную ситуацию.

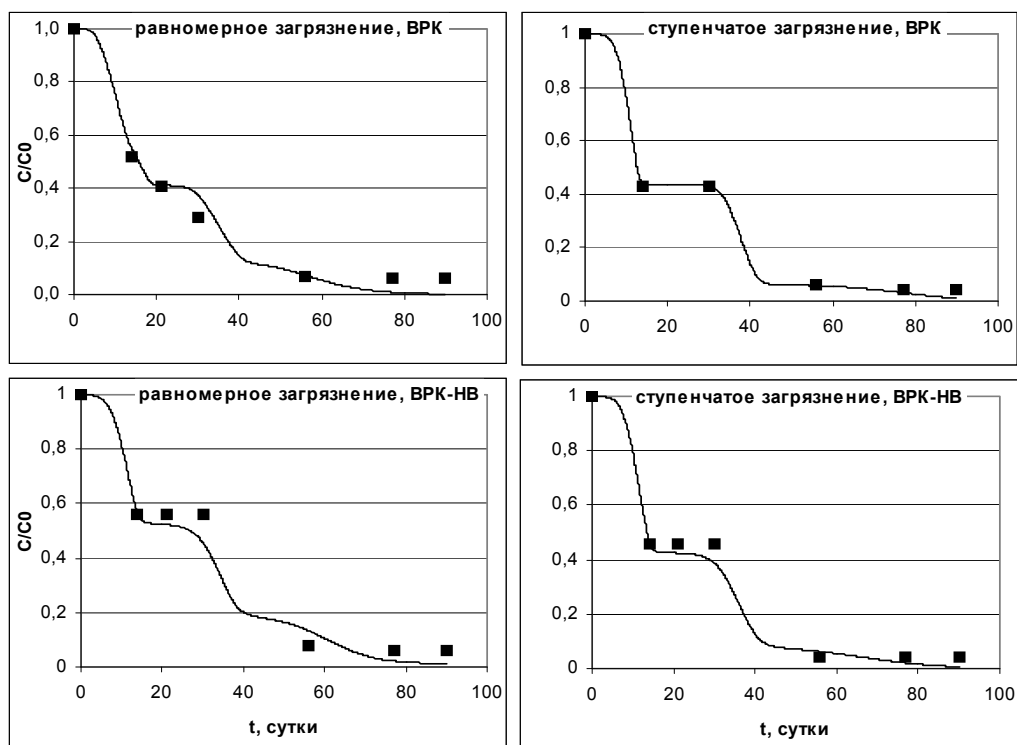


Рис. 2. Экспериментальные точки и модельные кривые убывания концентрации тридекана, соответствующие различным уровням увлажнения почвы.

Таблица 1.

Параметры модели при различных условиях эксперимента

	равн. ВЗ-ВРК	равн. ВРК	равн. ВРК-НВ	ступ. ВЗ-ВРК	ступ. ВРК	ступ. ВРК-НВ
μ	0,73	1,50	0,76	0,58	0,86	0,91
β	0,27	0,10	0,41	0,51	0,39	0,42
α	0,00090	0,00103	0,00145	0,00108	0,00029	0,00055
K_1	0,42	0,60	0,72	0,37	0,41	0,7
K_2	0,90	1,10	0,87	0,90	0,93	0,91
K_3	3,09	3,10	2,89	3,30	3,08	3,30
$\tilde{\gamma}$	7,0	4,1	7,0	7,3	7,0	7,0
$\tilde{\alpha}$	0,1	0,90	0,46	0,09	0,49	0,47

Литература

1. Билай В.И., Коваль Э.З. Рост грибов на углеводородах нефти. – Киев: Наукова думка, 1980. – 340 с.
2. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 256 с.
3. Смирнова Е.В. Транспорт и распределение жидких углеводородов в выщелоченном черноземе: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Казань, 2003. – 24 с.
4. Шеин Е.В. Курс физики почвы. – М: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 432 с.
5. Günter T., Dornberger U., Fritsche W. Effects of ryegrass on biodegradation of hydrocarbons in soil // Chemosphere. – 1996. – Vol.33., №2. – Pp.203-215.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЧВЕННОЙ КОЛОНКЕ С УЧЕТОМ СОРБЦИИ И МЕТОД ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Костерина Е.А., Бабич Л.А.

Казанский государственный университет,
Казань

E-mail: Ekaterina.Kosterina@ksu.ru

Приповерхностный слой грунта является естественной преградой на пути различных загрязнений от поверхности грунта к водоносным слоям. Эта защитная функция выполняется, в частности, за счет способности грунта сорбировать практически все виды загрязнений.

Для моделирования процессов сорбции в пористой среде чаще всего используются изотермы Ленгмюра и Фрейндлиха [3], причем числовые параметры изотерм определяются свойствами грунта и сорбируемого вещества. Данная работа посвящена построению и исследованию математического метода восстановления по экспериментальным данным числовых значений параметров изотермы Фрейндлиха

$$a(C) = K \cdot C^p, \quad (1)$$

где $a(C)$ – количество сорбированного грунтом вещества, C – концентрация вещества в порах грунта, $K > 0$, $p > 0$ – числовые параметры, зависящие от конкретной пары грунт-вещество.

Предполагается, что проведен следующий эксперимент. Имеется вертикальная почвенная колонка с образцом почвы. Сначала почва пропитывается чистой водой до полного насыщения. Затем сверху подается раствор некоторого вещества известной концентрации C_0 . Вещество движется по почвенному профилю за счет силы тяжести и механизма диффузии. Часть вещества, проникающего в почвенный образец, сорбируется частицами почвы. Со временем вещество достигает нижней границы почвенного образца. В ходе эксперимента измеряется концентрация вещества на нижней границе образца.

Предполагается, что поперечное сечение колонки много больше вертикального размера образца, поэтому задачу о распространении вещества в колонке можно считать одномерной.

Прямая задача, моделирующая процесс распространения вещества в колонке, имеет вид

$$\frac{\partial}{\partial t}(mC + a(C)) + w \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad 0 < x < L, \quad t > 0, \quad (2)$$

$$a(C) = K |C|^p \operatorname{sign} C, \quad (3)$$

$$C = C_0, \quad x = 0, \quad t > 0, \quad (4)$$

$$-D \frac{\partial C}{\partial x} + wC = \lambda C, \quad x = L, \quad t > 0, \quad (5)$$

$$C = 0, \quad 0 \leq x \leq L, \quad t = 0. \quad (6)$$

Здесь m – пористость, D – коэффициент диффузии, w – скорость фильтрации жидкости под действием силы тяжести, L – длина почвенного образца. Уравнение (2) есть уравнение баланса массы водорастворимого вещества с учетом процессов конвективного переноса, диффузии и сорбции [1]. На выходе образец омывается потоком интенсивности $\lambda \geq 0$. В момент начала эксперимента примесь в образце отсутствует. Соотношение (1) заменено соотношением (3). Это позволяет не вводить в задаче (2)-(6) дополнительное ограничение на значения искомой функции $C(x,t) \geq 0$ при всех x и t . Заметим, что в случае $C(x,t) \geq 0$ соотношение (3) совпадает с (1).

Задачу отыскания K и p , соответствующих экспериментальным данным, можно сформулировать как задачу отыскания точки минимума функционала

$$J(K, p) = \int_0^T (C_{obs}(L, t) - C_{comp}(L, t))^2 dt, \quad (7)$$

где T – длительность эксперимента, $C_{obs}(L, t)$ – концентрация на выходе из колонки, полученная экспериментально, $C_{comp}(L, t)$ – концентрация на выходе из колонки, полученная в результате решения прямой задачи.

Дифференциальная задача (2)-(6) была записана в безразмерных переменных и аппроксимирована неявной разностной схемой на равномерной сетке. Для отыскания решения прямой задачи применялся метод Ньютона, на каждой итерации которого использовался метод прогонки [4].

Для отыскания точки минимума функционала (7) использовался метод проекции градиента [2]. Параметр K может принимать значения от 10^{-6} до 10^2 , а p может быть как больше, так и меньше единицы [5]. Нами предполагалось, что $K \in [0.1, 10]$ и $p \in [0.2, 5]$.

Было проведено большое количество вычислительных экспериментов.

Типичное распределение примеси в почвенной колонке в различные моменты времени изображено на рисунках 1 и 2. Концентрация примеси в каждой точке колонки со временем возрастает. Для примера выбраны $\lambda = 1$ и $\lambda = 0$ при фиксированном значении $w = 1$ и прочих равных условиях. Дело в том, что в случае $w > \lambda$ моделируется ситуация, когда на выходе из колонки смывающий поток недостаточно интенсивен для предотвращения накопления концентрации на нижней границе почвенного образца. На рисунках представлены безразмерные значения концентрации, то есть $C = 1$ в размерных единицах измерения означает, что $C = C_0$. Таким образом, на рис.2 значения $C > 1$ имеют физический смысл и говорят о том, что на

соответствующей глубине концентрация примеси выше концентрации на входе в колонку.

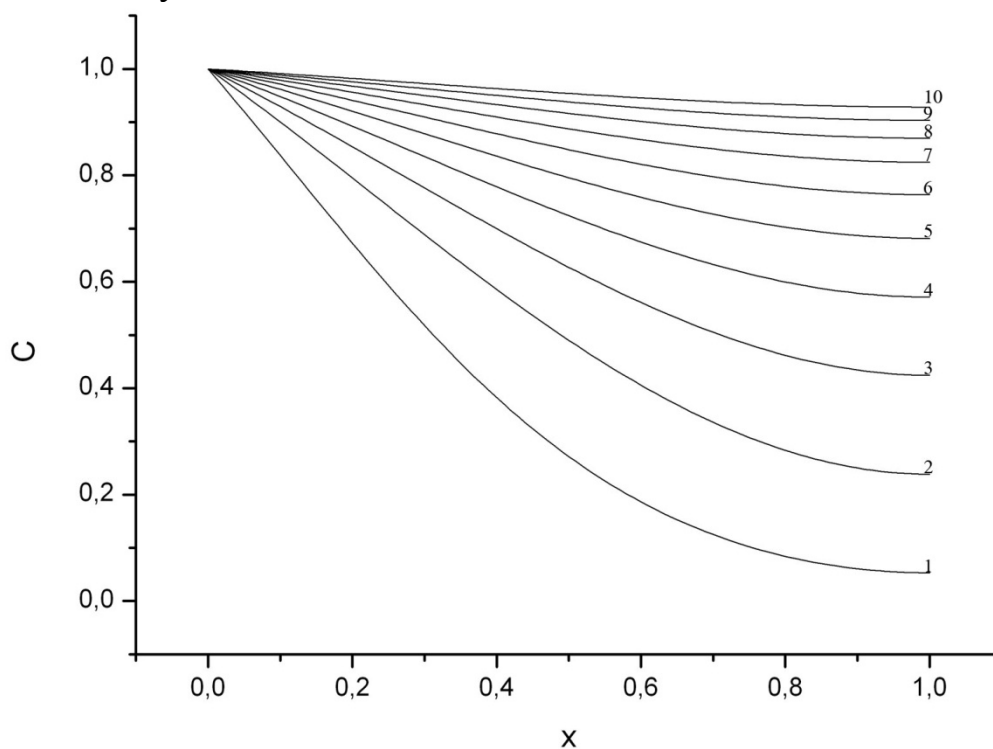


Рис. 1.

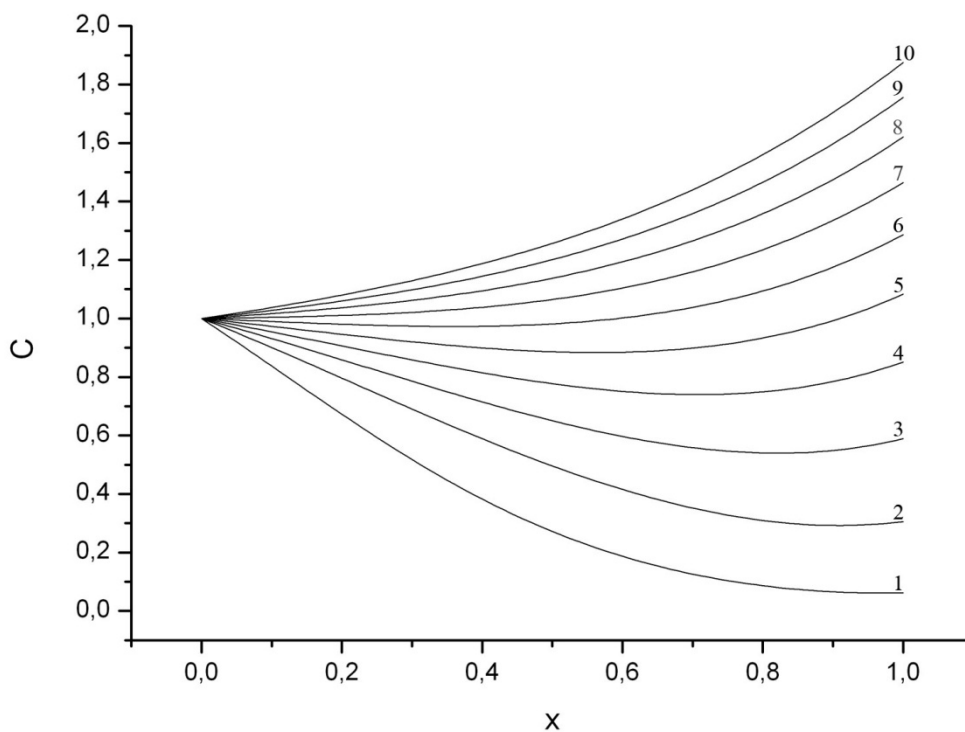


Рис. 2.

Результаты, иллюстрирующие работу метода восстановления параметров изотермы Фрейндлиха, приведены в таблице 1. Они получены

при следующих значениях входных параметров вычислительной задачи: $C_0=1$, $m=0.2$, $D=1$, $w=1$, $\lambda=1$, $L=1$, сеточные шаги по времени и пространственной переменной – 0.01, точность метода Ньютона – 10^{-3} , малость значения функционала как критерий останова итерационного процесса – 10^{-6} . Видно, что значение p восстанавливается несколько хуже, чем значение K , а затраты на поиск решения наименьшие, если рассматривается линейный случай (искомое $p=1$) и наибольшие, если искомое значение K велико, а искомое значение p существенно меньше 1. При выборе другого набора значений входных параметров наблюдаются такие же характеристики метода.

Таблица 1.

Истинные значения K и p	Начальные приближения	Восстановленные значения K и p	Количество итераций	Относительная погрешность	
K=0.5 p=0.5	K=0.2	K=0.4982	70	0.3534	
	p=0.2	p=0.4987		0.2552	
	K=1	K=0.4983	58	0.3478	
	p=0.2	p=0.4975		0.5079	
	K=1	K=0.4997	74	0.0582	
	p=1	p=0.5051		1.0245	
K=0.2 p=1	K=0.2	K=0.5011	74	0.2120	
	p=1	p=0.5056		1.1223	
K=1 p=1	K=0.5	K=1.0003	19	0.0259	
	p=0.5	p=0.9952		0.4785	
	K=2	K=0.9973	22	0.2675	
	p=0.5	p=0.9956		0.4442	
	K=2	K=0.9983	36	0.1730	
	p=2	p=1.0039		0.3862	
K=0.5 p=2	K=0.5	K=0.9982	31	0.1755	
	p=2	p=0.9940		0.6014	
	K=0.75 p=0.75	K=0.25	K=0.7496	36	0.0567
		p=0.25	p=0.7471		0.3846
		K=0.25	K=0.7505	42	0.0642
		p=1.25	p=0.7556		0.7440
K=1.25		K=0.7508	30	0.1059	
p=0.25		p=0.7459		0.5517	
K=1.25 p=1.25	K=1.25	K=0.7507	46	0.0971	
	p=1.25	p=0.7553		0.7095	
	K=5.8 p=3.75	K=5.3	K=5.7882	63	0.2028
		p=3.25	p=3.7345		0.4139
		K=5.3	K=5.7819	49	0.3123
		p=4.25	p=3.7509		0.0248
K=6.3		K=5.8323	39	0.5566	
p=3.25		p=3.7706		0.5482	
K=6.3 p=4.25	K=6.3	K=5.8370	59	0.6372	
	p=4.25	p=3.7652		0.4042	
K=8.7	K=8.2	K=8.6837	554	0.1877	

Истинные значения K и p	Начальные приближения	Восстановленные значения K и p	Количество итераций	Относительная погрешность
p=0.3	p=0.2	p=0.2979	522	0.6835
	K=8.2	K=8.6840		0.1843
	p=0.8	p=0.2979	723	0.7075
	K=9.2	K=8.7165		0.1896
	p=0.2	p=0.3021	778	0.7101
	K=9.2	K=8.7166		0.1905
	p=0.8	p=0.3022		0.7303
K=8.7 p=4.3	K=8.2	K=8.6206	117	0.9126
	p=3.8	p=4.2750	87	0.5810
	K=8.2	K=8.6213		0.9046
	p=4.8	p=4.2754	133	0.5727
	K=9.2	K=8.7769		0.8841
	p=4.8	p=4.3252	95	0.5856
	K=9.2	K=8.7807		0.9281
		p=3.8	p=4.3260		0.6053
K=0.65 p=4.25	K=0.15	K=0.6488	215	0.1830
	p=3.75	p=4.2051	205	1.0576
	K=0.15	K=0.6510		0.1606
	p=4.75	p=4.2957	212	1.0762
	K=1.15	K=0.6519		0.2878
	p=4.75	p=4.2958	206	1.0773
	K=1.15	K=0.6488		0.1857
		p=3.75	p=4.2057		1.0428

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-01-00499).

Литература

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. – М.: Недра, 1984.
2. Васильев Ф.П. Лекции по методам решения экстремальных задач. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1974.
3. Киреев В.А. Краткий курс физической химии – М.: Химия, 1978.
4. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989.
5. Babu B.V., Ramakrishna V. Modeling of adsorption isotherm constants using regression analysis and neural networks // Proc. Of 2-nd Int.Conf. on Water Quality Management, Paper No II-1. – New Dehli, 2003. – P.II-1 – II-11.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЛЕССКИХ ЛАНДШАФТАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Линник В.Г.¹, Савельев А.А.²

¹Институт геохимии и аналитической химии им В.И. Вернадского,
Москва
E-mail: linnik@geokhi.ru

²Казанский государственный университет,
Казань

Западная часть Брянской области относится к числу наиболее загрязненных территорий РФ, где значительные площади сельскохозяйственных и лесных территорий загрязнены ¹³⁷Cs. Для решения задач прогноза радиоэкологической обстановки на загрязненных территориях важное значение приобретает исследование пространственно-временных параметров распределения радионуклидов в почве на разных масштабных уровнях.

На данной территории преобладают полесские ландшафты, среди которых отдельными вкраплениями расположены моренные холмы и гряды. Центральная часть района исследований пересекается долиной р. Ипуть с развитыми надпойменными террасами.

Мощность четвертичных отложений составляет 5-10 м. Во многих местах встречаются моренные отложения, преимущественно супесчаного состава, перекрытые флювиогляциальными песками. Глубина залегания грунтовых вод на междуречьях достигает 8-10 м, на озерно-водноледниковых равнинах – 2-5 м.

В полесских ландшафтах, основным типом почв которых являются дерново-подзолистые легкого состава, преобладают сосново-широколиственные и сосновые леса. Луговые и лугово-болотные комплексы практически все мелиорированы.

Анализ влияния ландшафтных факторов на структурированность и пространственную корреляцию распределения ¹³⁷Cs, оценка вариабельности распределения данного изотопа на микроландшафтном уровне служат основой для исследования процессов латеральной и вертикальной миграции.

Ландшафтное моделирование нуждается в развитии современных пространственных моделей [1], и в этом плане моделирование распределения ¹³⁷Cs как метки может быть полезным для исследования ландшафтной неоднородности и выявления разномасштабных иерархических структур, характеризующих интенсивность ландшафтообразующих процессов.

Для исследования пространственной структуры загрязнения ¹³⁷Cs и его связи с параметрами рельефа был выбран район, расположенный в западной

части Брянской области на удалении около 170 км от Чернобыльской АЭС в одном из наиболее загрязненных радионуклидами районов.

Исследования проводились площадках, для которых была выполнена топографическая съемка в масштабе 1:200, абсолютные отметки пикетов даны с точностью 1 см, горизонтالي проведены через 20 см. Данные топографической съемки в дальнейшем использовались для построения ЦММ, а также моделирования связи радионуклидного загрязнения с параметрами микрорельефа [2, 3].

Информация о радиоактивном загрязнении была получена в результате радиометрической съемки, проведенной с использованием радиометра «КОРАД» [2].

Для исследования пространственной корреляции распределения ^{137}Cs использовался геостатистический анализ. Пространственная корреляция распределения ^{137}Cs оценивалась по фактическим данным с помощью экспериментальной вариограммы $\gamma(h)$:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2, \quad (1)$$

где x_i и $x_i + h$ – точки измерений на расстоянии h , $Z(x_i)$ и $Z(x_i + h)$ – измеренные значения переменной Z (в нашем случае – это плотность загрязнения ^{137}Cs) в соответствующих точках, n – общее число пар точек измерения радиометром КОРАД. Для определения возможной анизотропии поля загрязнения ^{137}Cs по экспериментальным данным рассчитывается вариограмма по четырем направлениям: 0, 45, 90 and 135 градусов.

Геостатистический анализ для всей площадки В1 показал следующее. Вариограмма по всем направлениям примерно одинакова, т.е. выраженная анизотропия отсутствует. Вариограмма на небольших лагах (на расстоянии 30-40 метров) существенно превышает дисперсию ^{137}Cs ($\sigma^2 = 39.7$), что свидетельствует о наличии эффекта «шахматной доски», когда высокие значения запаса ^{137}Cs чередуются с низкими.

Для определения систематической составляющей зависимости распределения ^{137}Cs от параметров микроландшафта (координаты X , Y , параметры рельефа) использовались модели, обобщающие линейную регрессию как в части пространственной корреляции и нестационарной дисперсии остатков (обобщенный метод наименьших квадратов), так и в части нелинейности зависимостей (обобщенные аддитивные модели [4, 5]).

Обобщенные аддитивные модели (ОАМ) расширяют возможности методов множественной регрессии за счет использования произвольных гладких функций от предикторов, а не только линейных функций, задаваемых коэффициентами регрессии. Это позволяет лучше предсказать значения зависимых переменных с использованием модели вида:

$$E[G(x_1, x_2)] = a_0 + s_1(x_1, \Theta_1) + s_2(x_2, \Theta_2), \quad (2)$$

$E[]$ – математическое ожидание, переменная отклика G имеет гауссовское распределение при заданных значениях предикторов x_1 и x_2 , a_0 – константа,

s_1 и s_2 – гладкие функции от предикторов (например, полиномы или сплайны); Θ_1, Θ_2 – параметры, определяющие гладкость функций (например, степень полинома). Использование ОАМ для моделирования в экологии изложено в работах [4, 5].

Для моделирования пространственного распределения ^{137}Cs исследовалась зависимость плотности загрязнения ^{137}Cs от двух параметров рельефа (высотное положение h и зоны сноса и аккумуляции, рассчитанные по значениям оператора Лапласа, *Laplace*). Значение оператора Лапласа рассчитывалось по формуле:

$$\nabla(\nabla f) = \Delta f = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) f(x, y). \quad (3)$$

Для построения модели рельефа были использованы многоуровневые сплайны [2, 3]. Полученный рельеф (рис.1) имеет характерный масштаб (точность восстановления деталей) порядка 0,5 метра.

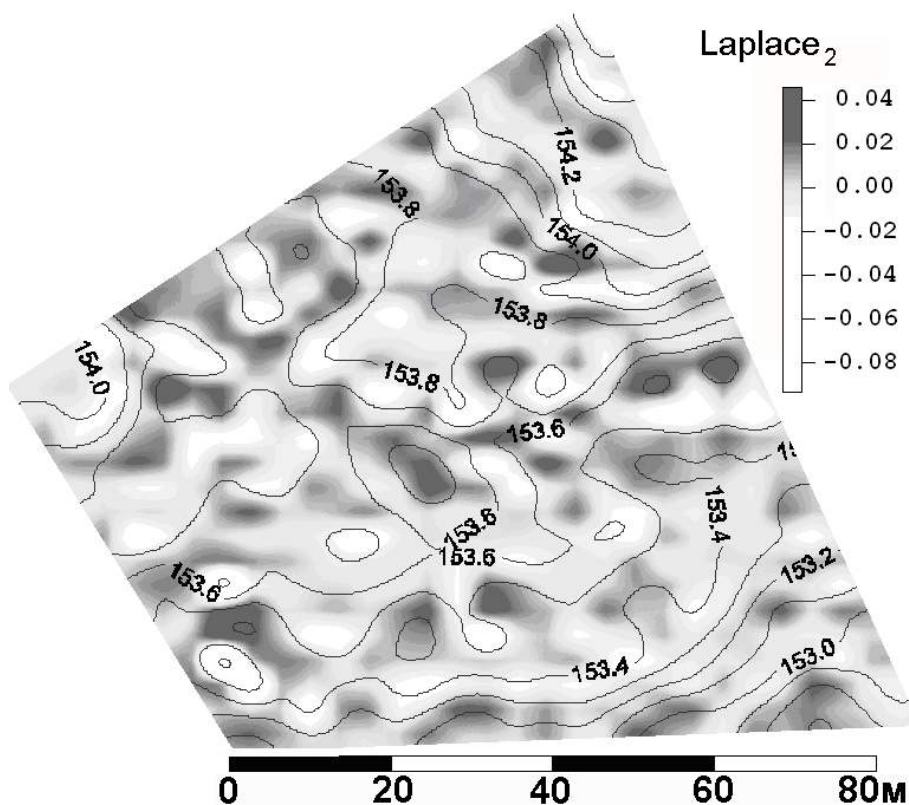


Рис.1. Зоны сноса (выпуклые формы, белый цвет) и зоны аккумуляции – (вогнутые формы, черный цвет) на площадке В1 согласно значению оператора Лапласа.

Отрицательные значения оператора Лапласа характеризуют зоны сноса (выпуклые формы микрорельефа), положительные – зоны накопления (вогнутые формы). Предполагается, что распределение ^{137}Cs может быть обусловлено формами микрорельефа.

В дальнейшем для моделирования распределения ^{137}Cs (зависимая переменная G) мы можем воспользоваться следующими переменными: 1 – значение оператора Лапласа ($Laplas$); 2) Высота H ; 3) X – координата; 4) Y – координата. В тех случаях, когда используется детальная сетка, обозначение оператора Лапласа принимает вид $Laplas_1$, для генерализованной сетки – $Laplas_2$. При моделировании могут использоваться следующие значения высоты: полученные по детальной сетке (H_{mba1}) и генерализованной сетке (H_{mba2}).

Выполненный анализ показывает, что оцененные указанным выше образом формы рельефа связаны с загрязнением (рис.2).

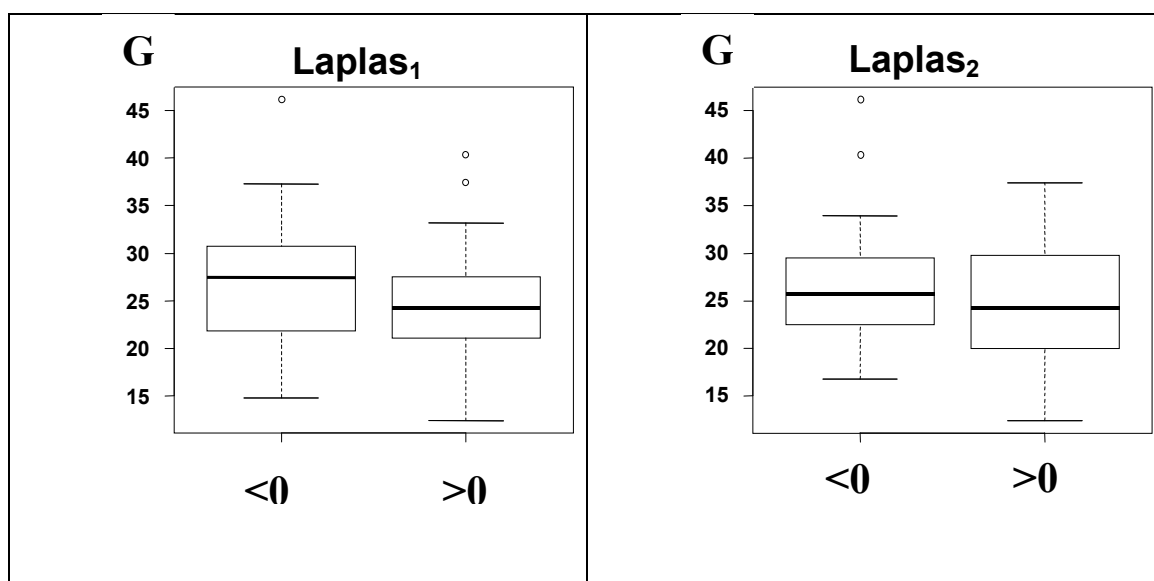


Рис.2. Распределение значений загрязнения ^{137}Cs (G) для разных методов оценки формы рельефа: $Laplas_1$, $Laplas_2$.

Для всех способов определения формы видна следующая зависимость: запас ^{137}Cs в зонах аккумуляции ниже ($Laplas_1 > 0 = 24.73$; $Laplas_2 > 0 = 24.89$), чем в зонах сноса ($Laplas_1 < 0 = 26.45$; $Laplas_2 < 0 = 26.46$), хотя разница и не значима статистически (уровень значимости порядка 10%). Таким образом, на площадке В1 наблюдается инверсионный эффект в распределении запаса ^{137}Cs , что свидетельствует о преобладании процесса выноса ^{137}Cs за пределы площадки В1 над локальной вторичной аккумуляцией в понижениях.

Использование линейной модели ОАМ вида (4) для анализа распределения ^{137}Cs по всей площадке В1 (исходные данные получены по сетке 10x10 м) показало, что все параметры модели незначимы, а сами остатки распределены примерно нормально:

$$G = a_0 + a_1 \cdot Laplas + a_2 \cdot H_{mbd} + a_3 \cdot X + a_4 \cdot Y. \quad (4)$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что зависимость загрязнения ^{137}Cs от формы рельефа и высотного положения не может быть представлена в рамках линейной модели вида (4). Скорее всего, это связано с тем, что надежное модельное описание требует экспериментального

измерения абсолютной высоты точек измерения ^{137}Cs , а не получения их значений интерполяционным методом.

Литература

1. Линник В.Г., Савельев А.А. Геоинформационный анализ и математическое моделирование в решении ландшафтно-радиоэкологических проблем // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика. Материалы XI Международной ландшафтной конференции. – М.: Географический факультет МГУ, 2006. – С.137-139.
2. Linnik V.G., Saveliev A.A., Govorun A.P., Ivanitsky O.M., Sokolov A.V. Spatial Variability and Topographic Factors of ^{137}Cs Soil Contamination at a Field Scale // International Journal of Ecology & Development. – 2007. – Vol. 8, No.7. – Pp.8-25.
3. Linnik V.G., Saveliev A.A., Govorun A.P., Sokolov A.V. Spatial analysis and modeling of Cs-137 distribution at the microlandscape level (the Bryansk region). // Landscape Analysis for Sustainable Development. Theory and Applications of Landscape Science in Russia. / Ed. K.N. Dyakonov, N.S. Kasimov., A.V. Khoroshev, A.V. Kushlin. – Moscow, 2007. – Pp.190-199.
4. Wood S.N. Generalized Additive Models: An Introduction with R. – Chapman and Hall/CRC. Crc Press Llc, 2006. – 391 p.
5. Zuur, A.F., Ieno, E.N. and Smith, G.M. Analysing Ecological Data. – Springer, 2007. – 700 p.

О РОЛИ И ОБЩНОСТИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕЙСТВИЯ «МАЛЫХ ФАКТОРОВ» В ГЕОЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКЕ: ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД

Литовский В.В.

Институт экономики УрО РАН, УрТИСИ-СибГУТИ,

Екатеринбург

E-mail: VLitovskiy@rambler.ru

В контексте теоретического моделирования устойчивого экономического развития регионов и их хозяйствующих субъектов на основе экологически сбалансированной деятельности в условиях нарастания дефицита ресурсов в последние годы все явственнее стали проявлять себя так называемые «малые факторы», роль которых считается малозначимой. Кибернетический статус таких факторов объясним в рамках информационно-вероятностного подхода [1-4].

Изначально он был использован для уяснения иерархии действенности физических факторов в задачах мониторинга окружающей среды. Однако он может оказаться пригодным и для уяснения принципов реагирования экономических систем, анализа их устойчивости, включая ресурсные и экологические факторы. Действительно, как показал анализ работ А. Л. Чижевского, Н. В. Тимофеева-Ресовского, И. Пригожина и их последователей, при описании эффектов, порождаемых в биосфере и геосфере экологическими факторами, разумно учитывать следующие аспекты их действия:

1) действие агентов окружающей среды комплексно и в адекватных математических моделях также должно оцениваться в комплексе;

2) при оценке роли малых факторов нужно учитывать их качественное отличие от больших факторов, их кодовую функцию, приводящую к эффектам усиления сигнала в объекте воздействия, для полноценного восприятия им информации;

3) при комплексной оценке действия экологических или экономических факторов нужно учитывать не только вероятности реализаций абсолютных значений этих факторов, но и вероятность быстроты их изменения;

4) схожесть для био- и экономических систем очень больших отклонений экологических или экономических факторов от их естественных вариаций (то есть реализации очень больших или очень малых значений экологических или экономических факторов) проявляется лишь в одном – в их редкости.

Для установления иерархии действенности факторов окружающей среды в геоэкологических задачах или действенности экономических факторов в экономических задачах наиболее целесообразным представляется системный подход, использующий неэнергетические вероятностные

характеристики и представления о взаимодействии как информационном обмене .

В естественной среде поток информации рассматривается как совокупность «приготовленных» абиотических и биотических факторов, изменяющихся в определенных диапазонах и определяющих «программу» оптимального приспособления организма к данной локальной (местной) среде. В экономической системе – как совокупность внешних (наличие ресурсов) и внутренних экономических факторов (собственный трудовой потенциал, производственные мощности, финансы, менеджмент и др.). Экологически комфортным состоянием организма считается состояние с минимальным обменом экоинформацией, поскольку только такое условие обеспечивает в соответствии с принципом Пригожина минимальную скорость производства энтропии (беспорядка) в его клетках. Наиболее устойчивым состоянием экономической системы считается такое состояние, при котором минимизированы его ресурсные и финансовые издержки.

Для оценки среднестатистических информационных нагрузок на хозяйственный субъект оценим сначала вероятность поступления информации, обусловленную автономным действием одного экономического фактора, например, ресурса A .

За исходную единицу информации примем вероятность $P(A)$ реализации события с экономическим фактором A и скоростью его изменения ΔA , – $P(v_A)$, т. е. вероятность $P(A, v_A)$ (например, вероятности наличия на производстве в момент времени t руды в количестве от V_1 до V_2 при скорости ее поставки или извлечения $\Delta V/\Delta t$):

$$P(A, v_A) = P(A) \cdot P(v_A).$$

С учетом условно вековых, годовых и суточных вариаций фактора A , а также в предположении их независимости вышеуказанная вероятность будет равна:

$$P(A) = [N_A(t_1) \cdot N_A(t_2) \cdot N_A(t_3)]/[N(t_1) \cdot N(t_2) \cdot N(t_3)],$$

где $N_A(t_1)$, $N_A(t_2)$, $N_A(t_3)$ – число реализаций фактора A с конкретным его значением за условный век, год и сутки, а $N(t_1)$, $N(t_2)$, $N(t_3)$ – полное число возможных значений фактора A за указанные периоды. Соответственно вероятность $P(v_A)$ реализации события A с характерным временным изменением ΔA определяется по формуле:

$$P(v_A) = [N(v_A, t_1) \cdot N(v_A, t_2) \cdot N(v_A, t_3)]/[N(t_1) \cdot N(t_2) \cdot N(t_3)],$$

где $N(v_A, t_1)$, $N(v_A, t_2)$, $N(v_A, t_3)$ – число реализаций фактора A во всем диапазоне его возможных значений при конкретном значении скорости его изменения ΔA за условный век, год и сутки.

Вероятность того, что экономический субъект с продолжительностью жизни τ испытает на себе воздействие экономического фактора A , будет определяться формулой:

$$P_{\tau}(A) = P(A, v_A) \cdot (\tau/T),$$

где T – время, соответствующее сроку максимальной живучести экономических субъектов или биообъектов данного типа, выраженное в тех же единицах измерения, что и τ .

Для адекватного реагирования экономического субъекта на текущую информацию необходимо равенство единице его вероятности восприятия:

$$P_{\text{в}}(A) = K(A) \cdot P_{\text{э}}(A) = 1.$$

Связанный с ней коэффициент восприятия, или чувствительность $K(A)$ тогда найдется из соотношения:

$$K(A) = 1 / P_{\text{э}}(A).$$

Оценки, проведенные при таком подходе, показывают, что при реализации одного редкого случайного события, например, один раз в десять лет, вероятность имеет порядок 10^{-4} , а двух одновременно – порядок 10^{-8} . Соответствующие коэффициенты восприятия информации составляют 10^4 и 10^8 . Таким образом, даже при проявлении только одного или двух редких факторов и их адекватном восприятии чувствительность изменяется до 100 миллионов раз!

В целом при совокупном действии нескольких факторов независимых друг от друга в течение произвольного времени действия t вероятность действия на экономические субъекты внешних и внутренних редких факторов A_i будет существенно меньше, а интегральные коэффициенты чувствительности K будут существенно выше:

$$P_{\text{э}}(A_1, A_2, \dots, A_N, \tau, T) = P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot \dots \cdot P(A_N) \cdot (t/\tau) \cdot (\tau/T),$$

$$K = 1 / P_{\text{э}}(A_1, A_2, \dots, A_N, t, \tau, T).$$

Здесь (t/τ) – относительный возраст или степень зрелости экономического субъекта, а (τ/T) – относительное время жизни данного субъекта по отношению к самым долго существовавшим в соответствующем классе.

Из приведенных выражений вытекают следующие общие правила для реагирования экономических субъектов, принимающих информацию:

1. С увеличением времени жизни экономического субъекта (биообъекта или экосистемы) коэффициент его восприятия информации убывает.

2. Чем меньше вероятность действия того или иного экономического фактора, тем более значимо его действие.

3. При сверхнизких коэффициентах восприятия информации становятся возможными бифуркации – скачкообразный переход работы экономического субъекта (объекта среды или экосистемы) на качественно новую программу (сценарий).

4. При бесконечно малой вероятности действия экономического фактора на экономический субъект или биообъект коэффициент восприятия и информационная нагрузка бесконечно возрастают – возникает информационный сбой (катастрофа).

5. При совместном действии на экономический субъект или биообъект (систему) нескольких факторов с малыми вероятностями действия возможно

резкое переполнение информацией – синергический эффект, результат которого оказывается больше суммарного результата действия нескольких факторов, получаемых их обычным сложением. Чем меньше вероятность их действия, тем вероятнее этот эффект.

6. При включении в действие нового или сверхредкого экономического или экологического фактора возможен синергический эффект.

Как видно из приведенных выше следствий информационно-вероятностного подхода, они не только включают в себя известные правила, но и дают качественно новые. В частности, создают принципиально новую основу для оптимизированного экономического мониторинга, указывая на то, что качество информационных систем (например, их экономическое благополучие), прежде всего, определяется их разрешающими способностями по отношению к малым, а не к большим информационным потокам.

Таким образом, в рамках данного подхода при планировании экономического мониторинга необходимо строить иерархию экономических факторов по принципу степени их редкости и концентрировать усилия в первую очередь на изучении влияния таких факторов.

Сопоставим возможности использованного подхода с классическими возможностями теории сравнительных преимуществ. Для этого рассмотрим простейший пример стран или фирм-конкурентов, производящих калийную соль в количестве X_1 и X_2 при затратах труда T_1 и T_2 соответственно. Для оценивания трудоемкости в рамках классического подхода будем использовать коэффициенты отдачи, определяемые известными соотношениями: $a_{T1} = T_1/X_1$, $a_{T2} = T_2/X_2$. Сравнительные преимущества будем также трактовать как возможность какой-либо страны производить товар, расходуя меньшее количество факторов производства по сравнению с другими странами, но характеризовать ее не в терминах трудоемкости, а в терминах вероятности использования производственных ресурсов при оценке стоимости выбора (a_{T1}/a_{T2}).

На первом этапе для определенности будем считать, что $X_1 < X_2 = X_{max}$, $T_1 = T_{max} > T_2$. В частности, при конкурировании на рынке стран вероятность действия на них внешних факторов будет определяться отношениями (X_i/X_{max}) , (T_i/T_{max}) , а полная адекватность восприятия ими текущей информации формулой:

$$K_1 \cdot P_1(X) \cdot P_1(T) = K_2 \cdot P_2(X) \cdot P_2(T) = 1,$$

откуда получим:

$$P_1(X) \cdot P_1(T) / P_2(X) \cdot P_2(T) = K_2 / K_1.$$

С учетом того, что в данном случае $P_1(X) = X_1/X_{max} = X_1/X_2$, $P_2(X) = X_2/X_{max} = 1$, а $P_1(T) = T_1/T_{max} = 1$, $P_2(T) = T_2/T_{max} = T_2/T_1$, исходная формула приобретет вид:

$$a_{T2} / a_{T1} = (K_2 / K_1) \cdot (T_2 / T_1)^2.$$

Из данной формулы следует, что сравнительные преимущества конкурентов зависят не только от соотношения между коэффициентами

восприятия информации, но и от соотношения между их трудовыми затратами. В целом, абсолютное сравнительное преимущество оказывается прямо пропорционально коэффициенту восприятия экономическим субъектом информации и квадрату его трудозатрат.

В случае $X_1 < X_2 = X_{max}$, $T_2 = T_{max} > T_1 - P_1(X) = X_1/X_{max} = X_1/X_2$, $P_2(X) = X_2/X_{max} = 1$, а $P_1(T) = T_1/T_{max} = T_1/T_2$, $P_2(T) = T_2/T_{max} = 1$, конечную формулу, с одной стороны, можно привести к тому же виду, а, с другой стороны, привести к иной форме записи:

$$a_{T2}/a_{T1} = (K_1/K_2) \cdot (X_1/X_2)^2.$$

Из последнего представления следует, что сравнительное преимущество может также достигаться и за счет сокращения (обратно квадратичного изменения) количества единиц выпускаемой продукции.

С таких позиций проанализированы процессы, происходящие в калийной отрасли России на примере ее ведущих предприятий ОАО «Уралкалий» (г. Березники) и ООО «Сильвинит» (г. Соликамск), действующих на территории Верхнекамского соленосного месторождения (Пермский край).

Литература

1. Литовский В. В. Естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале. Моногр. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. – С.387-403.
2. Литовский В.В. О иерархии действенности физических факторов в задачах геоэкологического мониторинга средней и высокоширотной зоны на основе информационно-вероятностного подхода // Физические проблемы экологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – С.209-210.
3. Литовский В.В. Эколого-кибернетическое действие физических факторов на основе информационно-вероятностного подхода // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. – Екатеринбург: ИЭиРЖ УрО РАН, 2004. – С.218-258.
4. Литовский В.В. Роль изостазии в формировании кибернетического механизма эволюционирования геосистем (на примере анализа связи физических полей с распределением горных пород Среднего Урала) // Физические проблемы экологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. – С.99-100.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЧИСТКИ ПОЧВ ОТ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОСОРБЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Малов П.В., Поташев К.А.

Казанский государственный университет,

Казань

E-mail: Dey86@mail.ru, KPotashev@mail.ru

Введение. Защита растительного и животного мира от техногенного воздействия в настоящее время является весьма актуальной задачей. Немаловажной составляющей этой проблемы является ликвидация последствий разливов нефти в результате аварийных ситуаций. В качестве загрязнителей поверхностных слоев почв широко распространены нефтяные углеводороды, входящие в состав моторных топлив (УВМТ или УВ), промышленных растворителей и других нефтепродуктов. После удаления основного количества наименее связанной части УВ (физико-химическими или термическими способами) требуется применение более длительных технологий очистки, имеющих своей целью доведение загрязненных почв до экологически чистого состояния (до концентрации УВ, равной или меньшей ПДК). На разработке таких технологий вторичного этапа очистки почв сосредоточены сегодня основные усилия исследователей. Их суть заключается в усилении природных механизмов самоочищения.

В естественной среде существуют микроорганизмы (МО), потребляющие углеводороды. Углеводородные соединения используют в окислительно-восстановительных реакциях, происходящих в процессе их жизнедеятельности. Такие виды МО называют углеводородоокисляющими (УОМ). Процесс разложения углеводородов называется биодеградацией.

Проблема самоочищения почв (с помощью естественной биологической микрофлоры) состоит в том, что в естественных условиях концентрация таких микроорганизмов сравнительно невелика для быстрого очищения загрязненного участка. Поэтому для ускорения процесса целесообразно вносить в загрязненную почву заблаговременно культивированные микроорганизмы.

В работе изложена математическая модель, описывающая результаты применения оригинальной технологии биоремедиации почв. Приведены основные результаты численного моделирования.

1. Технология биоремедиации. В лаборатории химии окружающей среды КГУ предложена технология второй стадии очистки и восстановления почв, основанная на сочетании биологических и физико-химических методов. Основным принципом технологии является использование биосорбционного комплекса (БСК) – сорбентов, инокулированных активными штаммами УОМ. Это позволяет одновременно снизить количество подвижного загрязнителя в почве путем сорбционного

удерживания и повысить устойчивость микроорганизмов за счет содержащихся в БСК питательных веществ.

Порядок применения технологии заключается в следующем. Вначале с места разлива нефтепродуктов отбирается образец УОМ. Затем штамм микроорганизмов культивируется в лаборатории в благоприятных условиях и помещается на БСК, в качестве которого может выступать, например, биоактивный порошкообразный сорбент на основе карбонизата местного сырья, такого как древесные опилки, растительные остатки и тому подобное. Подготовленный таким образом БСК вносится в загрязненную почву на заданную глубину путем перекапывания, после чего происходит процесс сорбционно-биологической ремедиации загрязненного участка.

2. Математическая модель. Будем рассматривать процесс ремедиации, начиная с момента внесения БСК в загрязненную область. К началу процесса распределение загрязнителя в почве считается известным.

Поскольку размеры пятна загрязнения в плане достаточно велики, можно предполагать, что в средней области загрязнения основные изменения параметров происходят вдоль вертикальной координаты X , отсчитываемой вниз от дневной поверхности почвы. Расчет будем производить в области $\Sigma = [0, \sigma_x]$. Областью внесения БСК является интервал $L = [0, l_x]$. Глубина проникновения загрязнителя является подвижной границей загрязненной области $Z = [0, z_x(t)]$. Отношение l_x/z_x может быть произвольным. Расчетная область содержит в себе обе области L и Z «с запасом»: $\sigma_x > \max(l_x, z_x)$.

При построении математической модели используем ряд предположений. Диффузионный перенос учитывается только для субстрата. Загрязнитель способен сорбироваться и десорбироваться между подвижной фазой и твердой фазой скелета почвы. Биодegradация сорбированного на твердой фазе загрязнителя не происходит (то есть биодоступной является лишь та часть загрязнителя, которая находится в подвижной фазе).

Основные уравнения. Для решения поставленной задачи предложена математическая модель, которая состоит из балансовых соотношений для загрязнителя в свободном и сорбированном состоянии, для биомассы и для концентрации питательных веществ, а также включает в себя замыкающие соотношения, описывающие процессы сорбции, распада загрязнителя, потребления питательных веществ, а также жизнедеятельность микроорганизмов.

Изменение концентрации загрязнителя $C(x, t)$ в подвижной фазе описывается уравнением:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{1-m}{m} \frac{\partial S}{\partial t} - YF, \quad (1)$$

где D – дисперсионный коэффициент УВ, V – скорость фильтрации (м/с), m – пористость почвы, $S(x, t)$ – концентрация УВ в сорбированной фазе, Y –

коэффициент потребления УВ на увеличение численности УОМ, – рост биомассы УОМ.

Изменение концентрации микроорганизмов $M(x, t)$ происходит за счет их роста F и гибели G :

$$\frac{\partial M}{\partial t} = F - G. \quad (2)$$

Балансовое соотношение для концентрации питательных веществ $N(x, t)$ (“nutrients”) имеет вид:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -Y_N F - V \frac{\partial N}{\partial x}, \quad (3)$$

где Y_N – коэффициент потребления питательных веществ на увеличение численности УОМ.

Рост численности УОМ будем описывать кинетикой Моно [1]:

$$F = v_{\max} M \frac{C}{C + K_C} \frac{N}{N + K_N},$$

где v_{\max} – максимальная скорость роста численности УОМ, K_C, K_N – константы полунасыщения соответствующих компонент.

Смертность микроорганизмов пропорциональна их численности [1]:

$$G = v_{dec} M,$$

где v_{dec} – скорость гибели УОМ.

Сорбцию УВ будем описывать следующим уравнением

$$\frac{\partial S}{\partial t} = Kd \frac{\partial C}{\partial t},$$

где Kd – константа полунасыщения.

Начальные и граничные условия

$$C(x, t=0) = \begin{cases} C^0, & x \in Z, \\ 0, & x \notin Z; \end{cases} \quad \begin{array}{l} M(x, t=0): \\ N(x, t=0): \\ Kd(x): \end{array} \begin{array}{l|l} \begin{array}{l} |x \in L \\ B_M B + M_0(1-B) \\ B_N B + N_0(1-B) \\ BKd_{BSC} + (1-B) \end{array} & \begin{array}{l} |x \notin L \\ M_0 \\ N_0 \\ Kd_S \end{array} \end{array}$$

Предполагается, что концентрации микроорганизмов и питательных веществ в почве малы по сравнению с концентрацией в БСК. Сорбционные характеристики почвы изменяются за счет внесения БСК $Kd_{BSC} > Kd_S$.

В течение процесса через поверхность почвы не поступают дополнительно ни УВ (C), ни УОМ (M).

3. Решение и основные результаты. Значения основных параметров задачи выбраны следующие:

$$Y = 0.78; v_{dec} = 1.89 \cdot 10^{-6} c^{-1}; v_{\max} = 1.89 \cdot 10^{-4} c^{-1}; K_C = 12 \text{ мг/л}; [2]$$

$$K_D^{BSC} = 0.4 \text{ мг/л}; K_D^S = 0.03 \text{ мг/л}; [4], D_C = 8.28 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}; [3]$$

$$\begin{aligned}
C^0 &= 10 \text{ мг/л} & V &= 10^{-6} \text{ м/с} & B &= 0.01 & L &= 1 \text{ м} & m &= 0.33 \\
B_M &= 50 \text{ мг/л} & M_0 &= 0.008 \text{ мг/л} & N_0 &= 0.005 \text{ мг/л} & Z &= 2 \text{ м} & h &= 0.01 \\
B_N &= 50 \text{ мг/л} & K_N &= 12 \text{ мг/л} & Y_N &= 0.78 & \Sigma &= 10 \text{ м} & \tau &= 0.01
\end{aligned}$$

Параметры модели можно разделить на две основных категории:

1. характеризующие вид МО и УВ,
2. являющиеся характеристикой технологии биоремедиации.

Нефиксированными будем считать только параметры второй группы, которые определяют сценарий применения технологии очистки и условия подготовки БСК – L, B, B_N, B_M .

Задача решена численно методом сеток. Для аппроксимации дифференциальных операторов применялись явные разностные схемы первого порядка точности.

В данном исследовании больший интерес представляют не сами профили концентрации УВ, а интегральные показатели, характеризующие качество ремедиации среды в целом. В качестве таких характеристик введем

$$R(t) = \int_0^{\Sigma} (C_0 - C(x,t)) dx \rightarrow \max \quad \text{и} \quad G(t) = \int_L^{\Sigma} C(x,t) dx \rightarrow \min,$$

где $R(t)$ и $G(t)$ – степень очистки и объем УВ, ушедший из зоны ремедиации на момент времени t . Оптимальный процесс очистки будет характеризоваться максимальным значением первого показателя и минимальным значением второго.

На рис. 1, 2 ниже приведены результаты исследования зависимости интегральных характеристик $R(t)$ и $G(t)$ от таких технологических параметров, как содержание БСК в обрабатываемой области и концентрация УОМ на подготовленном БСК. Для указанного набора параметров видно, что постепенное повышение объема вносимого БСК влечет за собой нарастающий эффект, в то время как эффект от повышения содержания УОМ в БСК постепенно снижается, и дальнейшее увеличение параметра B_M свыше 80 мг/л, по-видимому, можно считать нецелесообразным. Для более точных оценок могут быть привлечены также экономические показатели.

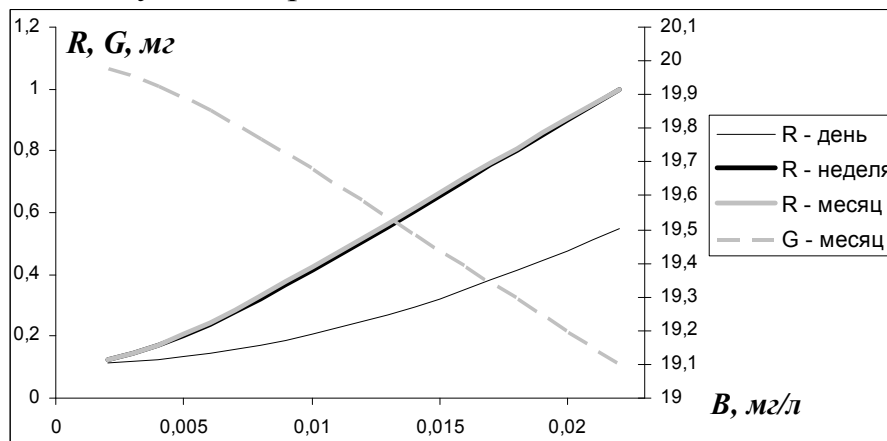


Рис. 1. Зависимость R и G от объема внесения БСК B .

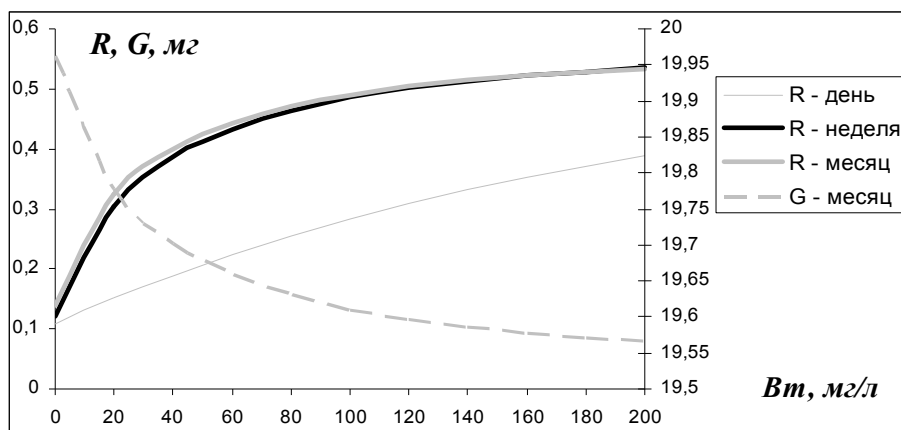


Рис. 2. Зависимость степени очистки R от концентрации УОМ в БСК V_m .

Заключение. Построена математическая модель и соответствующая расчетная программа, описывающие процесс биологического очищения от УВ почв путем внесения в них БСК. Модель позволяет проводить прогнозные расчеты основных параметров процесса биоремедиации, а также является инструментом для планирования оптимальных сценариев очистки почв в зависимости от условий загрязнения и характеристик моделируемых сред.

Параметры модели подбирались из литературы, а также исходя из простых рассуждений о природе соответствующих процессов. В дальнейшем планируется оснащение модели фактическими значениями параметров на основе лабораторных исследований, проводимых в лаборатории химии окружающей среды КГУ.

Работа выполнена при поддержке гранта МНТЦ # 3419.2.

Литература

1. Johnson S.J., Woolhouse K.J., Prommer H., Barry D.A., Christofi N. Contribution of anaerobic microbial activity to natural attenuation of benzene in groundwater // *Engineering Geology*. – 2003. – V.70. – Pp. 343-349.
2. Littlejohns J., Daugulis A. Kinetics and interactions of BTEX compounds during degradation by a bacterial consortium // *Process Biochemistry*. – 2008. – V.43. – Pp.1068-1076.
3. Mulder H., Breure A.M., Rulkens W.H. Application of a mechanistic desorption-biodegradation model to describe the behavior of polycyclic aromatic hydrocarbons in peat soil aggregates // *Chemosphere*. – 2001. – V.42. – Pp.285-299.
4. Park J., Abriola L.M. Influence of substrate exposure history on biodegradation in a porous medium // *Journal of Contaminant Hydrology*. – 2001. – V.51. – P.233-256.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ РЫБ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕГРЕССИОННОГО УРАВНЕНИЯ СООТНОШЕНИЯ «ВЕС-ДЛИНА»

Мельникова Е.Б.

Институт биологии южных морей Национальной Академии Наук Украины,
Севастополь
E-mail: vfjuck@mail.ru

В силу особенностей хозяйственной деятельности человека окружающая среда и ее обитатели испытывают существенное антропогенное воздействие, а также воздействие, связанное с глобальными климатическими изменениями. Это вынуждает проводить постоянный контроль состояния окружающей, в том числе водной, среды и оценивать степень воздействия неблагоприятных факторов на живые организмы с целью принятия своевременных мер, обеспечивающих устойчивое развитие.

Интегрированным индикатором воздействия факторов окружающей среды на рыб и другие организмы водной среды является их рост и формообразование. При изменении условий среды обитания изменяются происходящие в организме процессы роста, поэтому изучение процессов роста позволяет выявить особенности развития на его различных стадиях, а также оценить отклик организма на изменение условий среды обитания.

Математические модели развития отдельных рыб и популяции в целом являются формализованным представлением процессов сезонного и годового роста в реально существующей среде обитания. При изменении процессов роста происходит соответствующее изменение параметров математической модели. При этом численные значения параметров характеризуют особенности роста и изменчивость процессов развития рыб на различных стадиях жизненного цикла.

Для изучения особенностей развития рыб может быть использована зависимость между весом и длиной рыбы.

Целью работы является изучение особенностей развития черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Clupeidae) на основе анализа коэффициентов уравнения зависимости «вес-длина».

В ихтиологии применительно к рыбам общепринято [1, 4], что функциональная зависимость между весом и длиной рыбы описывается по закону степенной функции

$$W = aL^b, \quad (1)$$

где W – вес рыбы,

L – длина рыбы,

a и b – некоторые размерные коэффициенты.

Анализ показывает, что коэффициент a в уравнении (1) характеризует форму тела рыбы и ее плотность. Коэффициент b показывает, как будут

изменяться относительные размеры рыбы в процессе ее развития. Характер изменения коэффициентов a и b уравнения (1) в различных условиях среды обитания содержит информацию об особенностях биологического развития с учетом влияния факторов среды, состояния кормовой базы, внутривидовой дифференциации [2, 3] и т.д.

Биологическому анализу и статистической обработке подвергались пробы, полученные в 2004 и 2005 годах из траловых уловов промысловых судов с юго-западного шельфа Крыма (от м. Херсонес до м. Лукулл). Лов проводился на глубине от 50 до 80 м разноглубинным тралом.

Из тралового улова в ходе научно-исследовательского и промышленного лова случайным образом отбиралась проба в количестве от 90 до 100 экз. Материал обрабатывали в свежем охлажденном виде или после замораживания при температуре минус 20°C . При биологическом анализе длину тела определяли с точностью до 0,1 см, вес – 0,01 г. Возраст определяли по отолитам.

При проведении статистической обработки результатов экспериментальных измерений методами регрессионного анализа с использованием пакетов прикладных программ для каждой j -ой возрастной группы шпрота, присутствующей в улове, использовалась формула (1) и определялись коэффициенты a и b . Затем найденные коэффициенты a и b для каждой из возрастных групп усреднялись помесечно в соответствии с выражениями

$$a_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ji}}{n}, \quad b_j = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ji}}{n}, \quad (2)$$

где a_j и b_j – среднемесячные значения коэффициентов a и b для j -ой возрастной группы,

a_{ji} и b_{ji} – значения коэффициентов a и b для j -го возраста i -ой пробы исследуемого месяца,

n – количество проб в данном месяце.

По найденным в соответствии с выражениями (2) среднемесячным коэффициентам a_j и b_j строились и анализировались зависимости «вес-длина» черноморского шпрота для различных возрастных групп и месяцев года.

В докладе приведены экспериментально найденные графики зависимости «вес-длина» для различных сезонов и возрастных групп черноморского шпрота.

Черноморский шпрот характеризуется продолжительными сроками массового нереста (с октября по март) и его порционностью. Показано, что на основании анализа изменчивости среднемесячных значений коэффициентов a и b можно определить сроки начала и окончания

нерестового периода для различных возрастных групп и выявить особенности развития шпрота в нерестовый и нагульный периоды.

Сравнительный анализ коэффициентов a и b для рыб, обитающих в различных регионах, может позволить выявить отклонения в развитии рыб, связанные с антропогенным воздействием. Статистический анализ результатов многолетних наблюдений позволит выявить воздействия, связанные с климатическими изменениями.

Полученные результаты могут быть использованы при проведении научных и рыбохозяйственных исследований, а также при оценке воздействия изменяющихся условий окружающей среды на живые организмы, связанного с экологическими проблемами региона.

Литература

1. Биоэнергетика и рост рыб / Под ред. У. Хоара, Д. Рендолла, Дж. Брета. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1979. – 406 с.
2. Зув Г.В., Мельникова Е.Б., Пустоварова Н.И. Биологическая дифференциация и структура запаса черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Pisces: Clupeidae) // Морской экологический журнал. – 2005. – Т. IV, № 1 – С.55-65.
3. Мельникова Е.Б. Об изменении зависимости «вес-длина» для одно- и разновозрастных групп черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* / Е.Б. Мельникова // Рыбное хозяйство Украины. – 2006. – № 2 (43). – С.12-15.
4. Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 408 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМНОГО ПОКРОВА ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ LANDSAT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ECOGNITION

Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г.

Казанский государственный университет, Казань

E-mail: mss@ksu.ru

Ручное дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) – очень трудоемкий процесс, стоимость и длительность которого становятся неприемлемыми в сегодняшней ситуации резкого роста объемов данных, получаемых со спутников и самолетов. Широкое внедрение вычислительной техники вызвало интенсивное развитие методов автоматизированного или компьютерного дешифрирования. В то же время, традиционные методы спектральной (по-пиксельной) классификации изображений (кластерный анализ, классификация с обучением) не оперируют с объектами, не учитывают их пространственные отношения и геометрические характеристики. Появившаяся не так давно система автоматизированного дешифрирования eCognition призвана заполнить эту брешь [1].

Эта программа, основываясь на объектно-ориентированном подходе к анализу изображений, позволяет осуществить автоматизированное извлечение информации с аэрокосмического снимка с использованием методов, закладываемых пользователем в экспертную базу знаний. В противоположность традиционным методам обработки изображений базовой единицей объектно-ориентированного анализа изображений являются не простые пикселы, а объекты изображения или сегменты. Система реализует многоступенчатый итеративный процесс выделения и классификации объектов изображения.

На первом этапе проводится сегментация изображения, то есть выделяются спектрально однородные области, обладающие «правильной» формой (учитывается компактность и гладкость границ), которые служат «кирпичиками» для создания тематических объектов. При этом используется многоуровневая иерархическая (по масштабу или пространственному разрешению) структура объектов изображения, на каждом уровне которой представлена информация своего масштабного уровня.

На втором этапе обработки изображения каждый сегмент соотносится с тем или иным тематическим классом объектов в соответствии с описаниями, заданными в базе знаний. Каркас базы знаний – это двойная иерархия классов, включающая иерархию наследования (передачу спектральных и геометрических характеристик классов от родительских классов к дочерним), и тематическую иерархию, группирующую классы семантически. Это позволяет как уменьшить избыточность и сложность описания классов, так и создать поддающиеся интерпретации группы классов, например, превратить

классификацию элементов земной поверхности в классификацию функционального использования земель.

Описание классов может быть выполнено как с использованием метода ближайшего соседа, так и комбинацией нечетких множеств свойств объектов, определенных функциями принадлежности. Оба способа описания могут быть скомбинированы в базе знаний для достижения наиболее подходящей стратегии классификации. При этом могут быть использованы разные типы свойств объектов изображения, анализирующие как спектральную информацию (различные статистические характеристики спектральных яркостей пикселей сегмента в каналах снимка), так и информацию о форме (площадь, длина границы, асимметричность и т.д.), текстуре (плотность, однородность и др.), отношениях между объектами (например, длина границы с объектом заданного класса или расстояние до объекта заданного класса), контексте (например, относительная площадь, занятая подобъектами некоторого класса более низкого уровня иерархии объектов изображения, или принадлежность супер-объекту некоторого класса более высокого уровня иерархии объектов изображения).

В то время как традиционные методы (максимального правдоподобия, ближайшего соседа) жестко определяют принадлежность выделенного объекта изображения к некоторому классу, результатом классификации, основанной на правилах нечеткой логики, является степень принадлежности объекта изображения к тематическим классам, что более соответствует реальности. Новые объекты получаются слиянием отклассифицированных сегментов согласно полученной классификации (сегментация на основе классификации).

Все процедуры могут применяться многократно, и на каждом шаге правила, заложенные в базу знаний, могут корректировать форму и принадлежность объектов. Полученные в итоге объекты могут быть экспортированы в векторный формат для передачи в ГИС.

В данной работе представлена экспертная база знаний и технология, позволяющие проводить автоматизированное дешифрирование космических снимков Landsat для получения информации о элементах земного покрова и типах землепользования.

В качестве исходных данных были взяты фрагменты снимков спутника Landsat 5 (пространственное разрешение – 30 м) на территорию (63496 км) юго-востока Республики Татарстан от 25.09.2006 г. и территорию (15415 км) в районе Саралинского участка ВКГПБЗ от 05.09.2000 г.

При дешифрировании снимков с разрешением 30 м выделение большинства классов землепользования (функционального использования земель) затруднено, поэтому используются классы, связанные с понятием земного покрова. Понятия земной покров и землепользование часто используют как синонимы, однако они имеют разный смысл. Земной покров (англ. land cover) – это состав элементов земной поверхности как результат комплекса природных и антропогенных воздействий. Землепользование

(англ. land use) характеризуется хозяйственным использованием земли и отношениями людей с окружающей средой [2,3]. Например, лес как элемент земного покрова в качестве объекта землепользования может быть парком.

Основой дешифрирования снимка является легенда – список выделяемых на снимке классов. Для исследуемой территории за основу была взята легенда проекта Канадской службы защиты лесов «Наблюдение за Землей для устойчивого развития лесов» (Earth Observation for Sustainable Development of Forests, EOSD), рекомендованная для картирования земного покрова залесенных территорий с использованием ДДЗЗ спутников Landsat и одобренная Комитетом инвентаризации лесов Канады (Canadian Forest Inventory Committee, CFIC) [4]. Основным аргументом при выборе данной легенды явилось то, что территория Канады схожа с исследуемой территорией по широте расположения, растительности, а также то, что она разработана именно для снимков среднего разрешения. В качестве элементов легенды использовались следующие классы: 1) облака; 2) тень; 3) гора/камни; 4) обнаженная земля; 5) вода; 6) кустарник; 7) травы-луга; 8) травы-посевы; 9) травы/земля; 10) лиственный лес густой; 11) лиственный лес разомкнутый; 12) мелколиственный лес; 13) хвойный лес; 14) постройки.

Технология автоматизированной интерпретации ДДЗЗ включает в себя следующие основные этапы обработки и анализа снимка:

1. Сегментация на двух масштабных уровнях, отличающихся на порядок по пространственному разрешению.

2. Создание иерархии классов и их описание. Ниже приведен фрагмент такой иерархии:

Иерархия наследования:

уровень 1

облака
 тень
 гора/камни
 обнаженная земля
 вода
 кустарник
 травы
 травы-луга
 травы-посевы
 травы/земля
 лиственный лес густой
 лиственный лес разомкнутый
 мелколиственный лес
 хвойный лес
 постройки
 облако+камень
 облако1
 камень1
 облако12
 камень11
 вода+тень

Тематическая иерархия

уровень 1

облака
 облако1
 облако12
 тень
 тень3
 тень2
 гора/камни
 камень1
 камень11
 обнаженная земля
 вода
 вода3
 кустарник
 травы
 травы-луга
 травы-посевы
 травы/земля
 лиственный лес густой
 лиственный лес разомкнутый
 мелколиственный лес
 хвойный лес

вода³
тень³
тень+хвойный лес
тень²
хвойный лес²
псевдо-класс

хвойный лес²
постройки
псевдо-класс
облако+камень
вода+тень
тень+хвойный лес

уровень2

однородность высокая
однородность средняя
однородность низкая
остальное

Описание всех родительских классов Уровня 1 в иерархии наследования (кроме класса «постройки») проводилось путем указания спектральных эталонов. На Уровне 2 иерархии наследования сегменты более крупные, что позволило оценить их текстурные свойства (однородность) с использованием более мелких сегментов Уровня 1 и привлечь эти свойства при описании классов Уровня 2.

Для описания класса «постройки» использовался контекст: принадлежность сегмента Уровня 1 классу «однородность низкая» Уровня 2. При описании дочерних классов для «смешанных» родительских классов «облако+камень», «вода+тень», «тень+хвойный лес» использовалось свойство соседства – относительная длина границы с нужным классом. При описании дочерних классов для «травы» использовалось свойство принадлежности сегментов класса «травы-луга» классу «однородность средняя», а сегментов класса «травы-посевы» – классу «однородность высокая».

3. Классификация проводилась в 4 итерации.

Шаг 1: классификация сегментов изображения, выделенных на Уровне 1 масштабной иерархии, без учета свойств соседства и контекста.

Шаг 2: классификация сегментов Уровня 1 с учетом свойств соседства с нужным классом, уже выделенным на шаге 1 классификации, призванная разделить «смешанные» классы «облако+камень», «вода+тень», «тень+хвойный лес» на их дочерние подклассы.

Шаг 3: классификация сегментов изображения, выделенных на Уровне 2 масштабной иерархии.

Шаг 4: классификация сегментов Уровня 1 с учетом контекста, а именно классов, выделенных на Уровне 2, с целью получения класса «постройки» и разделения класса «травы» на подклассы «травы-луга» и «травы-посевы».

4. Сегментация на основе классификации и векторизация.

Результаты дешифрирования представляются с использованием растровой модели данных, или, после векторизации, с использованием векторной модели. При этом каждый объект-полигон получает в качестве атрибутики информацию не только о принадлежности его тому или иному классу, но и значения нечеткой функции принадлежности к другим классам.

Общность созданной базы знаний и предложенной технологической схемы дешифрирования была проверена на тестовом снимке для другой территории с аналогичными природными условиями, что позволило сделать вывод о воспроизводимости и корректности результатов.

Для проверки адекватности результаты дешифрирования были сравнены с электронной картой лесных формаций масштаба 1:200 000 с использованием ряда мер сходства: вероятности правильного распознавания (79%), коэффициента ранговой корреляции (53%), коэффициента сопряженности Крамера (53%). Значения мер согласия достаточно высокие при данной степени генерализации информации.

В качестве примера на рис. 1 показаны фрагмент снимка Саралинского участка ВКГПБЗ (а), его классифицированное изображение – выделенные классы элементов земного покрова (б), тематическая карта лиственных и хвойных типов леса (в).

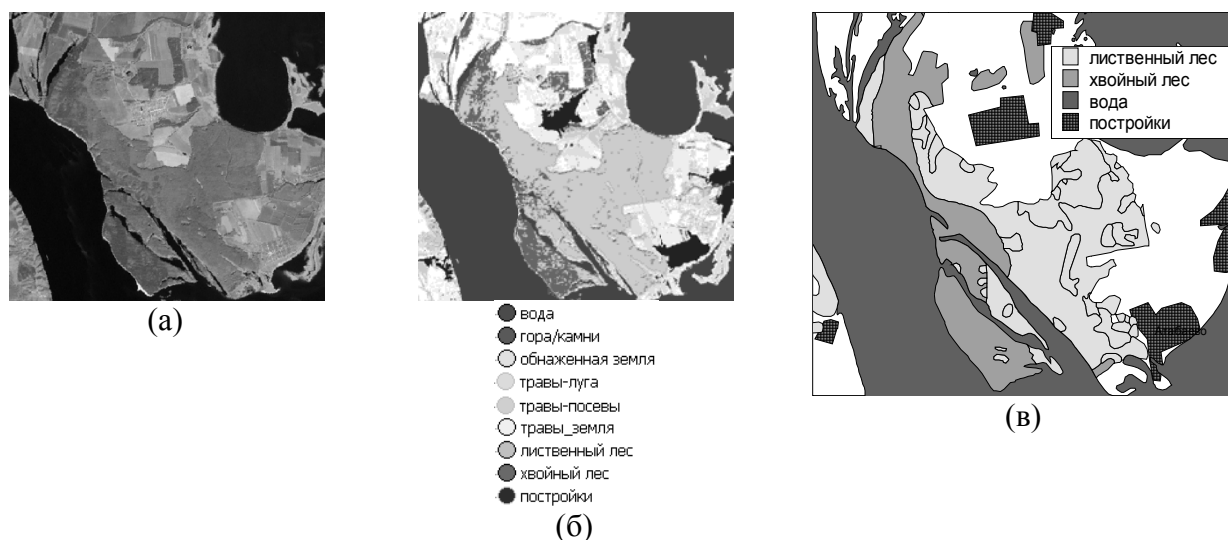


Рис. 1.

Литература

1. Продукты ГИС, продукты компании Definies. URL: <http://www.dataplus.ru/Soft/Definiens/eCognition.htm>, 05.03.2008.
2. Avery T., Berlin G. Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation (5th edition). – New York: Macmillan Publishing, 1992.
3. Cihlar J. Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities // International Journal of Remote Sensing. – 2000. – 20:6. – Pp.1093-1114.
4. Wulder M., Nelson T. EOSD Land Cover Classification Legend Report, 2003. URL: <http://www.eosd.cfs.nrcan.gc.ca.html>, 13.05.2008.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В АРИДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Рычко О.К.

Оренбургский государственный педагогический университет
Оренбург
E-mail: esogeo06@mail.ru

Предполагается, что формирование современной региональной системы мониторинга агрометеорологических условий и агроклиматических ресурсов в аридных сельскохозяйственных ландшафтах соответствует общей структурно-функциональной модели (рис. 1) и содержит следующие подсистемы, блоки, сегменты и ячейки.

ПОДСИСТЕМЫ:

теории мониторинга – включает в себя: модели выявления закономерностей для временного и пространственного распределения, взаиморасположения объектов мониторинга и установления степени изменчивости факторов мониторинга; базовые понятия, термины и формулировки, дающие представление об основных процессах и элементах мониторинга; схемы обоснования видов и количества факторов мониторинга и их сочетаний, а также – определения типов и численности пунктов мониторинга с оценкой степени их репрезентативности;

структуры мониторинга – содержит: способы классификации, ранжирования и определения соподчиненности подсистем, блоков, сегментов, ячеек и пунктов мониторинга, схемы управления их информационной и административной деятельностью; модели централизованного контроля за структурно – функциональным состоянием системы мониторинга в целом и процессами выдачи пользователям необходимой агрометеорологической информации на электронном или бумажном носителе в удобной для них форме. В частности, в функции данной подсистемы входит: распределение комплексов и элементов мониторинга по слоям действия (почвенный, биоценотический, воздушный) и компонентам ландшафта; установление степени масштабности мониторинга по территориальному охвату; создание условий открытости и наращиваемости системы мониторинга при расширении номенклатуры природно-техногенных процессов и элементов, подлежащих слежению, в том числе – на основе максимального использования имеющихся наблюдательных сетей, линий и каналов связи, существующих и перспективных способов и средств получения, хранения и передачи полученных данных;

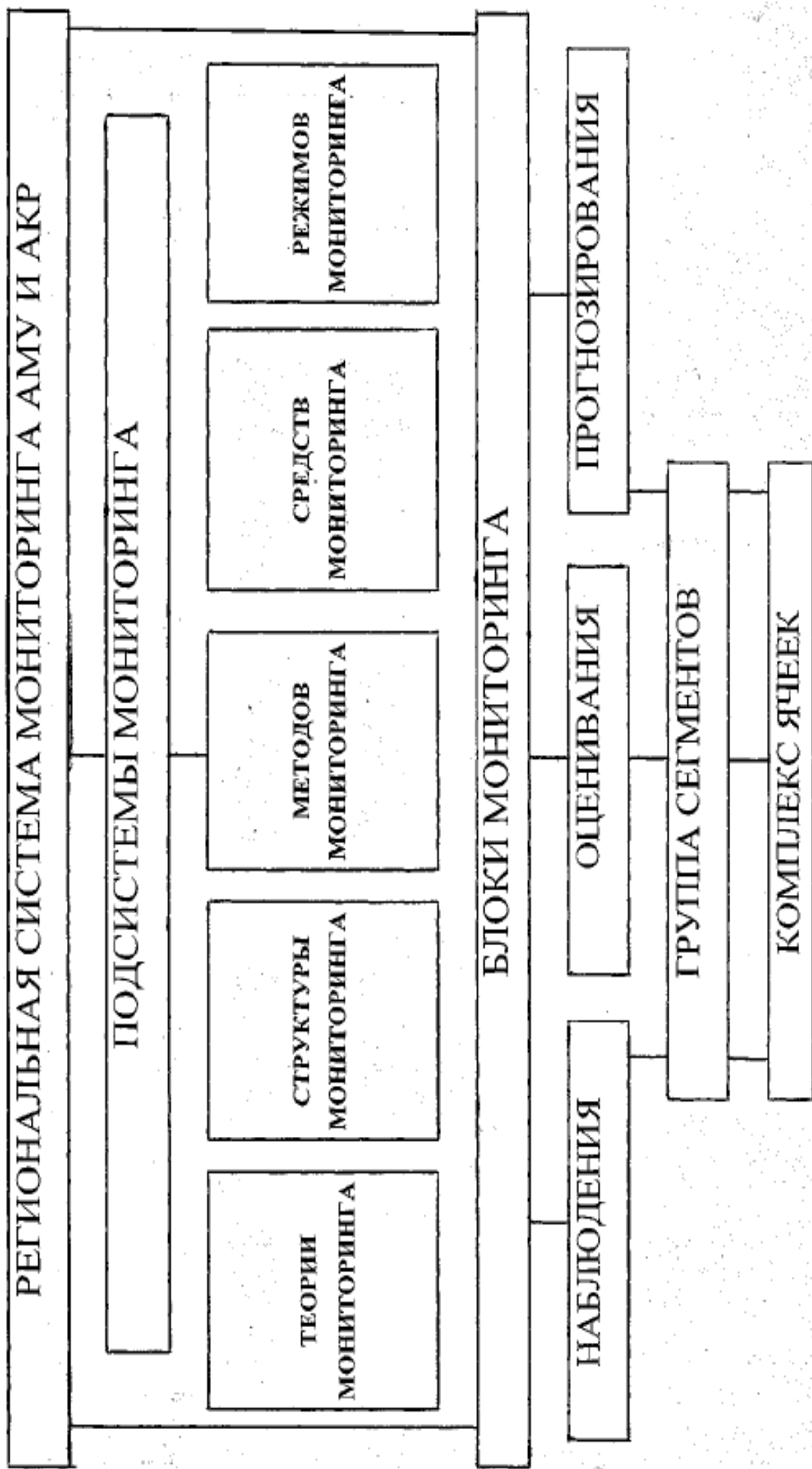


Рис. 1. Структурно-функциональная модель региональной системы мониторинга АМУ и АКР в аридном сельскохозяйственном ландшафте.

методов мониторинга – включает в себя: общенаучные методы (системный, математический, моделирования, и др.), конкретно-научные методы (геофизический, геохимический, биотический и др.) и группу специальных или прикладных методов – балансовый, индикационный, аналогов и другие с оценкой пригодности и эффективности их использования в конкретных географических условиях и на соответствующих объектах;

средств мониторинга – содержат следующие составляющие: логические – рабочие гипотезы, суждения, доказательства, формулы; информационные – аппаратура и устройства для сбора, систематизации, обработки, хранения и передачи оперативных и фондовых данных от подсистем и пунктов мониторинга и для обмена информацией между ними; технические – измерительные приборы, инструменты и оборудование, необходимые для наблюдений за факторами мониторинга; биологические – живые организмы, используемые в качестве индикаторов гидротермического (или геоэкологического) состояния объектов мониторинга. К примеру, в данной подсистеме производится определение типов базирования технических средств (наземный, аэрологический, космический) и условий размещения средств мониторинга – стационарные, мобильные, совмещенные;

режимов мониторинга – включает в себя: группу операций, приемов, процедур и алгоритмов, необходимых для наблюдения, оценивания и прогнозирования факторов и показателей мониторинга; характеристики дискретности ведения мониторинга, оперативности, заблаговременности и долгосрочности получаемых данных; установление периодизации осуществления мониторинга – постоянный, временный (сезонный), эпизодический; обоснование выполнения фактических и прогностических оценок биогидротермического состояния территории в региональном, зональном или локальном масштабах для заданных факторов или объектов природно-техногенных ландшафтов.

БЛОКИ:

наблюдения – с функциями фиксации, слежения, контроля или измерения элементов, намеченных к мониторингу;

оценивания – с функциями диагностирования или определения фактического биогеофизического состояния агроландшафта по наблюдаемым факторам;

прогнозирования – с функциями определения перспективного состояния объекта мониторинга или его ожидаемых фито-гидротермических условий и ресурсов.

ГРУППА СЕГМЕНТОВ (соответствующего блока):

сегменты первого типа – комплекс биотических факторов мониторинга: вид, сорт фитоценоза, фаза или стадия его развития, параметры фитомассы и др.,

сегменты второго типа – комплекс абиотических факторов: температура и влажность воздуха, атмосферные осадки, запасы воды в почве и др.

КОМПЛЕКС ЯЧЕЕК (соответствующего сегмента): каждая ячейка принадлежит конкретному биотическому или абиотическому фактору мониторинга – ячейка площади листьев фитоценоза, ячейка температуры почвы и т.п.

Рассмотренная модель региональной системы мониторинга является открытой для ее наращивания дополнительными подсистемами, блоками, сегментами или ячейками, к примеру – структурными элементами, включающими в себя химические, социальные и другие факторы соответствующих ландшафтов.

В соответствии с результатами исследований К.Н. Дьяконова, А.В. Дончевой (2002) информационный КПД комплексов мониторинга, аналогичных рассмотренному в настоящей работе применительно к процедурам обеспечения потребителей необходимыми данными об АМУ и АКР, может составлять 300-400%.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА АЭРОЗОЛЕЙ В АТМОСФЕРЕ

Рычков С.Л.¹, Шатров А.А.¹, Шварц К.Г.²

¹ Вятский государственный университет,
Киров
E-mail: avshatrov1@yandex.ru

² Пермский государственный университет,
Пермь
E-mail: kosch@psu.ru

В работе рассматривается вопрос о построении математических моделей переноса загрязнений промышленных предприятий в виде аэрозольных субстанций с содержанием примесей.

Пусть $\varphi(t, x, y, z)$ – интенсивность аэрозоля, мигрирующего вместе с потоком воздуха в атмосфере. Вектор $\vec{u} = \{u, v, w\}$ – скорость воздуха в цилиндрической области G с поверхностью $S = \Sigma \cup \Sigma_0 \cup \Sigma_H$ (S – боковая, Σ_0 – нижняя, Σ_H – верхняя поверхности). Источник загрязнений описывается функцией $f(t, x, y, z)$. Тогда уравнение переноса примеси можно записать в виде [1]

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \text{div}(\vec{u}\varphi) + \sigma\varphi = f \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями

$$\varphi = \varphi_0, \quad t = 0 \quad (2)$$

$$\varphi = \varphi_S \quad x, y, z \in S \quad (3)$$

Здесь третье слагаемое в левой части уравнения переноса описывает долю поглощаемой средой субстанции аэрозоля. Доказано [1-3], что эта задача имеет единственное решение при известном поле скоростей и заданных распределениях интенсивности источников загрязнений.

Полное решение данной задачи можно получить численным методом. Однако при некоторых допущениях можно построить ряд упрощённых моделей, в которых возможно аналитическое решение.

Диффузионное приближение. При отсутствии адвективного и конвективного движений решение имеет вид

$$\varphi = \varphi_0 \exp(-\sigma t) + \frac{f}{\sigma} (1 - \exp(-\sigma t)) \quad (4)$$

Эта простейшая модель может быть использована при оценке процесса распространения в «замороженной» среде без учёта возмущений и флуктуаций среды. Простейшие диффузионные приближения в одномерной постановке уже дают верхнюю оценку концентрации примесей.

Стационарное приближение. Пусть коэффициенты исходного уравнения вместе с полем скоростей не зависят от времени, тогда уравнения переноса имеет вид

$$\operatorname{div}(\vec{u}\varphi) + \sigma\varphi = f \quad (5)$$

с граничными условиями на поверхности S . Данная модель может быть интерпретирована как статистическая. Допустим, что в данном объёме в различные периоды времени реализуются те или иные типы движения воздушных масс, которые за период характерного времени можно считать стационарными. После каждого периода происходит перестройка циркуляций за период времени, много меньший характерного. Пусть таких типов движения будет n . Таким образом, приходим к системе независимых уравнений

$$\operatorname{div}(\vec{u}_i\varphi_i) + \sigma\varphi_i = f_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

каждое из которых допускает точное решение φ_i . Тогда решение задачи о среднем за период $T = \sum_{i=1}^n \Delta t_i$ распределения примеси найдем в виде линейной комбинации

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \varphi_i \Delta t_i \quad (7)$$

Квазитрёхмерное приближение приземного пограничного слоя. Включение большого числа физических параметров в модель переноса загрязнений делает общую задачу практически не решаемой традиционными методами [4]. Использование современных специализированных пакетов в сочетании с возможностями современных суперкомпьютеров даёт выход из создавшегося положения, но надо отдавать отчёт в том, что стоимость программного обеспечения такого рода составляет величины порядка 100000–1000000 \$. В связи с этим разработана квазитрёхмерная модель приземного пограничного слоя [5] с характерными размерами в плане 100x100 км и высотой 1-1,5 км. Модель описывает конвективный перенос в приземном пограничном слое с учётом действия сил Кориолиса и неоднородности полей температур и давления, а также крупномасштабной турбулентности. Исходная трёхмерная модель переноса усредняется поперёк пограничного слоя, где роль координаты z играет давление p : $p_0 \geq p \geq 0$, меняющееся поперёк пограничного слоя от стандартного на уровне моря до практически нулевого в стратосфере. Пересчёт данных по нормальной координате

возможен при использовании зависимости давления от высоты z . Полученная в итоге двумерная задача имеет точное решение, параметрически зависящее от переменной p/p_0 при однородном распределении поля скоростей в плоскости x, y . Полученные локально-равновесные автомодельные решения использовались далее для моделирования термически неоднородного загрязнённого потока с учётом крупномасштабной турбулентности, для описания которой использовалась алгебраическая модель атмосферной турбулентности типа Монина-Обухова. Окончательная система уравнений переноса в терминах функции тока, вихря скорости, безразмерных концентрации и температуры имеет вид:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + k_1 \{\psi, \omega\} + k_3 Rt [\{\theta, \omega\} + \{\psi, \Delta \theta\}] - k_5 Rt^2 \{\theta, \Delta \theta\} = \frac{1}{Re} \Delta \omega - \mu (k_7 \omega - k_8 Rt \Delta \theta) \quad (8)$$

$$\Delta \psi = \omega \quad (9)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \{\psi, \theta\} = \frac{1}{Pe} \Delta \theta - \bar{q} (\theta - \bar{\theta}_s) \quad (10)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \{\psi, \varphi\} = \frac{1}{Pe_s} \Delta \varphi - \bar{\sigma} \varphi + A \sum_{i=1}^m \bar{f}_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \quad (11)$$

Здесь и ниже $\mu = \frac{lc_g}{L}$ – коэффициент трения, $Re = \frac{c_g L}{A_M}$ – число Рейнольдса,

$Rt = \frac{\beta D \delta \theta}{2lc_g L}$ – аналог термического числа Россби, $\bar{q} = \frac{qc_g}{L}$, $Pe = \frac{c_g L}{A_T}$ – число

Пекле, $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_1 L}{c_g}$, $\bar{f}_i = \frac{f_i k_s L}{\varphi_{ПДК} c_g D}$, $Pe_s = \frac{c_g L}{A_s}$ – концентрационное число Пекле,

$A = \left[1 - \frac{\alpha D}{\alpha D chS + S shS} \left(chS - \frac{shS}{S} \right) \right]$, $S^2 = \frac{\sigma D^2}{k_s}$, L – ширина площадки, c_g –

скорость ветра, dd – азимут, D – высота пограничного слоя, $\delta \theta$ – максимальная разность температуры, σ – коэффициент поглощения примеси в атмосфере, $\beta = g / \bar{\theta}$ – параметр плавучести, l – параметр Кориолиса, A_M , A_T ,

A_s , k_M , k_T , k_s – коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии, γ – коэффициент теплоотдачи, α – коэффициент поглощения

примеси подстилающей поверхностью, $f_s = \sum_{i=1}^m f_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$ –

интенсивность приземных источников примеси, x_i, y_i – координаты

источников, m – число источников, $q = \frac{\gamma k_T}{D}$, $\{f, g\} = \frac{\partial f}{\partial y} \frac{\partial g}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial x} \frac{\partial g}{\partial y}$.

На боковых границах

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial m} = 0, \quad \frac{\partial \theta}{\partial m} = 0, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial m} = 0 \quad (12)$$

Полученные результаты. На рис. 1-2 приведены распределения концентраций примесей на поверхности расчетной области для «пассивной» ($\alpha = const$) и «активной» ($\alpha = f(x, y)$) формы поверхностного взаимодействия примеси (коэффициенты k_i в (8) фиксированы).

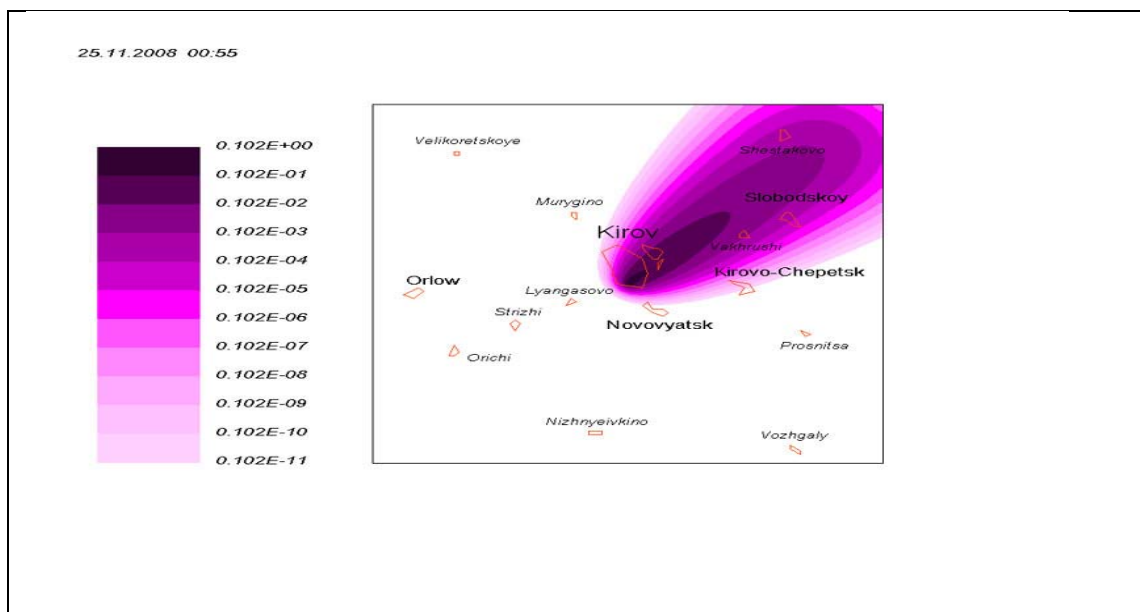


Рис. 1. $dd = 225$ град. Интенсивность источника: $f_1(1) = 0.999 \text{ e-7}$, $\alpha=const$.

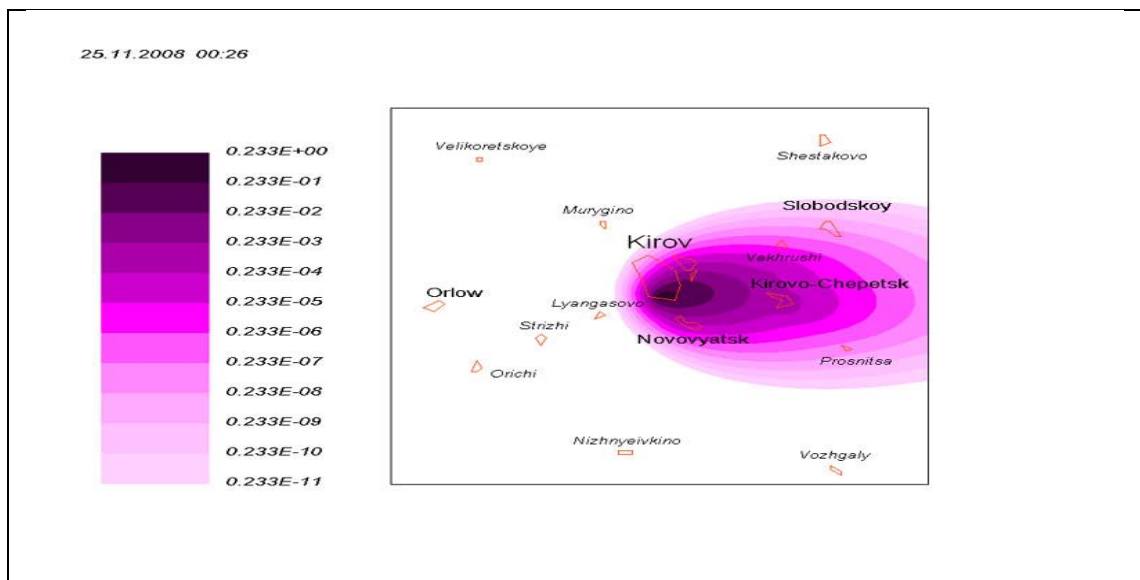


Рис. 2. $dd = 270$ град. Интенсивность источника: $f_1(1) = 0.999 \text{ e-7}$, $\alpha=f(x,y)$.

Литература

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320с.

2. Пененко В.В., Алоян Л. Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. – Новосибирск: Наука, 1985. – 256с.
3. Пененко В.В., Скубичевская Г.И. Математическое моделирование в задачах химии атмосферы // Успехи химии – 1990. – Т.59, вып.11. – С.1757-1776.
4. Ханна С.Р. Применение исследований в области турбулентности для моделирования загрязнения воздуха // Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примеси. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – С.281-314.
5. Шварц К.Г., Шкляев В.А. Моделирование процессов переноса примеси в свободной атмосфере с помощью квазитрехмерной модели // Метеорология и гидрология. – 2000. – №8. – С.44-54.

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКОМ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ СКВАЖИН

Скворцов Э.В., Суючева Д.Т.

Казанский государственный университет,
Казань

E-mail: Eduard.Scvortsov@ksu.ru

Сложность проблемы защиты подземных вод от загрязнения со временем лишь возрастает. В насыщенных водой пластах возможны природные региональные потоки, которые способны переносить загрязнения на большие расстояния, в результате чего образуются крупные ареалы загрязнений. Поэтому проводят мероприятия по их локализации и ликвидации. Одним из способов защиты подземных вод является воздействие на поток через скважины путем закачки в пласт или откачки из пласта воды. В частности, таким образом на пути потока можно создать гидродинамические барьеры, препятствующие продвижению загрязнений.

Ввиду практической важности изучения возможностей управления потоком загрязненной жидкости с помощью воздействия на него через скважины описанная тематика привлекла значительное внимание исследователей (см., например, [4, 5]). Вместе с тем, анализ результатов этих работ показывает, что течения с взаимодействием природного потока и скважин, как правило, изучались без анализа их возможного перехода от одной гидродинамической схемы к другой.

Если реальные гидродинамические условия достаточно просты и допускают описание сравнительно небольшим числом расчетных параметров, то границы зон захвата и областей, защищаемых гидродинамическими барьерами, удастся эффективно определить аналитически.

Согласно распространенной схематизации процесса далее считается, что скважины расположены в однородном и изотропном пласте единичной толщины, где существует плоско-параллельный природный поток, жидкость однородна и несжимаема, справедлив закон Дарси, фильтрация стационарна и двумерна, скважины имитируются источниками и стоками.

Работы [1-3] посвящены систематическому исследованию ряда течений со взаимодействием плоско-параллельного потока и скважин во всем диапазоне изменения параметров течения. Ниже дан обзор результатов этих работ. В частности, в них найдены характерные линии тока течения – гидродинамические барьеры для загрязненной жидкости и определены безразмерные характерные расходы скважин, по достижении которых происходит перестройка течения с переходом от одной его схемы к другой.

В зависимости от постановки конкретной задачи определение характерных расходов отвечает на следующие вопросы:

– при каких расходах следует ожидать тех или иных прорывов загрязненной жидкости между нагнетательными скважинами, с помощью которых создаются гидродинамические барьеры для загрязненного потока;

– в случае использования способа рециркуляции жидкости между откачивающей и нагнетательной скважинами в загрязненном потоке с целью очистки жидкости на поверхности и повторной закачки ее в пласт какова концентрация загрязнителя в откачивающей скважине и при каких расходах она достигает максимума;

– при каких расходах откачивающей скважины-водозабора и источника загрязнения, взаимодействующих с потоком, загрязнитель может попасть в сток;

– при каких расходах нагнетательной скважины загрязненный поток достигает ее контура, и в защищаемую область попадает загрязнитель.

В соответствии с принятой в работе схематизацией исследуемого фильтрационного течения это течение потенциально и описывается комплексным потенциалом. Функция тока и потенциал такого течения удовлетворяют линейному уравнению Лапласа.

Формально комплексный потенциал в компактном виде неявно содержит в себе необходимую информацию о гидродинамической сетке течения. Следует отметить, что параметрический анализ изученных течений сопряжен с решением нелинейных уравнений и систем таких уравнений, которым, в частности, подчиняются координаты искомых линий тока фильтрационного течения и его характерные параметры. Кратко полученные результаты формулируются так.

1. Исследовано взаимодействие плоско-параллельного потока загрязненной жидкости с двумя произвольно расположенными в потоке источниками одинаковых расходов. Найдено аналитическое выражение для такого безразмерного критического расхода источника, что при меньшем расходе загрязненная жидкость прорывает гидродинамический барьер, создаваемый источниками. Показано, что кривая зависимости критического расхода от угла, определяющего ориентацию источников в потоке, близка к отрезку прямой.

2. Исследовано взаимодействие потока загрязненной жидкости с источником и стоком одинаковых по модулю расходов при их произвольном расположении в потоке. Аналитически найдены границы-барьеры для загрязненного потока и характерный расход стока, при котором возникает переток между источником и стоком. Полученные результаты дают возможность по заданному расходу (дебиту) скважины определить концентрацию загрязнителя в жидкости, извлекаемой через эксплуатационную скважину на поверхность с целью ее очистки и закачки в пласт через нагнетательную скважину, а также найти конфигурацию ареала незагрязненной жидкости в пласте.

3. Изучено взаимодействие потока подземных вод с водозаборной скважиной (стоком), в окрестности которой расположен источник

загрязнения произвольного расхода. Получена фазовая диаграмма, при фиксированных размещениях скважины и источника определяющая диапазон изменения расхода водозабора, в котором попадание в водозабор загрязнителя исключается.

4. Проанализировано взаимодействие загрязненного потока с расположенной поперек потока прямолинейной батареей n источников (расстояния между источниками одинаковы, их расходы равны). Для случаев $n = 5 - 7$ построены границы барьеров при всех возможных схемах течения. Для случаев $n = 5 - 9$ найдены безразмерные критические расходы источника, при достижении которых происходят прорывы загрязненной жидкости между источниками. Показано, что возникающие один за другим прорывы последовательно удаляются от середины батареи к ее периферии, а с ростом числа источников и уменьшением расхода источника эффективность барьеров снижается из-за появления множественных прорывов барьера загрязненным потоком.

5. Исследовано взаимодействие потока загрязненной жидкости со скважиной, на контуре которой задано постоянное давление. Получено аналитическое выражение для координат границы течения от скважины при произвольной величине ее безразмерного расхода. Найден критический расход скважины, при котором загрязненный поток достигает ее контура. Показано, что при достаточно малых расходах скважины загрязнение может попасть внутрь скважины, следовательно, и в защищаемую ею область течения. Вместе с тем, оценки показали, что прорывы между скважинами возможны при величинах расхода скважины, значительно больших тех, для которых загрязненный поток может достичь ее контура. Найдена концентрация жидкости, вытекающей из скважины, при расходах ниже критического.

Для всех рассмотренных задач найдены характерные линии тока течения – гидродинамические барьеры для загрязненной жидкости и определены безразмерные расходы скважин, по достижении которых происходит перестройка течения с переходом от одной ее схемы к другой. Показано, что такая перестройка может привести, в частности, к многочисленным прорывам загрязненного потока между скважинами, создающими для него барьер.

Результаты работы могут оказаться полезными для практических целей:

- при предварительной оценке эффективности защиты подземных вод от загрязнения способом создания в потоке гидродинамических барьеров через систему скважин (могут быть оценены ареалы защищенных областей и риски появления прорывов барьера загрязненным потоком);
- при оценке риска попадания загрязнителя из источника в водозабор, находящийся в потоке подземных вод;
- при оценке риска попадания загрязнителя в нагнетательную скважину, находящуюся в загрязненном потоке.

Литература

1. Скворцов Э.В., Суючева Д.Т. Взаимодействие скважин с потоком подземных вод // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. – 2005. – №4. – С.86-96.
2. Скворцов Э.В., Суючева Д.Т. Взаимодействие батареи скважин с потоком подземных вод // Экологический вестник научных центров ЧЭС. – 2007. – № 4. – С.49-53.
3. Скворцов Э.В., Суючева Д.Т. Взаимодействие потока загрязненных подземных вод со скважинами // Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки. – 2008. – Т.150, Кн. 4. – С.147-158.
4. Christ J.A., Goltz M.N., Huang J. Development and application of an analytical model to aid design and implementation of in situ remediation technologies // Journal of Contaminant Hydrology. – 1999. – №37. – Pp.295-317.
5. Christ J.A., Goltz M.N. Hydraulic contaminent: analytical and semi-analytical models for capture zone curve delineation // Journal of Hydrology. – 2002. – № 262. – Pp.224-244.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РАЙОНЕ Г. КАЗАНИ

Тептин Г.М., Зинин Д.П., Хуторова О.Г.
Казанский государственный университет,
Казань
E-mail: guerman.teptin@ksu.ru

Введение. Изучение процессов распространения антропогенных выбросов промышленных предприятий в атмосфере в пределах крупных городов и прилегающих территорий необходимо для решения прикладных задач экологии. Для решения указанной задачи существенный вклад могут дать трехмерные карты концентрации полей атмосферных примесей, включая антропогенные составляющие, для реальных источников выбросов, гео- и метеоусловий, и их динамика. Получение таких данных в достаточном разрешении экспериментальными методами сопряжено с рядом практических трудностей и высоких материальных затрат. Современные достижения в области роста вычислительной мощности распределенных вычислительных систем делают актуальным направление исследований на основе сочетания экспериментальных методов и методов численного моделирования [1-3, 4]. Одним из преимуществ методов численного моделирования по сравнению с экспериментальными методами является возможность построения прогнозов и проработки сценариев развития ситуации в различных условиях, которые трудно или нежелательно проверять экспериментальными методами, например, сценарии различных аварийных ситуаций на промышленных предприятиях, сопровождающихся выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

В силу описанной актуальности задачи на базе вычислительных залов физического факультета КГУ создан программно-аппаратный комплекс по моделированию динамики выбросов в атмосфере над территорией РТ. На основе данного комплекса проводится исследование сценариев распространения антропогенных выбросов промышленных предприятий в районе г. Казани.

Программно-аппаратный комплекс по численному моделированию физики атмосферы и распространения примесей. Для численного интегрирования моделей динамики атмосферы и распространения примесей необходимы значительные вычислительные мощности, которые на текущий момент возможно получить только методами распределенных вычислений. Для проведения подобных расчетов на физическом факультете создан вычислительный кластер. Особенностью данного вычислительного кластера является его построение на базе вычислительных залов физического факультета КГУ, используемых в обычном режиме для проведения студенческих занятий по информатике и программированию.

В основу программной составляющей комплекса легла отвечающая поставленным задачам современная мезомасштабная модель исследования и предсказания погоды WRF (Weather Research Model, разработанная

Национальным центром атмосферных исследований США) с расширением WRF-CHEM для учета атмосферной химии и переноса примесей [5].

Для воспроизведения реальной динамики атмосферы над территорией республики Татарстан необходимы соответствующие приближенные к реальным граничные гео- и метеоусловия при численном моделировании. Мы использовали карты реального рельефа (рис. 1) и землепользования (ftp://aftp.fsl.noaa.gov/divisions/frd-laps/WRFSI/Geog_Data/) (данные с достаточно высоким разрешением (шаг в 30'') предоставлены The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, USA).

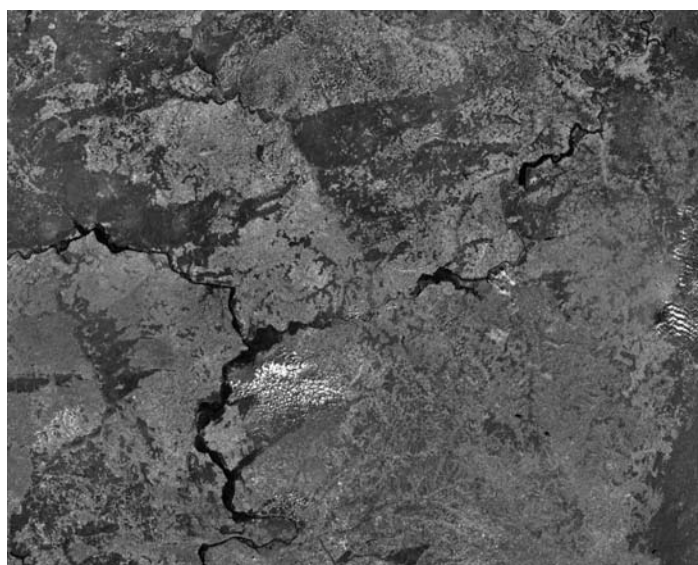


Рис. 1. Неоднородная подстилающая поверхность исследуемой области (800x600 км), на территории которой находится г. Казань.

Начальными и граничными метеоданными является набор данных ds083.2 - глобальный тропосферный анализ NCEP (NCEP Global Tropospheric Analyses). Данные предоставлены DOC/NOAA/NWS/NCEP > National Centers for Environmental Prediction, National Weather Service, NOAA, U.S. Department of Commerce. Они являются результатами моделирования атмосферы Центром Моделирования Окружения NCEP (NCEP Environmental Modeling Center). Моделирование осуществляется в целях краткосрочного прогноза глобального состояния атмосферы и включает ассимиляцию данных синоптических наблюдений. Анализ и ассимиляция данных наблюдений происходит циклически несколько раз. Данные ds083.2 включают около 30 различных переменных, включая такие важнейшие метеопараметры, как температуру воздуха, давление, скорость ветра. Данные представлены с временным шагом 6 ч, с шагом по географическим координатам $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, на 26 уровнях давления.

Моделирование распространения антропогенных выбросов. Мы располагаем спецификациями (координаты, высоты, компоненты, мощность) некоторых из антропогенных выбросов от промышленных предприятий на территории г. Казани, что позволяет провести численное моделирование распространения антропогенных выбросов в городской черте и на прилегающей территории, приближенное к реальным условиям.

В исследовании рассматривалась территория 50x50 км, покрывающая площадь г. Казани и прилегающие территории. Горизонтальное разрешение

модели составило 2 км. Для моделирования специфических атмосферных процессов использовались следующие численные схемы: модель микрофизики Кесслера (Kessler scheme), параметризация конвективных движений методом Кейны-Фритца (Kain-Fritsch parametrization), 5-и слойная модель термической диффузии на земной поверхности, модель пограничного атмосферного слоя YSU (Yonsei University), модель длинноволнового излучения RRTM (Rapid Radiative Transfer), модель коротковолнового излучения Дудхии, эффекты поверхностного слоя рассчитывались на основе теории подобия Монина-Обухова.

Результаты предварительных расчетов на описанном комплексе показали хорошее соответствие данным экспериментальных наблюдений за метеопараметрами на сети приземных станций атмосферного мониторинга на территории РТ, пример которых приведен на рис. 2.

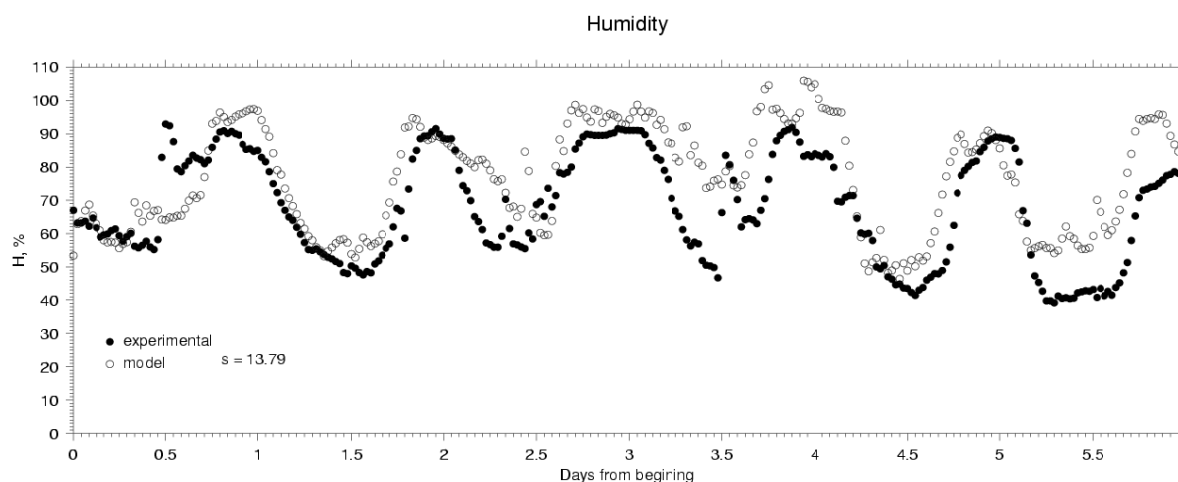


Рис. 2. Сравнение результатов моделирования и эксперимента для влажности воздуха на станции Азнакаево. Отсчет времени от 1 июля 2005 г. 03:00. s – среднеквадратичная разность рядов.

На основе полученных метеополей и их динамики рассчитывался перенос и трансформация антропогенных выбросов из указанных выше антропогенных источников. Описанное численное моделирование требует существенных вычислительных мощностей.

Литература

1. Марчук Г.И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 351 с.
2. Пененко В.В. Методы численного моделирования атмосферных процессов. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 352 с.
3. Пененко В.В., Алоян А.Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. – Новосибирск: Наука, 1985. – 252 с.
4. Kalnay E. Atmospheric Modeling, Data Assimilation, and Predictability. – Cambridge, 2003. – 369 p.
5. The Weather Research and Forecasting Model Website: <http://wrf-model.org>.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ С УЧЕТОМ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО РАСПАДА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ

*Токарев И.В.¹, Хорхордин И.Л.¹, Горев В.В.², Козелков А.С.², Глазунов В.А.²,
Полищук С.Н.², Панов А.И.², Горев И.В.²*

1 – ИГЭ СПбО РАН, Санкт-Петербург, 2 – РФЯЦ-ВНИИЭФ, ИТМФ,
Саров

E-mail: V.V.Gorev@vniief.ru

Процессы, связанные с негативными изменениями качества и запаса подземных вод под влиянием антропогенного воздействия, требуют создания новых эффективных подходов к решению экологических задач, связанных с их мониторингом. В районах недостаточного увлажнения, а также в местах размещения промышленных объектов, являющихся источниками высоких рисков загрязнения подземных вод, чрезвычайно важно производить оценку текущего состояния, а также прогнозировать их изменение при различных условиях.

При использовании традиционных методов построения гидрогеологических моделей миграции примесей подземных вод возникает ряд трудностей. Во-первых – это постоянный дефицит информации о гидрогеологических параметрах модели, который невозможно восполнить без многократного наращивания объемов и увеличения сроков выполнения работ. Во-вторых – это трудность учета масштабных эффектов, таких как экстраполяция данных, полученных за короткий промежуток наблюдений в пределах относительно небольших участков детальных исследований. Эта задача требует специального обоснования возможности использования полученных данных для оценки процессов на больших промежутках времени и для геологических структур большой пространственной протяженности.

Анализ современных методов исследования показывает, что подходы в изучении процессов миграции подземных вод должны базироваться на изотопных методах. Наиболее перспективным направлением в этой области является использование изотопных систем, включающих благородные газы. С помощью этих методов могут быть количественно оценены как время пребывания воды в подземной гидросфере, так и действительные скорости фильтрации, а также фильтрационные и миграционные параметры среды.

Наиболее эффективно процессы антропогенного воздействия на подземные воды описывает метод датирования «третий/гелий-3». Суть метода заключается в том, что соотношение текущих концентраций трития и «тритиевого» гелия-3 однозначно определяет время, прошедшее с момента поступления воды в подземную гидросферу. В отличие от метода тритиевого датирования, в «третий/гелий-3» методе нет необходимости задавать входную функцию концентраций трития, более того, здесь существует возможность диагностировать и рассчитывать пропорции смешения с

бестритиевыми водами. Кроме того, гелий абсолютно инертен в природных условиях, а в атмосфере Земли концентрация гелия незначительна, что обуславливает его чрезвычайно низкий фон.

Для численного моделирования миграции трития и благородных газов в подземной гидросфере предложена физико-математическая модель фильтрации и изотопного массопереноса, учитывающая трещиновато-пористую структуру пласта. Для данной модели принято предположение, что миграционное движение родительского и дочернего продуктов происходит только по трещинам. При этом обмен между трещинами и блоками осуществляется за счет массообменного параметра.

Данная модель была реализована в комплексе программ НИМФА, разрабатываемого специалистами РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров), сотрудниками Казанского Государственного Университета, а также сотрудниками Санкт-Петербургского отделения Института Геоэкологии РАН, и предназначенного для решения широкого круга задач подземной гидромеханики.

Для верификации представленной модели рассматривается задача миграции трития в двухслойном пласте (верхний слой – слабопроницаемый, нижний – проницаемый) в различных постановках. В качестве базового варианта рассматривается миграция консервативного трассера в среде с одинарной пористостью. Далее в различных комбинациях учитывается неконсервативность родительского продукта, двойная пористость и дисперсия.

На основании сравнения полученных решений с аналитическими сделан вывод о возможности применения комплекса программ НИМФА для моделирования изотопного массопереноса трития в реальных условиях и сравнения численных результатов с данными, полученными описанным выше методом «третий/гелий-3» датирования.

НОВЫЙ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ ВИДОВ-ДОМИНАНТОВ В ХОДЕ РАННИХ СТАДИЙ СУКЦЕССИИ ПОСЛЕ ВЫРУБКИ ЕЛЬНИКОВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Уланова Н.Г.¹, Логофет Д.О.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

² Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН,

Москва

E-mail: NUlanova@mail.ru

Вторичные сукцессии после вырубки леса можно рассматривать как закономерную смену доминирования популяций растений немногих ключевых видов (вейники, малина, ель, береза, осина) в результате внутри- и межвидовой конкуренции. Поскольку исход конкуренции нетривиально зависит от жизненных форм конкурентов, важно понимание динамики демографической структуры популяций и статус-специфических отношений между структурными группами.

Статус, или структура, популяции объективно определяется как совокупность и относительное обилие стадийно-возрастных групп особей. Для этого необходимо одновременно иметь данные о стадиях онтогенеза («возрастных состояниях») и хронологическом возрасте особей. Построение прогностических моделей с использованием оригинального матричного формализма позволяет формализовать понятие стадийно-возрастной структуры и описать динамику популяций с учетом конкурентных отношений среди видов-доминантов [1, 4, 5].

Моделирование популяционной динамики видов-доминантов в ходе ранних стадий сукцессии после вырубки леса проведено по следующей схеме.

1. Изучение биологии видов-доминантов (*Calamagrostis canescens*, *C. epigeios*, *C. villosa*, *Rubus idaeus*, *Betula pendula*, *Populus tremula*) и разработка шкал онтогенеза модельных видов. Удалось разработать оригинальные методы определения хронологического возраста кустов вейников по морфологическим признакам корневища и по числу годичных колец на срезах корневища малины [5], что позволило классифицировать каждый куст по трем основаниям: биологическому возрасту (стадии онтогенеза), хронологическому возрасту и по происхождению (семенному или вегетативному).

2. Мониторинг динамики популяционной структуры видов-доминантов в первые 15 лет после нарушения экосистемы ельников в результате сплошной вырубки. При этом стадийно-возрастное состояние каждой особи (куста) двух конкурирующих видов определяли одновременно на одной и той же постоянной площади с маркировкой и отслеживанием развития всех особей во времени. Для калибровки моделей использован временной ряд данных по стадийно-возрастным структурам.

3. Представление хода онтогенеза видов-доминантов в виде графов жизненного цикла (ГЖЦ) особей на каждом этапе сукцессии. Слежение за

маркированными особями в течение 3–10 лет позволило установить, в каких возрастах реализуются стадии онтогенеза всех изучавшихся видов и какие переходы происходят за один год между стадийно-возрастными состояниями. Соответственно, ГЖЦ задаются на 2-мерной «решетке» состояний, отражают многовариантность путей онтогенеза и репродукции растений данного вида в данных условиях и представляют собой концептуальную основу для построения соответствующих моделей [5].

4. Моделирование динамики изолированных популяций изученных видов с помощью линейных матричных моделей. Линейная модель может быть адекватной на этапе экстенсивного (экспоненциального) роста популяции. Откалиброванные по короткому временному ряду наблюдений за стадийно-возрастной структурой, модели позволяют оценить скорость экспоненциального роста популяции в целом и описать структуры, соответствующие такому росту [1, 3].

5. Построение и анализ нелинейных матричных моделей динамики двух конкурирующих популяций [2, 4]. Статусно-специфичные параметры выживания и рождаемости линейной модели считаются максимально возможными, а их нелинейные модификации (в сторону уменьшения) зависят от размеров тех статусных групп в популяции конкурента, которые способны оказать конкурентное давление в наблюдаемых условиях.

6. Введение в модели конкуренции элементов управления и/или зависимости от начальных условий на вырубках и проведение соответствующих сценарных экспериментов с моделями. Разработка прогностических моделей при разной начальной численности и интенсивности вегетативного размножения видов-доминантов позволит прогнозировать динамику лесных сообществ и решать проблемы управления ходом лесовозобновления на вырубках.

Пара конкурирующих видов из березы повислой (*Betula pendula* Roth) и вейника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) представляет собой типичный вариант смены доминирования видов в широком диапазоне экологических условий при зарастании сплошных вырубок сосняков и ельников южной тайги в европейской части России. Исследования проведены в течение 10 лет сразу после рубки ельника черничного на постоянной площадке размером 1×1 м в охранной зоне Центрально-Лесного гос. биосферного заповедника. Каждый год 15–20 августа проводились учет возраста и онтогенетической стадии особей и маркировка всех появившихся кустов вейника и проростков березы. Детальный анализ жизни 182 экземпляров березы и 325 кустов вейника в течение 10 лет наблюдений позволил понять механизмы формирования древостоев березняка на начальных стадиях (в отсутствие антропогенного и зоогенного повреждения деревьев).

Внутри- и межвидовые отношения – в частности, отношения конкуренции – в теоретической экологии традиционно рассматриваются в рамках нелинейных моделей. Традиция же в описании динамики популяций с дискретной структурой восходит к матричным моделям без внутри- и межвидового взаимодействия, т.е. к моделям линейным [3]. Предложенный

подход к моделированию совместной динамики популяций вейника и березы представляет собой попытку совместить обе эти традиции: статус-специфические коэффициенты дожития и репродукции в матричных моделях представлены как убывающие функции численности соответствующих структурных групп собственной популяции и популяции конкурента. С учетом экспертного знания о взаимодействии этих групп в сообществе проведена агрегация возрастно-стадийной структуры конкурирующих популяций в макрогруппы: репродуктивных (R) и пострепродуктивных (P) особей вейника, кустарникообразных (S) и древесных (T) состояний березы; построен граф само- и взаимовлияний в модельной динамике агрегированных популяций (рис.). В результате размерность нелинейного матричного оператора снижена до 4, что дало возможность откалибровать модель по данным (4 из 10 лет) наблюдений, найти равновесие и выяснить его устойчивость по отношению к локальным возмущениям начального состояния.

Конкурентные отношения между березой и вейником можно отнести к асимметричному типу, а также асимметрии количественной структуры само- и взаимовлияний в модельной динамике агрегированных популяций (рис. 1).

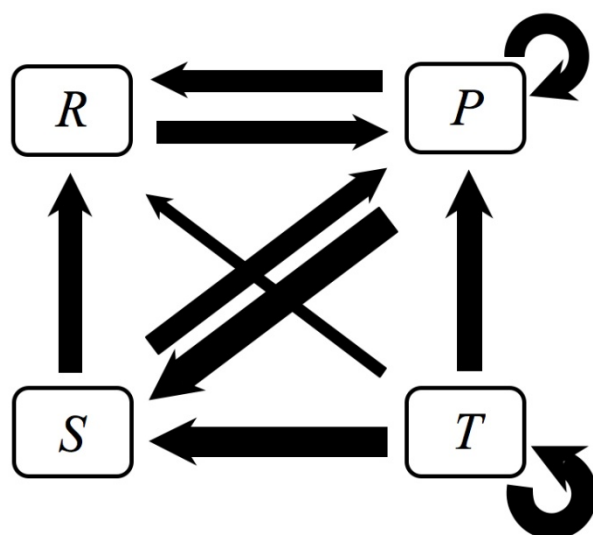


Рис. 1. Схема конкурентных отношений среди макрогрупп популяций вейника и березы, отражающая экспертное знание и результаты калибровки нелинейной модели. Стрелки указывают на группу, которая испытывает негативное влияние конкурента; толщина стрелок соответствует (в логарифмическом масштабе) количественному значению соответствующего параметра модели.

Результаты конкурентных отношений между видами изменяются в ходе зарастания вырубki. В первые 3 года численность березы и вейника возрастает линейно. Численность макрогруппы P (пострепродуктивный вейник) составляет менее 10% от общей численности, т.е. вейник практически не подавляет березы макрогруппы S (кустообразные березы), хотя подрост березы влияет на группу R вейника. Подрост березы в имматурном состоянии im_2 начинает угнетать вейник за счет затенения и поглощения большего объема ресурсов влаги и элементов минерального питания. Макрогруппа S березы подавляет макрогруппу вейника R , увеличивая долю группы P до 12–16%, которая элиминирует возможность появления нового подростка березы из семян (воздействие $P \rightarrow S$). Однако с появлением макрогруппы T (взрослые деревья берез), начиная с 5 года сукцессии, конкуренция за элементы минерального питания и воду резко

возрастает, что ведет к угнетению вейника — в большей степени группы P , чем R . Численность вейника сокращается и стабилизируется на уровне 40 кустов. В группе R исчезают генеративные стадии: молодые кусты, не зацветая, переходят в состояние ss ; спектр популяции становится фрагментарным, причем доля группы P составляет 26–48%, т.е. популяция становится стареющей.

Несмотря на падение кривой популяционной плотности березы, березовый фитоценоз с сомкнутыми кронами и угнетенной популяцией вейника становится стабильной системой, что иллюстрирует обнаруженное в модели устойчивое равновесие $[R^*, P^*, 0, T^*] \approx [28, 13, 0, 1]$ с нулевой численностью юного подростка березы. Популяции березы и вейника существуют в разных надземных ярусах. У березы преобладает внутривидовая конкуренция за ресурсы, причем наибольшей силы достигает эффект самолимитирования у деревьев. Влияние березы на вейник превращается в создание постоянной фитоценотической среды обитания, которая может трактоваться как стабильно экстремальные условия жизни. Максимальной интенсивности достигает воздействие старых вейников на юный подрост березы [4], что вкупе с влиянием деревьев объясняет исчезновение макрогруппы S .

Иные модельные варианты хода сукцессии требуют более общей формулировки и более глубокого анализа бифуркационных свойств нелинейной матричной модели.

Работа поддержана грантом Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ (7063.2006.4, 4243.2008) и грантом РФФИ (05-04-49291).

Литература

1. Logofet D.O., Ulanova N.G., Klochkova I.N., Demidova A.N. Structure and dynamics of a clonal plant population: classical model results in a non-classic formulation // *Ecological Modelling*. – 2006. – Vol. 192. – Pp.95-106.
2. Ulanova N.G., Zavalishin N.N., Logofet D.O. Competition between and within aspen (*Populus tremula*) and raspberry (*Rubus idaeus*) after clear-cutting: matrix models of structured populations dynamics // *Forest Science and Technology*. – 2007. – Vol. 3, №1. – Pp.68-77.
3. Логофет Д.О., Белова И.Н. Неотрицательные матрицы как инструмент моделирования динамики популяций: классические модели и современные обобщения // *Фундаментальная и прикладная математика*. – 2007. – Т. 13, № 4. – С.145-164.
4. Уланова Н.Г., Белова И.Н., Логофет Д.О. О конкуренции среди популяций с дискретной структурой: матричная модель динамики популяций вейника и березы, растущих совместно // *Журнал общей биологии*. – 2008. – Т. 69, № 6. – С.478-494.
5. Уланова Н.Г., Демидова А.Н., Клочкова И.Н., Логофет Д.О. Структура и динамика популяции вейника седеющего *Calamagrostis canescens*: модельный подход // *Журнал общей биологии*. – 2002. – Т. 63, № 6. – С.509–521.

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ, КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОРДИНАЦИИ

Чижикова Н.А., Назарова Т.И., Рогова Т.В., Савельев А.А.

Казанский государственный университет,

Казань

E-mail: Chizhikova_n@rambler.ru

Важной проблемой при планировании исследований и выполнении геоботанических описаний сообществ является субъективный фактор в оценке количественного участия видов (обилие, покрытие, число особей). Эта проблема становится более значимой, когда исследование опирается на описания, выполненные группой исследователей, что часто имеет место при работе с обширными многолетними геоботаническими базами данных. Редукция информации о количественном участии видов в сообществе до видовых списков может хотя бы частично решить проблему субъективной трактовки данных, однако здесь возникает риск, что эта информация окажется недостаточной для проведения исследования. Еще одна проблема, затронутая в данной работе, обращена к масштабу проявления природных явлений и связанному с ним размеру учетных площадей для определения фитоценотического спектра. Пространственные взаимоотношения ЭЦГ в первую очередь могут быть выявлены на ценотическом уровне, однако экологические требования некоторых ценотических групп настолько различны, что их совместное изучение требует исследования уже надценотических пространственных единиц. Вместе с тем, подробное изучение фитоценозов на локальном уровне вплоть до микрогруппировок не всегда возможно из-за ограниченности временных и трудовых ресурсов, поэтому исследователям приходится ограничиваться обобщенной информацией беглого учета видов на достаточно протяженных территориях, к примеру, в пределах лесотаксационного выдела.

На примере эколого-топографического ряда Раифского участка Волжско-Камского Государственного Природного Биосферного заповедника было оценено влияние информационных показателей участия ЭЦГ в составе ценоза (количественный – обилие, качественный – присутствие) и детальности исследования фитоценоза (локальный уровень конкретного фитоценоза, лесотаксационный выдел) на выраженность ценотической смены и наблюдаемых закономерностей пространственных взаимоотношений ЭЦГ. Выбор этой территории связан с тем, что здесь на небольшой территории сочетаются все основные лесные формации: подзоны южной тайги, смешанных и широколиственных лесов. По мере снижения высот местности Раифы они закономерно сменяют друг друга в том же порядке, в каком следуют друг за другом с юга на север на протяжении лесной зоны европейской части России, имитируя ее широтную зональность. Данная

смена формаций на территории Раифской части заповедника, находящейся в зоне хвойно-широколиственных лесов, во многом связана с особенностями ландшафта, с его закономерным изменением состава почв и климатических условий.

Для изучения закономерностей на локальном уровне фитоценозов был заложен профиль протяженностью 5 км в направлении с юга на север. Профиль проходит через различные типы растительных ассоциаций, начиная от липняков в южной части заповедника и заканчивая сосняками в северной; пересекает пойму реки Сумки. В рассмотрение были взяты и территории, подвергшиеся значительной антропогенной нагрузке. По ходу этого профиля было исследовано 15 стационарных площадок каждая размера 50x50 м, в соответствии с методикой изучения лесных фитоценозов Сукачева. Площадки были заложены в характерных фитоценозах, последовательно сменяющих друг друга в эколого-топографическом ряду от широколиственных, хвойно-широколиственных к хвойным типам леса. На каждой площадке визуально по составу доминирующих видов были выделены и закартированы микрогруппировки травянистого покрова. В каждой микрогруппировке были определены полный видовой состав и проективное покрытие видов. Всего было закартировано 327 травянистых микрогруппировок. Для изучения закономерностей на уровне лесотаксационных выделов по геоботаническим описаниям геоинформационной системы Флора [2] был установлен видовой состав 219 лесотаксационных выделов, входящих в состав прилегающих к профилю кварталов.

Были выполнены и сравнены три непрямые ординации: (а) травянистых микрогруппировок на основе информации о соотношении проективных покрытий групп видов, относящихся к различным эколого-ценотическим группам, (б) травянистых микрогруппировок на основе информации о соотношении видового богатства групп видов, относящихся к различным эколого-ценотическим группам, и (в) таксационных выделов на основе информации о соотношении видового богатства групп видов, относящихся к различным эколого-ценотическим группам. Ординации проведены с помощью метода соответствия. Эколого-ценотические группы видов даны по [1]. Для сравнения ординаций травянистых микрогруппировок, полученных с использованием информации о проективном покрытии или присутствия/отсутствия видов, был использован прокрустов тест (procrustean test) [5]. Этот тест пытается совместить две ординации, вычисляет оценку согласия между ординациями и её значимость. Для сравнения схожести местообитаний, предпочитаемых видами анализируемых ЭЦГ групп, и анализа пространственных взаимоотношений, наблюдающихся в разных масштабах, был проведен тест ANOSIM (analysis of similarities) [3].

Ординационная диаграмма микрогруппировок, основанная на соотношении числа видов, относящихся к различным ЭЦГ, показала сходную картину распределения эколого-ценотических групп в ординационном

пространстве, как если бы для ординации было использовано соотношение проективных покрытий ЭЦГ. Сходство обеих ординаций подтверждено и прокрустовым тестом (коэффициент прокрустовой корреляции между ними составил 0.84, p -value<0.001).

Наблюдается следующая закономерность в различии пространственного распределения видов ЭЦГ при использовании информации разной детальности: степень различия в выборе местообитаний уменьшается от травянистых микрогруппировок к лесотаксационным выделам, однако значимость различия при этом сохраняется. К примеру, наибольшая величина R-коэффициента различия теста ANOSIM составляет 0.66 и 0.42 для пространственного распределения видов боровой и неморальной ЭЦГ при использовании информации об обилии и присутствии соответственно, тогда как аналогичный коэффициент различия пространственного распределения на уровне лесотаксационных выделов составляет уже всего 0.18 (p -value<0.001). Это уменьшение различия ЭЦГ связано, вероятно, с тем, что лесотаксационные выделы более протяженны по площади и «обобщают» больший спектр местообитаний и фитоценозов, чем травянистые микрогруппировки, что приводит к большему перекрытию информации о взаимной встречаемости видов различных ЭЦГ.

При замене информации на уровне травянистых микрогруппировок о пространственном распределении обилия видов информацией о присутствии-отсутствии видов общая картина пространственных взаимоотношений видов различных ЭЦГ сохраняется. Корреляция между R-коэффициентами, рассчитанными на основе различной информации о видах, составила 0.79 (p -value<0.001).

При обобщении информации о пространственном распределении видов, относящихся к разным ЭЦГ, от уровня травянистых микрогруппировок до уровня лесотаксационных выделов общая картина пространственных взаимоотношений ЭЦГ нарушается. Корреляция между R-коэффициентами различия ЭЦГ, рассчитанными для выделов и микрогруппировок, составила 0.37 и 0.48 (при использовании присутствия-отсутствия и обилия видов соответственно). Однако эта непоследовательность в пространственных взаимоотношениях в большей степени характерна для двух наиболее девиантных ЭЦГ – лесо-луговой и рудеральной. Корреляция R-коэффициентов различия ЭЦГ за вычетом этих двух ЭЦГ составила уже 0.72 и 0.73 соответственно.

На основании анализа проведенных ординаций фитоценозов и результатов теста ANOSIM различия пространственного распределения видов различных ЭЦГ можно утверждать, что более обобщенная информация о видовом составе фитоценозов позволяет получить сходные результаты, что и при использовании более детальных данных. Это относится как к анализу списков присутствия видов против обилия видов, так и к использованию генерализованной информации состава лесотаксационных выделов против детального учета травянистых микрогруппировок.

Как отмечено в [4], если для анализа функциональных смен растительности, гетерогенного спектра местообитаний и фитоценозов достаточно лишь видовых списков, то при анализе более однородного спектра местообитаний большее значение приобретает информация о проективном покрытии видов [4].

По результатам нашей работы сложно говорить о самоподобии пространственных взаимоотношений, характерных для разных пространственных масштабов, так как был исследован один и тот же пространственный ряд местообитаний – профиль протяженностью 2.5 км, различался лишь размер пространственных единиц, на уровне которых учитывалось взаимодействие ценотических групп. Нельзя, к примеру, утверждать, что пространственные взаимоотношения ценотических групп видов внутри фитоценоза подобны взаимоотношениям ценотических групп целого лесотаксационного квартала, в котором этот фитоценоз находится. Однако данная работа позволяет сделать вывод о сохранении подобия пространственных взаимоотношений ценотических групп видов, взятых в рамках системной фитоценотической смены, несмотря на вариацию масштаба генерализации или степени детализации информации о поведении ценотических групп видов. Иными словами, существующие пространственные взаимоотношения ценотических групп видов – явление устойчивое и воспроизводимое на локальном и надценотическом уровне.

Литература

1. Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. – Казань: Изд-во КГУ, 2000. – 496 с.
2. Прохоров В.Е. Редкие виды сосудистых растений флоры республики Татарстан: эколого-ландшафтные особенности хорологии и динамики. Автореферат дисс. ... к.б.н., Казань, 2006.
3. Clarke K. R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure // *Australian Journal of Ecology*. – 1993. – № 18. – Pp.117-143.
4. Otypkova Z., Chytry M. Effects of plot size on the ordination of vegetation samples // *Journal of Vegetation Science*. – 2006. – № 17. – Pp.465-472.
5. Peres-Neto P.R., Jackson D.A. How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test // *Oecologia*. – 2001. – № 129. – Pp.169-178.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ПРИМЕСИ В АТМОСФЕРЕ ПРИ НАЛИЧИИ МОЩНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

Шварц К.Г., Шкляев В.А.

Пермский государственный университет,

Пермь

E-mail: shklyayev@psu.ru

Техногенные катастрофы, имеющие экологические последствия, могут сопровождаться поступлением в атмосферу загрязняющих веществ. Процессы последующего распространения примеси могут быть осложнены в случаях интенсивного охлаждения или нагрева от источника техногенной катастрофы (при аварийном разливе легкоиспаряющейся жидкости, возгорании разлитой нефти и др.).

Постановка задачи в рассмотренных примерах существенно различается. В результате аварийного разлива большого объема летучей жидкости, например, аммиака необходимо учитывать затраты тепла на испарение разлившейся жидкости. В этом случае происходит интенсивное охлаждение нижней части приземного слоя. Формирующаяся устойчивая термическая стратификация над областью разлива приводит к ослаблению турбулентной диффузии примеси. Локальное понижение температуры воздуха, а также наличие примеси с плотностью, отличающейся от плотности окружающего воздуха, приводит к тому, что над разлившейся жидкостью образуются циркуляционные ячейки с вертикальной осью вращения. В результате этого появляются возмущения в поле скорости, усложняющие процессы переноса примеси.

Аварийные ситуации могут приводить к разливу и возгоранию углеводородов. При возгорании разлитой нефти процессы последующего распространения примеси могут быть осложнены мощным нагревом от источника тепла. В результате интенсивного нагрева атмосферы над его источником формируется система восходящих и нисходящих движений, которая вносит возмущение в поле горизонтального движения. В горизонтальной плоскости при обтекании сформировавшейся конвективной струи формируются локальные вихревые структуры, создающие своеобразный режим переноса выделяющихся вредных примесей в нижнем слое атмосферы. Для оценки возможного ущерба, наносимого компонентам природной среды и определения зон воздействия при аварийных ситуациях, а также для уточнения размеров санитарно-защитных зон объектов промышленной инфраструктуры, необходимо исследовать условия, нарушающие стационарное распространение вредных веществ при различных вариантах функционирования источника выбросов и состояниях атмосферы. Проводимые с этой целью расчеты должны основываться на системе уравнений глубокой конвекции. Подобные системы использовались для исследования процессов развития конвективного облака, для оценки

вертикальных потоков различных субстанций и для моделирования конвективных облаков с целью искусственных воздействий на них. В нашем случае определенный интерес представляет распространение вредных примесей от конвективной струи, образующейся при возгорании разлитой нефти. Система уравнений гидротермодинамики дополнялась уравнением турбулентной диффузии примеси. Источник тепла зависит от количества разлившихся горящих нефтепродуктов и может быть достаточно мощным. Факел горения может подниматься на высоту десятков и сотен метров, и в этом случае тепловой источник может рассматриваться как высотный. Большая температура горения и значительные размеры факела требуют оценки радиационного излучения. Оценки радиационного излучения от горящего факела показали, что оно составляет около 5% тепловой мощности источника, и этими процессами в дальнейшем пренебрегали.

Граничные условия задавались отдельно для источника тепла и вне его. Количество выделяемого тепла при горении нефти оценивалось по количеству разлитой нефти в пределах области обваловки. Вне источника стратификация атмосферы считалась устойчивой.

В Пермском госуниверситете и ИМСС УрО РАН разработана методология получения квазидвумерных моделей, описывающих асимптотически верно динамику течения во вращающихся слоях газа или жидкости, у которых толщина слоя намного меньше горизонтального масштаба. Основная идея заключается в том, что в плане решается численно двумерная задача для усредненных поперек слоя полей скорости, температуры и т.д., а поперек слоя задача решается аналитически. При разработке такого рода моделей используются точные решения исходной трехмерной задачи, которые можно получить в случае линейного распределения потенциальной температуры и примеси на вертикальных границах. В результате можно приближенно реконструировать трехмерную картину течений с меньшими затратами ресурсов ЭВМ. Кроме того, в таких моделях хорошо видны основные физические механизмы проходящих процессов. Эта методология является развитием теории «мелкой воды» для бароклинной атмосферы.

При математическом моделировании основных механизмов этих процессов была использована квазидвумерная модель. Ее вывод основан на методике, описанной в [1, 2]. Ограничимся рассмотрением мезомасштабных процессов, когда характерное время эволюции равновесных состояний намного больше времени релаксации течений к состоянию при изменении внешних условий.

Двумерную модель получим из трехмерной путем усреднения поперек слоя трехмерной модели с использованием граничных условий. Для замыкания системы необходимо выразить нелинейные слагаемые, а также значения на границах через средние поля скорости, температуры и концентрации примеси. Воспользуемся точным решением исходной задачи, описывающим однородное по X , Y течение. Оно находится для бесконечного

горизонтального вращающегося слоя в предположении несжимаемости воздуха в нижнем слое атмосферы и постоянства скорости вертикальной струи горячего воздуха, вытекающей из источника возгорания углеводородов, а также линейности температуры подстилающей поверхности.

Численные расчеты проводились на основе системы, записанной в безразмерном виде с помощью явной конечно-разностной схемы, на сетке 250×250 узлов, для квадратной площадки длиной 100 км. Необходимые для расчетов параметры были определены в соответствии с выбранной мощностью источника тепла и известным состоянием атмосферы, температура подстилающей поверхности убывала по экспоненциальному закону при удалении от источника с известными координатами. Коэффициенты турбулентной диффузии вне источника принимались равными $200 \text{ м}^2/\text{с}$, а над источником $500 \text{ м}^2/\text{с}$ для горизонтального обмена и $100 \text{ м}^2/\text{с}$ для вертикального. Были получены поля концентрации примеси, температуры воздуха, функции тока и возмущений функции тока.

Коэффициенты, γ_1 и γ_3 , являющиеся множителями адвективных слагаемых в безразмерных уравнениях, описывают нелинейное воздействие адвекции на формирование вихревого движения воздуха. Это воздействие является своеобразной вихревой силой и зависят от числа Экмана. В рассматриваемом диапазоне чисел параметр γ_3 всегда принимает отрицательное значение, а параметр γ_1 может быть либо положительным, либо равным нулю или отрицательным.

В качестве обобщающих количественных характеристик, представляющих результаты расчета, использовались средние значения скорости ветра в слое над источником примеси; максимальные возмущения функции тока, вызванные влиянием перечисленных факторов, а также максимальные значения концентрации примеси (диоксид серы) на оси факела.

Расчеты показали, что в нижнем слое атмосферы формируется мощное нестационарное вихревое движение над местом возгорания нефти, которое существенно влияет на характер распространения примеси в окрестности источника. Его характер зависит от нелинейного воздействия неоднородного горизонтального градиента температуры. В зависимости от числа Экмана возможно несколько сценариев формирования вихря: стационарный одиночный, диполь и нестационарный. Первый случай возможен при отрицательном значении коэффициента γ_1 . Второй случай – диполь, наблюдается при нулевом значении γ_1 . Случай нестационарного развития вихрей соответствует положительному значению γ_1 . В этом случае при относительно слабом вращении над источником тепла происходит периодическое возникновение вихрей разной направленности, которые отрываются от конвективной струи и сносятся по потоку. При этом факел примеси и тепла также испытывает периодические колебания, отклоняясь севернее или южнее от направления потока.

В результате исследования были получены следующие выводы:

Полученная модель является развитием теории математического моделирования переноса и диффузии примеси от мощного теплового источника в нижнем слое бароклинной атмосферы. Модель в явном виде учитывает линейные и нелинейные воздействия горизонтальной температурной неоднородности на формирование вихревых течений.

Определена роль горизонтальной температурной неоднородности, образованной мощным тепловым источником, на «сценарии» формирования вихрей и распространения продуктов горения нефти в нижнем слое мезомасштабной атмосферы

Численные эксперименты, проведенные на основе предлагаемой модели, показали, что при линейном и нелинейном взаимодействии неоднородного горизонтального градиента температуры и различных значениях числа Экмана в нижней атмосфере формируется мощное вихревое движение над источником интенсивного нагрева. Вихрь может быть стационарным, развиваться в диполь или, периодически меняя направление вращения, отрываться от формируемой его конвективной струи. Характер развития вихрей существенно влияет на поле температуры и концентрации примеси в окрестности источника.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Грант р_Урал_а № 07-01-96039.

Литература

1. Шварц К.Г. Двумерная модель мезомасштабных атмосферных процессов над крупным промышленным городом. // Вычислительные технологии. – Новосибирск, 1995. – №13. – С.326-335.
2. Schwarz K.G., Shklyayev V.A. Modelling the propagation of cold contaminant in atmosphere following accidental spilling of volatile liquid. // Fluxes and Structures in Fluids 2003. International Conference. Selected Papers edited by Yu.D.Chashechkin and V.G.Baydulov. Institute for Problems in Mechanics of the RAS. – Moscow, 2004. – Pp.172-175.

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА БИОРАЗНООБРАЗИЯ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ ООПТ РЕГИОНА: РАЗВИТИЕ, ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ

Горшков Ю.А.

Волжско-Камский государственный природный биосферный
заповедник.

E-mail: vkz@mail.ru

В 1970 году на 16 сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО была принята долгосрочная межправительственная программа «Man and Biosphere» (Человек и биосфера – МАВ), которая в рамках естественных и общественных наук занимается изучением проблем управления естественными ресурсами и основных путей существования человека и природы. В качестве инструмента этой программы была создана международная сеть биосферных территорий. В настоящее время эта сеть включает более 500 биосферных резерватов в 105 странах (38 из них находится в России). Биосферные резерваты – это территории наземных, прибрежных и морских экосистем, утвержденные в рамках этой программы. Биосферные резерваты представляют собой модельные территории, которые создаются с целью разработки подходов, направленных на обеспечение и развитие сбалансированных взаимоотношений между населением и окружающей средой. Иначе говоря, деятельность биосферной территории призвана проиллюстрировать, как совместить сохранение биологического разнообразия и биологических ресурсов с их устойчивым использованием, с социально-экономическим развитием территории и сбережением духовных и историко-культурных ценностей.

Биосферные территории выполняют три взаимодополняющие функции:

Охранную – сохранение генетических ресурсов, биологических видов, экосистем и ландшафтов.

Развития – содействие устойчивому социально-экономическому развитию.

Научно-технического обеспечения – реализация демонстрационных проектов, экологического образования и подготовки кадров, проведения научных исследований и мониторинга, осуществляемых в целях сохранения природно-территориальных комплексов и устойчивого развития.

Для выполнения перечисленных функций биосферные резерваты делятся на три зоны:

- одну или несколько основных территорий (ядер), роль которых, как правило, выполняют особо охраняемые природные территории (заповедники или национальные парки), пользующиеся долгосрочной защитой государства;
- буферную зону, которая обычно располагается вокруг ядра и играет роль барьера, сдерживающего воздействие негативных факторов на охраняемые экосистемы. Здесь может производиться регламентированное природопользование;
- переходную зону (зона сотрудничества), которая играет роль экспериментального полигона для отработки моделей устойчивого развития региона. Здесь проходят апробацию подходы рационального природопользования и социально-экономического развития, осуществляется сотрудничество местных общин, административных и научных учреждений, неправительственных организаций и деловых кругов.

Таким образом, отличие биосферных территорий от традиционных ОПТ заключается в том, что они кроме функций сохранения биологического и ландшафтного разнообразия и ведения экологического мониторинга играют роль модельных территорий по разработке подходов устойчивого развития.

В 2005 году Президиум международного координационного совета ЮНЕСКО по программе «Человек и биосфера» принял решение об учреждении Большого Волжско-Камского биосферного резервата (Great Volzhsko-Kamsky Biosphere Reserve). Базовой основой для биосферной территории послужили Раифский и Саралинский участки Волжско-Камского государственного природного заповедника, каждый из которых получил сертификат ЮНЕСКО (“Raifa Forest” и “Sarali Land Between Rivers”). В 2007 году в состав биосферной территории были включены государственные природные заказники регионального подчинения комплексного профиля Свяжский (Sviyazhsk Wetland Area) и Спасский (Spassky Insular Archipelago), которые представляют интерес не только как природные резерваты, но и как историко-архитектурные памятники – «Остров-град Свияжск» и «Волжская Булгария». Таким образом, Большой Волжско-Камский биосферный резерват – единственная в России биосферная территория, состоящая из четырех кластерных участков (рис.1), два из которых федерального подчинения (Раифский и Саралинский участки Волжско-Камского заповедника) и два регионального (Свяжский и Спасский заказники). Так как в состав БВКБР кроме федерального ООПТ включены региональные ООПТ с буферными зонами и зонами сотрудничества был заключен Договор между министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан и Волжско-Камским государственным природным биосферным заповедником «О совместных действиях по обеспечению функционирования Большого Волжско-Камского биосферного резервата МАБ ЮНЕСКО и реализации принципов Хартии Земли на территории Республики Татарстан». Необходимо отметить, что

Хартия Земли весьма популярна у властных структур Республики Татарстан. Так, в 2000 году президент Республики высказался о готовности Татарстана выступить в качестве экспериментального полигона по реализации принципов Хартии Земли на республиканском уровне. А в 2001 году Государственный Совет Республики Татарстан принял постановление о проекте Хартии Земли. С этого времени при поддержке правительства, парламента, министерств и ведомств, неправительственных организаций республики началась разработка проекта «Татарстан – территория устойчивого развития и культуры мира». Учитывая то, что задачи программы МАВ по биосферным резерватам и принципы Хартии Земли направлены на устойчивое развитие и во многом совпадают (табл. 1), видится целесообразным направить деятельность обеих программ в единое русло. Следует отметить, что пока эти программы стыкуются лишь на уровне взаимодействия Большого Волжско-Камского биосферного резервата и Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Для усиления связи необходимо создать Координационный Совет из представителей структур власти, бизнеса, общественных организаций, специалистов ООПТ, который будет рассматривать, и утверждать планы демонстрационных проектов, способствовать поиску средств на их реализацию и контролировать их выполнение. При Координационном Совете планируется создать исполнительный орган, включающий в себя рабочие группы, ответственные за реализацию демонстрационных проектов.

Табл. 1. Общие принципы Программы МАВ ЮНЕСКО и Хартии Земли

Программа МАВ ЮНЕСКО	Хартия Земли
- сохранение ландшафтов, экосистем, видов и генетических разновидностей;	- охранять природные ресурсы для защиты систем жизнеобеспечения Земли, сохранения биоразнообразия и природного наследия (п. 5);
- содействие экономическому и социальному развитию, устойчивому в социально-культурном и экологическом отношении;	- стремиться к экономической и социальной справедливости, неся при этом экологическую ответственность (п. 3);
- поддержка демонстрационных проектов, экологического образования и подготовки кадров в области охраны окружающей среды, научных исследований и мониторинга.	- обеспечивать возможность получения образования, которое будет способствовать вкладу в устойчивое развитие; распространять практику внедрения достижений в науке в процесс устойчивого развития (п. 14).

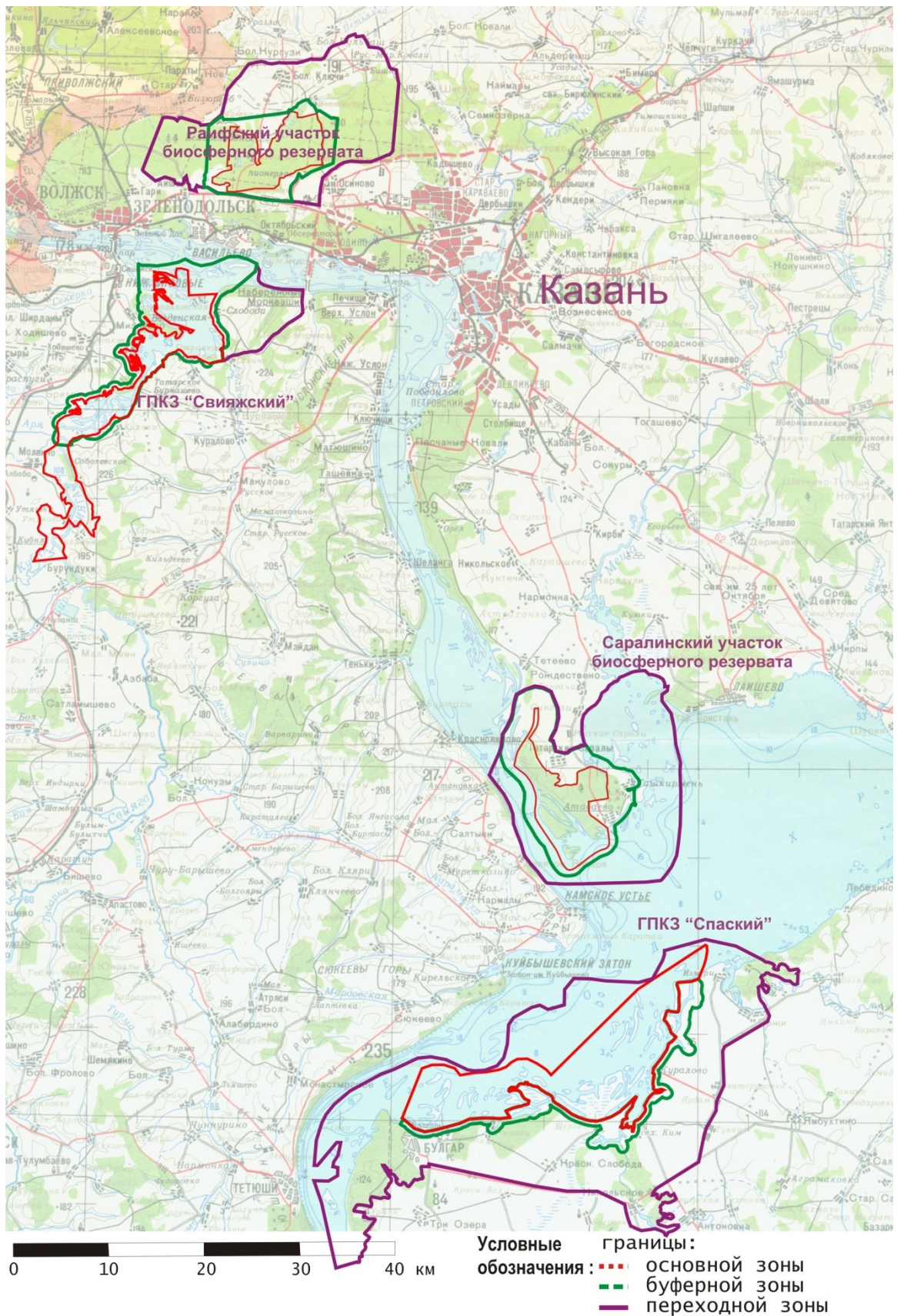


Рис. 1. Карта-схема Большого Волжско-Камского биосферного резервата.

Проблемы эффективного функционирования биосферных территорий России заключаются в следующем. В Российском законодательстве практически не прописана деятельность биосферных резерватов. Так, отсутствуют зонирование территории в соответствии с Севильской стратегией (1995) и Мадридским планом действий (2008), принципы функционирования и управления. Отсутствуют регламент деятельности российских биосферных резерватов и программа их развития. Не предусмотрено целевое бюджетное финансирование для решения таких задач как развитие научных исследований и мониторинга глобальных изменений с применением современного оборудования и информационных технологий, в том числе создание станций фонового мониторинга, оценка экосистемных услуг, предоставляемых биосферными резерватами, проведение национальных и международных рабочих совещаний, ознакомительных поездок по обмену опытом с российскими и зарубежными биосферными резерватами. Кроме того, следует отметить незаинтересованность властных структур регионов и муниципальных образований в деятельности биосферных территорий (то есть в деятельности по устойчивому развитию). С другой стороны российские биосферные резерваты недостаточно эффективно проводят свои «пиар-компании».

Необходимо обратить внимание на сотрудничество с местными общинами. Во многих регионах России, в силу экономических факторов, местные общины, расположенные вблизи границ ООПТ, не являются сторонниками последних (регламентировано или запрещено пользование природными ресурсами). Преимущества в виде экосистемных услуг (чистые вода, воздух, невысокая плотность населения и т.п.) не вполне удовлетворяют сиюминутные потребности населения. Имея некоторый дополнительный финансовый резерв, администрации ООПТ могли бы осуществлять реальную экономическую поддержку местному населению, что способствовало бы реальной интеграции федеральных ООПТ в развитие регионов. С другой стороны во многих странах Запада, население, в том числе и местное (*local community*), рассматривает ООПТ не с утилитарных позиций. Это справедливо и в отношении властных структур.

Представляется вероятным, что Правительство России, выполняющее многочисленные международные обязательства в сфере природопользования и охраны окружающей среды, обратит должное внимание на проблемы функционирования российских биосферных резерватов и их интеграцию в международную систему территориальной охраны природы.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДОРОСЛЕЙ В АСКИНСКОЙ ПЕЩЕРЕ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

Абдуллин Ш.Р., Вахмянина А.А.

Башкирский государственный университет, Уфа

E-mail: abdullinshrbsu@mail.ru

Пещеры представляют собой специфические экосистемы, в состав биоты которых входят цианобактерии и водоросли. Исследование данных организмов проводится в различных странах мира, включая и Россию [5, 1].

Целью данной работы было изучение таксономического состава цианобактерий и водорослей и анализ их распределения в Аскинской пещере.

Аскинская пещера – одна из пещер Южного Урала мешкообразного типа с наибольшим по площади ледником и самыми значительными ледяными сталагмитами. Полость расположена в Архангельском районе Республики Башкортостан, в 2 км вверх по течению р. Малый Аскын от д. Солонцы, на восточном склоне хребта Улу-Тау. Вход в пещеру находится на левом склоне долины, на высоте примерно 70 м над уровнем речки. Полость представляет собой зал длиной 104 м, шириной 40-60 м и высотой 10-12 м. Общая длина ходов – 230 м, площадь – 5200 м², объем – 51100 м³, глубина – 24 м, амплитуда – 34 м. В большом зале пещеры в настоящее время возвышается 17 ледяных сталагмитов. Аскинская пещера известна с 1902 года, но более подробно ее описали в 1926 году Г.В. Вахрушев и Г. Петров [4].

Для выявления цианобактерий и водорослей в Аскинской пещере 09.06.2008 было отобрано 10 проб, из них 7 проб грунта, 3 мазка и соскоба со стен стандартными методами. Выявление видового состава водорослей в пробах грунта и налетов со стен проводилось в лаборатории на “стеклах обрастания” [2] и после культивирования проб в жидкой минеральной среде № 6. Обилие водорослей оценивалось по 5-балльной шкале, наличие водорослей только в жидких культурах отмечалось наименьшим баллом. Определялась встречаемость водорослей (F). Для сравнения видового состава водорослей использовался качественный коэффициент Сьеренсена-Чекановского [3].

В результате анализа собранного материала выявлено 24 вида и внутривидовых таксона цианобактерий и водорослей, относящихся к 3 отделам, 3 классам, 11 порядкам, 15 семействам и 20 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Chlorophyta*, класса *Chlorophyceae*, порядков *Oscillatoriales* и *Chlorococcales*, семейств *Phormidiaceae* и

Chlorellaceae, родов *Phormidium*, *Leptolyngbya* и *Nostoc*; по сумме баллов обилия преобладали виды *Leptolyngbya gracillima* (Zopf.) Anagn. et Kom. и *Nostoc punctiforme f. populorum* (Geitl.) Hollerb. Наиболее часто встречались виды *Leptolyngbya gracillima* (F = 50,0 %) и *Nostoc paludosum* (Kütz.) Elenk. (F = 50,0 %). Спектр жизненных форм: P₅Ch₅hydr.₄amph.₂CF₂B₂PF₁C₁H₁X₁.

В освещенной зоне обнаружено 19 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, относящихся к 3 отделам, 3 классам, 9 порядкам, 12 семействам и 16 родам (табл.). Доминировали представители отдела *Chlorophyta*, класса *Chlorophyceae*, порядков *Oscillatoriales* и *Chlorococcales*, семейства *Chlorellaceae*, родов *Leptolyngbya*, *Phormidium* и *Nostoc*; по сумме баллов обилия преобладали виды *Leptolyngbya gracillima* (Zopf.) Anagn. et Kom., *Chlorosarcina rivularis* Pankow et Möller и *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. Наиболее часто встречались виды *Leptolyngbya gracillima* (F = 66,7 %), *Nostoc paludosum* (Kütz.) Elenk. (F = 66,7 %), *Nostoc punctiforme f. populorum* (Geitl.) Hollerb. (F = 66,7 %), *Diademsis contenta* (Grun. ex Van Heur.) Mann (F = 66,7 %), *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. (F = 66,7 %), *Chlorosarcina rivularis* Pankow et Möller (F = 66,7 %) и *Stichococcus minor* Nag. s. str. (F = 66,7 %). Спектр жизненных форм: Ch₅P₄CF₂B₂hydr.₁amph.₁PF₁C₁H₁X₁.

В темновой зоне выявлено 14 видов и внутривидовых таксонов цианобактерий и водорослей, относящихся к 3 отделам, 3 классам, 8 порядкам, 10 семействам и 11 родам (табл.). Одна проба оказалась альгологически стерильной. Доминировали представители отдела *Суанопрокэриота*, класса *Суанопхyceae*, порядка *Oscillatoriales*, семейств *Pseudanabaenaceae*, *Phormidiaceae*, *Nostocaceae* и *Chlorellaceae*, родов *Leptolyngbya*, *Phormidium* и *Nostoc*; по сумме баллов обилия преобладали виды *Nostoc punctiforme f. populorum* (Geitl.) Hollerb. и *Leptolyngbya gracillima* (Zopf.) Anagn. et Kom. Наиболее часто встречались виды *Leptolyngbya gracillima* (F = 42,9 %) и *Nostoc paludosum* (Kütz.) Elenk. (F = 42,9 %). Спектр жизненных форм: P₄hydr.₃CF₂Ch₂amph.₁B₁H₁.

Выявлено, что по мере уменьшения уровня освещенности снижаются видовое разнообразие и сумма баллов обилия цианобактерий и водорослей (табл.), что характерно для распределения данных организмов в естественных пещерах без искусственного освещения [Coute, Chauveau, 1994; Абдуллин, 2005]. Сходство видового состава цианобактерий и водорослей освещенной и темновой зон оказалось средним (54,5 %), что, по-видимому, связано с частичным заносом данных организмов в полость.

Сравнительный флористический анализ видового состава

цианобактерий и водорослей Аскинской пещеры с некоторыми другими полостями Республики Башкортостан показал, что наибольшее сходство отмечено с видовым составом пещер Космонавтов (41,7 %) и Икской (45,0 %).

Таблица 1.

Таксономический состав цианобактерий и водорослей
Аскинской пещеры в различных зонах освещенности

№№	Таксон	Пещера	
		Освещенная зона	Темновая зона
	<i>Cyanoprokaryota</i>	7	6
1.	<i>Leptolyngbya boryana</i> (Gom.) Anagn. et Kom.	+	+
2.	<i>Leptolyngbya gracillimum</i> (Zopf.) Anagn. et Kom.	+	+
3.	<i>Phormidium ambiguum</i> Gom.	+	+
4.	<i>Phormidium amoenum</i> Kütz.		+
5.	<i>Phormidium lividum</i> Näg.	+	
6.	<i>Calothrix elenkinii</i> Kossinsk.	+	
7.	<i>Nostoc paludosum</i> (Kütz.) Elenk.	+	+
8.	<i>Nostoc punctiforme</i> f. <i>populorum</i> (Geitl.) Hollerb.	+	+
	<i>Bacillariophyta</i>	3	4
1.	<i>Placoneis elginensis</i> f. <i>exigua</i> (Greg.) Bukht.	+	
2.	<i>Achnanthes linearis</i> (W.Sm.) Grun.		+
3.	<i>Diadesmis contenta</i> (Grun. ex Van Heur.) Mann	+	
4.	<i>Navicula</i> sp.		+
5.	<i>Amphora montana</i> Krasske		+
6.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	+	+
	<i>Chlorophyta</i>	9	4
1.	<i>Chlamydomonas</i> sp.	+	
2.	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schränk.) Menegh.	+	
3.	<i>Macrochloris dissecta</i> Korsch.		+
4.	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer	+	+
5.	<i>Muriella magna</i> Fritsch et John	+	+
6.	<i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina et Punč.	+	
7.	<i>Chlorosarcina rivularis</i> Pankow et	+	

	Möller		
8.	<i>Chlorosarcinopsis minor</i> (Gern.) Herndon	+	
9.	<i>Chlorhormidium flaccidum</i> var. <i>nitens</i> Menegh. emend. Klebs	+	+
10.	<i>Stichococcus minor</i> Nag. S. str.	+	
	Сумма баллов обилия / среднее число баллов обилия в одной пробе	68 / 22,7	37 / 5,3
	Общее число видов / среднее количество видов в одной пробе	19 / 6,3	14 / 2,0

Таким образом, в Аскинской пещере исследован таксономический состав цианобактерий и водорослей в различных зонах освещенности, в освещенной зоне отмечено доминирование зеленых водорослей, в темновой – цианобактерий. Установлено, что по мере уменьшения уровня освещенности снижаются видовое разнообразие и сумма баллов обилия данных организмов. Сходство видового состава цианобактерий и водорослей освещенной и темновой зон оказалось средним, что, по-видимому, связано с частичным заносом данных организмов в полость. Наибольшее сходство видового состава цианобактерий и водорослей Аскинской пещеры отмечено с видовым составом пещер Космонавтов и Икской.

Литература

1. Абдуллин Ш. Р. Цианобактерии и водоросли пещеры Шульган-Таш (Каповой): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа: 2005. – 16 с.
2. Голлербах М. М., Штина Э.А. Почвенные водоросли.–Л.: Наука, 1969. –142 с.
3. Кузяхметов Г. Г., Дубовик И. Е. Методы изучения почвенных водорослей. – Уфа, 2001. – 56 с.
4. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. – Уфа: Гилем, 2006. – С. 160.
5. Coute A., Chauveau O. Algae // Encyclopaedia biospeleologica, tome 1 // C. Juberthie et V. Decu eds., Société de biospéologie. – ISSN 0398-7973. – 1994. – P. 371-380.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ИНДИКАЦИИ СОСТАВА И ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ LANDSAT

Артюшкина А.С., Шайхутдинова Г.А., Чижикова Н.А.

Казанский государственный университет, Казань

E-mail: shga@ksu.ru

Изучение растительного покрова дистанционными методами, позволяет без широкомасштабных полевых исследований получить, уточнить и дополнить информацию об интересующих исследователя характеристиках. Настройка автоматизированного процесса обработки и идентификации данных в среде современных компьютерных программ по обработке цифровых данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) позволяет решать комплексные задачи мониторинга состояния растительного покрова.

Космическая программа зондирования Земли Landsat (США) является одним из наиболее обширных и востребованных ресурсов для решения прикладных задач природопользования. Этому способствует почти 30-тилетний период наблюдений, высокое разрешение съемочных материалов, полнота охвата территорий и доступность данных широкому кругу пользователей. Различные комбинации спектральных каналов служат источниками множества данных, адекватная интерпретация которых представляется главной по сложности задачей. Согласно исследованиям Канадской службы защиты лесов [1] при автоматическом дешифрировании растительного покрова по ДДЗЗ Landsat выявляется, как правило, не более двух десятков классов растительности, которые дифференцируются по признакам доминирования определенных жизненных форм растений, состава и плотности покрова.

В задачи настоящего исследования входила проверка степени информативности некоторых лесотаксационных показателей при подготовке обучающей выборки дешифровочных признаков, которая могла бы расширить спектр распознаваемых свойств лесного покрова на ДДЗЗ Landsat. В качестве модельного объекта выбран Саралинский участок Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ). Растительность участка представлена преимущественно широколиственно-сосновыми лесами, сосняками остепненными и длительно- и короткопроизводными формациями липняков, осинников и березняков, культурами сосны. Охранный статус территории позволяет использовать данные за 20-тилетний временной отрезок без опасений в появлении ошибок, связанных с активным хозяйственным изменением облика лесного покрова.

База актуальных данных для обучающей выборки формировалась на основе материалов лесоустройства 1993 г. В качестве единицы

пространственной привязки информации послужили выделы 16 лесных кварталов оцифрованной карты лесоустройства (М 1:10000) модельной территории. Процедурой кластерного анализа по методу Варда в среде языка R и программы Statgraph 5.1. выделы были классифицированы по показателям формулы древостоя и среднему возрасту ведущей лесобразующей породы. В итоге по формулам древостоя выделилось шесть классов сообществ, а четыре из них распались на подклассы по возрасту (табл. 1).

Таблица 1.

Результаты классификации состава и возраста лесонасаждений

Класс по составу	Усредненная формула	Подкласс по возрасту	Средний возраст	№ п/класса
1. Сосняки с березой и липой	8С1Б1Лп	приспевающие	93	11
		средневозрастные	64	12
		спелые	151	13
2. Сосняки	10С	спелые	145	21
		средневозрастные	70	22
		приспевающие	97	23
3. Осинники	6Ос2Лп1Б1Д	не определен		30
4. Сложные сосняки	6С2Лп2Б	не определен		40
5. Березняки	7Б2С1Ос	молодые	39	51
		приспевающие	84	52
6. Липняки	7Лп1Д1Б1Ос	молодые	55	61
		средневозрастные	71	62

Дешифровочная способность присвоенных выделам значений классов и подклассов проверялась методом дискриминантного анализа в сравнении их со спектральными яркостями снимков Landsat. Использовались пять разновременных наборов данных съемки модельной территории: 31.08.1986 г., 22.06.1987 г., 05.09.2000 г., 09.10.2006 г., 28.05.2007 г. Предварительно в среде языка R проведена проверка на «избыточность» спектральных каналов: отобраны каналы, которые обеспечивают максимальную информативность и не дублируют друг друга.

Распознаваемость классов состава насаждений подчиняется общим закономерностям дешифрирования растительности по космоснимкам, зависимым от оптических свойств растений и их сезонной динамики. Наилучшим образом предсказываются относительно чистые по составу классы независимо от даты съемки, дешифрируемость сложных по составу классов (сочетающих как хвойные, так и лиственные виды) значительно хуже. Традиционно наиболее информативными для предсказания состава

являются весенние (или раннелетние) и осенние снимки. Таблица 2 демонстрирует пример распознавания классов состава по яркостям снимка от 22.06.1987 г. Выделы первого класса чаще распознаются как чистые сосняки, при этом процент их отнесения к чистым соснякам возрастает на осенних снимках (сентябрь, октябрь). Смешанный класс осинников распознается чаще как липняк, попадая в него более чем на 70% на июньском (табл. 2) и сентябрьском снимках. На всех снимках прогноз переводит часть осинников в сосняки, что может свидетельствовать о значимом присутствии в их древостое примеси сосны. Кроме того, можно отметить повышение доли узнаваемых как сосняки выделов с доминированием осины при рассмотрении данных последовательно с 1986 по 2006 гг., что может свидетельствовать о постепенном выпадении осины из состава древостоя в ходе демутационных сукцессий в растительном покрове охраняемой территории.

Таблица 2.

Результаты прогнозирования классов состава насаждений по яркостным характеристикам снимка от 22.06.1987 г.

Классы		спрогнозированные по яркостям, %					
		1	2	3	4	5	6
фактические, %	1	61,36	24,33	0,12	0	0	14,18
	2	38,13	56,56	0,05	0	0	5,26
	3	22,16	6,01	0,34	0	0	71,48
	4	46,33	18,83	0,24	0	0	34,6
	5	36,75	18,8	0	0	0	44,44
	6	6,15	0,25	0	0	0	93,61

Применение подклассов, учитывающих наряду с составом также возраст насаждений, позволяет усилить распознаваемость некоторых сложных классов. Так, сложные сосняки, ранее самостоятельно абсолютно не идентифицирующиеся, при разделении других классов на возрастные группы, наконец начинают отличаться – распознаваемость повышается от 0 до 40% (пример результатов прогнозирования подклассов представлен в таблице 3). Отсечение подклассов молодых липняков повышает дешифрируемость липняков старшего возраста до 95%.

Таким образом, одновременное использование в качестве дешифровочных признаков нескольких таксационных показателей, в ряде случаев повышает результативность распознавания сложных по составу и структуре объектов по их яркостным характеристикам на снимках. Это позволяет оптимизировать обучающие выборки алгоритмов контролируемой классификации в системах компьютерного дешифрирования ДДЗЗ.

Таблица 3.

Результаты прогнозирования подклассов, учитывающих состав и возраст насаждений по яркостным характеристикам снимка от 22.06.1987 г.

Под-классы	спрогнозированные по яркостям, %												
	11	12	13	21	22	23	30	40	51	52	61	62	
фактические, %	11	18,08	0,81	0,65	16,94	14,17	0	0,33	36,48	0	0	0	12,54
	12	18,77	1,02	0,68	33,79	10,58	0	0,68	29,69	0	0	0	4,78
	13	6,74	0	0,9	1,35	2,47	0	0,45	60	0	0	0	28,09
	21	8,98	1,96	0,41	58,1	21,16	0	0	8,05	0	0	0	1,34
	22	19,66	1,84	0,86	44,35	9,95	0	0,98	16,22	0,12	0	0	6,02
	23	25	0	2	0	6	0	0	47	0	0	0	20
	30	3,95	0,69	0,34	4,47	1,55	0	0,52	18,9	0	0	0,17	69,42
	40	5,62	1,34	0,98	12,22	8,19	0	0,49	38,26	0,24	0	0,12	32,52
	51	6,6	0	0,33	18,48	18,15	0	0,33	37,29	0	0	0	18,81
	52	6,18	0,24	0,24	5,46	3,8	0	0	18,29	0	0	0	65,8
	61	2,82	0,56	0,28	0,56	0,28	0	1,13	9,3	0	0	0,56	84,51
	62	0,34	0	0	0	0,2	0	0,41	4,64	0	0	0,07	94,33

Литература

1. Wulder M., Nelson T. EOSD Land Cover Classification Legend Report// 2003.
URL: <http://www.eosd.cfs.nrcan.gc.ca.html>, 13.05.2008.

ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬГОФЛОРЫ ПОСЕВОВ ТРАВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПРЕДУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Асфандиярова Л.З.

Башкирский государственный университет, Уфа
aluisa@mail.ru

Исследования проводились на полях Северо-восточной лесостепной зоны Республики Башкортостан. Общая площадь данной зоны составляет 9,6 тыс. км². Рельеф увалисто-волнистый, осложненный террасовидными уступами с серией заболоченных понижений у их основания.

Климат континентальный, хорошо увлажненный. Среднегодовая температура воздуха 0,5°. Сумма осадков за год – 500-550 мм. Безморозный период – 100-105 дней. Высота снежного покрова в первой половине зимы – 21-30 см, во второй – 31-40 см [1],[2]. Почвы Северо-восточной лесостепной зоны отличаются более высокой увлажненностью. Эта особенность отражается на видовом составе альгофлоры и цианобактерий почв.

Альгофлора исследованной северо-восточной лесостепной зоны включает 79 видов и внутривидовых таксонов, из них *Chlorophyta* – 35 видов (44,3% от общего числа видов), *Cyanoprokaryota* – 27 (34,2%), *Xanthophyta* – 9 (11,4%), *Bacillariophyta* – 8 (10,1%). Ведущими порядками являются *Oscillatoriales* – 19 видов и *Chlorococcales* – 15 видов. В данной зоне отсутствуют виды порядков *Tetrasporales*, *Microsporales*, *Mesotaeniales*, *Desmidiiales* и *Heterocloniales*.

Отдел *Chlorophyta* представлен 4 порядками, 9 семействами, 24 родами. Некоторые виды этого отдела встречаются только в данной зоне: *Carteria oleifera* (Korsch.) Pasch., *Chlorocarcinopsis delicate* Watanabe, *Furcilla quadriloba* Korsch., *Neochlorosarcina deficiens* (Groover et Bold) Watanabe, *Phyllocardium complanatum* Korsch., *Pyramimonas reticulata* Korsch.. В связи с уменьшением видов, семейство *Chlamydomonadaceae* занимает 2 место, а семейство *Chlorellaceae* – 3. Отсутствуют виды рода *Stichococcus* из порядка *Ulotrichales*.

Отдел *Cyanoprokaryota* водорослей в альгофлоре северо-восточной включают 3 порядка: *Oscillatoriales* – 24,1% (от общего количества видов), *Nostocales* – 8,8% и *Chroococcales* – 1,3%. Обнаружены виды: *Cyanothesa aeruginosa*, *Symploca muscorum*. Виды рода *Anabaena* отсутствуют.

Отдел *Xanthophyta* представлен 2 порядками, 3 семействами, 7 родами. В процентном соотношении первый порядок *Heterococcales* составляет 7,6%, второй - *Tribonematales* значительно меньше – 3,8% от общего числа видов. Семейство *Pleurochloridaceae* включает 5 видов, семейство *Heterotrichaceae* – 3 вида, *Gleobotrydaceae* – 1 вид. Доминирующими родами отдела являются: *Chlamydomonas*, *Navicula*, *Phormidium*.

Отдел *Bacillariophyta* также характеризуется не высоким разнообразием. В основном встречаются виды родов *Navicula*, *Pinnularia* и *Hantzschia*. В состав доминирующих видов входят: *Chlamydomonas paradoxa* Korsch., *Chlorococcum minimum* Ettl et Gärtner, *Luticola mutica* var. *binodis* Hust., *L. ventricosa*(Kütz.) Mann, *Navicula pelliculosa* (Breb.) Hilse, *Scotiellopsis oocystiformis* (Lund) Punc. et Kalina, *Ulothrix variabilis* Kütz.

Литература

1. Тахаев Х.Я. Природные условия и ресурсы БАССР. - Уфа, 1959. – С.92-94.
2. Фаткуллин Р.А. Природные условия Башкортостана. – Уфа: Китап, 1994. - 174 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ АЛЬГОЦЕНОЗОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ БАЙМАКСКОГО РАЙОНА РБ

Ахмедьянов Д. И.

Башкирский государственный университет, Уфа

E-mail: dhws@mail.ru

Почвенно-альгологические исследования начаты в Башкортостане в 1969 году. В настоящее время альгологическими исследованиями охвачена практически вся территория республики, однако Зауралье все еще остается слабо изученным регионом относительно роли почвенных водорослей в агробиоценозах региона. Значение изучения почвенных альгоценозов в последнее время начинает резко возрастать в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства, изменением и загрязнением экосистем.

Большинство исследователей отмечает ряд отличительных черт альгоценозов агроэкосистем: несколько большее (по сравнению с естественными экосистемами) видовое разнообразие, особенно за счет желтозеленых и мелких диатомей, сглаженность зональных различий системой воздействия на почву [1].

Распашка целинных почв и уничтожение естественных биогеоценозов приводит к коренной перестройке видового состава альгоценозов, на месте сообществ с комплексом доминант наземных форм – К-стратегов возникают водорослевые сообщества диффузного типа с доминантами из г-стратегов, способными при благоприятной для них экологической ситуации к массовому развитию, к «цветению» почвы [1].

Структурно-функциональное состояние альгоценозов пашни связано в первую очередь с генезисом почвы, с направлением и интенсивностью использования земель в сельскохозяйственном производстве. Альгоценозы пахотных почв черноземного ряда сформированы преимущественно видами-убиквистами из зеленых, желтозеленых и диатомовых водорослей [1].

Целью наших исследований было изучение состава и распределения водорослей в агроэкосистемах.

Исследования проводились в Баймакском районе РБ, в окрестностях города Сибай. Основной почвенный фон района исследования составляют черноземы обыкновенные, которые вместе с черноземами выщелоченными преобладают на распаханых степных участках [3]. Изучались альгоценозы в 4 сообществах: под яровой и озимой пшеницей, озимой рожью и многолетними травами. Агрофитоценозы представлены: 1 участок – яровое пшеничное поле с проективным покрытием 85%, слабозасоренное (*Convolvulus arvensis* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop.); 2 участок – поле озимой пшеницы с проективным покрытием 85%; 3 участок – поле озимой ржи с проективным покрытием 90%; 4 участок – поле многолетних трав (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) с проективным покрытием 75%.

Почвенные образцы были собраны в конце сентября, в слое 0 – 1 см, усредненный образец составляли из 10 исходных проб, отобранных на площади 10 × 10 м, анализ почвенных образцов проводили по общепринятой методике в чашках Петри со стеклами обрастания. Состав водорослей изучался многократным просматриванием стекол обрастания и изучением трудноопределимых видов в жидких культурах на среде Громова. Для учета обилия видов использовали следующую шкалу: 4 балла – вид встречен во многих полях зрения; 3 – встречен более чем в 10 полях зрения; 2 – встречен в 2 – 10 полях зрения и 1 балл – вид встречен в одном поле зрения или только в жидкой культуре. Средний балл обилия определяли отношением суммы всех баллов в пробе к числу видов [2].

Таксономическое разнообразие включает 4 отдела, 10 порядков, 19 семейств, 29 родов и 39 видов и внутривидовых таксонов. В агроэкосистемах Баймакского района лидирующее место занимает отдел *Chlorophyta* (21 вид), на втором месте – *Bacillariophyta* (7 видов), на третьем - *Xanthophyta* (6 видов) и четвертое место занимает отдел *Cyanoprokaryota* (5 видов). Такое распределение видов по отделам не характерно для альгоценозов степной зоны, но, как уже упоминалось выше, в агроценозах происходит увеличение числа видов зеленых, желтозеленых и диатомовых водорослей за счет видов-убиквистов.

Анализ структуры ведущих порядков показал, что зеленые водоросли представлены четырьмя порядками, ведущее место среди которых занимает порядок *Chlorococcales* (11 видов). Из отдела *Xanthophyta* выявлено три порядка, из *Bacillariophyta* – два порядка, а из *Cyanoprokaryota* – один порядок *Oscillatoriales*.

В альгоценозе пшеничного поля найдено 19 видов. Зеленые водоросли представлены тремя порядками, из которых в порядке *Chlorococcales* обнаружено семь видов. Видовой состав цианобактерий очень беден – 3 вида с низкими баллами обилия. Диатомовые водоросли занимают второе место по количеству видов, один из которых *Pinnularia borealis* Ehr., входит в доминантный комплекс. Из зеленых в почвенных культурах доминировала *Myrmecia bisecta* Reisingl. Развитие водорослей отмечено высокими баллами обилия, средний балл составил 2,11.

Посевы озимых культур (ржи и пшеницы) характеризуются уменьшением количества нитчатых форм зеленых водорослей и цианобактерий, с одновременным увеличением числа одноклеточных зеленых водорослей. Всего обнаружено 26 видов. По сравнению с другими исследованными альгоценозами видовой состав диатомовых водорослей заметно увеличивается, из них 4 вида – *Navicula pelliculosa* (Breb.) Hilse., *Luticola ventricosa* (Kütz.) Mann, *Pinnularia borealis* и *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. входят в доминирующую группу. Желтозеленые водоросли, хотя и не входят в доминирующую группу, тем не менее, отличаются высокими баллами обилия.

В альгоценозах посевов многолетних трав идентифицировано 17 видов водорослей, из которых первое место занимают зеленые, второе делят между собой цианобактерии и диатомовые, а третье с одним видом занимают желтозеленые водоросли. Тем не менее, развитие водорослей под кострцом характеризуется высоким средним баллом обилия на вид – 2,33. Доминантный состав включает в себя цианобактерии – *Microcoleus vaginatus* (Vauch.) Gom., зеленые – *Bracteacoccus minor* (Chodat.) Petrova и диатомовые водоросли – *Hantzschia amphioxys*.

Абсолютное большинство видов альгофлор агроэкосистем относятся к эдафотрофным. Лидирующее место занимают Ch-формы, приспособленные к обитанию в рыхлой почве при большой сухости поверхностного слоя. Важное значение в альгоценозах агроэкосистем имеют диатомеи – представители В- формы. По мере уменьшения антропогенного влияния на структуру почвенного покрова в ряду от яровой пшеницы до посева многолетних трав возрастает число видов нитчатых водорослей Н-форм. Жизненная форма hydr. представлена одним видом – *Choricystis chodatii* (Jagg) Fott.

Расчет экологических индексов показал связь состава и структуры альгоценозов с факторами среды. Индекс *H* (Шеннона-Уивера) указывает на благоприятные условия среды в сообществах яровой и озимой пшеницы, где при относительно высокой плотности большинство видов имело высокие значения баллов обилия. Небольшие его значения характерны для флористически ненасыщенных альгоценозов. Подобное относительно высокое значение индекса Шеннона для яровой и озимой пшеницы можно объяснить сходным влиянием растительного сообщества.

Таким образом, на альгоценозы агроэкосистем оказывают влияние как культурные растения, так и агротехника, соответствующая этим культурам. Этим можно объяснить то, что максимальное число видов обнаружено в посевах озимой пшеницы, где отразилось уменьшение частоты обработки по отношению к яровой пшенице. Уменьшение числа видов водорослей в озимой ржи, скорее всего, связано с особенностью сельскохозяйственной культуры, а под многолетними травами с отсутствием обработки почвы.

Литература

1. Кузяхметов Г.Г. Водоросли зональных почв и лесостепи: Монография. - Уфа: РИО БашГУ, 2006. – 286 с.
2. Кузяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методы изучения почвенных водорослей: Учебное пособие. Уфа, 2001. 60 с.
3. Хазиев Ф.Х. и др. Почвы Башкортостана. Т. 1: Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика. – Уфа: Гилем, 1995. – 384 с.

ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ КУРООБРАЗНЫХ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Аюпов А.С.

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник
E-mail: aurov49@mail.ru

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник состоит из двух участков: Раифского и Саралинского, расположенных на расстоянии 100 км друг от друга. Раифский участок представлен всем спектром экосистем подтаежной зоны. Площадь 5921 га, более 90% территории занято лесами, возраст некоторых насаждений достигает 250-300 лет.

Саралинский участок расположен на берегу Куйбышевского водохранилища, в месте слияния рек Волга и Кама, на их древнеаллювиальных террасах. Площадь – 4170 га, кроме того в состав участка входит акватория Куйбышевского водохранилища площадью 1353 га.. Здесь распространены широколиственные и сосновые леса. Участок изрезан протоками, заливами, имеются острова.[2]

На территории заповедника обитает 5 видов отряда Курообразных. Из них перепел – перелетный, глухарь, рябчик, тетерев и серая куропатка – оседлые.

Перепел и серая куропатка заселяют открытые участки и приурочены к границам заповедника.

Тетерев в Саралинском участке перестал гнездиться с 1971 года. В 1963-1966 г.г. на опушке 31 кв на весеннем току токовало до 6 петухов. С 1967 г. этот ток распался. Причина распада токовищ связано с организацией заповедника и ростом численности лисицы (от 6 до 14 особей на 1000 га), а на прилегающих участках на лисиц велась активная охота. В 1970 и 1971 годах тетерев на весеннем току отмечался в 62 кв., токовало два петуха. В последние годы пребывание тетерева на Саралинском участке носит случайный характер, чаще этот вид отмечается в осенне-зимнее время на границе 5-9 кварталов, там же отмечаются одиночно токующие птицы в весеннее время.. Рябчик был отмечен зимой 1968 г., одна особь. Глухарь отмечен также один раз 22 сентября 1967 г. в 44 кв.

В Раифском участке, за 33 года учетов куриных, тетерев фиксировался в 1965, 1967, 1969, 1973, 1979, 2000, 2001 и 2003 годах, т.е. 7 раз, с плотностью от 1,1 до 5,4 (1969 г.) особей на 1000 га. До организации заповедника здесь проводилось умеренное лесопользование и всегда имелись зарастающие вырубki. С заповеданием Раифского участка, стала возрастать сомкнутость деревьев. В настоящее время тетерев постоянно обитает в Айшинском лесхозе, граничащем с заповедником.

Наиболее стабильны популяции рябчика и глухаря. Данные по плотности этих двух видов представлены на рисунке.1.

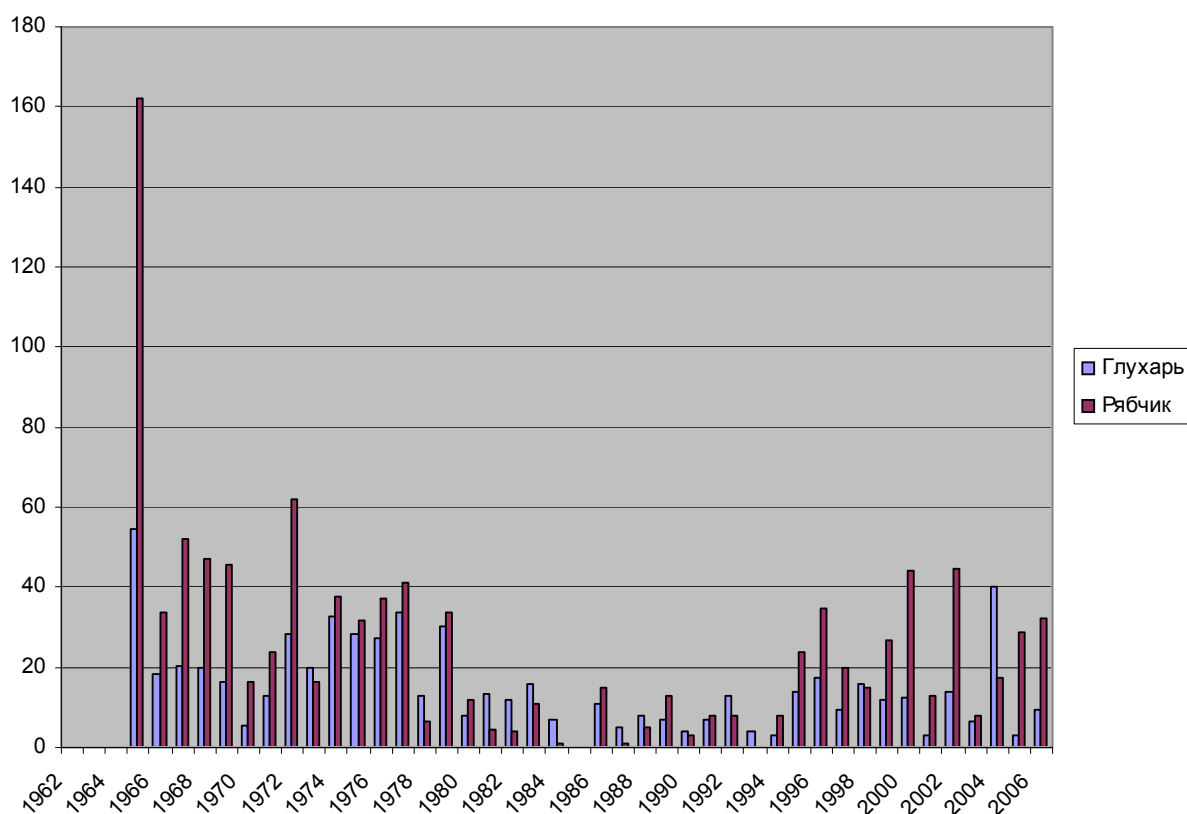


Рис.1 Многолетняя динамика плотности глухаря и рябчика в Раифском участке Волжско-Камского заповедника.

Снижение численности глухаря и рябчика с 1981 по 1995 г.г. связано, на наш взгляд, с появлением и ростом численности кабана, как на территории республики и заповеднике, в частности. Начальный период освоения территории заповедника кабаном отмечен экспоненциальным ростом численности, так называемым акклиматизационным эффектом, с последующим снижением и дальнейшими флуктуациями на более низком уровне (рис. 2).

Интродуценты занимают, как правило, свободную экологическую нишу, что способствует значительному росту численности. И через определенное время достигает критического уровня, при этом усиливается внутривидовая конкуренция, ведущая к падению численности. При этом вид вовлекается в новые межвидовые отношения – такие как «хищник-жертва». В поисках пищи кабаны обследуют значительные площади лесных участков и найденные ими кладки наземно гнездящихся птиц, в частности, глухарей и рябчиков поедаются ими.

В целом, можно отметить, что, не смотря на значительные изменения численности глухаря и рябчика, эти колебания не выходят за рамки естественного колебания их численности, которые имеют циклический характер. В таблице 1 приведены сравнительные данные по плотности этих двух видов на охраняемой территории и лесных угодьях Республики Татарстан.

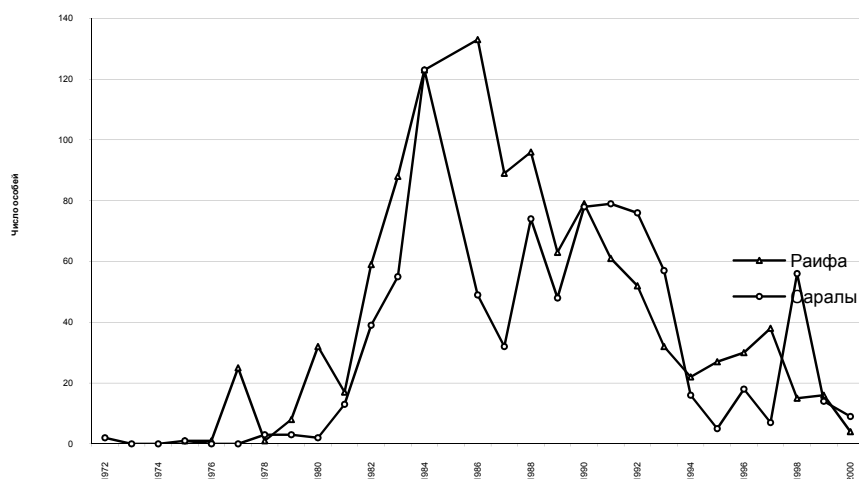


Рис. 2. Динамика численности территориальной группировки кабана в Волжско-Камском заповеднике в 1972-2000 гг. [1].

Таблица 1.

Сравнительная динамика плотности глухаря и рябчика в лесных угодьях Республики Татарстан и Раифском участке заповедника (особей/1000 га)

Годы	Глухарь		Рябчик	
	Татарстан	Заповедник	Татарстан	Заповедник
2001	3,6	3,2	3,5	12,9
2002	3,7	14,0	2,3	44,4
2003	3,4	6,4	8,1	8,0
2004	4,2	40,2	6,1	17,6
2005	2,3	3,2	8,0	28,9
2006	3,1	12,7	6,6	32,2
Среднее	3,4	12,8	5,7	24,0

Плотность населения глухаря на заповедной территории в 3,8 раза выше чем в среднем по республике, а рябчика в 4,2 раза.

Таким образом, Раифский участок заповедника остается естественным резерватом по сохранению глухаря и рябчика с высокой плотностью гнездования.

Литература

1. Горшков Ю.А., Горшков Д.Ю., Сарваров А.С. Многолетняя динамика численности и пространственной структуры популяций копытных (*Artiodactyla owen*) в Волжско-Камском заповеднике и на прилегающих территориях. Труды Волжско-Камского государственного заповедника. Выпуск 5.-Казань, 2002. 230 с.
2. Государственный реестр особо охраняемых при родных территорий в Республике Татарстан. Издание второе.- Казань. Изд-во «Идел-Пресс», 2007. – 408 с.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО УРАЛА

Байтимова Е.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: bay@ipae.uran.ru

Проблема влияния тяжелых металлов на состояние биоты широко обсуждается и постоянно привлекает внимание исследователей, поскольку отклонения в поступлении в организм макро – и микроэлементов, нарушение их соотношений в рационе, сказываются на жизнедеятельности организма. Критерием благополучия популяции служит интенсивность воспроизводства. Величина эмбриональной смертности, показатели плодовитости и индекса семенника у мелких млекопитающих могут служить показателями популяционной приспособленности к различным неблагоприятным факторам. В настоящее время, исследования, касающиеся репродуктивной функции животных, обитающих в условиях избытка тяжелых металлов, проводятся в основном на техногенно загрязненных территориях и в эксперименте. При этом мало изученной остается проблема воздействия на репродуктивную функцию животных геохимического фактора естественной природы. К естественным геохимическим аномалиям относят территории, для которых характерно избыточное поступление химических элементов в пищевую цепь, преимущественно из подстилающей горной породы. Естественные геохимические аномалии отличаются от техногенно измененных территорий продолжительностью существования. Животные, обитающие в данных районах, в течение многих поколений подвергаются воздействию избыточного или недостаточного содержания определенных химических элементов. Поэтому при проведении экологического мониторинга крайне важно учитывать естественный геохимический фон, особенно в районах распространения ультраосновных горных пород. Особую значимость такого рода исследования приобретают для Уральского региона, который относится к территориям интенсивного техногенного загрязнения и характеризуется широким распространением естественных геохимических аномалий.

Цель работы - анализ плодовитости и индекса семенника у рыжей полевки (*Myodes glareolus*), обитающей на территории естественной геохимической аномалии для оценки адаптивных возможностей репродуктивной системы животных к длительному воздействию избыточного содержания хрома, никеля и кобальта.

Данное исследование проведено на трех территориях (2 аномальных участка и 1 фоновый), расположенных в южно-таежном округе Среднеуральской низкогорной провинции Уральской горно-лесной области в зоне произрастания горных темнохвойных лесов. Для выделения геохимически аномальных районов были проанализированы данные

опробования почв спектральным полуколичественным методом на территории Свердловской области, предоставленные НПФ «Уральская гидрогеологическая экспедиция». Районы работ аналогичны друг другу по особенностям рельефа, направлению преобладающих ветров, лесорастительным условиям, расположению источников техногенного загрязнения. Исследуемые участки различаются типом подстилающих горных пород. На аномальных участках в окрестностях п. Уралец (участок 1) и д. Анатольская (участок 2) Горнозаводского района Свердловской области основными подстилающими породами являются ультраосновные породы (пироксениты, дуниты, серпентиниты), которые характеризуются высокими концентрациями Ni, Co, Cr. Содержание химических элементов в почве изучаемых участков превышает среднеуральские фоновые значения: участок 1 - никеля в 4-35 раз, кобальта в 4-10 раз, хрома в 3,5 –100 раз; участок 2 - никеля в 66,7 раз, кобальта в 20 раз, хрома в 20 раз. Участок, расположенный в юго-восточной части Висимского государственного природного биосферного заповедника использовался в качестве фонового. На фоновой территории основными подстилающими горными породами являются габбро, диориты, гранитоиды. Площадь участка 1 составляет 44 км², участка 2 - 43 км², фонового – 36 км².

Отлов рыжей полевки проводили с помощью ловушек Геро и живоловок, которые выставляли в линии по 50 штук. Расстояние между ловушками составляло 5 метров. Животных отлавливали в годы «пики» (2001, 2004), «роста» (2003, 2006) и «депрессии» (2002, 2005) численности популяции. Половую зрелость животных определяли по комплексу морфофизиологических показателей. Индекс семенника был рассчитан в соответствии с методом морфофизиологических индикаторов С.С.Шварца [3]. Фактическая (подсчет в матке числа плодов) и потенциальная (подсчет желтых тел в яичниках) плодовитости исследовались только на беременных самках. Подсчет числа желтых тел проводили на серийных срезах яичников животных, изготовленных по стандартной методике (рис. 1).

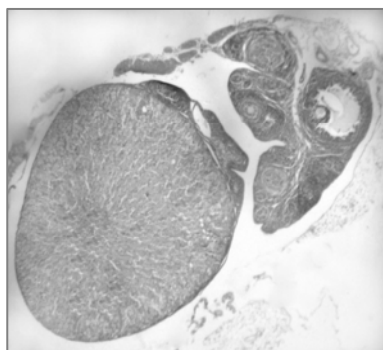


Рис.1. Поперечный срез яичника рыжей полевки на стадии беременности ув.х 56;

В ходе анализа относительного обилия рыжей полевки отмечены более низкие численности популяций рыжей полевки в районах природных геохимических аномалий (участок 1 и 2) по сравнению с фоновым участком (критерий χ^2 , $p < 0.05$).

На изучаемых участках была проведена оценка индекса семенника, потенциальной и фактической плодовитости самок рыжей полевки, обитающих в районах геохимических аномалий и на фоновом участке.

Для анализа изменчивости индекса семенника была использована трехфакторная модель дисперсионного анализа («геохимический фактор», «фаза популяционного цикла», «репродуктивный статус»). При проверке гипотез о значимости факторов выбран 5%-ный уровень значимости.

В результате анализа факторов изменчивости относительного веса семенника, обнаружено его статистически значимое увеличение у животных, обитающих в естественных геохимических аномалиях (табл. 1). Значимые различия отмечены ($p < 0.05$) в вариантах участок 1 – фон, участок 2 - фон по результатам НСР теста.

Таблица 1.

Индекс семенника (средние невзвешенные, ‰) рыжей полевки

Фактор	Группы	Средние невзвешенные
«Геохимический», $F(2,131) = 5.37, p=0.01$	участок 1 / участок 2 / фон	10.57 / 11.53 / 9.0
«Фаза цикла» $F(1,131) = 28.50, p < 0.01$	«рост» / «пик»	12.22 / 8.51
«Репродуктивный статус» $F(1,131) = 294.23, p < 0.01$	половозрелые/ неполовозрелые	16.33 / 4.40

При оценке эффектов плотности популяции установлено статистически значимое снижение средних значений индекса семенника животных на «пике» численности популяции, что в данном случае связано с особенностями демографической структуры исследуемых выборок. В год «пика» численности популяции, как на аномальных участках, так и на фоновой территории, в отловах преобладали неполовозрелые животные.

Полученные результаты по изменчивости морфофизиологических характеристик животных в зависимости от репродуктивного статуса согласуются с данными литературы.

Существуют факты, свидетельствующие об увеличении индекса семенника у животных в антропогенно загрязненной среде, что связано с адаптивной реакцией, обеспечивающей более высокий репродуктивный потенциал выживших особей в условиях загрязнения окружающей среды [4]. Подобная реакция, видимо, присуща и половозрелым самцам рыжей полевки в исследуемых биогеохимических провинциях. Более крупный индекс семенника молодых животных, возможно, связан с ускорением полового созревания в экстремальных геохимических условиях. Следует отметить, что соли хрома на территории биогеохимической провинции, также, вносят вклад в ускорение созревания животных, поскольку данный элемент в определенных концентрациях оказывает стимулирующее влияние на гонадотропную функцию гипофиза.

Значимых различий по потенциальной и фактической плодовитости в зависимости от фазы численности и возраста не обнаружено ($p > 0.05$). Результаты по показателям размножения сведены в таблицу 2. Из них следует, что потенциальная плодовитость увеличивается у самок, обитающих в районах естественных геохимических аномалий. Однако достоверные различия между величинами признака обнаружены лишь в варианте фон – участок 2 ($U=19.50$, $Z= - 2.92$, $p < 0.05$). Фактическая плодовитость выше у полевок в районах естественных геохимических аномалий. Различия в отмеченных группах значимы: участок 1 – фон ($U=90.5$, $Z=2.45$, $p < 0.05$), участок 2 – фон ($U=36.0$, $Z=2.0$, $p < 0.05$).

Таблица 2.

Плодовитость и доимплантационная смертность у самок рыжей полевки на территориях естественных геохимических аномалий (участок 1 и 2) и фоновом участке

Признак	участок 1	участок 2	фон
Потенциальная плодовитость	6.1±0.24	6.9±0.30	5.4±0.22
Фактическая плодовитость	5.7±0.22	6.1±0.52	4.8±0.23
Доимплантационная смертность (%)	5.12	3.78	9.20
Количество животных	18	8	19

Ранее показано, что на территории изучаемой природной биогеохимической провинции происходит интенсификация функциональной активности щитовидной железы [Михеева, 2006]. Это является одной из причин повышения потенциальной плодовитости у самок рыжей полевки в данных районах, поскольку известно, что гормоны щитовидной железы увеличивают количество овуляций. На клеточном уровне тиреоидные гормоны действуют однонаправленно с ФСГ, оказывая прямое стимулирующее действие на функции гранулезных клеток, включая их морфологическую дифференциацию; стимулируют секрецию прогестерона и эстрадиола желтым телом; влияют на способность ооцитов к оплодотворению, качество и жизнеспособность эмбрионов [5].

Доимплантационная смертность в 1,8 и 2,4 раза ниже у самок на участках 1 и 2 соответственно по сравнению с фоновой территорией. Существует предположение о возможной генетической детерминации рецессивными летальными факторами доимплантационной гибели животных и о том, что доимплантационные потери коррелируют с общей приспособленностью популяции. Следовательно, низкие величины доимплантационной смертности в популяциях рыжей полевки на территориях геохимических аномалий, свидетельствует об отсутствии повышенного содержания в данных популяциях летальных наследственных факторов.

В соответствии с положениями теории жизненных циклов (life history), а также гипотезой иммунного гандикапа, затраты на процессы, связанные с воспроизведением, должны быть компенсированы ограничением других жизненно важных потребностей организма, в частности - снижением затрат на защиту от инфекций. Каждый шаг на пути к репродуктивному успеху (половое созревание, высокая плодовитость самок) сопровождается снижением иммунореактивности. Объясняется это тем, что размер помета положительно коррелирует с концентрацией основного гормона беременности прогестерона и глюкокортикоидов в крови беременных самок. Повышенная секреция этих иммуносупрессоров обуславливает подавление иммунитета. Поэтому, эндокринные механизмы беременности обеспечивают обратную зависимость иммунореактивности и плодовитости [2], кроме того, у беременных и лактирующих самок возрастают энергетические потребности. Следовательно, эта группа подвержена высокой смертности, особенно в экстремальных геохимических условиях.

Таким образом, увеличение индекса семенника и показателей плодовитости, снижение доимплантационной смертности и доли самок с доимплантационными потерями - это адаптивная реакция популяции на воздействие комплекса условий природных геохимических аномалий, которая связана с повышенным уровнем постнатальной смертности животных в данных районах. При этом увеличение рождаемости в условиях природных геохимических аномалий, предназначенное компенсировать высокую смертность, неизбежно приводит к снижению индивидуальной приспособленности животных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 07-04-96107.

Литература

1. Михеева Е.В. Морфофункциональные особенности надпочечника и щитовидной железы рыжей полевки на территории природной биогеохимической провинции: автореф. дис. канд. биол. наук. / Е.В. Михеева // Екатеринбург. - 2006. - 26 с.
2. Мошкин М.П. Иммунная система и реализация поведенческих стратегий размножения при паразитарных прессах / М.П. Мошкин, Л.А. Герлинская, В.И. Евсиков // Журн. общ. биологии. - 2003. - Т. 64, № 1. - С.23 - 44.
3. Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринский // Свердловск: УФАН СССР, 1968. - 388 с.
4. Пескова Ю. П. Адаптационная изменчивость земноводных в антропогенно загрязненной среде: автореф. дис... д-ра биол. наук / Ю. П. Пескова // Тольятти. - 2004. - 36 с.
5. Wakim AN. Influence of thyroxine on human granulosa cell steroidogenesis in vitro / AN. Wakim, SL. Polizotto, DR. Burholt // J. Assist. Reprod. Genet. - 1995. - Vol. - 12, № 4. - P. 274 - 277.

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОПУЛЯЦИИ
DREISSENA POLYMORPHA (PALLAS, 1771)
В РЕКЕ МАЛАЯ КОКШАГА (РМЭ)**

Бедова П.В.

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

bedova@marsu.ru

Дрейссена – пресноводный двустворчатый моллюск, имеет зеленоватую или желтоватую раковину длиной до 4-5 см, с рисунком из поперечных или зигзагообразных коричневых полос.

Несмотря на то, что (*Dreissena polymorpha*) типична для пресных вод, все дрейссениды – недавние иммигранты в континентальные воды, и по классификации Я.И. Старобогатова представители рода *Dreissena* отнесены к группе мезолимнических организмов. *D. polymorpha* – заметно расширила свой европейский ареал в последние несколько веков вслед за интенсификацией судоходства и созданием межбассейных каналов [4].

Современное распространение дрейссены полиморфной в Европе хорошо документировано. В настоящее время дрейссена распространена почти по всей Европе, включая Британские острова. Успешному ее распространению по водным системам способствуют: наличие биссуса, прикрепляющего дрейссену к днищам судов, лапкам перелетных водоплавающих птиц; наличие пелагической стадии в ее онтогенезе; наличие твердых субстратов; обильный сестон, которым питаются дрейссена и ее личиночные стадии [4].

Дрейссены приспособлены к жизни на камнях и растут непрерывно в течение всей жизни. Молодые моллюски, формирующиеся из планктонных личинок, оседающих на камни, до появления у них биссуса обладают длинной клейкой ногой, удерживающей их на камне [5]. Лучше всего дрейссены развиваются на глубине от полутора до двух метров, живут до семи – восьми лет. Этим моллюсков можно найти на различных находящихся в воде предметах. Кроме того, их раковины можно обнаружить вместе с раковинами других моллюсков на берегах рек и озер. Одной из малоразработанных областей экологии популяций является исследование конгрегаций, т.е. скоплений организмов.

Впервые дрейссена в реке Малая Кокшага была обнаружена в 1994 году на участке реки в Сомбатхейском микрорайоне города Йошкар-Олы, затем она стремительно стала распространяться вниз по течению, заселяя все пригодные для обитания места. Результаты исследований 2006 года подтверждают, что на станциях выше по течению от места первой находки единичных экземпляров, дрейссен не обнаружено [1].

В связи с этим целью наших исследований было: изучение распространения дрейссены в реке Малая Кокшага и типы поселений исследуемого вида; определение численности и биомассы популяции дрейссены и выявление размерной структуры *Dreissena polymorpha* реки Малая Кокшага.

По типу питания река Малая Кокшага относится к рекам Восточно-европейского типа и характеризуется резко выраженным половодьем, наличием стока в течение всего года, низкой летней, зимней меженью, устойчивым ледяным покровом. По морфологическому строению бассейн делится на два резко отличающихся друг от друга участка: северный выше впадения реки Нольки, расположенный на волнистой Яранско-Кокшайской возвышенности и южный, занимающий часть песчаной низменности, равнины левобережья реки Волги [2].

В летний период 2007 года нами проведены исследования ниже по течению от места находки единичных экземпляров до очистных сооружений города Йошкар-Ола. На реке было заложено 7 станций по обоим берегам. Исследованы численность и биомасса дрейссены, проведены измерения некоторых основных линейных параметров раковин: длина, высота и ширина. Для изучения направленности формообразования раковин был рассчитан индекс отношения высоты к ширине (Н/Ш) [3].

В результате проведения исследований в летний период 2007 года выяснилось, что плотность поселений дрейссены менялась от 50 до 201 экз/м² (таблица 1). Наибольшее количество особей выявлено на станции № 5, которая находится у начала лесопарка «Сосновая роща», недалеко от лодочной станции. Место отбора пробы характеризуется песчано-илистым грунтом с многочисленными ветками, которые являются хорошим субстратом. Быстрое течение здесь способствовало формированию такого типа поселения как агрегаты друз. Наименьшая плотность как и наименьшая биомасса дрейссены отмечена на седьмой станции, характеризующейся илистым грунтом и практически стоячей водой. Это отрицательно влияет на жизнедеятельность дрейссен. Средняя плотность поселения дрейссены по исследуемой территории реки Малая Кокшага на 2007 год составляет 133,2±21,7 экз/м².

Таблица 1.
Количественные показатели состояния популяции дрейссены в реке
Малая Кокшага

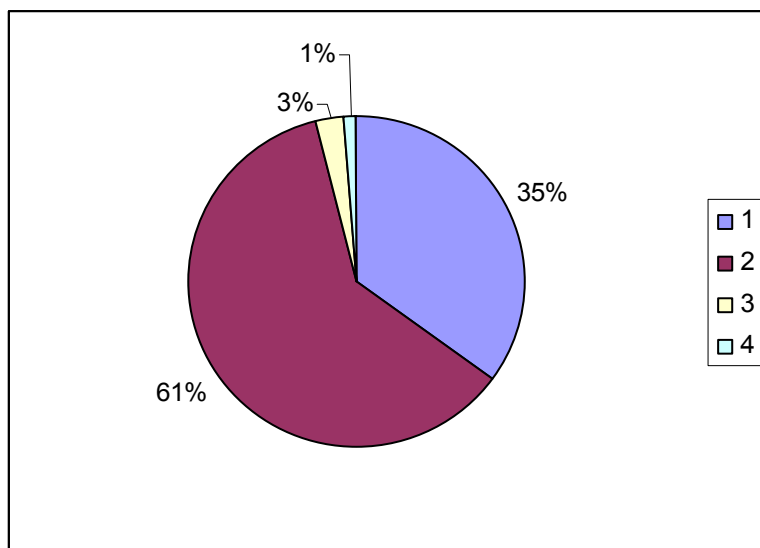
Номер станции показатели	1 - микрорайон Ширийково 1	2 - микрорайон Ширийково 2	3 - микрорайон Ширийково 3	4 - лесопарк «Сосновая роща» 1	5 - лесопарк «Сосновая роща» 2	6 - Очистные сооружения	7 - Вантовый мост	Средняя по исследуемому участку
Плотность (экз/м ²)	124	131	195	72	201	160	50	133,2±21,7
Биомасса (экз/м ²)	62,0	72,6	95,0	32,0	92,0	151,0	32,0	76,6±15,6

Средняя биомасса популяции дрейссены по исследуемому участку реки Малая Кокшага на июнь 2007 года составляла 76,6±15,6 г/м² и варьировала по станциям от 32,0 г/м² до 151,0 г/м². Наибольшая биомасса популяции

дрейссен зарегистрирована на станции № 6, которая находится на резком повороте реки, где течение увеличивается, что благоприятно влияет на рост дрейссен. Объект исследования обнаруживали друзьями на других моллюсках. Вес дрейссен максимален именно на этой учетной площадке, несмотря на то, что численность мала. Собранные экземпляры были довольно крупными.

В ходе проведения исследований на семи учетных площадках нами собрано 933 экземпляра дрейссен, которые имели длину раковины от 5 мм до 31 мм. Разделив, все собранные экземпляры по длине раковин на четыре размерные группы: 1 группа – от 5 до 15 мм, 2 – от 16 до 25 мм, 3 – от 26 до 30 мм, 4 – от 31 до 35 мм, выяснилось, что к первой размерной группе относятся 327 особей (35 % собранных раковин), ко второй – 569 особей (61 % собранных раковин), к третьей – 28 особей (3 % собранных раковин), к четвертой – 9 особей (1 % собранных раковин) (рисунок 1).

Исходя из полученных данных, можно сказать, что ко второй размерной группе по длине относится наибольшее количество исследуемых раковин (61%).



Примечание: 1-размерная группа 5-15 мм; 2- размерная группа 16-25 мм; 3- размерная группа 26-30 мм; 4 – размерная группа 31-35 мм.

Рисунок 1. - Процентное соотношение размерных групп дрейссен в реке Малая Кокшага (июнь 2007 год).

Определение индексов соотношения высоты и ширины позволяет характеризовать направленность формообразования раковины моллюска, в тех или иных условиях среды. При высоких скоростях течения, у моллюсков формируется раковина с высотой больше ее ширины, при замедленном – высота раковины меньше ширины [3].

Анализируя изменение индекса Н/Ш по станциям (рисунок 2), можно заключить, что только на станции № 7 отношение высоты к ширине Н/Ш > 1 имели всего лишь 41,4 % особей, следовательно, течение на этой учетной

площадке замедленное. На этой же станции зафиксирована и наименьшая плотность поселения и биомасса. По-видимому, в этом месте реки условия для жизнедеятельности этого вида двустворчатых моллюсков далеко не оптимальные.

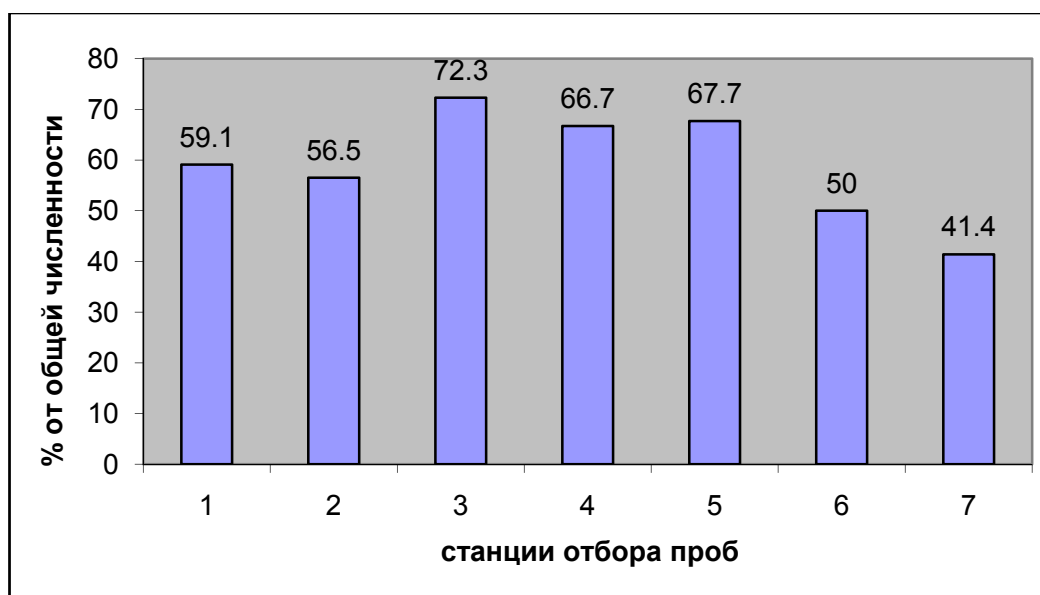


Рис. 2. Индекс отношения высоты раковин к ширине (Н/Ш) дрейссен по станциям (% от общей численности)

На всех остальных исследованных нами учетных площадках раковины дрейссен имели индекс $H/W > 1$ более 50 % особей. На первой станции индекс $H/W > 1$ имели 59,1 % особей, на второй - 56,5 %, на третьей – 72,3 %, на четвертой – 66,7 %, на пятой – 67,7%, на шестой – 50%.

По данным 2006 года отношение $H/W > 1$ имели 74,1 % особей [2]. По данным 2007 года отношение $H/W > 1$ имели 61,3 % особей. Это говорит о том, что в реке Малая Кокшага формирование раковин дрейссен идет в высоту, т.к. при высоких скоростях течения у моллюсков формируется раковина с высотой больше ее ширины.

Таким образом, в результате анализа полученных данных можно заключить, что спустя 13 лет после вселения вида *D. polymorpha* в реку Малая Кокшага средняя численность и биомасса дрейссен на июнь 2007 года составляли $133,2 \pm 21,7$ экз/м² и $76,6 \pm 15,6$ г/м² соответственно. В реке Малая Кокшага преобладают особи дрейссен средней размерной группы. Это говорит о том, что популяция в исследуемой реке молодая. По исследуемой территории реки Малая Кокшага индекс отношения высоты раковины к ее ширине ($H/W > 1$) имели 61,3 % особей. Формирование раковин дрейссен в реке Малая Кокшага идет в высоту (формирование популяции происходит при довольно высокой скорости течения).

Отсутствие подходящего субстрата, илистый грунт, снижающий содержание кислорода в воде препятствуют массовому развитию дрейссен. В

настоящее время основным типом поселений дрейссен на исследуемом участке являются разрозненные поселения и друзы.

Работа выполнена при поддержке гранта МарГУ (задание Минобразования РФ)

Литература:

1. Бедова П.В., Бедов С.А., Петрова Е.О. Проникновение дрейссены в р.Малая Кокшага (левый приток Волги) //Состояние, охрана, воспроизводство и устойчивое использование биологических ресурсов внутренних водоемов. Материалы междуна. Науч.-практ. Конф. –Волгоград, 2007. – С. 23-25.
2. Иванов, Н.В. География Марийской АССР / Н.В. Иванов. – Йошкар-Ола: Периодика, 1992. – 104 с.
3. Качанова, А.А. О росте *Dreissena polymorpha Pallas* в Учинском водохранилище и каналах Мосводопровода /А.А. Качанова // Учинское и Можайское водохранилища. – М, 1963. – С. 226-234.
4. Старобогатов, Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование водоемов земного шара / Я.И. Старобогатов. - Л.: Наука, 1970. – 372 с.
5. Шкорбатов, Г.Л. Экологическая физиология. Дрейссена *Dreissena polymorpha (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae)*. Систематика. Экология, практическое значение / Г.Л. Шкорбатов, А.Ф. Карпевич, П.И. Антонов. - М.: Наука, 1994. – С. 67-108.

К КЛАССИФИКАЦИИ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ГПЗ «БОЛЬШАЯ КОКШАГА»

Бекмансуров М.В., Рыбакова А.Н.

Марийский государственный университет, ГПЗ «Большая Кокшага»,
Йошкар-Ола

ecology@marsu.ru

Сосновые леса доминируют в растительном покрове заповедника, средний возраст древостоев в них варьирует от 50 до 115 лет. На возвышенных участках произрастают сосняки лишайниковые, по пологим склонам и на большинстве участков с выровненным рельефом располагаются сосняки мшистые. На пониженных участках с близким залеганием грунтовых вод распространены сосняки черничные и долгомошные. Междюнные западины заняты сосняками сфагновыми [Абрамов, 1997; Демаков, Исаев, 2005; Демаков, 2007].

В работе проанализированы материалы 50 геоботанических описаний, выполненных авторами и сотрудниками и заповедника в сосняках различных типов. Для характеристики типологического разнообразия растительного покрова использованы синтаксоны эколого-флористической классификации Браун-Бланке, а также соответствующие им группы типов леса доминантной классификации [Заугольнова, Морозова, 2007].

С использованием методов кластеризации и ординации геоботанических описаний выделено 6 групп описаний (кластеров), большинство из которых образуют достаточно компактные скопления в пространстве осей флористического варьирования (рис.1.).

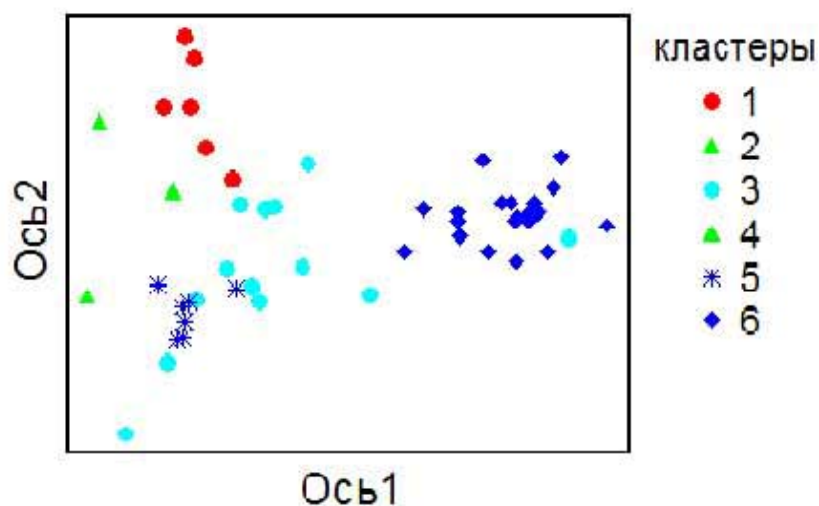


Рис.1. Результаты ординации описаний

Кластер 1 формируют широко распространенные в заповеднике сообщества ассоциации *Cladonio-Pinetum sylvestris* Juraszek 1927. В доминантной классификации этой ассоциации соответствует группа типов леса – *Pineta cladino-hylocomiosum* (сосняки лишайниково-зеленомошные). В формировании древостоя, кроме сосны (*Pinus sylvestris* L.) принимает участие береза повислая (*Betula pendula* Roth). Разреженный подлесок образуют можжевельник (*Juniperus communis* L.), ель финская (*Picea X fennica* (Regel) Kom.) и рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). В травяно-кустарничковом ярусе обычны брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth). Покрытие мохово-лишайникового яруса 60-100%.

Мало распространенными на исследованной территории являются сообщества ассоциации *Quercu-Pinetum* J. Mat. 1981 (кластеры 2 и 4), которые встречаются на участках надпойменных террас, где в толще песчаных отложений встречаются суглинистые прослои, что создает условия для произрастания неморальных видов деревьев. В древостое помимо *P. sylvestris* присутствуют *P. X fennica*, *Betula pubescens* Ehrh., осина (*Populus tremula* L.), и дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). Хорошо развит подлесок с участием шиповника майского (*Rosa majalis* Herrm.), *J. communis*, крушины ломкой (*Frangula alnus* Mill.), ракитника русского (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Vorosch.) Klask.), черемухи (*Padus avium* Mill.) и жимолости лесной (*Lonicera xylosteum* L.). В подросте встречаются липа (*Tilia cordata* Mill.), *B. pubescens*, *Q. robur*, клен остролистный (*Acer platanoides* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.) и осина. Покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 35 до 75%. Наиболее константными являются бореальные виды: *C. arundinacea*, *C. majalis*, *V. vitis-idaea*. С высокой встречаемостью, но небольшим обилием присутствуют также молиния голубая (*Molinia caerulea* (L.) Moench), костяника (*Rubus saxatilis* L.), седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.) и золотарник (*Solidago virgaurea* L.). Мохово-лишайниковый ярус развит слабо, его покрытие составляет 15%.

Кластер 3, положение которого в осях варьирования не столь компактно, как в остальных случаях, образуют ассоциации *Vaccinio vitis idea-Pinetum* Sokol 1980 и *Vaccinio myrtilli-Pinetum* Kob. 1930, Br.-Bl. et. Vlieger 1939, которые в доминантной классификации относятся к группе типов леса сосняки кустарничково-зеленомошные (*Pineta fruticuloso-hylocomiosa*). В древостое сообществ господствует *P. sylvestris* с примесью *B. pendula*. Подлесок слабо развит, его образуют единичные экземпляры *J. communis*, *F. alnus*, *S. aucuparia*, *C. ruthenicus*. Отмечено хорошее возобновление *P. X fennica*. Данные сообщества располагаются на надпойменных террасах и водоразделах: первые – на хорошо дренированных участках, вторые – в условиях большего увлажнения. Мохово-лишайниковый ярус развит хорошо (покрытие 70-100%), в нем преобладают *Pleurozium schreberi*, *Politrichum commune*, *P. juniperinum*, *Dicranum scoparium*.

В пределах ассоциации *Vaccinio vitis idea*–*Pinetum* выделяется вариант *Pteridium aquilinum* (кластер 5), отличающийся от типовой ассоциации высокой встречаемостью и обилием орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). В подросте помимо *P. X fennica* встречается *P. sylvestris* и *Q. robur*. Высококонстантные виды травянокустарничкового яруса – *P. aquilinum*, *C. arundinacea*, *V. vitis-idaea*, черника (*Vaccinium myrtillus* L.), марьянник луговой (*Melampyrum pratense* L.).

Хорошо обособлена группа описаний, формирующих кластер 6. Она содержит значительное число видов, свойственных союзу *Pino-Ledion* класса заболоченных лесов – *Vaccinieta uliginosi*. В разных работах подобные сообщества представлены несколькими ассоциациями, близкими друг к другу: *Pino-Ledetum palustris*, *Chamaedaphno-Ledetum*, *Eriophoro-Pinetum*, *Ledo-Sphagnetum magellanicum*, *Oxycocco-Sphagnetum*, *Sphagnetum betulo-Pinosum*, и, по мнению ряда авторов, могут рассматриваться как синонимы. Также как Л.Б. Заугольнова и О.В. Морозова [Ценофонд..., 2007] мы рассматриваем эту группу сообществ в рамках ассоциации *Pino-Ledetum palustris* Тх. 1955. В доминантной классификации – это группа сосняков кустарничково-сфагновых (*Pineta sylvestris fruticuloso-sphagnosa*).

В подросте преобладает *P. sylvestris*, редко встречается угнетенная *B. pubescens*. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют кустарнички: подбел обыкновенный (*Andromeda polifolia* L.), болотный мирт (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench), багульник (*Ledum palustre* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.) и клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.). Локально доминирует пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.). Моховой ярус образует сплошное покрытие. Преобладают сфагновые мхи: *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum fallax*. Зеленые мхи представлены: *Polytrichum commune*, *Pleurozium schreberi*.

Весьма редкими на территории заповедника являются сообщества ассоциации *Cladonio rangiferinae-Pinetum sylvestris* Juraszek 1927, в доминантной классификации – *Pinetum cladinosum* (Рысин, 1975). Это сосняки лишайниковые, приуроченные к вершинам мезоповышений. В древостое, помимо низкорослой сосны (15-17 м) встречается *B. pendula*. Ярус подлеска не выражен. В травяно-кустарничковом ярусе, покрытие которого не превышает 10% встречаются *M. pratense*, вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), *V. vitis-idaea*. В мохово-лишайниковом ярусе – *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina*, *Cladonia sylvatica* и другие лишайники.

Наибольшим видовым разнообразием сосудистых растений характеризуются сообщества ассоциации *Vaccinio vitis idea*–*Pinetum*, где обнаружен 51 вид, наименьшим – *Cladonio rangiferinae-Pinetum sylvestris* (8 видов). Здесь, а также в ассоциации *Pino-Ledetum* отмечена минимальная видовая насыщенность (8 видов) на 400 м², в то время как в ассоциации *Quercus-Pinetum*, этот показатель составляет 31 вид на 400 м².

Литература

1. Абрамов Н.В. Об инвентаризации флоры заповедника «Большая Кокшага» / Н.В. Абрамов, В.Н. Тихомиров // Заповедное дело: научно-методические записки комиссии по заповедному делу. - 1997. - вып. 2. - С. 70-73
2. Демаков Ю.П. Гидрологический очерк территории заповедника / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев, А.И. Толстухин // Научные труды государственного природного заповедника "Большая Кокшага". - Вып. 1. - Йошкар-Ола, 2005. - С. 106-124.
3. Демаков Ю.П. Структура земель и лесов заповедника / Ю.П. Демаков // Научные труды государственного природного заповедника "Большая Кокшага". - Вып. 2. - Йошкар-Ола: Марийский гос. техн. ун-т, 2007. – С. 9-48.
4. Заугольнова, Л.Б. Ценофонд лесов Европейской России / Л.Б.Заугольнова, О.В.Морозова / <http://mfd.cepl.rssi.ru/flora>.
5. Рысин, Л.П. Сосновые леса европейской части СССР / Л.П. Рысин. – М.: Наука, 1975. – 212 с.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Бессолицына Е.П.

Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения РАН,
Иркутск

E-mail: bessol@irigs.irk.ru

В последние десятилетия проблема потери биологического разнообразия становится одной из центральных при рассмотрении глобальных экологических изменений. Во многих случаях биоразнообразие рассматривается не только как уникальное свойство живой природы, но и как стратегический экологический ресурс при реализации глобальной (или национальной) политики жизнедеятельности. Сохранение биологического разнообразия, с одной стороны, тесно связано с деятельностью по охране природных ресурсов и окружающей среды, осуществляемой в системе природопользования. С другой стороны, она является самостоятельным, специфическим направлением деятельности, нацеленной на снижение влияния самого процесса природопользования на состояние экологических систем.

Биологическое разнообразие как объект сохранения представляет собой не только видовой состав организмов с их количественными параметрами, но и качественную систему взаимосвязей между этими организмами, обеспечивающую функциональную целостность экологических систем.

Высокое биоразнообразие Байкальского региона обусловлено его географическим положением и особенностями формирования рифтовой зоны, способствовавшим образованию своеобразной ландшафтной структуры. Байкальский регион относится к числу основных физико-географических «узлов» Евразийского материка. Здесь наблюдается наложение ареалов представителей различных биогеографических зон, что ведет к усложнению ситуации с точки зрения распространения видов и фаунистических комплексов и выделяет регион на фоне сопредельных территорий. Повышенное биологическое разнообразие Прибайкалья, где наряду с таёжными лесами, имеются степные, водно-болотные и высокогорные участки, связано с прохождением северных и южных, восточных и западных границ ареалов многих видов животных и растений. Своеобразие ландшафтно-экологических условий создает предпосылки для местного эндемизма и формирования уникальных природных объектов с большим количеством редких видов.

Для охраны биоразнообразия в Байкальском регионе создано 7 заповедников – Байкальский, Байкало-Ленский, Баргузинский, Витимский, Даурский, Джергинский и Сохондинский; 4 национальных парка – Алханайский, Забайкальский, Прибайкальский и Тункинский; несколько десятков заказников и свыше сотни памятников природы. Особо охраняемые

природные территории играют важную роль в сохранении биоразнообразия и, особенно редких и занесённых в Красные книги животных и растений. Только на участке Всемирного наследия «Озеро Байкал» заповедники и национальные парки занимают 1828 тысяч га – более 30 % всей территории [1].

Особый интерес в составе биосферы представляют беспозвоночные животные. В настоящее время в мировой фауне только насекомых известно более 1 млн. видов, а общее количество беспозвоночных, по предварительным подсчетам, составляет не менее 4-5 млн. Имея широкий спектр жизненных форм, они населяют самые разнообразные места обитания – от горячих источников и раскаленных песков пустынь до глубинных пещер и островов Антарктики.

Беспозвоночные животные имеют большое значение в экономике природы, выполняя важную роль в почвообразовательных процессах, деструкции отмершей органики, повышении продуктивности растений, регуляции численности вредных организмов, создании пищевых продуктов и лекарственных веществ. Они могут служить индикаторами при определении степени загрязненности различных типов почв и водоемов. Многообразие условий существования способствовало развитию сложной мозаики многочисленных по составу биотических сообществ с высокой степенью своеобразия фауны Байкальского региона.

Кроме полезных и наиболее красивых животных, в охране нуждаются реликтовые и эндемичные, редкие и исчезающие виды. К редким относятся животные, которые в определенном регионе (как правило, на границе своего естественного ареала) распространены в виде отдельных немногочисленных изолированных популяций. Редкие виды довольно часто входят в состав реликтовых сообществ, сохранившихся в отдельных, благоприятных для них по экологическим условиям местообитаниях, и представляющих собой остатки фаун прежних геологических эпох. Их численность, как правило, зависит от ряда критических для данного вида абиотических и биотических факторов. Реликты характеризуются по возрасту – палеозойские, мезозойские, третичного и четвертичного периодов; по центру происхождения – средиземноморские, центральноазиатские и т.д., по экологическому статусу – гигрофильные, ксерофильные, криофильные и пр. Это виды, имеющие локальные ареалы, сохранившиеся либо в местах происхождения, либо на небольших территориях позднейшей миграции в результате изменения экологических условий.

К числу редких видов принадлежат также эндемики – виды, сформировавшиеся в условиях географической изоляции – на островах, в горной местности с сильно расчлененным рельефом и контрастными условиями обитания. Наибольшее количество реликтовых и эндемичных видов характерно для горных систем Прибайкалья с очень контрастными микроклиматическими и эдафическими условиями.

В экологическом отношении реликтовые и эндемичные виды, как правило, очень чувствительны к изменению факторов среды и относятся к стенобионтным формам. Поэтому при изменении условий обитания по тем или иным причинам происходит сокращение их численности, и они переходят в категорию исчезающих видов.

Главной причиной обеднения сообществ и исчезновения видов является усиливающееся воздействие человека на природную среду. Основными факторами антропогенной нарушенности природных комплексов являются воздействие промышленных предприятий, элиминация древесного полога в результате рубок, пожары, перевыпас скота, распашка лугов и перелесков, мелиорация, ненормированное применение удобрений и пестицидов, рекреационная нагрузка и многое другое, а также коллекционирование и интенсивный сбор редких и наиболее красивых видов. Все это ведет к преобразованию, сокращению, иногда полной деградации среды обитания животных и даже уничтожению наименее устойчивых экосистем. В большинстве ситуаций механизмом антропогенных трансформаций является изменение либо гидротермического режима, либо физико-химических свойств почвы, обуславливающие соответствующие изменения биотических сообществ.

Биологическое разнообразие находится в сложной функциональной зависимости с характеристиками экосистемы, ее размерностью и устойчивостью, динамической структурой – биотой и абиотической средой, представляющих единое целое. Показателем разнообразия видов принято считать соответствие между числом видов и их удельным значением (численностью, биомассой, продуктивностью, встречаемостью и т.д.) или отношение числа видов к единице площади [2].

В Байкальском регионе фаунистическая и экологическая изученность отдельных систематических групп животных далеко не равнозначна. Наиболее полные сведения накоплены о видах, имеющих промысловое значение, паразитических и кровососущих членистоногих, вредителях сельскохозяйственных и лесных культур, а также об эндемичной байкальской фауне. Изучение беспозвоночных, не имеющих большого практического значения, находится в зависимости от интересов отдельных специалистов по систематике и фаунистике отдельных групп. До настоящего времени не разработаны единые критерии определения редкости, уникальности и целесообразности включения отдельных видов в Красные книги регионального и Федерального значения. Из-за недостаточной изученности существующие сводки об охраняемых видах беспозвоночных животных не дают целостного представления о масштабах проблемы сохранения их разнообразия.

На современном этапе для сохранения биоразнообразия важное значение имеет формирование полноценной региональной информационной базы в виде кадастров охраняемых объектов природы, каталогов, атласов и определителей, конспектов фауны и других инвентаризационных сводок,

включающих редкие и уникальные виды (с указанием их распространения, встречаемости и численности, т. е. определения категорий редкости, реликтовости) и места их обитания. Это должны быть не разрозненные данные, а стройная многоступенчатая система, упорядочивающая сведения в типологическом плане и разного иерархического уровня, включающая территории регионального порядка, ландшафты, экосистемы, сообщества, - популяции и отдельные виды.

Одной из наиболее рациональных и эффективных форм сохранения биологического разнообразия считается дальнейшее развитие сети особо охраняемых территорий, позволяющих сохранить не только виды и их сообщества, но и среду обитания этих видов, как правило, являющуюся составной частью уникальной экосистемы или ландшафта в целом.

Поиску оптимальных схем размещения и выделения охраняемых объектов должна предшествовать первичная картографическая инвентаризация флоры и фауны в виде картосхем распространения редких, реликтовых и эндемичных видов с последующей оценкой значимости этих природных объектов и их чувствительности к разного рода воздействиям.

Для разработки стратегии сохранения биоразнообразия как наземных, так и водных экосистем, объединяющих два основных биотических блока – флору и фауну, необходим комплексный системный подход. На наш взгляд, одним из таких подходов может быть ландшафтно-экологический или экосистемный, по своему содержанию и методологии включающий наиболее важные звенья этой стратегии: от выделения территорий с повышенным биотическим разнообразием, их инвентаризации, типологии и картографирования до разработки методов и критериев оценки биоразнообразия и организации мониторинга.

Состояние экосистемы, как и степень изменения биоразнообразия, может быть выражена различными показателями: коэффициентами разнообразия или сходства сравниваемых сообществ, индексами доминирования и встречаемости видов, а также посредством оценочных шкал, где отклонение индикационного признака от фоновых характеристик выражается в процентах или баллах.

Наиболее распространенной является пятибалльная шкала, где I - соответствует очень слабой степени трансформации, а отклонение составляет не более 20%, II – это относительно слабая степень с отклонением от 21 до 40%, III - средняя степень (от 41 до 60 %), IV – сильная (от 61 до 80%) и V – очень сильная степень нарушенности (от 81 до 100%). В спектре состояний природной среды выделяется три основных категории ситуаций: критические, конфликтные и относительно благополучные.

Изменение биоразнообразия может проследиваться на двух уровнях: видовом, когда происходит сокращение числа видов за счет выпадения отдельных видов и таксономических групп, и экосистемном, когда под воздействием антропогенных факторов наблюдается нивелирование различий между отдельными биогеоценозами и экосистемами и полная

деградация некоторых из них. Вероятность проявления нежелательных последствий, увеличивается адекватно росту степени воздействия, преломляясь через экологические параметры среды.

Ландшафтно-экологическая концепция сохранения биоразнообразия предполагает научно-обоснованные формы человеческой деятельности, направленные на сбережение и воспроизводство социально-экологических функций ландшафта и его биотического потенциала путем ограничения негативного воздействия на основе регламентации и нормирования отдельных форм хозяйственной деятельности, а также оптимизацию и дальнейшее развитие системы охраняемых территорий.

Ключевыми звеньями рассматриваемой концепции являются:

1. Выделение наиболее перспективных территорий с точки зрения уникальности и ценности биоразнообразия;
2. Оценка современного состояния биотических сообществ и их разнообразия на экосистемном и видовом уровнях, а также прогноз изменений при определенных типах и формах человеческой деятельности;
3. Определение целей и вариантов использования территории (оптимизация существующих и возможных видов хозяйственной деятельности с приоритетом сохранения биоразнообразия);
4. Разработка ограничений того или иного вида воздействия на природные комплексы, природоохранных и ресурсосберегающих мероприятий;
5. Контроль за состоянием биоразнообразия и социально-экономическими и экологическими последствиями антропогенного воздействия.

Ландшафтно-экологический подход обеспечивает сохранение средообразующих и регуляционных функций экосистемы, повышает объективность прогнозирования изменений биологического разнообразия за счет учета структурно-динамических особенностей природных комплексов и связанных с ними категорий чувствительности, устойчивости, экологической ценности и уникальности. Использование этого подхода на картографической основе обеспечивает типологическую и пространственную определенность оценочных и прогнозных построений, а также возможность проследить закономерности проявления последствий различных форм антропогенного воздействия.

Литература

1. Бессолицына Е.П., Попов В.В. Приоритетные виды и группы по сохранению биоразнообразия в Байкальском регионе // Настольная книга по экономике сохранения биоразнообразия Байкальского региона. – Иркутск, 2002. – С. 11-23.
2. Реймерс Н.Ф. Популярный биологический словарь. – М.: Наука, 1991. – 544 с.

РАЗРАБОТКА СЕТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Бузмаков С.А.

Пермский госуниверситет, Пермь

В настоящее время федеральными и региональными правовыми нормами для развития сети особо охраняемых природных территорий требуется проведение исследований по подготовке «материалов комплексного экологического обследования» [1] или «обоснования (проекта)» [2].

Необходимо решить задачи по форме и методу проведения комплексного экологического обследования участков территорий, содержанию и форме отчета о проведенном обследовании, в т.ч. требования к картографическим и фотографическим материалам.

Проведение работ должно учитывать особенности категорий ООПТ установленных действующим законодательством (природные парки; государственные природные заказники; памятники природы; природные резерваты; охраняемые ландшафты; дендрологические парки, ботанические сады и другие формы коллекций живых организмов; лечебно-оздоровительные местности и курорты, историко-природные комплексы и территории, этноэкологические охраняемые природные территории). Также выделяем видовые особенности ООПТ (ландшафтные; биологические, в т.ч. ботанические и зоологические; палеонтологические; гидрологические; геологические).

Особо охраняемые природные территории выполняют важные ландшафтно-экологические и социально-экологические функции: сохранение ландшафтного разнообразия, биологического разнообразия, средообразующие (средоформирующие) функции, регулирование природопользования, поддержание экологического баланса, восстановление тех или иных видов природных ресурсов.

Видовые особенности ООПТ определяются наличием уникальных и особо ценных ландшафтных; биологических, в т.ч. ботанических и зоологических; палеонтологических; гидрологических; геологических объектов и явлений.

К уникальным и особо ценным природным объектам Пермского края относятся природные объекты, созданные физическими и биологическими образованиями или группами таких образований, природные достопримечательные места или строго ограниченные природные зоны, имеющие выдающуюся универсальную ценность с точки зрения науки, сохранения или природной красоты:

1. Уникальные природные объекты, находящиеся под угрозой исчезновения по естественным причинам природные объекты:

1.1 Редкие природные объекты на планете. Редкость таких объектов определяется весьма специфическими экологическими, географическими факторами.

1.2 Редкие природные объекты и явления на территории России;

1.3 Редкие природные объекты и явления на территории Пермского края.

2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения по антропогенным причинам (исчезающие). Включаются все редкие и ограниченного распространения природные объекты, имеющие повышенное экологическое, научное и познавательное значение. Освоенные человеком редкие экосистемы, изначально занимающие небольшие площади, нуждающиеся в специальной охране для целей сохранения ландшафтного и биологического разнообразия.

Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения по антропогенным причинам (исчезающие) природные объекты на территории России;

Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения по антропогенным причинам (исчезающие) природные объекты на территории Пермского края

3. Типичные (эталонные) природные объекты принимаются как особо ценные. В Пермском крае выделяем основные, локальные (местные) эталоны экосистем (ландшафтов) и эталонные комплексы экосистем (ландшафтов), представляющие разнообразие экосистем по генезису, распространению Пермского края и характеризующиеся наиболее полным выражением признаков выделяемых экосистем:

Основные типичные экосистемы (эталонные);

Локальные (местные) типичные экосистемы (эталонные);

Эталонные комплексы типичных экосистем

Экосистемы с особой научной, познавательной, исторической значимостью (экосистемы научных стационаров с длительным проведением опытов, базовых учебных полигонов, исторического, мемориального значения);

историко-природные комплексы и территории. Включаются экосистемы с исторически сложившимся рациональным режимом использования ресурсов и ландшафтов, обеспечивающим поддержание экологического баланса.

земли, объединяющие природно-культурно-исторические комплексы, необходимые для среды обитания и основ традиционного образа жизни коренного и старожильческого населения;

экосистемы обеспечивающие средообразующие (средоформирующие) функции, регулирование природопользования, поддержание экологического баланса;

экосистемы обеспечивающие восстановление тех или иных видов природных ресурсов;

ландшафты, пейзажи, отдельные природные объекты и явления имеющие выдающуюся ценность с точки зрения природной красоты.

Для определения категории региональной ООПТ необходимо исходить из наличия и соотношения особо ценных природных объектов уникального, типичного характера.

Комплексное экологическое обследование включает в себя этапы: подготовительный (сбор и анализ фондовых материалов, подготовка рекогносцировочного этапа обследования); рекогносцировочный этап полевого обследования; детальный этап обследования; камеральный (обработка данных полевых наблюдений и фондовых материалов), оформление материалов комплексного экологического обследования с выводами о целесообразности принятия решений.

Подготовительный этап включает в себя: сбор фондовых материалов; сбор картографических материалов; анализ данных дистанционного зондирования и (или) материалов аэрофотосъемки; составление перечня участков территории перспективных для организации ООПТ (в случае необходимости); подготовку программы рекогносцировочных полевых работ, которая определяет конкретные виды, объемы и сроки проведения первичных обследований.

Рекогносцировочный этап обследования. Задачей этапа является выявление особенностей пространственной организации природной среды, приблизительное оконтуривание ареалов распространения уникальных, типичных и особо ценных природных объектов и явлений, а также окончательное их определение как подлежащих определению на втором (детальном) этапе обследования.

Обследование включает следующий порядок работы: маршрутное обследование территории; полевое обследование с отбором проб и описаниями; составление предварительных карт размещения уникальных и особо ценных природных объектов; написание отчета и принятие решения о проведении детального этапа обследования.

Маршрутное обследование территории проводят во время поездок и пеших маршрутов, при наличии картографической основы с нанесенной на нее схемой обследования и собранного ранее информационного материала. Целями маршрутного обследования являются: уточнение расположения возможных уникальных объектов; оценка на месте хозяйственного использования территории и ее районирование по этому признаку, уточнение на карте границ этих районов;

В ходе полевого обследования отбирают образцы почв, растительности по заранее намеченной и откорректированной на местности схеме во время маршрутных поездок.

Завершается первый этап обследования составлением краткого отчета. Его основная цель – оценить необходимость, объемы работ и приоритеты второго (детального) этапа обследования. В нем должны быть представлены: список уникальных и особо ценных природных объектов, анализируемых на втором этапе; карты природных компонентов и пространственной иерархии экосистем (на районной карте) с приблизительно выделенными контурами

распространения явлений; очередность последующего детального обследования территории на основании выделенных контуров с учетом предполагаемого размещения особо ценных объектов природы.

Задача детального этапа обследования – составление схем, карт и описаний размещения особо ценных и уникальных объектов и явлений на участках территории, которые по итогам рекогносцировочного этапа определены в качестве первоочередных по срокам и необходимости их обследования.

Детальный этап включает в себя: выбор картографической основы на обследуемый участок территории; пробоотбор на данном участке; составление и оформление картосхем; написание отчета о комплексном обследовании ООПТ.

На основном этапе обследования решаются задачи установления, проводится картографическое оформление материалов и установление границ ООПТ.

Установление уникальности природной среды выполняется на основе результатов полевых обследований состояния почвенно-растительного покрова или ландшафтов или экосистем, животного мира, состояния природных вод и других природных объектов, а также результатов лабораторных анализов и камеральной обработки.

Камеральный этап включает: обработку данных полевых наблюдений; проведение экологической оценки современного состояния территории; разработку первичного картографического материала.

Результаты оформляются в виде отчета о проведении комплексного экологического обследования с выводами о целесообразности принятия тех или иных решений, являются частью материалов комплексного экологического обследования.

Литература

1. ФЗ №232 «Об экологической экспертизе» в ред. от 18.12.2006 [электронный ресурс]: Доступ из справочной системы «КонсультантПлюс».
2. Закон Пермской области «О природном наследии Пермской области» от 27.10.2005[электронный ресурс]: Доступ из справочной системы «КонсультантПлюс».
3. Бузмаков С.А., Еремченко О.З., Каменщикова В.И., Кувшинская Л.В., Кулакова С.А. К созданию Красной книги почв Пермского края// Антропогенная динамика природной среды: Материалы Междунар. Науч. –практ. Конф. (16-20 окт. 2006г., г. Пермь)/ Перм. Ун-т. – Пермь: изд. Богатырев П.Г. 2006. В 2-х томах. Том 1. С. 229-233.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ МНОГОЛЕТНИКОВ МЕСТНОЙ ФЛОРЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В ЗЕЛЁНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ *DICTAMNUS GYMNOSTYLIS*

Варламова М.А.

Московский государственный университет технологий и управления,
филиал в г. Мелеуз, РБ, г. Мелеуз
E-mail: kdizain@mail.ru

Поиск неприхотливых, но длительно вегетирующих растений для городского озеленения обязывает обратить внимание исследователей на декоративные дикоросы местной флоры. Как правило, растения эти исчезающие или редкие, поэтому простое изъятие их из природы и перенесение в искусственное сообщество может дать эффект обратный желаемому, а именно - мы уничтожим остатки природных популяций, что преступно, и не приобретем данные виды как культурные. Поэтому, прежде чем начать использовать дикоросы как часть зеленого строительства городской среды, необходимо разностороннее изучение каждого отдельного вида, вызвавшего интерес у ландшафтного дизайнера. Такие работы проводятся в Ботанических садах, методики исследования отработаны, их использование дает достоверные результаты. В экспедиционных исследованиях возможно участие студентов, где они помимо приобретения навыков научно-исследовательской работы, получают экологические и природоохранные знания.

В Башкортостане насчитывается 150 памятников природы с популяциями редких видов или редких сообществ [4], составляющих наряду с другими охраняемыми объектами сеть охраняемых природных территорий (СОПТ). В степном Предуралье Республики Башкортостан число памятников природы невелико, так как этот регион максимально освоен и заселён, и антропогенные нагрузки здесь выше, чем в среднем по республике, что вызвало деградацию растительности.

К таким рефугиумам редких видов относятся расположенные около города Стерлитамака на правом берегу реки Белой 3 живописные горы-одиночки – Стерлитамакские шиханы. Это уникальные геологические образования, сложенные органогенными известняками с многочисленными остатками характерной для раннепермских рифов морской фауны [4]. Стерлитамакские шиханы включены во Всемирный предварительный список геологических памятников под эгидой ЮНЕСКО [2]. На шиханах представлена богатая флора, включающая более 300 видов сосудистых растений, многие из которых – «краснокнижные», что определило статус гор как ботанических памятников природы.

Наиболее разнообразна и богата редкими видами флора шихана Тратау, официально являющегося памятником природы РБ с 1965 года. Здесь встречается 24 вида из Красной книги РБ (2001). Растительность шихана представлена петрофитными (каменистыми) степями (пор. *Onosmetalia*

класса *Festuco-Brometea*), луговыми степями (пор. *Festucetalia valesiaca*, класса *Festuco-Brometea*) и широколиственными лесами (класс *Quercu-Fagetea*).

В составе флоры ряд эндемичных (*Koeleria sclerophylla*, *Elytrigia reflexiaristata*, *Astragalus helmii*, *Minuartia krascheninnikovii*, *Dianthus acicularis*, *Lathyrus litvinovii*, *Linum uralense* и др.) и реликтовых видов (*Artemisia santolinifolia*, *Schivereckia podolica*, *Orosrachys spinosa*, *Geranium robertianum* и др.). 6 редких видов включены в Красные книги РСФСР (1978,1988).

«Красная книга Республики Башкортостан» (2001) включает 232 вида исчезающих растений, среди которых немало полезных: лекарственных, пищевых, пряно-ароматических, декоративных растений. К последней группе относится ясенец голостолбиковый – *Dictamnus gymnostylis* Stev. – редкое декоративное растение из семейства рутовых (Rutaceae), ставший объектом исследования в данной работе. На Южном Урале это единственный представитель семейства и встречается он только в Республике Башкортостан. Сведения о состоянии природных популяций, особенностях биологии вида малочисленны и отрывочны.

В 2003-2007 гг. нами было обследовано состояние популяций некоторых редких видов на горе Тратау. В качестве наглядного примера приведём результаты оценки влияния выпаса и рекреации на состояние популяции редкого декоративного вида *Dictamnus gymnostylis* на шихане. Популяция разделена на 3 изолированных участка – на южной, юго-восточной и восточной сторонах горы. Они отличаются высокой степенью нарушенности (в первую очередь под воздействием выпаса). Можно видеть, что нарушения, возрастающие от первого к третьему участку, отрицательно сказываются на состоянии популяции редкого вида ясенца голостолбикового.

На всех трех участках были заложены пробные площадки. Некоторые из полученных на пробных площадках данных приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Некоторые характеристики популяции *Dictamnus gymnostylis* на г. Тратау.

Степень антропогенной нагрузки	Проективное покрытие, ясенца, %	Число видов на 1 кв.м	Число сорных видов на 1 кв. м	Средняя высота растения, см	Средняя длина соцветия, см	Среднее число цветков, шт.
слабая	35	31	2	118.8	38.1	23.1
средняя	25	27	4	113.8	36.6	22.6
сильная	20	21	8	72.8	19.1	13.5

В 2007 г. в популяции *Dictamnus gymnostylis* на г. Тратау проведён морфометрический анализ на выборке из 30 растений. Длина стебля достигла в среднем 101.1 см, толщина – 0.7 см. Вид образует в среднем 9

генеративных и 1 вегетативный побег. Число листьев на стебле – 24 шт., длина листа в средней части стебля – 19.2 см, ширина – 8.5 см. Каждый генеративный побег несёт по одному соцветию, средняя длина которого 30.8 см. Среднее число цветов в соцветии составило 35.1 шт., длина цветка – 3.3 см., Вид очень декоративен, относится к группе эфиромасличных растений, является единственным представителем семейства Рутовых на территории Башкортостана, продолжительность цветения составляет 24-28 дней, перспективен в культуре.

Сообщества с участием *Dictamnus gymnostylis* в синтаксономическом пространстве Предуралья РБ встречаются довольно редко, известно всего 16 локализаций данного вида. Произрастает ясенец голостолбиковый в диапазоне местообитаний от кустарниковых степей до лесных опушек, местообитания значительно различаются по увлажнению, богатству, типам почв и др. характеристикам. Наиболее часто встречается в типичных кустарниковых степях союза *Amygdalion panae*, относящегося к порядку *Festucetalia valesiaca*. Обычно данные сообщества представлены по опушкам небольших дубовых лесов в степной зоне, поэтому в сообществах нередко представлены виды класса *Trifolio-Geranietea*. Нами выделена новая ассоциация союза - *Dictamno gymnostylis-Caraganeetum fruticis*, объединяющая сообщества с ясенцом голостолбиковым, где вид по преимуществу выступает как содоминант степных кустарников. В ряде случаев *Dictamnus gymnostylis* произрастает непосредственно внутри дубовых лесов класса *Quercu-Fagetea* (до 30-100 м вглубь от опушки леса). Такие сообщества, наряду с типичными лесными видами, содержат большое количество видов опушек. В лесостепной зоне (г. Тратау) ясенец встречается на остепненных лугах класса *Molinio-Arthenatheretea*, порядка *Galietaalia veri*.

Возможность сохранения биоразнообразия на видовом уровне ограничена, поэтому программа охраны предполагает включение методов интродукции и реинтродукции. На Тратау нами было отобрано 25 делянок от взрослых растений ясенца голостолбикового, которые были пересажены на опытный участок в городе Мелеузе (степная зона Башкортостана). После пересадки сохранилось 21 растение, за которыми в дальнейшем проводились наблюдения. Таким образом, приживаемость растений после пересадки составила 84%.

Интродукционное испытание включало фенологические наблюдения, оценку биоморфологических параметров, семенной продуктивности и семенного размножения вида. Существенным показателем успешности интродукции является оценка прохождения интродуцентами фенологических фаз [1]. Феноритмы подчинены климатическому ритму и колеблются в зависимости от температурных показателей каждого конкретного года.

Фенология включенного в интродукционное исследование редкого и исчезающего вида РБ *Dictamnus gymnostylis* изучалась с 2005 года. На таблице приведены фенологические даты (2005-2008 гг.). Описание прохождения ясенцом голостолбиковым фенологических фаз проводилось с использованием ритмологических групп, предложенных Трулевич [5].

Таблица 2.

Данные фенологических наблюдений за сезонным развитием
Dictamnus gymnostylis в культуре

Годы	Фенодата								
	Возобновление вегетации	Начало бутонизации	Полная бутонизация	Начало цветения	Массовое цветение	Конец цветения	Начало созревания семян	Массовое созревание семян	Конец вегетации
2005	25.04	15.05	1.06	12.06	15.06	4.07	1.07	20.07	5.10
2006	23.04	5.05	18.05	8.06	14.06	3.07	6.07	25.07	10.10
2007	18.04	11.05	21.05	10.06	13.06	1.07	1.07	19.07	12.10
2008	21.04	13.05	16.05	8.06	16.06	6.07	3.07	21.07	

Dictamnus gymnostylis является длительновегетирующим весенне-летне-осеннезеленым растением с периодом зимнего покоя, весенним сроком пробуждения и долгоцветущим видом со среднелетним периодом цветения. Длительность вегетационного периода около 6 месяцев. Вегетационный период начинается в последней декаде апреля и заканчивается в первой декаде октября. Начало фазы бутонизации отмечается в начале-середине мая. Продолжительность цветения 24-27 дней, начинается оно в первой-второй декаде июня, заканчивается в начале июля. Цветение сопровождается выделением эфирных масел, что делает растение привлекательным для насекомых. Фаза плодоношения проходит с начала до конца июля. Созревание семян длится 24-25 дней. После завершения цветения растение сохраняет привлекательность за счет кожистых темно-зеленых перисто-рассеченных листьев. Длительность вегетации 164-171 день. В целом наблюдения показали, что фенологические фазы для данного вида достаточно стабильны и, по крайней мере, цветение и плодоношение проходят примерно в одни и те же сроки. Это показано также и О.А. Каримовой [3] в лесостепном Предуралье РБ.

Большой интерес при интродукционных исследованиях представляют данные о потенциальной возможности биологической продуктивности растений и степени ее реализации. Семенная продуктивность – один из важных показателей адаптации вида при интродукции.

Семенная продуктивность в условиях культуры определялась у *Dictamnus gymnostylis* в 2005-2006 гг. Определялись число плодов, число семян в плоде, число семян на 1 растение, потенциальная и реальная семенная продуктивность, процент плодообразования и семинификации. Чем устойчивее вид в сообществе, тем стабильнее показатели по семенной продуктивности.

Изучение семенной продуктивности показало, что в среднем в соцветии насчитывается 7-8 шт. плодов. Процент плодообразования невысокий – 48-58%, но результаты по годам исследования стабильные, что позволяет считать данный вид пластичным и имеющим хорошие адаптивные способности к условиям искусственных сообществ

В экспедиционных исследованиях выявлено 16 пунктов произрастания редкого вида *Dictamnus gymnostylis* в Республике Башкортостан, ориентировочная численность оценивается в 12-14 тыс. особей, площадь - 24-35 га. Хорошее состояние отмечено для 8 популяций, 4 популяции малочисленные, 2 – антропогенно нарушенные, 2 – угрожаемые. Угрозу для *Dictamnus gymnostylis* может представлять вырубка дубовых лесов и использование его местообитаний для выпаса скота с высокими пастбищными нагрузками. Для сохранения генофонда *Dictamnus gymnostylis*, наряду с уже существующей ООПТ на г. Тратау, предложена организация еще 2 охраняемых территорий.

Наше исследование позволяет определить ясенец голостолбиковый как вид рекомендуемый для городского озеленения. Декоративность в период цветения и вне его, устойчивая многолетняя вегетация, стабильность по фенодатам дает возможность широкого использования данного вида в зеленом строительстве. Такая кропотливая работа, особенно проводимая совместно со студентами, позволяет им осознавать экологические закономерности в природе, знакомить с биологическим разнообразием местной флоры и дает навыки научно-исследовательской работы.

Литература:

1. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ.- Новосибирск: Наука. 1974.- С. 154
2. Гареев Э.З. Уникальные геологические памятники Башкортостана: состояние, перспективы. Препринт. АН РБ. – Уфа. 1998. – С. 61
5. Красная книга СССР (Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений). – М.: Лесная промышленность. 1978. – С. 460.
3. Каримова О.А. Интродукция некоторых редких видов растений в лесостепной зоне Предуралья Башкортостана. Автореф. дисс. канд. биол. наук.- Пермь.2004.- С.22
4. Кучеров Е.В. Охраняемые природные территории Башкортостана и перспективы их развития // Охраняемые природные территории. Проблемы выявления, исследования, организ. систем. Тез. докл. Междунар. конф. – Пермь. 1994. – С. 128
5. Трулевич Н.В. Эколого-фито-ценотические основы интродукции растений.- М.: Наука.1991.- С. 216

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *DIANTHUS ACICULARIS* FISCH. EX LEDEB

Верещак Е.В.

Башкирский государственный университет, Уфа
evgenia28_06@mail.ru

Растительный организм, как сложная динамическая система постоянно претерпевает изменения. Причиной могут выступать как внешние факторы, связанные с климатическими характеристиками конкретного сезона, с антропогенным воздействием и т.д., так и внутренние, связанные с биологическими особенностями растительного организма (возрастом, жизненностью и т.д.). Выявление морфологических признаков растительных объектов, наиболее подверженных влиянию внешних факторов, позволит использовать их в качестве тест-систем.

Цель работы - рассмотреть изменчивость некоторых морфологических признаков *Dianthus acicularis*.

Объект исследования - *Dianthus acicularis* Fisch. ex Ledeb - многолетнее, стержнекорневое, травянистое растение. Гемикриптофит, поликарпик, растение для которого характерно только семенное размножение. Вид - реликтовый субэндемик Урала, занесен в Красную книгу Республики Башкортостан [1, 3]. *Dianthus acicularis* обитает на территории Республики Башкортостан повсеместно, где присутствуют каменистые степи.

Материал был собран на территории Башкирского государственного природного заповедника. Отбор пробных площадей производился в соответствии с имеющимися рекомендациями [5]. Площади были заложены на участках горной степи с различным режимом антропогенной нагрузки. Степень антропогенного воздействия оценивалась визуально по трем ступеням: сильная антропогенная нагрузка (зона хозяйственного использования, выпас скота), средняя антропогенная нагрузка (участки, по которым проходят экологические тропы, маршруты егеров и др.- здесь располагаются ЦП 1,2,3), и площади, на которых антропогенное влияние отсутствует (ЦП 4,5,6,7,8).

Нами изучено 8 ценопопуляций (ЦП) *D. acicularis*. В каждой ЦП измеряли морфологические показатели 30 растений среднегенеративного возрастного состояния (g2): диаметр куртины, число репродуктивных побегов, число метамеров, длина репродуктивных побегов, число цветков на репродуктивном побеге. Далее материал обрабатывали с помощью программ STATISTICA 6.0. и EXCEL.

Для анализа изменчивости признака и групп признаков применяли методические рекомендации Н.С. Ростовской [4]. Автором было предложено оценивать соотношение общей (коэффициент вариации CV) и согласованной (коэффициент детерминации признака R^2ch) изменчивости. По особенностям

соотношения общей и согласованной изменчивости выделены следующие группы признаков:

I. Генетические (систематические) индикаторы - им свойственны низкая изменчивость и низкая согласованность, т.е. развитие этих признаков автономно;

II. Биологические индикаторы - им свойственны низкая изменчивость и высокая согласованность, т.е. изменение одного из этих признаков, может привести к изменению морфологической структуры растения в целом. Это «ключевые» признаки или показатели, изменение которых определяют общее состояние системы;

III. Экологические индикаторы - сильно варьирующие признаки, которым соответствуют высокая изменчивость и низкая согласованность - т.е. эти признаки могут подвергаться изменению под влиянием внешних факторов, но их изменчивость не приведет к изменению остальных признаков.

IV. Эколого-биологические системные индикаторы, в своей общей изменчивости зависят от условий среды и при этом, определяя корреляционную структуру организма, влекут за собой согласованные изменения всей морфологической системы растительного организма.

На рисунке отражена группировка признаков по особенностям изменчивости. Здесь представлены усредненные значения CV и R^2_{ch} для всей выборки (8 ЦП) в целом. В таблице представлены морфологические признаки *Dianthus acicularis*, CV и R^2_{ch} для всех ЦП.

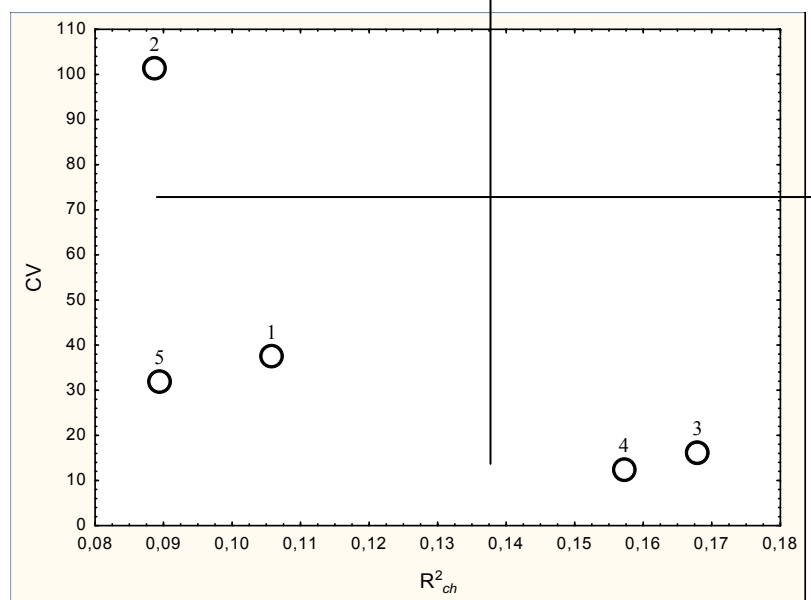


Рис. Группировка признаков *Dianthus acicularis* по особенностям изменчивости

Примечание: 1 – диаметр куртины, 2 – число репродуктивных побегов, 3 – длина репродуктивных побегов, 4 – число метамеров, 5 – число цветков.

Примечание: по оси ординат – показатель общей изменчивости (коэффициент вариации CV), по оси абсцисс – показатель согласованной изменчивости (коэффициент детерминации R^2ch).

Установлено, что признак «число репродуктивных побегов» - это экологический индикатор, которому соответствуют высокая общая и низкая согласованная изменчивости. Признак определяется влиянием внешних факторов. Коэффициент вариации колеблется от 45,2 до 135,6 %, что соответствует варьированию признака от большого до аномального по классификации Г.М. Зайцева [2]. Для остальных признаков CV не выходит за пределы нормы.

Среднее число цветков и, в меньшей степени, диаметр куртины генетически детерминированы, им свойственны относительно низкие общая и согласованная изменчивости. Распределение коэффициента вариации признака «число цветков» является нормальным и составляет 21,82 - 32,78 %.

Признаки «длина репродуктивного побега» и «число метамеров» могут рассматриваться как биологические индикаторы. Они являются ключевыми признаками в целом для оценки состояния оцениваемой нами системы «растение». Им свойственны низкая общая изменчивость (CV признака «число метамеров» = 9,00 - 15,89 %; CV признака «длина побега» = 16,30 - 19,66 %) и высокая согласованная изменчивость (R^2ch «число метамеров» = 0,03 - 0,32; R^2ch «длина побега» 0,04-0,16), т.е. изменение этих признаков, может привести к изменению габитуса растения в целом.

Эколого-биологические системные индикаторы нами не обнаружены.

Т.о., в качестве тест-систем для определения состояния исследуемого вида, возможно использование таких признаков как «длина репродуктивного побега» и «число метамеров на репродуктивном побеге». Экологический индикатор - признак «число репродуктивных побегов», наиболее подверженный влиянию внешних факторов, обуславливает *Dianthus acicularis* в качестве тест - объекта.

Литература

1. Горчаковский П.Л., Шурова Е.А. Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья.-М., 1982 . 208 с
2. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М, 1973.
3. Красная книга Республики Башкортостан Т1:редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений., Уфа: Китап, 2001.-275 с.
4. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость .-СПб., 2002
5. Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношение). М., Наука, 1977.

СОХРАНЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ ЮЖНОТАЕЖНЫХ ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ)

Гатина Е.Л.

Пермский государственный университет, Пермь

В силу неоднородности рельефа, климата, почв, гидрологических и геоморфологических условий растительность Пермского края разнообразна и подразделена на 6 ботанико-географических районов [3]. Пермский край относится к группе регионов с высокоразвитой промышленностью. Центральная часть края, где расположены основные промышленные центры (г.Пермь, г.Березники, г.Соликамск) и сосредоточена большая часть населения Прикамья, занята районом южнотаежных пихтово-еловых лесов. Для лесов этого района характерно господство в древостое и подлеске бореальных и участием неморальных видов растений. Наряду с высокой степенью освоения на территории района сформирована система особо охраняемых природных территорий (ООПТ), многие из которых подвержены антропогенной нагрузке, такие как, «Черняевский лесопарк г.Перми», расположенный в городской черте краевой столицы [4]. Целью работы было выяснить, как изменяются показатели разнообразия растительности зоны южнотаежных пихтово-еловых лесов при антропогенной нагрузке, в частности при рекреации и нефтедобыче. Для выполнения поставленной цели необходимо оценить значения индексов биологического разнообразия для территории ООПТ подверженных антропогенной нагрузке и на нефтяных месторождениях, а также проанализировать структуру видового разнообразия по соотношению видов травянисто-кустарничкового яруса, входящих в разные эколого-ценотические группы (ЭЦГ).

Для оценки состояния разнообразия растительности в районе южнотаежных пихтово-еловых лесов проведено обследование на территории Шершневого месторождения нефти и «Черняевского лесопарка г.Перми». В качестве фоновых территорий для Шершневого месторождения нефти выбраны ООПТ, расположенные в непосредственной близости от территории месторождения (биологический охотничий заказник регионального значения «Березниковский», охраняемый ландшафт регионального значения «Большеситовское болото»). Для территории «Черняевского лесопарка г.Перми» в качестве фоновых территорий выбраны участки ООПТ, расположенные в глубине лесопарка.

В растительных сообществах оценивалось состояние биологического разнообразия фитоценозов, рассчитывались индексы биоразнообразия [2]. Индекс Шеннона рассчитывался по формуле:

$$H^2 = -\sum p_i \ln p_i,$$

где величина p_i – доля особей i -го вида.

В выборке истинное значение p_i неизвестно, но оценивается как n_i/N , где n_i – обилие особей i -го вида, N – общее количество выявленных в сообществе видов.

На основе индекса Шеннона вычислялся показатель выравненности E (отношение наблюдаемого разнообразия к максимальному):

$$E = \frac{H'}{\ln S} \quad \text{где}$$

S – число выявленных видов фитоценоза. E [0,1], причем E = 1 при равном обилии всех видов.

Структура видового разнообразия оценивалась по соотношению видов, входящих в разные эколого-ценотические группы (ЭЦГ). Под эколого-ценотическими группами понимались крупные группы экологически близких видов, в своем генезисе связанные с разными типами сообществ. При исследовании фитоценозов мы использовали классификацию эколого-ценотических групп видов сосудистых растений Европейской части России, составленную на основе эколого-ценотических свит А.А. Ниценко и исторических свит Г.М. Зозулина [5]. Эколого-ценотические спектры видового состава различных типов сообществ рассмотрены на примере травянисто-кустарничкового яруса выявленных типов фитоценозов.

На территории Шершневого месторождения нефти выделены следующие типичные растительные биотопы [1]: темнохвойные леса, смешанные леса, мелколиственные леса. Среди темнохвойных лесов наиболее типичными является ельник кисличник и ельник заболоченный. В формации темнохвойно-мелколиственных лесов распространенными являются следующие биотопы: смешанные леса разнотравные и крупнотравные. Среди мелколиственных фитоценозов наиболее представленными являются березовый лес черничник, березовый лес крупнотравный. Пойменные фитоценозы на территории Шершневого месторождения нефти не обследованы ввиду отсутствия крупных водотоков на территории месторождения. Для оценки состояния биоразнообразия на территории Шершневого месторождения нефти выбрано 13 ключевых фитоценозов (табл.1).

Таблица 1

Значения индексов разнообразия H и E на территории охотничьего заказника регионального значения «Березниковский», охраняемого ландшафта «Большеситовское болото» и Шершневого месторождения нефти

Фитоценоз	2006		2007	
	Индекс разнообразия H	Показатель выравненности E	Индекс разнообразия H	Показатель выравненности E
Темнохвойные леса				
Темнохвойный лес чернично-зеленомошный (фон)	2,3596	0,6637	1,7793	0,6043
Темнохвойный лес зеленомошник	-	-	2,0636	0,6009

(Шершневокое месторождение)				
Темнохвойный лес кисличник (Шершневокое месторождение)	2,4871	0,7113	2,1690	0,6738
Смешанные леса				
Смешанные лес заболоченный (фон)	1,2625	0,4456	1,6186	0,5713
Смешанные лес заболоченный (Шершневокое месторождение)	1,9603	0,5470	2,7889	0,7976
Смешанные лес разнотравный (фон)	2,3291	0,6605	-	-
Смешанные лес разнотравный (Шершневокое месторождение)	2,0148	0,5714	-	-
Смешанные лес крупнотравный (фон)	1,8746	0,6065	1,8189	0,5651
Смешанные лес разнотравный (Шершневокое месторождение)	1,9253	0,5415	1,9392	0,5759
Мелколиственные леса				
Мелколиственные лес черничник (фон)	-	-	1,7831	0,5857
Мелколиственные лес черничник (Шершневокое месторождение)	-	-	1,7004	0,5501
Мелколиственные лес крупнотравный (фон)	-	-	1,9184	0,5586
Мелколиственные лес крупнотравный (Шершневокое месторождение)	-	-	2,2174	0,6519

В эколого-ценотических спектрах видового состава трав в темнохвойных лесах и смешанных лесов разнотравных следует отметить наличие нитрофильных видов в фитоценозах, обследованных на территории месторождения. Кроме того, в фоновых сообществах в составе травянисто-кустарничкового яруса выявлены луговые виды, что свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на всю площадь обследования.

В эколого-ценотических спектрах смешанных лесов крупнотравных следует отметить появление группы луговых видов, что подтверждает увеличение антропогенной нагрузки на данную территорию.

Для эколого-ценотического спектра мелколиственных лесов следует отметить увеличение доли крупнотравья, нитрофильных и луговых видов растений, что демонстрирует повышенную антропогенную нагрузку на данные фитоценозы, расположенные в пределах нефтяного месторождения.

В целом в строении эколого-ценотических спектров при увеличении антропогенной нагрузки происходит появление или увеличение доли видов луговой ЭЦГ. Подобная картина наблюдается в смешанных лесах разных типов и в мелколиственных лесах. Кроме того, в фитоценозах, расположенных на территории месторождения наблюдается увеличение обилия нитрофильных видов, что вероятно, обусловлено повышенным содержанием органики в почвах на территории месторождения.

На территории «Черняевского лесопарка г.Перми» выделены следующие преобладающие растительные формации: хвойные леса (светлохвойные и темнохвойные леса), смешанные леса и пойменные фитоценозы. В формации светлохвойных лесов выделены группы ассоциаций: сосняки зеленомошники, сосняки кисличники. Биологическое разнообразие темнохвойных лесов оценивалось в ельниках кисличниках. Среди смешанных лесов оценка биоразнообразия проведена в березово-елово-

сосновом лесу кисличнике, расположенного по периферии лесопарка с удобной транспортной доступностью и елово-сосновом лесу кисличнике в глубине лесопарка. Фоновое состояние разнообразия смешанных лесов оценивалось также в елово-березовом лесу разнотравном. Пойменные фитоценозы обследованы на участке с развитой тропиной сетью, так и на удаленном фоновом участке. Светлохвойные леса являются одной из преобладающих формаций на территории лесопарка, поэтому исследования проведены для оценки состояния биоразнообразия сосновых лесов на территории парка в целом. Особо рассматривалось влияние строящегося в непосредственной близости от лесопарка спортивного комплекса «Нефтяник» (СК «Нефтяник») на структуру видового разнообразия фитоценозов.

Для оценки состояния биоразнообразия на территории лесопарка проведено обследование на 11 ключевых фитоценозах. Выявленные индексы растительного разнообразия Н и показатели выравненности Е за 2007-2008 гг. представлены в табл.2.

Таблица 2

Значения индексов разнообразия Н и Е на территории «Черняевского лесопарка г.Перми»

Фитоценоз	Индекс разнообразия Н		Показатель выравненности Е	
	2007	2008	2007	2008
Светлохвойные леса				
Светлохвойные леса (рекреация)	1,8433	1,5248	0,5963	0,5778
Светлохвойные леса (рекреация)	1,7481	1,5888	0,6170	0,5304
Светлохвойные леса (фон)	1,6692	1,5834	0,5400	0,5201
Светлохвойные леса (фон)	1,7629	1,9206	0,6222	0,5763
Смешанные леса				
Смешанные леса (СК «Нефтяник»)	1,9155	2,6421	0,6109	0,7492
Смешанные леса (рекреация)	2,2489	1,8643	0,7172	0,6031
Смешанные леса (фон)	2,2544	2,1009	0,7190	0,6239
Темнохвойные леса				
Темнохвойные леса (СК «Нефтяник»)	1,6027	1,5931	0,5657	0,5154
Темнохвойные леса (фон)	1,8374	2,0248	0,6240	0,6458
Пойменные фитоценозы				
Пойменные фитоценозы (СК «Нефтяник»)	1,7581	1,5795	0,5607	0,5697
Пойменные фитоценозы (фон)	1,6508	1,9770	0,5606	0,6142

Анализ слагающих светлохвойные фитоценозы видов показал, что в фитоценозах с повышенной антропогенной нагрузкой преобладающей ЭЦГ является бореальная (мелкотравье), а на фоновых территориях доминирует боровая ЭЦГ.

В смешанных лесах преобладает бореальная (мелкотравье) ЭЦГ.

Анализ состава ельников кисличников показал преобладание бореальной (мелкотравье) ЭЦГ, но следует отметить присутствие в фитоценозе вблизи СК Нефтяник нитрофильной ЭЦГ.

В пойменных фитоценозах преобладают виды нитрофильной и луговой ЭЦГ. В ивняке пойменном вблизи СК Нефтяник отмечено увеличение доли лугово-прибрежных и антропогенных видов растений. Растительный покров на отдельных участках нарушен.

В результате проведенного исследования выявлено, что при ограниченной хозяйственной деятельности в зоне южнотаежных пихтово-еловых лесов значения индексов разнообразия фитоценозов увеличиваются. Максимальные значения индексов характерны для смешанных лесов, расположенных на участках, подверженных действию рекреации либо нефтедобычи. Минимальные показатели выявлены в фитоценозах на фоновых территориях. Увеличение значений индексов обусловлено внедрением синантропных видов в фитоценозы, испытывающие антропогенную нагрузку.

Мелколиственные леса на территории ботанико-географического района южнотаежных пихтово-еловых лесов носят вторичный характер. Данные фитоценозы характеризуются близкими уровнями видового богатства, как на нарушенных территориях, так и на фоновой территории.

В строении эколого-ценотических спектров при увеличении антропогенной нагрузки происходит появление или увеличение доли видов луговой ЭЦГ при рекреационной нагрузке и нитрофильной ЭЦГ при нефтедобыче.

В целом выявленные значения индексов биоразнообразия и показателя выравненности являются разовыми значениями. Для оценки состояния разнообразия фитоценозов и выявления динамики структур сообществ необходимы продолжительные и систематические наблюдения деятельности в зоне южнотаежных пихтово-еловых лесов Пермского края.

Литература

1. Методика сбора, анализа и хранения научных данных по объектам животного и растительного мира, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу Пермской области. Утверждена приказом начальника управления по охране окружающей среды Пермской области от 09.06.2003 № 98-пр.
2. Мониторинг биоразнообразия. Под общей ред. В.Е.Соколова и др. М.: ИПЭЭ РАН, 1997. 368с.
3. Овеснов С.А. Конспект флоры Пермской области. – Пермь. Изд-во ПГУ. 1997. 252с.
4. Особо охраняемые природные территории Пермской области: Реестр//Отв. редактор. С.А. Овеснов. Пермь, 2002. 464с.
5. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках европейской России. М.: Научный мир, 2000. 196с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСОВ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Глушко С.Г.

Казанский государственный аграрный университет, Казань
E-mail: nbprokhorenko@mail.ru

Лес есть крупнейшая часть биоты, определяющая средообразовательные процессы в биосфере. Лес может быть представлен в виде сообщества (ценоза) или системы компонентов абиотической и биотической природы, которые находятся в постоянном взаимодействии и развитии. В современных условиях, считаем важным, указать на нетоварность средств самовоспроизводства биоресурсов. В связи с этим приоритетным следует признать разделение лесных ресурсов на товарную и нетоварную, нерыночную части. Для установления допустимых размеров лесопользования необходимо использовать понятие устойчивости лесов.

Леса следует классифицировать по их устойчивости. Устойчивость, то есть способность природных систем восстанавливаться после нарушений, и наоборот устойчивая производность как неспособность деградированных систем к восстановлению, предполагает проектирование и проведение неоднозначных мероприятий. Рациональное ведение лесного хозяйства возможно на основе установления отличительных особенностей лесов устойчивых, от лесов невосстанавливающихся, необратимо-производных, деградирующих. Отдельно от проблемы устойчивости следует рассматривать вопросы стабилизации лесных сообществ. Стабилизация присуща как коренным, так и производным (в т.ч. устойчиво-производным) лесам.

Результаты исследований структурно-функциональной организации лесных экосистем рассматриваются как основа для формулирования таких понятий как предел устойчивости, степень нарушенности лесов. Расчёт пределов устойчивости лесных экосистем даёт возможность приступить к организации действительно неистощительного лесопользования, объективно оценить размеры и последствия природопользования. Важное значение имеет прогнозирование последствий антропогенного воздействия на леса, выяснение причин гибели деревьев и разрушения древостоев.

Массовая гибель дальневосточных елово-пихтовых лесов, гибель дубняков в ряде регионов среднего Поволжья и иные аналогичные факты ставят перед лесоводами ряд вопросов, в числе которых необходимо выделить следующие:

1. Причины усыхания – гибели лесов (внутренние или внешние, естественные или антропогенные).
2. Последствия усыхания (обратимые или необратимые, восстановление или деградация).

Использование главной породы в качестве индикатора лесорастительных условий связано с рядом трудностей. В частности,

отличное возобновление ели в местах массовой гибели ельников не гарантирует сохранения доброкачественности условий местообитания и устойчивости лесов. Для смешанных лесов, где эдификаторная роль главной породы слабо выражена, отличное возобновление главной породы может реализовываться на фоне стремительной деградации лесорастительных условий, необратимого ухудшения качественных характеристик лесов. Восстановление доминирующей (но не эдификаторной) роли ели, сосны или дуба зачастую не имеет ничего общего с восстановлением коренных систем. В ряде регионов России естественное восстановление усохших ельников «идёт через лиственницу», что позволило обосновать здесь целесообразность культур лиственницы. Для деградированных дубрав и производных от них сообществ целесообразно содействовать преобладанию липы на первых стадиях лесовосстановительных сукцессий.

Основным, в исследовании гибели лесов является вопрос о деградации, то есть вопрос о необратимом ухудшении качественных характеристик лесов. Имеет ли место деградация лесов, с воздействием каких факторов лесообразовательного процесса она связана, и какие хозяйственные последствия она имеет. Данный вопрос имеет, на наш взгляд, решающее значение, как для лесной теории, так и для практики. Безусловно, что без исследования причин усыхания и гибели лесов организация лесного хозяйствования будет далека от совершенства.

Распад - гибель древостоев и смену спелых насаждений молодняками на обширных территориях нельзя отнести к числу однозначно положительных явлений. Такой показатель как доля спелых лесов в лесных экосистемах (как и процент лесистости, породный состав и т.п.) должен рассчитываться по всем элементарным лесорастительным районам, а допустимый предел его изменения необходимо учитывать при составлении планов освоения лесных ресурсов. Резкое снижение доли спелых насаждений в структуре лесного фонда способно существенно изменить вклад растительности (биофакторов) в формирование природной среды (лесорастительных условий) лесных территорий (лесорастительных районов) и всей биосферы.

Исследование причин и последствий гибели лесов связано с использованием положений содержащихся в работах по теории экосистем и стратегии видов растений [5; 4; и др.]. Исследовательский интерес представляет процесс распространения нарушений биоты на разные уровни организации природных систем. Например, гибель спелых древостоев изменяя природную среду, воздействует на лесорастительные условия, как в пределах элементарных лесорастительных районов, так и более обширных территорий.

Изменения среды и трансформация средообразовательных процессов при условии тесного взаимодействия природных систем распространяются на участки структурно или территориально (геохорологически) близкие и сходные функционально (геомерно) с лесными экосистемами поражёнными усыханием. Интенсивность передачи воздействий наиболее высока для

взаимодействующих систем расположенных пространственно близко, а сходные последствия наблюдаемых воздействий отмечаются для систем близких функционально или типологически. Гибель спелых древостоев оказывает существенное воздействие на ход лесообразовательных процессов в пределах крупных надсистем и через систему природных взаимосвязей переносится повсеместно, в том числе и на леса незатронутые рубками, пожарами и прочими непосредственными воздействиями [2]. Изменения биотических факторов средообразования в следствии рубок, пожаров, усыхания, и при условии их интенсивности, распространяются повсеместно, приводя к широкомасштабному изменению лесорастительных условий. Например, гибель древостоев на горных склонах часто ведёт к дальнейшей ксерофитизации горных лесов на фоне стабилизированного количества выпадающих осадков.

Стабилизация среды обитания ведёт к стабилизации леса. Стабильность деградированных «устойчиво-производных» сообществ исключает их устойчивость. Стабилизация неоднозначна устойчивости, допустимо существование дестабилизированных, но тем не менее устойчивых (демутирующих) сообществ. Нестабильность или динамичная изменчивость сообществ может реализовываться циклично с возвратом в исходное состояние и с сохранением устойчивости.

На устойчивость сообществ, влияет интенсивность (величина) внешних воздействий. Лесная экосистема в зависимости от её сложности обладает определённым запасом устойчивости, то есть способностью сохранять устойчивость в определённом уровне - диапазоне по градиенту условий. Изменение среды, ведущее к утрате устойчивости, выводит экосистему за пределы устойчивости. Дальнейшее развитие неустойчивой системы, с возвратом устойчивости на прежнем уровне или с приобретением устойчивости на ином уровне в необратимо-производных условиях, представляет исследовательский интерес. Вероятность и уровни восстановления устойчивости здесь не рассматриваются.

Устанавливая экзо- или эндогенный характер доминирующих в лесообразовательных процессах факторов следует учитывать, что: лесоводственные свойства видов, как внутренний фактор, есть величина, весьма медленно меняющаяся в процессе филогенеза. Более интенсивно отличаются свойства в сравнении у видов из разных фитоцено типов - эксплерентов, виолентов, пациентов [5]. Существенные эндогенные изменения в сообществе при детальном их исследовании часто инициированы воздействием экзогенных факторов. Экзогенные факторы следует отнести к числу наиболее вероятных причин динамичности условий. Для динамичных условий характерно распространение эксплерентных лесообразователей. Виоленты и пациенты предпочитают условия обитания более стабильные.

Виды, относящиеся к различным фитоцено типам, отличаются различной реакцией на среду, и специфической приуроченностью к определённой среде.

Сообщества, в которых преобладают виды одного фитоцено типа, приурочены к соответствующей среде. Поэтому необходима детализация исследований, посвящённых биоиндикации среды обитания лесных сообществ и классификации элементов леса отражающей взаимосвязь фитоцено типов и среды. Известно, что пионерные леса приурочены к динамичным условиям, преобладание коренных лесов связано со стабилизацией условий местообитания, патентным лесообразователям соответствуют условия неблагоприятные. В сложных лесах в ходе лесообразовательного процесса неблагоприятные и благоприятные, стабильные и нестабильные условия чередуются, поэтому сообщества составляют представители, как правило, всех фитоцено типов. Преобладание или господство видов одного фитоцено типа указывает на особенности среды, определяющие в данный момент ход лесообразовательных процессов в крупных массивах, в отдельных сообществах, или структурных компонентах лесных сообществ.

С нашей точки зрения, лесоводственные свойства породы есть весь спектр возможных адаптивных реакций вида, а адаптивная реакция в конкретных условиях есть стратегия вида или ценопопуляции. Используя понятие стратегии, мы можем подойти к системному исследованию проявлений лесоводственных свойств в различных условиях, то есть продолжить традиционную практику изучения лесоводственных свойств основных пород - лесообразователей, позволившую сделать столь замечательные обобщения [3; и др.]. Именно исследование изменений стратегии видов во времени и в пространстве позволяет выйти на практическую работу по экологической систематизации лесных объектов.

Результаты обследования усыхающих елово - пихтовых, дубовых и ряда иных лесов к настоящему времени не позволили выявить основные причины усыхания. В связи с этим одной из вероятных причин усыхания может быть глобальное изменение лесорастительных условий, изменение режимов увлажнения и инсоляции лесов, смещение южных лесорастительных условий (южных фаций) на север [1]. Укорачивание жизненного цикла лесообразователя является признаком, свидетельствующим о смещении проявлений лесоводственных свойств в сторону их эксплерентности.

Стабилизация возрастов и площадей усыхания отражает устойчивость данных лесов как природной системы. И наоборот, активное снижение возраста усыхания леса будет доводом в пользу признания внешнего характера причин усыхания, ведущих к утрате лесами устойчивости. В свою очередь нарушение экологического равновесия в поясе усыхающих лесов явится подтверждением вероятности значительных изменений природной среды, отражая частную специфику этих изменений. Выявление первопричин гибели лесов, проведённое через индикацию среды обитания главных лесообразователей по изменениям их стратегии, позволит существенно скорректировать современную концепцию практического использования

усыхающих лесов, позволит наметить пути восстановления или реконструкции лесов.

На примере Республики Татарстан, где лесистость за последние два века снизилась на 2/3, существенно изменились породный состав и возрастная структура лесов можно констатировать изменение средообразовательных процессов и особенно биотических факторов, наиболее ответственных за формирование природной среды. Современные леса необходимо протаксировать на предмет сохранения ими устойчивости. В том случае, если вклад лесной биоты в средообразовательные процессы претерпел необратимые изменения, а остатки лесов представлены дериватами, необратимо- и устойчиво- производными сообществами необходимо продумать программу их реконструкции с учётом понимания общих закономерностей и региональных особенностей лесовосстановительных сукцессий, генетических рядов группировок растительности, серий биогеоценозов и т.п.

Отказ от восстановления лесной растительности (коренной) допустим в отдельных случаях, например в условиях ведения лесоплантационного хозяйства, при кардинальном и необратимом изменении лесорастительных условий, по причинам не связанным с ведением лесного хозяйства. В любом случае, если формируемые леса имеют защитное значение, следует позаботиться об их устойчивости, т.е. подобии коренным лесам. К примеру, древостой желательно выращивать разновозрастные и смешанные.

Восстановление условно-коренной лесной растительности необходимо понимать как работу по восстановлению и сохранению устойчивости имеющихся природных систем, как восстановление способности этих систем к устойчивому воспроизводству природной среды, фитосреды, биосреды и сложившегося биотического разнообразия.

Литература

1. Глушко С.Г. К проблеме усыхания дальневосточных пихтово-еловых лесов // Чтения посвящённые 110-летию Общества изучения Амурского края: Тез. докл. Владивосток: Приморский объединённый музей, 1994, С. 84- 87.
2. Глушко С.Г. Исследование устойчивости и стабильности в лесообразовательном процессе // Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока. Международная конференция: Тез. докл. Хабаровск. 1996. С. 14- 15.
3. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 261 с.
4. Комарова Т.А. К вопросу о закономерностях вторичных сукцессий в лесах Южного Сихотэ- Алия // Диинамические процессы в лесах Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 21- 36.
5. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938. 620 с.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ РЕГИОНОВ РОССИИ

Голубятников Л. Л.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

E-mail: golub@ifaran.ru

Структура и функционирование растительного покрова определяются многими факторами, среди которых следует выделить климатические, биотические, эдафические, орографические. Однако влияние климата на развитие растительности настолько велико, что до определенных пределов оно может подчинять себе влияние других факторов. Климатические изменения предопределяет сложную и часто неоднозначную реакцию на эти изменения растительного покрова.

В высоких широтах Северного полушария, где расположена большая часть территории России, в настоящее время происходят значительные изменения климата. Среднегодовая глобальная приземная температура в XX веке увеличилась приблизительно на 0.6°C . На территории России потепление климата за прошлое столетие составило 0.9°C [4]. Данные метеонаблюдений указывают на то, что современное изменение климата имеет сложную региональную структуру. Выявлена существенная пространственная неоднородность трендов приземной температуры. В пределах России наиболее сильный тренд ее среднегодовых значений отмечен на территориях Средней Сибири, Прибайкалья, Забайкалья, Приамурья и Приморья. Потепление было более заметно в зимний и весенний сезоны – соответственно на 4.7°C и на 2.9°C за сто лет. Во второй половине XX века годовые и сезонные (кроме зимних) осадки в целом для России уменьшались. Наиболее заметное уменьшение осадков отмечено для Северо-Восточного региона России, тогда как для территории Европейской России получена слабая тенденция роста осадков.

Анализ наблюдений за растительным покровом в XX веке показывает, что наиболее существенное влияние изменений климата оказало на растительный покров горных районов, где наблюдалось продвижение подроста древесных растений по высотному градиенту, смещение верхней границы леса, расселение древесной растительности на территориях ранее занятых луговыми и тундровыми сообществами, трансформация стланиковых форм растений в стволовые формы, увеличение сомкнутости древостоев, изменение видового разнообразия травяно-кустарничковых сообществ. На равнинных территориях России смещения границ лесной зоны не наблюдалось. По мнению ряда авторов, основной причиной запаздывания реакции лесной растительности равнинных территорий на потепление климата является устойчивость лесов к вековым колебаниям климатических параметров.

Смещения дат многих фенологических явлений отражают вариации климата и служат важными индикаторами происходящих в растительном покрове изменений. Такие фенологические явления, как установление более ранних весенних сроков, затягивание вегетационного периода, набухание почек и вторичное цветение, летнее пожелтение и опад листьев у деревьев, являются проявлением адаптационных реакций в растительных сообществах, которые обусловлены повышением температуры зимних месяцев и "размыванием" теплого периода.

Проведенный рядом исследователей анализ многолетних фенологических рядов позволяет выявить закономерности изменения сроков сезонной активности разных видов растений под воздействием климатических изменений. Фенологические реакции разных видов растений на происходящее потепление климата оказались неоднозначными. Смещение дат весенних фенологических явлений на более ранние сроки отмечено у многих видов растений, однако эта тенденция характерна не для всех видов. У одних видов растений средние даты сместились, у других они остались без изменения. Под воздействием потепления климата некоторые виды растений увеличили продолжительность вегетации, однако для видов растений с поздним началом вегетации и цветения изменений вегетационного периода не выявлено. В некоторых регионах России вегетационный период ряда видов растений имеет тенденцию к уменьшению.

Пространственная неоднородность изменений климата предопределяет неоднозначную реакцию на эти изменения растительных сообществ. По мнению ряда авторов, под влиянием потепления климата происходит "раскачка" геосистем, в процессе которой растительный покров активизирует свои адаптационные возможности. Данные наблюдений указывают как на малозначимость современных внешних изменений для растительного покрова, так и на накопление им малозаметных отклонений для скачкообразного перехода на качественно другой уровень состояния при усилении современных тенденций изменения климата [3]. В настоящее время, как отмечается в ряде работ, фитоценозы уже достигли пределов экологической устойчивости к основным факторам среды и произрастают в максимально возможных для своего обитания диапазонах климатических параметров. По этой причине наиболее существенные изменения растительности в связи с возможным потеплением климата будут связаны с миграционными процессами, изменением географических и высотных границ ареалов, перераспределением доминантов в экосистемах. Однако эти трансформации растительных сообществ идут достаточно медленно и для их реализации необходимы десятки лет.

Сделан модельный анализ отклика растительного покрова России на ожидаемые в первой половине XXI века климатические изменения. Получены оценки возможных изменений значений первичной биологической продукции растительного покрова и ареалов зональных фитоценозов рассматриваемой территории при вероятных изменениях климата.

Для оценки реакции продуктивности и ареалов фитоценозов на возможные изменения климата использованы результаты расчетов по климатической модели общей циркуляции атмосферы и океана HadCM3 (Центр Хэдли Метеорологической службы Великобритании, Эксетер) и климатической модели промежуточной степени сложности, разработанной в Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН (КМ ИФА РАН) согласно сценарию умеренного изменения концентрации углекислого газа в атмосфере.

Региональные изменения первичной биологической продукции и ареалов фитоценозов на территории России оценены при антропогенном потеплении, соответствующем изменению среднегодовой глобальной приземной температуры на 1°C , которое ожидается, согласно рассматриваемым климатическим моделям, во второй половине 40-х годов текущего столетия. Согласно этим моделям, пространственное изменение климатических характеристик на территории России при потеплении весьма неоднородно. По сценарию КМ ИФА РАН максимальное потепление следует ожидать в зимние месяцы в среднем на 2.5°C , в то время как летние температуры воздуха увеличатся в среднем на 1.4°C . По сценарию HadCM3 температура воздуха для летнего сезона на территории России может увеличиться в среднем на 2.1°C , при этом для зимних температур воздуха вероятны менее значительные изменения – около 0.7°C . Оценки изменения количества годовых осадков существенно отличаются. Сценарий КМ ИФА РАН предполагает повышение осадков на всей территории России за исключением некоторых ее северо-восточных районов. Наибольшее увеличение осадков по этой модели ожидается в полупустынных районах юга Европейской части России и на обширных территориях Западной и Средней Сибири, занятых южнотаежными лиственнично-сосновыми и лиственничными лесами. Согласно сценарию HadCM3, количество осадков на тундровых, степных, полупустынных территориях Европейской части России уменьшится. Значительного увеличения осадков, согласно сценарию этой модели, следует ожидать на обширных территориях средней и южной тайги Западной и Средней Сибири.

Ряд исследователей полагают, что ожидаемое повышение приземной температуры и изменения осадков могут повлечь серьезные изменения в структуре, видовом составе, сезонной динамике и пространственном распределении растительных сообществ. Вероятные климатические изменения могут способствовать интенсивному расселению одних видов растений и угнетению других (вплоть до вымирания этих видов).

Отклик первичной биологической продукции растительного покрова России на климатические изменения был оценен с помощью модели, разработанной в Лаборатории математической экологии ИФА РАН. Основой этой модели является биоклиматическая схема, в которой первичная биологическая продукция растительного покрова представлена в виде

непрерывной, однозначно определенной функции от значений радиационного баланса и суммарного испарения [1].

По причине отсутствия однозначности в соотношении "климатические параметры – ареал фитоценоза" оценить возможные изменения ареалов фитоценозов растительности при потеплении климата на основе прогноза изменения значений климатических характеристик достаточно проблематично. Для решения поставленной задачи предложено использовать величины изменения первичной биологической продукции фитоценозов при рассматриваемых климатических сценариях [2]. С этой целью определены следующие правила изменения состояния фитоценоза при изменении значения его первичной биологической продукции:

– если прогнозируется уменьшение первичной биологической продукции фитоценоза на величину равную или превышающую ее значение для второй половины XX века, то этот фитоценоз исчезает; если такое снижение ежегодного прироста происходит на части ареала фитоценоза, то фитоценоз исчезает только на этой части его ареала;

– если прогнозируется увеличение первичной биологической продукции фитоценоза в 1.5 раза или более, по сравнению с ее значением во второй половине XX века, то данный фитоценоз направленно изменяется во времени, что возможно только путем сукцессии; если такое увеличение ежегодного прироста происходит на части ареала фитоценоза, то сукцессионным изменениям будет подвержен фитоценоз только на этой части его ареала.

По климатическому сценарию HadCM3 для территории России наибольшие значения продуктивности растительного покрова получены в южных широтах (примерно до 53–54°с.ш.). Следует отметить, что полученные согласно этому сценарию в рассматриваемых широтах значения продуктивности превосходят эмпирические значения для второй половины XX века. В более северных широтах изменения величин продуктивности по сценарию HadCM3 практически отсутствуют. Согласно сценарию КМ ИФА РАН, наибольшие изменения значений продуктивности проявляются в более северных широтах – к северу от 55°с.ш. вплоть до приполярных широт. В южных широтах изменения продуктивности растительного покрова для территории России, согласно сценарию КМ ИФА РАН, заметно меньше, чем на основе расчетов по сценарию HadCM3. В 40-х широтах при климатических изменениях согласно сценарию КМ ИФА РАН, в отличие от HadCM3, возможно уменьшение значений продуктивности по сравнению с данными наблюдений второй половины XX века.

Полученные оценки изменения продуктивности позволяют сделать вывод о том, что на территории России вероятно увеличения первичной биологической продукции в достаточно протяженном поясе широт. В то же время следует отметить существенные региональные различия возможных изменений продуктивности при разных модельных сценариях климатических изменений.

Под воздействием вероятных климатических изменений по сценарию HadCM3 возможно сокращение ареала сосновых лесов в Европейской части России и Западной Сибири приблизительно на 6% и 15% соответственно. Согласно рассматриваемым климатическим сценариям, примерно в половине фитоценозов на территории России начнутся или будут протекать более интенсивно сукцессионные процессы на тех или иных частях их ареалов. Ожидается, что сукцессионные изменения растительного покрова будут происходить на площади около 1.5 млн. км² равнинных территорий России, общая площадь которых около 10 млн. км².

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при дальнейшем глобальном потеплении климата пространственная трансформация растительных сообществ будет происходить крайне неравномерно. Ожидаемые изменения фитоценозов внутри их современных ареалов будут иметь мозаичный характер. Из полученных оценок следует, что к середине XXI века не следует ожидать существенных сдвигов современных границ природных зон на равнинных территориях России.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН "Физические и химические процессы в атмосфере и на земной поверхности, определяющие изменения климата".

Литература

1. Голубятников Л.Л., Мохов И.И., Денисенко Е.А., Тихонов В.А. Модельные оценки влияния изменений климата на растительный покров и сток углерода из атмосферы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т.41, № 1. С.25–35.
2. Голубятников Л.Л., Денисенко Е.А. Модельные оценки влияния изменений климата на ареалы зональной растительности равнинных территорий России // Известия РАН, сер. биологическая. 2007. №2. С. 212-228.
3. Кожаринов А.В., Минин А.А. Современные тенденции в состоянии природы Русской равнины // Влияние изменения климата на экосистемы. М.: Рус. ун-т, 2001. С. I.17–I.23
4. Climate Change: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J. et al. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2001. 881 p.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОТРОФНОГО СООБЩЕСТВА МЕТАЛИМНИОНА В СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЕРАХ

Горбунов М.Ю., Уманская М.В.

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти
myugor@pochta.ru

Водная масса даже небольших по объему водоемов неоднородна. В любых водоемах наблюдаются те или иные вариации условий среды, которые приводят к различиям в характеристиках биотических сообществ разных участков водоемов. Так, имеются горизонтальные неоднородности, обусловленные проточностью водоемов, неодинаковы условия в их пелагической и прибрежной частях, и т.д. Но наиболее ярким примером гетерогенности водной толщи, видимо, является вертикальное расслоение водного столба в стратифицированных озерах, приводящее к формированию поверхностного и придонного слоев с различными условиями – эпи- и гипolimниона, и переходной зоны между ними – металимниона.

Для металимниона характерны градиенты многих физических показателей и химического состава среды: температуры, освещенности, рН, концентраций биогенных элементов и содержания кислорода, растворенной углекислоты и органических веществ. В продуктивных озерах кислород в гипolimнионе может исчерпываться, и тогда в металимнионе формируется градиент окислительно-восстановительных условий – от окислительных в эпилимнионе до восстановительных в гипolimнионе. Реже в этой зоне регистрируется максимум концентрации кислорода. Резкие градиенты условий среды приводят к микромасштабной (до единиц сантиметров по вертикали) неоднородности биотического состава сообществ.

Подобные переходные зоны в геоботанике, а вслед за ней и во всей экологии, принято называть экотонами. К зоне металимниона это понятие не применяется, однако металимнион обладает многими характерными чертами экотона, в частности, эффектом "сгущения жизни". В большинстве случаев именно в металимнионе наблюдается максимальная, по сравнению с эпи- и гипolimнионом, численность и биомасса живых организмов, в частности, фототрофных. Металимнические максимумы хлорофилла и общей биомассы фитопланктона являются характерной чертой большей части стратифицируемых водоемов. Имеющиеся данные свидетельствуют, что структура и видовой состав фототрофных сообществ этих максимумов отличаются от сообществ как эпилимниона, так и гипolimниона.

Наиболее ярким случаем металимнических максимумов биомассы являются слои с доминированием аноксигенных фототрофных бактерий в области раздела кислородной и бескислородной водных масс в озерах с анаэробным гипolimнионом, нередко достигающие огромной плотности при небольшой толщине зоны развития ("бактериальные пластины"). Наряду с аноксигенными фототрофными бактериями, в этой зоне отмечалось присутствие некоторых представителей фитопланктона, в частности,

цианобактерий, а также эукариотических водорослей, иногда образующих значительные по численности и биомассе популяции.

К сожалению, металимнические максимумы очень часто остаются незамеченными при проведении гидробиологических исследований. Из-за резкого изменения условий с глубиной, для получения достоверной информации о планктоне этой зоны необходимо отбирать пробы в области температурного скачка с интервалом 0,5 м и менее [4]. Следует заметить, что обычные батометры малопригодны для такого дробного отбора; однако описаны пробоотборники помпового и шприцевого типа (см., например, [5]), позволяющие получать ненарушенные пробы с интервалом 5 см и менее.

Нами были исследованы металимнические фототрофные сообщества в нескольких малых озерах Среднего Поволжья. В оз. Бездонное (НП "Самарская Лука") глубиной 6 м в 2002 г. слой температурного скачка был расположен на глубине 1,5-2,5 м. В нижней части этой зоны, где отсутствовал кислород, развивались фототрофные бактерии, представленные колониальными Chromatiaceae с газовыми вакуолями, которые образовывали ~50% общей микробной биомассы и зелеными серными бактериями (*Chlorobium spp.*, *Chl. clathratiforme*, а также *Chl. luteolum*), развивавшимися и в нижележащем гипolimнионе. На глубине 1,5-2 м, непосредственно над слоем аноксигенных фотосинтезирующих бактерий, формировали максимум биомассы миксотрофные инфузории и жгутиконосцы. С развитием этих организмов был связан максимум хлорофилла а на глубине 1,5 м. Доминирующим видом среди инфузорий был содержащий многочисленные зоохлореллы *Prorodon viridis* Kahl sensu Esteban, Finlay, 1997 (= *Pelagothrix plancticola* Foissner et al.), а среди жгутиконосцев - *Euglena cf. hemichromata*, доминировавшая в слое 1,5-2 м с апреля по июнь [2]. В августе доминирование в этом максимуме перешло к цианобактериям – *Planktothrix sp.* Следует отметить, что упомянутые водоросли и инфузории отсутствовали или были единичны в поверхностном слое озера.

В лесном светловодном озере Шунгалдан (НП Марий Чодра), меромиктическом водоеме с высоким содержанием сульфидов в монимолимнионе, в области хемоклина на глубине 3,5 м расположен узкий максимум биомассы и численности колониальных фототрофных бактерий, в котором доминируют среди Chlorobiaceae – *Chlorobium (Pld.) clathratiforme*, среди Chromatiaceae – крупные плоские агрегаты из клеток, сходных по морфологии с *Allochromatium vinosum*. Одиночные Chromatiaceae представлены *Thiocapsa sp.*, *Allochromatium spp.*, и *Thiodiction bacillosum*. В фитопланктоне монимолимниона развиваются диатомовые, золотистые и динофлагелляты, с которыми был связан максимум биомассы на глубине 1 м. Однако максимум общей численности фитопланктона, а также максимумы численности цианобактерий и зеленых водорослей располагались ниже, на глубине 3 м, т.е. на верхней границе хемоклина. Еще ниже, на глубине 3,5 м, был отмечен резкий максимум криптофитовых с преобладанием *Cryptomonas erosa*, но их вклад в общую численность и биомассу был невелик [3].

Еще один меромиктический водоем, Нижний пруд Ботанического сада Самарского университета, исследовался нами в течение нескольких лет. Хемоклин этом водоеме в летний период был расположен на глубине около 2

м, в осенний и подледный период – опускался до 3-3,5 м. В течение всего периода открытой воды в области хемоклина регистрировался максимум фитопланктона, видовой состав в котором отличался от видового состава в вышележащем миксолимнионе. В монимолимнионе, ниже 2,5 м фитопланктон был малочисленным и, очевидно, состоял из оседающих клеток.

Так, в июле 2005 г. в поверхностном слое до глубины 1 м доминировали динофлагелляты (*Ceratium hirundinella*). С увеличением глубины возрастала доля различных криптофитовых и нескольких видов хризифитовых. Цианобактерии в поверхностном слое были представлены почти исключительно представителями р. *Anabaena*, а начиная с глубины 1-1,5 м, замещались содержащими газовые вакуоли *Planktothrix cf isothrix* (Phormidiaceae: Oscillatoriales). На глубине 1,5 м доминирующими по численности видами про- и эукариотических фототрофных организмов являлись, соответственно, *Planktothrix* и *Cryptomonas spp.*

В 2008 г. в апреле в миксолимнионе доминировали золотистые водоросли *Kephyrion moniliferum*, вместе с ними развивались диатомовые *Fragillaria sp.*, *Cyclotella spp.* На глубине 1,5 м был расположен пик криптофитовых с преобладанием *Cryptomonas erosa*. Им сопутствовали эвгленовые, *Euglena pisciformis*, *E. intermedia* и *Euglena acus*. На глубине 1,8 м преобладали пока не определенные мелкие зеленые жгутиконосцы, возможно, зооспоры какого-то вида Chlorophyta. В последующие месяцы видовой состав сообществ как миксолимниона, так и хемоклина изменялся, однако между этими сообществами сохранялись значительные различия. К концу лета доминирование в области глубоководного максимума фитопланктона переходило к цианобактериям р. *Planktothrix*, а осенью их вновь замещали фототрофные жгутиконосцы. Наряду с ними, судя по данным 2005-2006 гг., в этих слоях развивались, в отдельные месяцы в массовых количествах, миксотрофные инфузории [1].

Ниже максимума фитопланктона, в слоях, содержащих сероводород, развивались аноксигенные фототрофные бактерии. Расстояние между максимумами развития пурпурных и зеленых бактерий в большинстве случаев не превышало 10 см. Среди пурпурных бактерий в 2005-2006 гг. доминировала *Thiocapsa rosea*, в 2008 г. ее вклад несколько снизился, и доминирование по биомассе перешло к *Thiodiction elegans*. Среди Chlorobiaceae во все годы исследования доминировали *Chlorobium limicola*; *Chlorobium clathratiforme*, единично встречались колонии *Chlorobium luteolum* и (на глубине 2-2,3 м) консорции *Chlorochromatium*.

Имеющиеся данные позволяют высказать некоторые соображения об экологических процессах, приводящих к образованию металимнических максимумов фототрофных организмов. В некоторых случаях их формирование может быть связано с накоплением оседающих организмов в области скачка плотности из-за замедления оседания. Именно это, видимо, обусловило максимум с доминированием мелкоклеточной *Crucigeniella apiculata* в оз. Шунгалдан, поскольку данный вид в значительных количествах развивался и в вышележащих слоях воды. Однако в большинстве случаев в металимнионе развиваются и доминируют виды,

отсутствующие в вышележащих слоях. В наибольшей степени это относится к аноксигенным фототрофным бактериям, для которых аэробные условия эпилимниона (миксолимниона) абсолютно неприемлемы.

Поскольку плотность цитоплазмы клеток выше, чем плотность чистой воды, организмам металимниона пресных озер необходимы специальные механизмы, чтобы сохранять свое положение на определенной глубине. Только для организмов пикопланктонных размеров скорость оседания настолько мала, что связанные с ней потери популяции могут быть скомпенсированы высокой скоростью размножения в зоне с оптимальными условиями. Более крупные организмы металимниона либо активно подвижны, либо (только прокариоты) регулируют свою плавучесть за счет аэротопов (газовых вакуолей). Для этих видов, наоборот, крупные размеры клеток или колоний более выгодны из-за более низкого сопротивления движению. Поэтому практически все прокариоты с аэротопами в зоне гиполимниона представлены многоклеточными нитями или крупными колониями, состоящими из десятков и сотен клеток. Среди активно подвижных видов фототрофов тоже практически отсутствуют организмы размером менее 8-10 мкм. Характерно, что все доминирующие фототрофные прокариоты в зоне металимниона исследованных нами озер — колониальные виды с аэротопами, а активно подвижные, за исключением консорций, единичны, хотя в некоторых озерах обнаруживалось массовое развитие и доминирование крупных подвижных Chromatiaceae (в частности, *Chromatium okeni*). В одном из таких случаев было показано, что этот вид совершал значительные (более 5 м) вертикальные суточные миграции, которые кажутся невозможными для видов, регулирующих положение в столбе воды при помощи аэротопов. Вообще же активное движение требует больших затрат энергии, и поэтому менее энергетически выгодно.

Характерно, что среди эукариотических фотосинтезирующих организмов металимниона доминируют миксотрофные водоросли, например, некоторые виды Cryptophyta, или даже гетеротрофные организмы, содержащие фототрофные симбиотические водоросли (например, инфузории). Эти же или близкие виды фитопланктона, в частности, нитчатые цианобактерии с газовыми вакуолями (*Planktothrix mougeotti*, *P. rubescens* и др.), по литературным данным, часто являются доминантами глубоководных максимумов и в озерах с аэробным металимнионом. Все аноксигенные фототрофные бактерии также способны, наряду с фиксацией углекислоты, использовать на свету готовые органические соединения, а для некоторых видов фотогетеротрофный метаболизм является предпочтительным или облигатным. Таким образом, способность к использованию готового органического вещества, миксотрофный или фотогетеротрофный метаболизм, является общей чертой видов металимнических максимумов. Очевидно, он является важным селективным преимуществом для фототрофных организмов этой зоны, связанным с дефицитом в ней света.

В целом, литературные данные и наши наблюдения показывают, что в металимнионе стратифицированных и меромиктических озер формируется сложное, вертикально структурированное, сообщество фототрофных организмов, структура и развитие которого в большей или меньшей степени

независимо от сообщества эпилимниона. Характерной чертой многих видов, входящих в это сообщество, является факультативный или облигатный миксотрофный или фотогетеротрофный метаболизм, который даже в отсутствие организмов-выедателей может приводить к разобщению скоростей накопления биомассы и фиксации углекислоты. Биотические процессы, осуществляемые сообществами металимниона, оказывают существенное влияние на всю экосистему водоема, ограничивая поступление в эпилимнион органических и восстановленных неорганических соединений, а также биогенных элементов.

Литература

1. Быкова С.В. Первое исследование вертикального распределения инфузорий планктона в малом меромиктическом водоеме. / С.В. Быкова, В.В. Жариков // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы III междунар. научн. конф. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 1-12.
2. Горбунов М.Ю. Роль миксотрофных простейших и аноксигенных фотосинтезирующих бактерий в фототрофном сообществе небольших стратифицированных эвтрофных озер / М.Ю. Горбунов, С.В. Быкова, М.В. Уманская, В.В. Жариков // Материалы Межд. конф. "Первичная продукция водных экосистем". – Ярославль, 2004. – С. 18-19.
3. Горбунов М.Ю. Особенности развития фототрофного планктона в светловодных и гумифицированных лесных озерах / М.Ю. Горбунов, М.В. Уманская, Н.Г. Тарасова, Е.Н. Унковская // Микроорганизмы в экосистемах озер, рек и водохранилищ: Материалы 2 Байкальского Микробиологического Симпозиума. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2007. – С. 55-56.
4. Кузнецов С.И. Методы изучения водных микроорганизмов. / С.И.Кузнецов, Г.А. Дубинина – М.: Наука, 1989. – 288 с.
5. Рогозин Д.Ю. Тонкослойные вертикальные распределения пурпурных серных бактерий в зонах хемоклина меромиктических озер Шира и Шунет (Хакасия) / Д.Ю. Рогозин, Н.В. Пименов, Д.Б. Косолапов, Ю.В. Чаньковская, А.Г. Дегерменджи // Докл. РАН. – 2005.–Т.400,№ 3 –С.426-429.

ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ В КРАСНУЮ КНИГУ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Гордиенко С.Г.

Академический лицей им. А.Н. Лобачевского, Казань

E-mail: t.a.korch@rambler.ru

К работе над первым изданием Красной книги Республики Татарстан в 1995 году был привлечен как исследователь чешуекрылых и автор монографии «Бабочки Татарии» [1990]. В работе над вторым изданием Красной книги РТ [2006] использован полевой материал, собранный автором в кратковременных экспедиционных выездах в государственные заказники по территориям некоторых районов Татарстана. Экспедиция 2004 года посетила Дрожжановский, Тетюшский, Верхнеуслонский, Высокогорский, Сабинский, Рыбно-Слободский, Чистопольский и Алексеевский районы. Результатом работы стало изменение статуса отдельных видов чешуекрылых с сохранением общего списка:

- | | |
|--|-------------------------------|
| Древоточец пахучий <i>Cossus cossus</i> L. | - III категория (прежняя II), |
| Махаон <i>Papilio machaon</i> L. | - V (II), |
| Мнемозина <i>Parnassius mnemosyne</i> L. | - III (II), |
| Поликсена <i>Zerynthia polyxena</i> D. et Scn. | - III (II), |
| Галатея <i>Melanargia galathea</i> L. | - III (II), |
| Сатир Дриада <i>Satyras dryas</i> Sc. | - III (II), |
| Переливница большая <i>Apatura iris</i> L. | - III (II), |
| Адмирал <i>Vanessa atalanta</i> L. | - III (II), |
| Траурница <i>Nymphalis antiopa</i> L. | - V (II), |
| Павлиноглазка малая <i>Eudia pavonia</i> L. | - I (II), |
| Бражник Мертвая голова <i>Manduca atropos</i> L. | - I (III), |
| Бражник глазчатый <i>Smerinthus ocellatus</i> L. | - III (II), |
| Медведица Гера <i>Callimorpha quadripunctaria</i> Poda | - I (II), |
| Медведица красноточечная <i>Utetheisa pulchella</i> L. | - I (II), |
| Ленточница малиновая <i>Catocala sponsa</i> L. | - III (II). |
- Прочие чешуекрылые (12 видов) сохранили свой статус.

После обработки карточек встреч, присланных от природоохранных структур и показывающих наличие краснокнижных видов в период с 1995 по 2004 годы, можно было сделать вывод о состоянии охраняемых животных.

Очень мало поступило информации о древоточце пахучем *C. cossus*, ленточнице малиновой *C. sponsa*, медведице сельской *Epicallia villica* L., многоцветнице садовой *Nymphalis polychloros* L., мнемозине *P. mnemosyne*, аполлоне *Pamassios apollo* L., подалирии *Iphclides podalirius* L., голубянке Мелеагр *Polyommatus daphnis* D. et Sch., павлиноглазке малой *E. pavonia*.

Совсем не было сведений о зорьке Зегрис *Zegrus eupheme* Es., сеннице Геро *Coenonympha hero* L., углокрыльнице V-белое *Polygonia V-album* Sch., бражнике Мертвая голова *M. atropos*, медведицах Гера *C. quadripunctaria*, Геба *Amthobiota hebe* L., хозяйке *Pericallia matronula* L. и красноточечной *U. pulchella*, ленточнице голубой *Catocala fraxini* L..

Очень неожиданная информация пришла на карточках встреч от В.В. Леонтьева из Елабуги относительно весенней бабочки поликсена *Z. polyxena*, где указывается время ее находок 13.09.96 г., 9.09.97 г., 9.09.98 г., 13.09.99 г., 13.09.2000 г., 15.09.01 г., 15.09.02 г., 13.09.03 г., что никак не соответствует настоящему времени лета данного вида. Эту информацию имеет смысл проверить, не отметая ее, как не соответствующую действительности.

Еще более удивительным можно назвать факт находки типично степного и весеннего вида белянки Зегрис *Z. eupheme* в июле 2006 года (личное сообщение Н.Н. Петрова). Вид был обнаружен на территории Государственного природного ландшафтного заказника «Чулпан» Высокогорского района РТ, расположенного на границе лесостепи и зоны южной тайги, то есть значительно северо-западнее мест встреч (Чистопольский, Алексеевский районы). Сведения также требуют тщательной проверки с выездом в район обнаружения вида.

В адрес редакции Красной книги РТ [1995] пришла реплика О.В. Бакина [2004] о том, что Красная книга РТ заполнена декоративными видами бабочек. Может быть это и так, однако, для таких декоративных и не самых редких (и даже вредных!) бабочек, как махаон, хвостосец Маака, переливница Шренка, нашлось место в Красной книге СССР, не говоря уже о подалирии, поликсене, бражнике Мертвая голова, медведице Гера, медведице-госпоже *Panaxia dominula* L., ленточницах голубая и малиновая, действительно очень редких. Декоративны, то есть очень красивы, например, адмирал и траурница, а значит уязвимы и могут сократиться в численности не стараниями коллекционеров и специалистов, а просто любопытными.

Указанные О.В. Бакиным [2004] для охраны чешуекрылые, экологически приуроченные к болотам, внешне не привлекательны, почти не заметны. Охрана их видится очень проблематичной и даже бессмысленной ввиду того, что на территории Татарстана никто не будет охранять болота, а там, где они есть в России, с бабочками сенница болотная, северная перламутровка, голубянка торфянниковая и желтушка торфянниковая, нет никаких проблем.

Считаю, что на страницах природоохранного документа, изданного не только для специалистов, но и для широкого круга читателей, должно найтись место не только для редких видов, но и для декоративно-красивых.

Исходя из этих соображений, автором было вынесено предложение о дополнении первого списка бабочек новыми видами:

- 1) пестрянка черноточечная *Zygaena laeta* H. (обоснование: Красная книга СССР);
- 2) разнокрылка Морфей, толстоголовка (единственная находка в 2004 году);
- 3) зорька (изящный, оригинальный вид с ярко выраженным полиморфизмом);
- 4) желтушка торфяниковая *Colias palaeno* L. (исчезновение торфяников, занесение в Красную книгу РТ голубики – кормового растения бабочки);
- 5) Семела (распашка остепненных районов РТ);
- 6) сенница болотная (исчезновение болот);

7) ленточник тополевый *Limenitis populi* L. (крупный красивый вид, нередок в некоторых точках, но повсеместно единичен, внесен в Красную книгу Смоленской и Челябинской областей);

8) северная перламутровка (исчезновение болот);

9) зефир березовый (самый крупный из наших голубянок);

10) бражник сиреневый *Sphinx ligustri* L. (крупный, редкий вид, в Красной книге Марий Эл и Смоленской области);

11) Прозерпина *Proserpinus proserpina* L. (красивый, изящный вид, почти не встречающийся, в Красной книге Башкортостана, Нижнего Новгорода, Ростовской и Ульяновской областей);

12) шелкопряд березовый *Endromis versicolora* L. (красив и чрезвычайно редок даже при наличии обильного корма, в Красной книге Башкортостана и Ростовской области);

13) медведица желтая *Arctia flavia* F. (очень редкий крупный и красивый урало-сибирский вид).

Список можно было бы расширить, включив сюда всех бражников, исключая разве что тополевого и соснового павлиноглазок, однако и из этого состава во второе издание вошли только пестрянка, желтушка, ленточник, бражник, Прозерпина, шелкопряд и медведица, но и этого вполне достаточно для кропотливой и серьезной работы по сохранению природного разнообразия края.

В адрес авторов Красной книги РТ поступила критика со стороны В.В. Аникина [2008]. Замечаний было четыре.

- Чем объяснить взятие под охрану некоторых бабочек?

- Почему необходимо охранять «основного вредителя леса» древоточца пахучего?

- Откуда в южной тайге степной вид пестрянки Лета *Z. laeta*? Уж не спутал ли ее автор очерка с Седи *Z. sedi*?

- Почему бражнику «Мертвая голова» был дан статус «исчезающий вид» 1 категории, и почему автор считает этот вид акклиматизировавшимся в Татарстане?

Теперь по порядку. Во-первых, такие виды чешуекрылых как адмирал, траурница, углокрыльница V-белое, бражник глазчатый внесены в Красные книги Башкортостана, Смоленской, Ростовской областей.

Во-вторых, древоточец пахучий внесен в Красную книгу Смоленской области, и если он в Саратовской области является опасным вредителем, то в Татарстане он редок и как крупный и своеобразный вид достоин защиты.

В-третьих, пестрянка Лета была зарегистрирована в лесостепи Алексеевского района РТ, а не в южной тайге севера Татарстана; перепутать два вида пестрянок Седи и Лета невозможно, их различия в окраске очевидны (рис.). В.В. Аникин [2008] указывает, что пестрянка Лета является степным видом, а пестрянка Седи приурочена к лесостепи, тогда как М.П. Корнелио [1986] и западные исследователи [Ламперт, 2003] селят Лету в средней полосе.

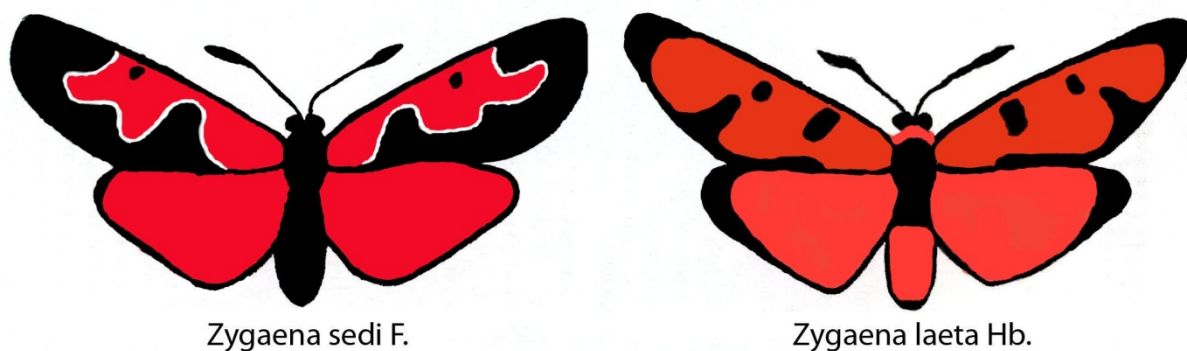


Рис.1. Пестрянки Седи *Z. sedi* и Лета *Z. laeta* (Корнелио, 1986).

В-четвертых, в очерке о бражнике «Мертвая голова» нет ни слова об акклиматизации вида в РТ, тем более что вся биология бабочки описывается для юга России, имея в виду только редкие залеты бабочки на территорию РТ. Сейчас некоторые западные источники [Ламперт, 2003] рассматривают возможность зимовки куколок бражника в средней полосе Европы.

Даже если Красная книга относится к особому жанру популярной литературы, тем не менее, ее создание требует научного подхода с серьезными исследованиями специфических биотопов с особыми растительными ассоциациями и животными сообществами. Исследователю требуются дополнительные, тщательно проверенные сведения с мест. В этом смысле, особое значение приобретают не только личное общение с резидентами, но и специфическая информация в СМИ, особенно в отдельных изданиях на заданную тему.

Литература

1. Аникин В.В. К вопросу о необходимости включения некоторых видов насекомых в Красную книгу Татарии (2006) / Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье: Сб. научн. Трудов. – Саратов, 2008. – Вып.7. – С.126-127.
2. Бакин О.В. Материалы к Красной книге РТ / Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: тезисы докладов VI республиканской научной конференции. – Казань: Отечество, 2004. – С.19-20.
3. Корнелио М.П. Школьный атлас определитель бабочек / М.: Просвещение, 1986. – 255 с.
4. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы) / Изд. 2-е. – Казань, Изд-во «Идел-Пресс», 2006. – 832 с.
5. Ламперт К. Атлас бабочек и гусениц (Места обитания. Физические характеристики. Поведение. Размножение) / Мн.: Харвест, 2003. – 736 с.

О ПОЛЬЗЕ И ВРЕДЕ АККЛИМАТИЗАЦИИ

Горелов В.К.

ФГУ «Межведомственная ихтиологическая комиссия», Москва

E-mail: icht.vgorelov@list.ru

Вселение чужеродных видов и намеренное и случайное приводит как к положительным, так и резко отрицательным последствиям. Многие вселенцы попадают в водоёмы в качестве объектов аквакультуры. Оценки интродукции должны быть сбалансированы – следует учитывать не только отрицательные последствия интродукции, но и экономическую выгоду от нового вида промысла или культивирования. В разных районах и в разное время оценка результатов вселения может меняться.

Я неоднократно убеждался в том, что большинство американцев, даже биологи, не подозревают, что рыбы шэд (*Alosa sapidissima*) и полосатый окунь (*Morone saxatilis*) на тихоокеанском побережье США являются экзотами. Экологи и ихтиологии воспринимают их как данность и потому «зелёные» не протестуют против зловредной акклиматизации и нарушения первозданного видового разнообразия.

Черноморских кефалей в Каспии мы называем каспийскими. Отсутствуют достоверные данные об экологической катастрофе, которая должна была произойти в процессе их натурализации. Каспийские осетровые потеряли своё промысловое значение не из-за отрицательного влияния акклиматизации нерейса. Тихоокеанская кефаль пелингас (*Mugil soiyu*) в Азово-Черноморском бассейне считается ценным промысловым объектом.

На сегодняшний день в Баренцевом море результаты интродукции камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) можно оценить положительно. Тот факт, что в Норвегии приняты меры регулирования промысла краба, разработанные специалистами ПИНРО и направленные на охрану молоди краба и самок, запрет на добычу маломерных самцов, свидетельствует о том, что Министерство рыболовства Норвегии рассматривает камчатского краба как ценный промысловый объект, запасы которого следует эксплуатировать на долговременной и рациональной основе. Разумеется, что окончательная общая оценка результатов этого вселения может быть получена только после завершения расселения краба в европейских водах и изучения его влияния на биоту водоёмов-реципиентов.

Многие годы ведутся дискуссии о пользе и вреде акклиматизации. Есть сторонники полного запрета, какой бы то ни было интродукции, которые склонны считать преступлением всякое переселение вида в новые для него районы. Есть сторонники и другого направления, которые согласны перевозить всё что угодно и куда угодно, особенно не задумываясь о целесообразности, экологических и экономических последствиях. Жизненный и научный опыт свидетельствует о том, что экстремизм и

тенденциозность никогда не бывает продуктивным и тормозят развитие науки и передовых направлений.

Зачастую сложную экологическую ситуацию пытаются объяснить отрицательным воздействием вселенца и не принимают во внимание того обстоятельства, что задолго до его появления изменился гидрологический режим, повысилась эвтрофикация водоёма, а нерациональный промысел подорвал запасы аборигенных ценных видов. Климатические аномалии последних десятилетий уже воспринимаются как норма.

Долговременное воздействие каждого из названных факторов на местную биоту выводит из равновесного состояния отдельные популяции и сообщество в целом. Это приводит к нарушению относительно динамического состояния между уровнем воспроизводства основных популяций и величиной смертности, увеличивается вариабельность урожайности большинства видов, снижается относительное обилие видов, относящихся к разным экологическим группам, а также структурные показатели – разнообразие и доминирование.

Такие трансформации подготавливают благоприятную среду для экспансии вселенцев и они устанавливают новые связи с представителями порушенной экологической системой, т.е. их влияние является не причиной, а следствием антропогенных и климатических факторов. Человек сравнялся с геологическими силами в процессах преобразования природы. Человеческая деятельность является и разрушительной, и созидательной!

В этом случае не можем ждать милостей от природы после того, что мы с ней сделали. И человек разумный, и рачительный, вооруженный научными рекомендациями должен рекомендовать комплексные меры к ослаблению негативных последствий. Только хорошее знание экологического состояния водоёма, биологических особенностей и продукционных возможностей промысловых и культивируемых объектов позволяет разработать биологическое обоснование целесообразности интродукции конкретного вида и спрогнозировать место в экологических условиях водоёма реципиента.

Способность отдельных видов к пассивному или активному переселению в новые для них места обитания и успешному выживанию там просто поражает. Хотя не менее удивителен и другой феномен – неспособность многих видов адаптироваться к новым условиям, казалось бы сходными с естественными. Ведущие отечественные экологи и гидробиологи уделяли большое внимание эколого-физиологическим исследованиям при прогнозировании возможных изменений водно-солевого режима, продуктивности и приемной ёмкости водоёмов.

Большой вклад в развитие теоретических аспектов акклиматизации водных организмов внесли советские и российские учёные: Л.А. Зенкевич, Е.В. Бурмакин, Б.В. Веригин, В.К. Виноградов, Б.Г. Иоганзен, Л.А. Кудерский, Т.С.Расс и многие другие.

Особая заслуга в этом деле принадлежит А.Ф. Карпевич. В её монографии «Теория и практика акклиматизации водных организмов» [1975] можно найти ответы на многие злободневные вопросы сегодняшнего дня и вдохновиться идеями для углубления научных исследований по оценке трансформации окружающей среды и способности одних видов к экспансии, а других к вымиранию под влиянием изменившихся экологических факторов. Именно глубокие знания биологических и экологических особенностей видов дают возможность разрешить сложные теоретические и практические проблемы интродукции организмов.

В 1958 году вышла в свет книга Чарльза С. Элтона “*The ecology of invasions by animals and plants*”, которая была переведена на русский язык и издана в 1960 году под редакцией профессора Н.П. Наумова. В русском переводе она называлась «Экология нашествий животных и растений». Для многих поколений отечественных экологов и биологов эта книга стала настольной. На хорошо подобранных примерах автор показал многообразие проблемы расселения видов под влиянием различных причин. Следует подчеркнуть, что к настоящему времени эта проблема не потеряла своей актуальности.

В последние десятилетия двадцатого столетия накопилось много сведений о саморасселении водных организмов. [1]. Обзор публикаций на эту тему свидетельствует о негативных последствиях проникновения чужеродных видов на местную биоту [2, 5]. Основной массив данных приходится на результаты аутоакклиматизации, которые, как правило, приводят к «экологическим взрывам» и биологическому загрязнению. К сожалению, это обстоятельство для некоторых авторов является веским аргументом против всякой акклиматизации. При этом отсутствует всесторонний анализ предшествующих изменений абиотических и биотических факторов в водоёме реципиенте.

Даже, казалось бы, очевидные вредоносные последствия от вселенца на экосистему, не всегда могут быть отнесены на его счёт, т.к. имеется ещё множество неучтённых или проигнорированных факторов, а это уже даёт повод к тенденциозной интерпретации результатов.

Примерно десять лет назад все экологические и экономические беды Азово-Черноморского бассейна были возложены на вселенца-гребневика (*Mnemiopsis leidyi*). Последствием его нашествия была посвящена международная конференция [GESAMP, 1997]. Основной причиной деградации прибрежного зоопланктона и рыбных ресурсов многие называли мнемипсиса. Одновременно высказывались и более взвешенные аргументы, учитывающие влияние многих факторов среды.

Исследователи, которые хорошо знали этот бассейн, указывали на то, что катастрофические изменения зоопланктонном и бентических сообществах и ихтиофауне началось задолго до вселения этого гребневика, а развивались параллельно с повышением стока биогенов и других загрязняющих веществ [4]. Сходная картина происходила и во время

экспансии мнемипсиса в Каспийское море. После закономерного повышения численности мнемипсиса началось снижение ещё до массового развития другого гребневика (*Beroe ovata*), который питается в основном (*Mnemiopsis leidyi*).

Анализируя многочисленные публикации, посвященные проблемам инвазии, приходится констатировать, что в них термин «инвазия» имеет расширенное толкование и приводит к неверным представлениям о многообразии процессов акклиматизации и соответственно о месте и значении акклиматизации в общебиологических проблемах сохранения многообразия жизни на Земле. Не следует забывать о достижениях наших корифеев. Их вклад в науку не потерял своей актуальности и является хорошей основой для решения насущных проблем.

Эффект влияния пришельца на аборигенное сообщество непросто отделить от действия природных и антропогенных факторов. Отмечая успех акклиматизации вида-вселенца и деградацию местной биоты, можно ли утверждать о прямой причинно-следственной связи между ними? Без проведения всестороннего анализа делать поспешные выводы не корректно. Часто даже отсутствуют данные, подтверждающие, что вселенец как конкурент вытесняет аборигена.

Углубляя научные исследования, мы должны выработать целостную концепцию теории и практики акклиматизации.

Литература

1. Алимов А.Ф. и др. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах (под ред. А.Ф.Алимова, Н.Г. Богуцкой) /А.Ф. Алимов, Н.Г. Богуцкая , М.И. Орлова, В.Ф. Зайцев и др.// Тов-во научных изданий КМК. М.-СПб..2004. 436 с.
2. Дгебуадзе Ю.Ю. Экология инвазий и популяционных контактов животных:общие подходы/ Виды вселенцы в европейских морях России. Апатиты. 2000. 35-50.
3. Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов / Пищевая промышленность. М. 1975. 432 с.
4. Шадрин Н.В. Виды-вселенцы в Азовском и Чёрном морях: причины и последствия/ Виды вселенцы в европейских морях России. Апатиты. 2000. 76-76-90.
5. Slynko Yu.V. et al. Fish biodiversity in Volga river /Slynko Yu.V., Kiyashko V.I., Yakovlev V.N.// Proceedings of large rivers Symposium-II (LARS2). Phnom Penh, Combodia. 2003. 184-198.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СРЕДООБРАЗУЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОБРА НА НЕКОТОРЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Горшков Д.Ю.

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник
E-mail: gdu1977@mail.ru

Состояние многих малых рек Республики Татарстан остается неблагоприятным – уменьшается водность, ухудшается режим, снижается качество воды, особенно в маловодные годы, изменяется сток воды и наносов, что приводит к их обмелению и пересыханию [1]. Экологическая роль малых рек состоит в том, что именно они, дренируя большую часть площади водосбора, определяют водность, качество, режим и другие показатели крупных водотоков. Уязвимость малых рек из-за их размеров и низкой способности противостоять влиянию разносторонней хозяйственной деятельности на протяжении многих лет ведет к качественным и количественным изменениям водных объектов. Это обстоятельство позволяет считать малые реки индикатором экологического состояния не только водосборных площадей, но и природно-экономических регионов в целом.

Совокупный ущерб от вышеупомянутых изменений гидрологического режима, вызванного антропогенным воздействием, составляет в РТ около 4 млрд. руб. в год [1].

Одним из факторов, поддерживающих малые водотоки в естественном состоянии, и снижающем интенсивность антропогенного воздействия, служит средообразующая деятельность бобра. Возведенные им плотины, осаждают взвешенные наносы, сглаживают пики половодий, обеспечивая стабильность стока и увлажнение биотопов, уменьшают скорость течения и уклон русла, что ведет к снижению береговой эрозии и улучшению качества воды [5]. Экономическая польза от деятельности бобра как мелиоратора, намного превышает прибыль от них как от промысловых зверей [4].

На сегодняшний день бобр является обычным видом для фауны РТ, хотя так было не всегда. История бобра демонстрирует огромную разрушительную способность деятельности человека и, в тоже время, его умение исправить ущерб, нанесенный природе. До уничтожения в начале XIX века бобр населял всю территорию современного Татарстана. В ходе работ по реакклиматизации, которые были начаты в 1949 г., в Татарстан было завезено 52 бобра. Позже велись работы по внутриреспубликанскому расселению. Немаловажную роль в освоении водоемов региона бобром сыграло его естественное расселение.

Реакклиматизация бобра в РТ была проведена успешно. В настоящее время вид заселяет большинство рек и озер по всей территории региона и

является объектом промысла. Отмечен постоянный рост численности бобра, а современные запасы оцениваются в 5500 особей.

Оценку степени влияния бобра на осаждение взвешенных наносов провели на примере Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника [2,3]. Сведение лесов вокруг заповедника и нерациональное ведение сельского хозяйства привело к интенсивной эрозии почвы на землях, расположенных по рельефу выше границ заповедника. Смытые с полей наносы попадают в реку Сумка и переносятся в проточные озера, в результате их площадь резко сокращается. Смыв на некоторых участках может достигать 40 – 60 т/га, подчас доходя до 100 и более т/га. Это на один-два порядка превышает темпы аналогичного природного процесса.

Для изучения роли бобровых плотин в осаждении взвешенных наносов в период весеннего половодья на двух экспериментальных участках отбирали пробы воды. Первый участок с тремя бобровыми плотинами расположен в верховьях реки Сумка на территории охранной зоны заповедника. Здесь была заложена система гидрометрических постов. Пост №1 – контрольный пост, заложённый до подпора первой плотины. Пост № 2 располагался перед первой плотиной, а № 3 – в 50 метрах после неё. Пост №4 находился ниже по течению от всей системы плотин. Второй экспериментальный участок расположен на территории заповедника в пределах бобрового поселения на реке Сер-Булак. Здесь, по схожему принципу, была заложена система гидрометрических постов.

Измерение скорости течения, замер площади живого сечения реки, фильтрацию проб воды проводили по стандартным методикам. Расчет стока воды и наносов проводили аналитическим способом. Всего за три года было отобрано 115 проб на реке Сумка и 48 на реке Сер-Булак.

Кроме того, для определения доли бобровых поселений с плотинами и определения их особенностей обследовано более 100 поселений по всей территории РТ. Обработаны материалы учета бобра, проведенные в 1994, 1999, 2001 и 2006 гг. и предоставленные Управлением по охране и использованию объектов животного мира Республики Татарстан.

На экспериментальном участке реки Сумка за период весеннего половодья суммарный сток воды (т.е. объем воды поступивший в систему бобровых прудов) составлял 5,2 млн. м³, а общее количество взвешенных наносов достигало 4,6 тыс. т. (рис. 1).

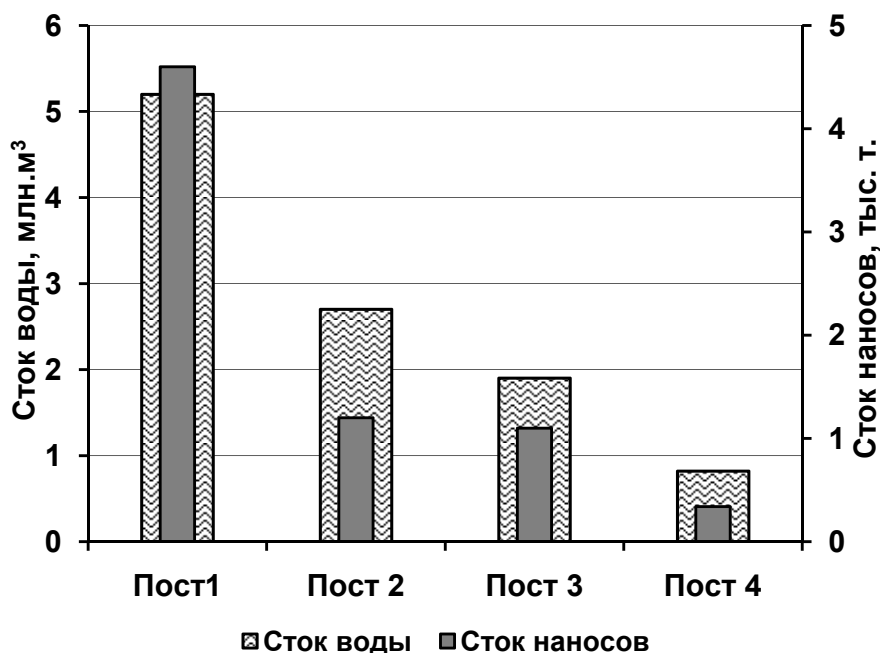


Рис.1. Показатели стока воды и стока взвешенных наносов на гидрометрических постах реки Сумка в ходе весеннего половодья.

Мутность проб воды, отобранных на экспериментальном участке в половодье, в среднем, составила 0,49 г/л (от 0,042 до 1,48 г/л). Наблюдается достоверное снижение (на 53%) мутности проб воды, отобранных до и после каскада плотин с 0,49 до 0,26 г/л ($t=2,4$; $df=20$; $P=0,012$).

Наибольшие объемы наносов были осажены во время пика половодья - 17 апреля (рис. 2). Большая масса взвешенных частиц осажается при высоком уровне воды, так как в этот период на бобровых прудах задерживаются большие объемы воды с содержащимися в ней взвешенными наносами. Процент осажденных взвешенных наносов после прохождения через весь каскад плотин в пик половодья достигает, в среднем, 55%. До и после пика половодья процент осажденных взвешенных наносов снижается до 8%.

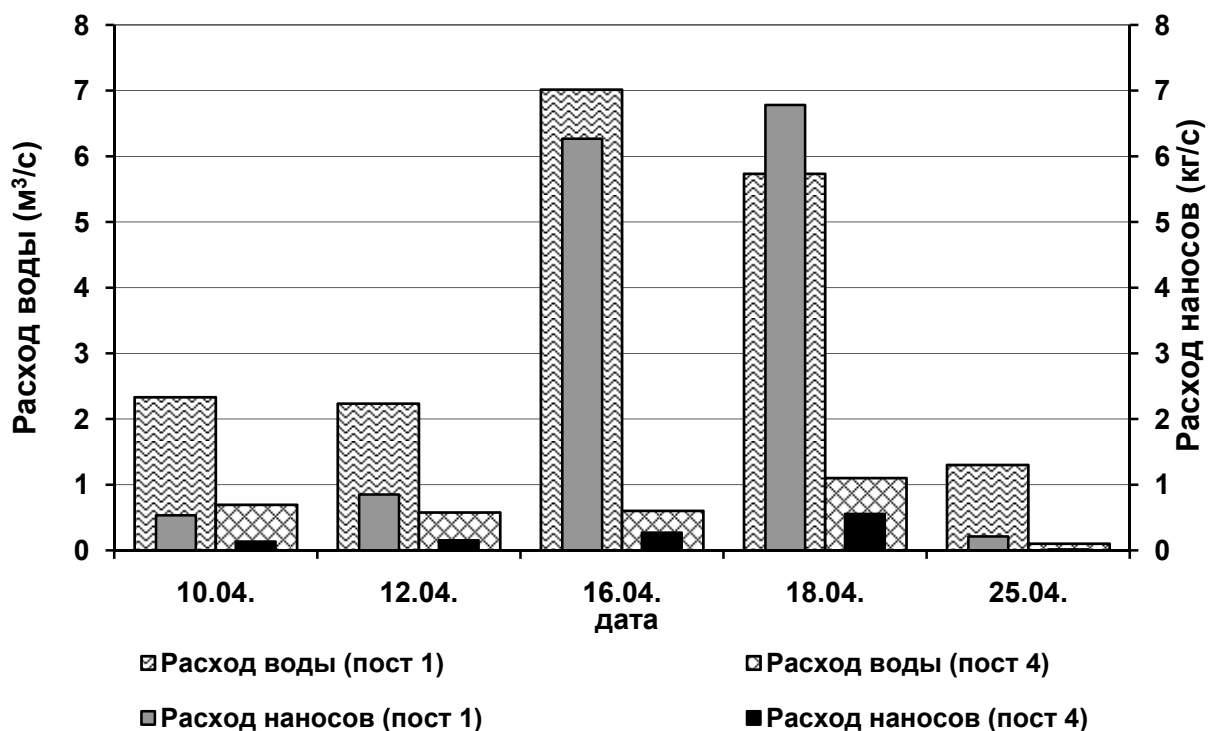


Рис. 2. Динамика изменения расхода воды и расхода взвешенных наносов постов №1 и №4 экспериментального участка на реке Сумка в половодье.

Всего за период половодья системой из трех плотин на реке Сумка было осаждено 4,25 тыс. тонн взвешенных наносов или 90 %, попавших в систему бобровых прудов. Это равно слою осадка толщиной в 9 см, распределенного по площади всех прудов поселения (5,21 га).

В отличие от реки Сумка территория водосборного бассейна реки Сер-Булак покрыта лесом, в связи с чем водный режим этой реки выровненный. За период весеннего половодья суммарный сток воды здесь составил 0,75 млн. м³. Площадь пруда, образованного бобровой плотиной на реке Сер-Булак – 6,8 га. Средняя мутность воды на реке Сер-Булак составила 0,025 г/л, что в десятки раз ниже, чем на реке Сумка. Поэтому масса взвешенных наносов, поступивших на территорию бобрового пруда на реке Сер-Булак, в сотни раз меньше - 26,9 т, чем на реке Сумка.

Достоверной разницы в снижении мутности воды после прохождения системы прудов на реке Сер-Булак не обнаружено. Вся масса взвешенных наносов была осаждена из-за остановки плотиной больших объемов воды. За время весеннего половодья здесь было задержано 0,572 млн. м³ воды, в которых содержалось 20,6 т. взвешенных наносов. Это 3,03 т/га пруда, что на несколько порядков меньше, чем на экспериментальном участке реки Сумка (815,9 т/га).

Осаждение взвешенных наносов, как на реках, протекающих через агроландшафты – река Сумка, так и через лесные угодья – река Сер-Булак, в первую очередь, идет путем остановки больших объемов воды. Поэтому

наиболее значимыми в осаждении взвешенных наносов являются поселения, где при строительстве бобром плотин происходит затопление обширных площадей.

Таким образом, бобровые пруды играют важную роль в осаждении взвешенных наносов и регуляции стока паводковых вод. Эффективность осаждения взвешенных наносов и снижения темпов заиления проточных водоемов зависит от размеров бобрового пруда. Реинтродукция бобра в Волжско-Камский заповедник значительно снизила объемы переносимых взвешенных наносов.

При обследовании бобровых поселений РТ определено, что доля бобровых поселений с плотинами низка - 19%, в то время как в других регионах достигает 50% и более.

Высокая антропогенная нагрузка в регионе привела к тому, что на многих реках ширина полосы, занятой прибрежной древесно-кустарниковой растительностью, не превышает 10 м. В результате, бобр за короткое время использует имеющуюся кормовую базу и переходит в новые угодья, поэтому средний возраст поселений составляет лишь 4-5 лет. В результате этого, а так же из-за постоянного роста численности бобра, ему придется осваивать субоптимальные местообитания, где его существование возможно лишь при условии возведения плотин, а значит влияние средообразующей деятельности бобра на малые водотоки РТ, в последующие годы будет увеличиваться.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2007 году. Казань, 2008.
2. Gorshkov Y.A., Gorshkov D.Y., Easter-Pilcher A.L., Pilcher B.K. Territorial structure of primary subpopulation of beavers in Raifa part of VKNNZ // Proceedings the I Euro-Amer. Beaver Congr. (ed. Gorshkov Y.A., Busher P.E.). Kazan, 2001. P. 108-118.
3. Gorshkov Y.A., Gorshkov D.Y., Easter-Pilcher A.L., Pilcher B.K. First results of beaver (*Castor fiber*) reintroduction in Volga-Kama National Nature Zapovednik (Russia) // Folia Zool. 2002. №51. P. 67-74.
4. Olson R., Hubert W.A. Beaver: water resources and riparian habitat manager. University of Wyoming. Laramie, WY., 1994.
5. Parker M., Wood F.J., Smith B.H., Elder R.G. Erosion downcutting in lower order riparian ecosystems: Have historical changes been caused by the removal of beaver? // Riparian ecosystems and their management: reconciling conflicting uses. North American Riparian Conference, Gen. Tech. Rep., USDA Forest Service University of Arizona, Tucson, 1985. 154 p.

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ ЗАПОВЕДНИКА «БОЛЬШАЯ КОКШАГА»

Дробот В.И., Дробот А.В.

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

E-mail: drobot@marsu.ru

Объектом наших исследований являлся зоопланктон озера Шушьер. Водоем расположен на территории государственного природного заповедника «Большая Кокшага» (Республика Марий Эл). В данной работе представлены результаты исследований зоопланктонного сообщества пелагиали озера. Сбор материала осуществлялся в мае-октябре 2007 г. с периодичностью 14 суток на 6-ти постоянных станциях. Всего было собрано 72 пробы. Полевые работы, камеральная и статистическая обработка материала проводились по общепринятым методикам.

Видовой состав зоопланктонного сообщества достаточно разнообразен и представлен 29 видами коловраток (Rotatoria), 8 видами ветвистоусых раков (Cladocera) и 5 видами веслоногих раков (Copepoda). Был найден новый для гидрофауны водоемов республики вид коловратки *Asplanchnopus multiceps* Schzank. Следует отметить, что на протяжении последних 30 лет наметились определенные тенденции в динамике видовой структуры сообщества. В целом число видов гидробионтов увеличилось. В определенной степени это может быть объяснено расширением сроков исследований по сравнению с предыдущими, а так же прочими факторами (малочисленность некоторых популяций, спорадическое появления отдельных видов, случайное проникновение отдельных особей в зону пелагиали из других биотопов). В тоже время следует отметить, что изменения в видовой структуре происходили преимущественно за счет появления видов коловраток, среди которых преобладали менее требовательные к высокому качеству среды обитания организмы β - и α - β - мезосапробного статуса (*Brachionus calyciflorus* Pallas, 1776; *Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783; виды рода *Keratella*). В то же время отмечается элиминация некоторых α - β - мезосапробов из группы ветвистоусых (*Ceriodaphnia pulchella* O. F. Muller, 1785). Данный факт может свидетельствовать о прогрессирующих процессах эвтрофикации, ведущих к постепенной смене трофического статуса озера. Это находит отражение в постепенном расширении влияния литорального сообщества и нивелирования биотопических различий.

По доле участия в зоопланктоне ведущую роль играли коловратки, которые в основном и обеспечивали формирование численной структуры сообщества. Эта группа на протяжении сезона составляла от 51 до 91 % общей численности. Роль веслоногих раков в целом невысокая. Однако в отдельные сроки, они вносили весомый вклад. Например, в первой половине августа их доля составляла 29,29 – 30,86 %, а в начале сезона (последняя декада мая) даже 45,10 %, т.е. почти половину от всей численности

сообщества. Доля ветвистоусых раков на протяжении практически всего сезона оставалась незначительной (0,56 - 5,42 %) и лишь однажды в начале августа составила 9,91 %.

На момент исследований количественные показатели сообщества были своеобразными. Обращает внимание необычайно высокая численность зоопланктона, колебавшаяся на протяжении длительного периода от $659,180 \pm 179,316$ тыс. экз./м³ до $1733,498 \pm 269,309$ тыс. экз./м³. Лишь в отдельные сроки (первая половина июля) численность резко снижалась, но продолжала оставаться на высоком уровне - $357,004 \pm 67,198$ тыс. экз./м³ (рис.). Ранее в данном озере не наблюдалось подобной картины. Следует так же заметить, что ни в одном из обследованных водоемов республики до сих пор не было зарегистрировано такой аномально высокой численности зоопланктона. В сезонной динамике численности всего сообщества отмечено 3 пика: 6 июня, 26 июля и 28 августа ($P < 0,05$). Как указывалось выше, формирование численной структуры сообщества происходило с большим преимуществом коловраток. В связи с этим в сезонной динамике численности этой группы отмечены изменения, аналогичные динамике численности всего зоопланктона. Значения численности достигали огромных величин не только в период максимума ($1440,299 \pm 215,078$ тыс. экз./м³), но и в период депрессии ($287,984 \pm 57,058$ тыс. экз./м³).

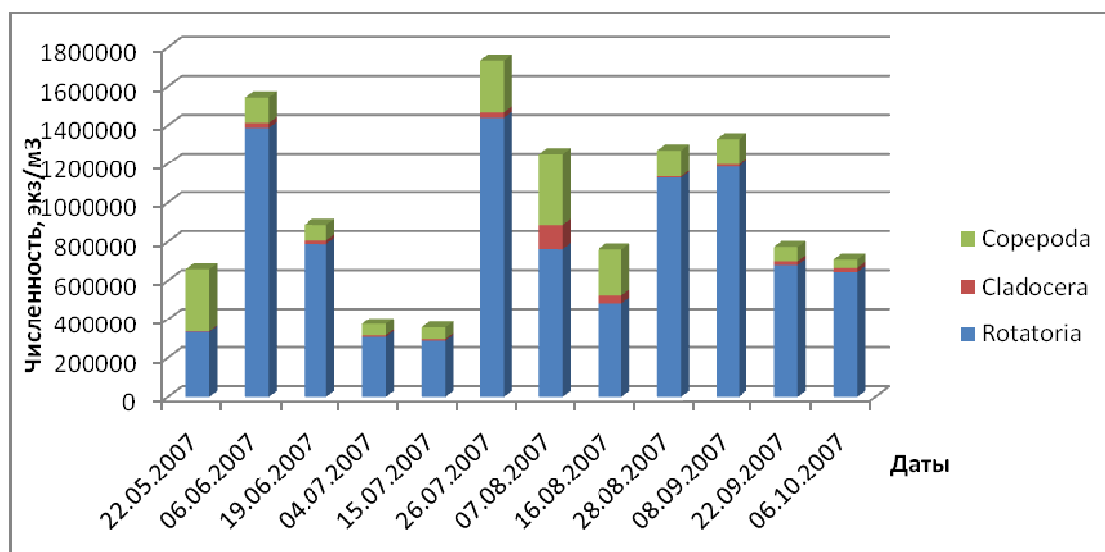


Рис.1. Сезонная динамика численности зоопланктона оз. Шушьер

Несмотря на то, что относительная доля веслоногих раков в общей численности сообщества невелика, абсолютные значения этого показателя достаточно высокие. Значения численности колебались от $42,079 \pm 9,898$ тыс.экз./м³ до $366,956 \pm 71,075$ тыс.экз./м³. Максимум отмечен 7 августа, минимум – в конце сезона. В сезонной динамике численности один пик.

Ветвистоусые раки, несмотря на то, что составляли невысокую долю в сообществе, имели достаточно большие абсолютные значения численности. В течение сезона она колебалась от $3,179 \pm 1,074$ тыс.экз./м³ до $124,147 \pm 22,264$

тыс.экз./м³. Минимум отмечен в начале сезона, максимум - как и у веслоногих 7 августа. В сезонной динамике численности один пик. В целом картины динамики численности веслоногих и ветвистоусых раков иные, чем у коловраток, и характеризуют особенности их сезонного развития.

Для характеристики структуры сообщества, его устойчивости были использованы биотические индексы (табл.).

Таблица 1. Динамика биотических индексов

Дата	Индекс Константинова	Индекс Шеннона	Индекс Симпсона	Характеристика сообщества	Качество среды
22.05.07	0,75 ± 0,02	2,71 ± 0,07	0,80 ± 0,01	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
06.06.07	0,85 ± 0,01 *	1,96 ± 0,15 *	0,56 ± 0,04 *	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
19.06.07	0,88 ± 0,01	2,57 ± 0,09 *	0,75 ± 0,02 *	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
04.07.07	0,71 ± 0,03 *	2,94 ± 0,03 *	0,85 ± 0,01 *	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
15.07.07	0,75 ± 0,02	2,88 ± 0,10	0,81 ± 0,02	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
26.07.07	0,79 ± 0,02	2,95 ± 0,09	0,82 ± 0,01	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
07.08.07	0,80 ± 0,02	3,03 ± 0,08	0,83 ± 0,01	Устойчивое	Чистая
16.08.07	0,88 ± 0,01 *	2,89 ± 0,04	0,80 ± 0,01	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
28.08.07	0,74 ± 0,02 *	2,56 ± 0,07 *	0,74 ± 0,02 *	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
08.09.07	0,80 ± 0,01	3,19 ± 0,05 *	0,86 ± 0,01 *	Устойчивое	Чистая
22.09.07	0,70 ± 0,03 *	2,95 ± 0,06 *	0,82 ± 0,01 *	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая
06.10.07	0,80 ± 0,02 *	2,16 ± 0,12 *	0,64 ± 0,03 *	Умеренно устойчивое	Слабо загрязнённая

Примечание: «*» - достоверная разница с предыдущим значением (P<0,05).

Оценку степени однородности зоопланктонного сообщества в пределах биотопа проводили с использованием индекса Константинова. Значения индекса были достаточно высокими и на протяжении всего периода исследований колебались от 0,70±0,03 до 0,88±0,01. Это указывает на отсутствие значительных отличий видового состава и численности зоопланктона на контрольных станциях в каждый отдельно взятый срок. Т.е. зоопланктонное сообщество пелагиали достаточно однородно. Таким образом, индекс Константинова дает высокую оценку стабильности сообщества в пространственном отношении. Так же следует отметить относительную стабильность этого показателя в течение сезона. Принимая во внимание отсутствие достоверной динамики индекса Константинова с 4

июля по 7 августа, можно предположить, что в середине лета экологические условия более стабильные, чем в другие сроки.

Значения биотических индексов Шеннона и Симпсона весь сезон были относительно высокими. Это отмечалось уже в начале сезона, когда сообщество приблизилось к оценке «устойчивое». Т.е. формирование сообщества в послепаводковый период прошло быстрыми темпами, и к моменту начала исследований зоопланктоценоз был уже достаточно сформирован. Подобная ситуация весьма необычна для конца мая. В последующие две недели происходил процесс переформирования сообщества, выразившийся в изменении соотношения численности, как различных групп сообщества, так и отдельных видов. В этот период по сравнению с предыдущим сроком снизилась доля веслоногих раков и резко возросла доля коловраток особенно таких видов как: *Keratella cochlearis* Gosse, 1851, *Keratella tecta* Gosse, 1851, *Polyarthra dolichoptera* Jdelson 1925. Происходил стремительный рост численности сообщества. Все это в совокупности привело к временной разбалансировке сообщества. Величина индексов снизилась до минимальных за сезон значений ($P < 0,05$), сообщество оценивалось как «умеренно устойчивое». Впоследствии с 6 июня по 4 июля видовое и численное соотношение организмов в сообществе стабилизировалось, что повлекло заметный рост биотических индексов до очень высоких значений. Сообщество оценивалось как «умеренно устойчивое» - «устойчивое», среда обитания характеризовалась как «слабо загрязнённая» - «чистая». В дальнейшем на протяжении длительного периода с 4 июля по 16 августа (1,5 месяца) значения биотических индексов оставались практически стабильными на высоком уровне. Это может свидетельствовать о том, что структура сообщества на длительный срок стабилизировалась. Сообщество оценивалось как «умеренно устойчивое» - «устойчивое», среда обитания характеризовалась как «слабо загрязнённая» - «чистая». Описанная выше ситуация может указывать на то, что в озере на длительный период сложились стабильные и достаточно благоприятные условия для жизни гидробионтов. Такое явление можно охарактеризовать как весьма редкое и нетипичное для планктоценозов водоемов средней полосы Европы, поскольку, как правило, в таких водоемах экологические условия динамичны, сукцессионные процессы протекают быстро, а периоды стабильности либо отсутствуют, либо кратковременны. В дальнейшем до конца сезона значения биотических индексов оставались очень высокими. А к 8 сентября даже превысили показатели июля и достигли максимума за весь период исследований. Достаточно устойчивым и сформированным сообщество было и в начале октября, оно оценивалось как «умеренно устойчивое», среда обитания – «слабо загрязнённая». Таким образом, несмотря на относительно поздние в сезонном смысле сроки, заметных деструктивных процессов, которые неизбежно должны происходить с наступлением осенне-зимнего периода, не наблюдалось. Подобная ситуация ранее не отмечалась в других водоемах республики, а так же в прежние годы

исследований на данном водоеме. Поэтому ее можно характеризовать как аномальную. Такое положение, по всей видимости, связано с благоприятными погодными условиями в исследуемом сезоне. Не исключено, что это может быть следствием изменения климата, отмечающегося в последние годы.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Зоопланктонное сообщество характеризовалось высоким биологическим разнообразием. В историческом аспекте наметилась тенденция его роста за счет коловраток, среди которых преобладают виды менее требовательные к высокому качеству среды обитания.

2. Сообщество в течение всего сезона имело рекордно высокие значения численности, не отмечавшиеся ранее в водоемах республики. Формирование численной структуры сообщества осуществлялось преимущественно коловратками и лишь в отдельные сроки веслоногими раками.

3. Биотические индексы весь сезон оценивали сообщество как «умеренно устойчивое» - «устойчивое», среду обитания - «слабо загрязнённая» - «чистая». Так же они свидетельствовали о высоком сходстве видовой и численной структуры сообщества в пространственном и временном аспектах. В течение сезона отмечались нетипично длительные периоды стабильного состояния сообщества.

4. Сложившаяся уникальная ситуация ранее не отмечалась в других водоемах республики, а так же в прежние годы исследований на данном водоеме.

6. В целом можно заключить, что на период исследований для зоопланктона в озере Шушьер сложились благоприятные условия существования.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ООПТ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Зайцев А.А.

Пермский государственный университет, Пермь

В начале 21 века появилась необходимость в проведении комплексных работ по оценке и прогнозу состояния экосистем особо охраняемых природных территорий регионального значения (ООПТ), с целью их сохранения и своевременного предупреждения негативных процессов. С 2002 г. в Пермском крае по заказу Управления по охране окружающей среды ведутся работы под названием «Мониторинг особо охраняемых природных территорий регионального значения».

Для проведения работ по определению состояния экосистем ООПТ использовалась методика «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения», разработанная в Пермском государственном университете. Данная методика позволяет провести экологическую оценку и охарактеризовать современное состояние ООПТ.

Основным показателем, который характеризует качественное состояние экосистем, является степень деградации. Всего выделено 6 степеней деградации: «недеградированные», «очень слабо деградированные», «слабо деградированные», «средне деградированные», «сильно деградированные», «очень сильно деградированные» (табл.1).

Таблица 1.

Степени деградации экосистем ООПТ

степень деградации экосистем	характеристика степени деградации экосистем
0 -<1	Недеградированные. Фоновое, естественное состояние, воздействия отсутствуют
1 -<2	Очень слабо деградированные. Изменения экосистем и воздействия незначительные
2 -<3	Слабо деградированные. Экосистемы явно подвергались изменениям и воздействиям
3 -<4	Средне деградированные. Экосистемы явно подвергались существенным воздействиям и изменениям
4 -<5	Сильно деградированные. Экосистемы радикально изменены
5	Очень сильно деградированные. Экосистемы существенно нарушены. Естественное восстановление крайне затруднено

Степень деградации экосистем является интегральным показателем, который отражает качественное состояние компонентов (вертикальная структура экосистемы: почвы, растительность, фаза трансформации) и

элементов (горизонтальная структура: базовые экосистемы; в конкретном случае – лесные выделы, высотные пояса, водосборные бассейны рек и т.п.).

Следовательно, для определения степени деградации необходимо определить качественное состояние компонентов (почвы, растительность, фаза трансформации) в различных элементах экосистемы (базовые экосистемы).

Таким образом, работа по определению современного состояния экосистем ООПТ состояла из 3 этапов: подготовительного, полевого, камерального.

На подготовительном этапе проводился анализ фондовых материалов. На основе имеющихся картографических материалов и материалов ИСЗ выделены базовые экосистемы (элементы) – лесные выделы, водосборные бассейны, высотные пояса, которые имеют однородную растительность и природные условия (геоморфологические, микроклиматические, почвенные, гидрологические). В ряде случаев, с учетом однородности растительного покрова и природных условий, допускалось объединение нескольких лесных выделов в одну базовую экосистему.

Периодичность обследования ООПТ зависит от принадлежности объекта к экологической группе. Критериями отнесения охраняемой территории к той или иной группе являются величина ООПТ и уровень антропогенной нагрузки на ее экосистемы. По величине ООПТ подразделяются на малые (до 100 га), средние (101-500 га) и крупные (более 500 га). По уровню воздействия выделены ООПТ, расположенные в районах с высокой или с низкой антропогенной нагрузкой (табл.2).

Таблица 2

Экологические группы ООПТ

Эко группа	Характеристика ООПТ	Число ООПТ	Периодичность обследования
1	ООПТ, в пределах которых имеются опасные хозяйственные объекты, либо ООПТ, находящиеся в зоне влияния опасных хозяйственных объектов.	7	ежегодно
2	ООПТ, в пределах которых имеются хозяйственные объекты.	25	1 раз в 2 года
3	Малые ООПТ (до 100 га), расположенные в районах с высокой антропогенной нагрузкой, и ООПТ, подвергающиеся высокой рекреационной нагрузке по рекам Березовая, Чусовая, Вишера, Усьва, Сытва.	86	1 раз в 3 года
4	Малые ООПТ (до 100 га), расположенные в районах с низкой антропогенной нагрузкой и средние ООПТ (101-500 га), расположенные в районах с высокой антропогенной нагрузкой	86	1 раз в 5 лет
5	Средние ООПТ (101-500 га), расположенные в районах с низкой антропогенной нагрузкой и крупные ООПТ (более 500 га), расположенные в районах с высокой антропогенной нагрузкой.	44	1 раз в 10 лет
6	Крупные ООПТ (более 500 га), расположенные в районах с низкой антропогенной нагрузкой.	59	1 раз в 25 лет

Далее разрабатывалась программа полевого обследования территории. Программа содержит информацию о количестве площадок наблюдений (пробных площадок) и объеме работы, которую необходимо провести на каждой из площадок. Пробные площадки закладываются в каждой из базовых экосистем и представляют собой квадраты размером 20 на 20 метров. Состояние компонентов в пределах площадки наблюдений принимается за состояние компонентов базовой экосистемы в целом.

К районам с высокой антропогенной нагрузкой относятся следующие: Куединский, Кунгурский, Осинский, Пермский, Нытвенский, Чернушинский районы, территории городов Березники, Гремячинск, Губаха, Кизел, Краснокамск, а также подвергающиеся высокой рекреационной нагрузке долины рек Березовой, Чусовой, Вишеры, Усьвы, Сылвы. На основе указанных критериев выделено шесть экологических групп

Наиболее важным является полевой этап проводимых работ, который позволяет охарактеризовать современное состояние компонентов базовых экосистем, выявить новейшие качественные и количественные изменения в пределах ООПТ, определить природные и антропогенные источники и факторы воздействия.

При полевом обследовании, на каждой из заложенных площадок наблюдений, описывались качественные и количественные характеристики компонентов базовой экосистемы (почвы, растительности) и фаза трансформации базовой экосистемы. Для точного позиционирования заложенных площадок наблюдений используется навигационный прибор GPS.

При описании состояния почвенного покрова в качестве основных критериев принимаются следующие (табл.1):

1. Площадь обнаженного гумусового горизонта;
2. Абиотический нанос
3. Площадь обнаженной почвообразующей породы или подстилающей породы.

На основании полученных данных почвенному покрову в пределах данной базовой экосистемы присваивается степень деградации.

Также дополнительным критерием, влияющим на эстетическое восприятие экосистем, является наличие бытового и промышленного мусора в пределах обследуемой территории.

При описании состояния растительного покрова в качестве основных критериев принимались следующие:

- 1.Нарушенность растительного покрова
- 2.Нарушенность древостоя
- 3.Преобладающее санитарное состояние древостоя
- 4.Повреждения древостоя
- 5.Степень синантропизации фитоценозов.

На основании полученных данных растительному покрову присваивалась степень деградации.

Для более подробной характеристики растительности, кроме критериев изложенных в методике «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения», на каждой из пробных площадок проводится геоботаническое описание по общепринятым методикам. Специально проводится поиск местообитаний редких и исчезающих видов растений.

Помимо характеристики почвы и растительности определялась и фаза трансформации базовой экосистемы – показатель, характеризующий измененность экосистем в результате природных или антропогенных воздействий по сравнению с коренной экосистемой, а также сукцессионную стадию базовой экосистемы в данной природной зоне.

Состояние животного мира оценивалось на охраняемых территориях созданных для охраны редких и исчезающих видов фауны. Основными показателями характеризующими состояние данного компонента являлись:

1. Наличие представителей животного мира, ради которых была организована ООПТ;

2. Наличие видов, занесенных в Красные книги, соотношение видов разных категорий редкости

По окончании полевого этапа следовал камеральный этап, включающий проведение экологической оценки состояния ООПТ.

Как упоминалось ранее, основной показатель, характеризующий качественное состояние экосистем – степень деградации, которая является интегральной величиной и высчитывается как сумма средневзвешенных степеней деградации базовых экосистем:

$$O_{\Sigma} = \sum (O_{бэ1} \dots O_{бэн}) \text{ где,}$$

O_{Σ} – средневзвешенная оценка состояния ООПТ

$O_{бэ}$ – средневзвешенная оценка состояния базовой экосистемы (элемента экосистемы)

Средневзвешенная оценка состояния базовой экосистемы высчитывается по следующей формуле:

$$O_{бэ} = (O_{п} * D_{бэ} + O_{р} * D_{бэ} + O_{ф} * D_{бэ}) / 3 \text{ где,}$$

$O_{п}$ – степень деградации почвы в пределах базовой экосистемы

$O_{р}$ – степень деградации растительности в пределах базовой экосистемы

$O_{ф}$ – фаза трансформации экосистемы в пределах базовой экосистемы

$D_{бэ}$ – доля площади базовой экосистемы от общей площади ООПТ

3 – коэффициент, изменяющийся в зависимости от количества оцениваемых компонентов

Параллельно высчитывалась средневзвешенная оценка состояния отдельного компонента экосистемы, например, почвы. Расчет велся по следующей формуле:

$$O_{к} = \sum (O_{п1} * D_{бэ1} \dots O_{пn} * D_{бэn}) \text{ где}$$

$O_{к}$ – средневзвешенная степень деградации компонента экосистемы, например почвы

$O_{п}$ – степень деградации компонента в пределах базовой экосистемы

$D_{бэ}$ – доля площади базовой экосистемы от общей площади ООПТ

Результаты заносились в итоговую таблицу:

Полученная в итоге средневзвешенная степень деградации экосистемы ООПТ характеризует состояние экосистем ООПТ согласно градации приведенной в табл. 1.

На основе полученных данных разрабатываются природоохранные рекомендации и проекты обустройства ООПТ, что позволяет снизить и оптимизировать антропогенную нагрузку на экосистемы охраняемых территорий.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПТИЦ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ивлиев В. Г.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
E-mail: ra5suh@rambler.ru

Исследование населения гнездящихся птиц проводили в осоково – снытьевом средневозрастном липняке, расположенном в окрестностях с. Федотовка Лениногорского района РТ (Чершалинское лесничество) в 1966 – 1968 г.г., 1978 г., 1989 г., 1996 – 2003 г.г., 2008 г.

В отдельных выделах данного лесного массива встречаются осина, береза, имеются небольшие по площади посадки сосны. С начала наблюдений и до конца 80 – х годов здесь активно велись сплошные рубки, в результате чего отдельные вырубki занимали площадь до 50 га. В течение 1996 – 2008 г.г. лесохозяйственная деятельность, включая рубки ухода и санитарные рубки, в данном лесном массиве практически не осуществлялась. К этому времени образовавшиеся ранее вырубki заросли жердняками, которые в конце периода наблюдений трансформировались в молодняки.

В 1996 – 2003 г.г. параллельно проводились учеты численности птиц в пригородных лесах г. Нижнекамска. Один из маршрутов был заложен в широколиственном лесу в окрестностях с. Иштеряково. По составу древесных пород данный лесной массив сходен с предыдущим. Однако здесь имелись разного возраста вырубki, прогалины под ЛЭП. Другой маршрут проходил в спелом с примесью березы разнотравном сосняке в окрестностях пос. Красный Ключ. Лесные экосистемы обеих ключевых территорий подвергаются влиянию атмосферного загрязнения Нижнекамского промышленного комплекса.

Птиц учитывали по средним дальностям обнаружения в первой и второй декадах июня, то есть в период, когда их население максимально стабильно. Тренды численности определяли с помощью линейной регрессии, параметры которой позволяют дать количественную характеристику изменений численности. Ошибку аппроксимации определяли по коэффициенту корреляции. Достоверными считались тренды с $r = 0,5$ и выше. При более низком значении r дополнительно строились полиномиальные тренды. В этом случае характер изменения численности определяли глазомерно. Достоверными считались тренды также начиная с $r = 0,5$.

На ключевой территории (КТ) «Федотовка» за весь период исследования зарегистрировано 79 видов, из которых 17 в последние годы перестали встречаться. Исчезновение таких светолюбивых видов, как коноплянка, полевой воробей, ястребиная и серая славки, славка – завирушка, луговой чекан, садовая овсянка, скворец, несомненно, связано с зарастанием вырубok. Полное отсутствие на данной территории горлицы, рябинника, белобровика, зеленушки, веснички, зеленой пеночки, пересмешки, чечевицы, серой

вороны нельзя объяснить только вышеназванной причиной, тем более, что за последние 13 лет площадь спелых и приспевающих насаждений не изменилась.

В период с 1996 г. по 2003 г., когда учеты численности птиц проводили параллельно в двух лесных массивах окрестностей г. Нижнекамска, на КТ «Федотовка» достоверное снижение численности отмечено у 22 видов. Из этого числа только у семи имели место отрицательные тренды, которые определенно связаны, в основном, с сукцессией растительного покрова. Снижение численности остальных 15 видов происходило на фоне сохранения, а для ряда из них, увеличения гнездопригодных площадей. У восьми сокративших численность видов тенденция ее изменения совпадает с таковой на КТ «Иштеряково» и «Красный Ключ», что, видимо, характерно для данного региона в целом. Характер изменения численности у кукушки, соловья, черного дрозда, садовой и черноголовой славки, зеленой пеночки, зяблика на этих территориях был иным, чем на КТ «Федотовка».

Из общего числа анализируемых видов только у пяти отмечен достоверный рост численности. Сравнение с данными учетов, проведенных на КТ «Иштеряково» и «Красный Ключ», позволяет считать, что у четырех из них (вахирь, лазоревка, поползень, пищуха) эта тенденция охватывает значительно большие территории.

Анализ многолетней динамики численности показывает, что у ряда видов межгодовые флуктуации численности или ее циклические изменения происходят относительно средних показателей. В этих случаях тренды численности, как правило, незначительны и имеют низкую достоверность. Данное обстоятельство свидетельствует о преобладании естественных, преимущественно внутривидовых, причин, определяющих эти динамические процессы. На КТ «Федотовка» в период 1996 – 2003 г.г. таких видов насчитывалось 12, из которых только у трех (дубонос, иволга, серая ворона) эта тенденция не совпадала с таковой на остальных двух исследованных территориях.

В целом за период 1966 – 2008 г.г. на КТ «Федотовка» имело место достоверное снижение общей плотности населения птиц (коэффициент регрессии – 1,8) и их видового богатства (коэффициент регрессии – 1,6). В 1996 – 2003 г.г. изменение видового разнообразия существенно замедлилось (тренд недостоверен). Однако численность всего населения продолжала снижаться (коэффициент регрессии – 2,1). На остальных двух ключевых территориях изменения плотности и видового богатства были недостоверны.

Сравнение тенденций изменения численности на трех ключевых территориях показывает, что, несмотря на влияние атмосферного загрязнения Нижнекамского промкомплеса на лесные экосистемы КТ «Иштеряково» и «Красный Ключ», сукцессия населения птиц наиболее активно происходила на КТ «Федотовка» (табл.). Здесь преобладают отрицательные тренды. Как было показано выше, эти изменения лишь частично связаны с экзогенными

сукцессиями растительного покрова. Незначительна на КТ «Федотовка» также доля видов, тренды численности у которых отсутствуют.

Таблица 1.

Характер многолетних изменений численности птиц на ключевых территориях Высокого Заволжья

Ключевая территория	Годы	Кол-во временных рядов	Тренд положительный, %	Тренд отрицательный, %	Всего достоверных трендов, %	Тренд отсутствует, %
Федотовка	1966-2008	48	14,6	60,4	75,0	25,0
Федотовка	1996-2003	39	12,8	56,4	69,2	30,8
Иштеряково	1996-2003	45	13,3	40,0	53,3	46,7
Красный Ключ	1996-2003	37	18,9	32,4	51,3	48,6

Предположительно одним из факторов, определяющих существенное снижение численности птиц и их видового богатства на КТ «Федотовка» может быть связанное с нефтедобычей загрязнение грунтовых вод. Древесные виды растений, являющиеся мощными «насосами», способны концентрировать в себе целый ряд поллютантов, что должно привести к снижению общей продуктивности лесной экосистемы. Известно, что птицы, в силу высокой подвижности, быстро реагируют на изменения среды, в том числе, и кормности местообитаний. Сказанное указывает на необходимость проведения широкого экологического обследования лесных экосистем в районах нефтедобычи.

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Игошева Н. И.

Институт экологии растений и животных ур оран, Екатеринбург
E-mail: nii@ipae.uran.ru

В последние два десятилетия виды семейства орхидных как в России, так и за рубежом являются объектом многочисленных исследований, касающихся различных сторон систематики, хорологии, морфологии, биологии представителей семейства. В работах обзорного характера отражены проблемы, касающиеся различных сторон биологии, систематики и охраны орхидных [1, 2, 3 и др.]. Многочисленны публикации, посвященные анатомии, морфологии, онтогенезу и жизненному циклу орхидных [4, 5 и др.]. В ряде работ рассматриваются репродуктивная биология орхидных и роль микоризной инфекции, приводятся сведения о структуре популяций и проблеме выделения возрастных состояний. Вследствие воздействия антропогенных факторов, разрушающих места произрастания орхидных, многие популяции находятся в критическом состоянии, прежде всего под угрозой исчезновения оказываются малые популяции. В ряде источников отмечено значительное сокращение численности и вымирание орхидных, в то же время некоторые виды, обладая пониженной конкурентной способностью, хорошо развиваются на техногенно нарушенных участках, где снижена численность их конкурентов. В пределах особо охраняемых природных территорий хорошее состояние популяций объясняется отсутствием существенных антропогенных воздействий. В связи с этим рекомендуются настоятельные меры охраны, осуществление которых предполагает выявление характерных местообитаний ценных представителей орхидных, наблюдение за состоянием популяций растений в природе, изучение закономерностей существования и динамики, организацию мониторинга.

На Урале в условиях высокого уровня индустриализации и антропогенных изменений растительного покрова сохранение редких видов приобретает особенно большое значение. Для осуществления такой задачи необходимы длительные наблюдения за состоянием популяций растений в природе, организация их мониторинга, предполагающего слежение за состоянием и уровнем антропогенных изменений растительности.

В период с 1991 по 2007 гг. проведены наблюдения за состоянием и динамикой популяций орхидных в уникальном месте их скопления – на восточном предгорье Среднего Урала в окрестностях железно-дорожной станции Мурзинка. Согласно ландшафтному районированию, их местообитания расположены на территории восточного подгорного района с таежными ландшафтами светлохвойных лесов цокольных равнин и увалов на мемаморфических и интрузивных породах. Преобладающие горные породы в

районе исследования – позднепалеозойские граниты. Здесь на сравнительно небольшой площади (порядка 5 га) сосредоточены популяции 16 видов орхидных, что составляет приблизительно одну треть общего числа представителей этого семейства, встречающихся на Среднем Урале (в пределах Свердловской и Пермской областей).

Изучение популяций проводилось на постоянных пробных площадях размером 10x10 м, заложенных в характерных местообитаниях. При выявлении возрастной структуры популяций в качестве элементарной единицы принималась особь. По отношению к корневищным растениям, формирующим побеги на корневищах, особью считается отдельный побег (партикула). Выделяли следующие возрастные группы особей: *j* – ювенильные, *im* – имматурные, *vm* – взрослые вегетативные, *g*₁ – молодые генеративные, *g*₂ – средневозрастные генеративные, *g*₃ – старые генеративные, *s* – сенильные. К взрослым вегетативным были отнесены как виргинильные, так и генеративные особи, которые в год наблюдений по каким-либо причинам не образовали генеративных побегов, т. е. находились в вегетативном состоянии. В зависимости от соотношения возрастных групп особей мы различали три типа возрастных спектров популяций: 1) вегетативно-ориентированный (с преобладанием ювенильных, имматурных и (или) взрослых вегетативных особей); 2) генеративно-ориентированный (с преобладанием генеративных особей) и 3) бимодальный (с двумя пиками, один из которых в спектре приходится на вегетативные, другой – на генеративные особи).

Приводим характеристику одного из редких видов орхидных.

***Epipactis helleborine* (L.) Crantz** – короткокорневищный травянистый многолетник, представлен двумя ценопопуляциями общей численностью от 243 до 269 особей в разные годы.

Одна из популяций (а) обитает в составе березового с сосной злаково-орляково-мохового леса в 1 км севернее ж.-д. станции Мурзинка на южном склоне небольшой возвышенности (крутизна 30-40°). Почва дерново-подзолистая супесчаная, увлажнение атмосферное, недостаточное. Древостой сложен березой повислой *Betula pendula* с примесью сосны *Pinus sylvestris*, сомкнутость крон от 40 до 70%. Из кустарников изредка произрастают *Padus avium*, *Chamaecytisus ruthenicus* и *Rubus idaeus*. Травостой густой, проективное покрытие 60-80%, доминируют сор.₁ - *Pteridium aquilinum*, sp.-сор.₁ - *Brachypodium pinnatum*, *Majanthemum bifolium*, sp. - *Calamagrostis arundinacea*, *Lathyrus vernus*, *Angelica sylvestris*, *Viola canina* и др. Проективное покрытие мхами неравномерное (от 20 до 60%), преобладают sp.-сор.₁ - *Pleurozium schreberi*, sp. - *Hylocomium splendens*, *Climacium dendroides*. В лесу производят рубку, сбор грибов и ягод. Сообщество находится на первой стадии деградации, индекс синантропизации – 15.6%. Численность ценопопуляции колебалась от 94 до 106 особей в разные годы, плотность 11–13 особей на 0.25 га. Популяция нормальная неполночленная (в 1999 г.

отсутствовали сенильные особи). В первый год наблюдений популяция была бимодальной, возрастной спектр имел два пика, один из которых приходился на имматурные особи (всего вегетативных особей 35%, в том числе имматурных 15%), второй пик отмечен в генеративной части спектра на средневозрастных генеративных особях (всего генеративных особей 65%, в том числе средневозрастных генеративных 33%). К 2003 г. популяция развилась в генеративно–ориентированную, возрастной спектр имел один максимум, который приходился на средневозрастные генеративные особи (всего генеративных особей 72%, в том числе средневозрастных генеративных 24%). В 2007 г. ориентация популяции не изменилась, однако максимум в возрастном спектре сместился на молодые генеративные растения (всего генеративных особей 57%, в том числе молодых генеративных 26%). Для структуры популяции характерна довольно высокая доля вегетативных растений (от 28 до 43%) и присутствие особей в каждой вегетативной группе в течение всех вегетационных сезонов. Это обстоятельство свидетельствует об интенсивном семенном возобновлении популяции.

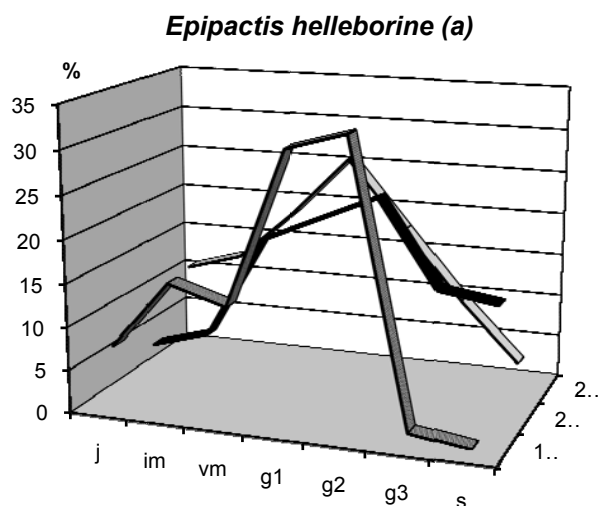


Рис.1. Структура и динамика популяций *Epipactis helleborine*. Возрастные группы особей: j – ювенильные, im – имматурные, vm – взрослые вегетативные, g₁ – молодые генеративные, g₂ – средневозрастные генеративные, g₃ – старые генеративные, s – сенильные.

Вторая ценопопуляция (б) произрастает в березняке разнотравно-вейниково-моховом в 1.5 км севернее ж.-д. станции Мурзинка на склоне крутизной около 45° юго-восточной ориентации. Почва дерново-подзолистая, легкосуглинистая, увлажнение атмосферное, недостаточное. Древостой из березы повислой *Betula pendula*, сомкнутость крон 70-80%. В кустарниковом ярусе произрастает *Chamaecytisus ruthenicus*, изредка встречаются *Sorbus aucuparia* и *Viburnum opulus*. Травяно-кустарничковый ярус хорошо развит (проективное покрытие 80%), его образуют сор.₂ - *Calamagrostis arundinacea*, сор.₁ – *Trientalis europaea*, *Dactylis glomerata*, *Lathyrus gmelini*, sp. – *Lupinaster*

pentaphyllus, *Epipactis atrorubens*, *Digitalis grandiflora*, *Myosotis sylvatica*, *Polygonatum odoratum*, *Seseli libanotis*, *Orthilia secunda*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus* и др. Мхи покрывают до 40% поверхности почвы, преобладает *Calliergonella cuspidata* (sp.-cop.₁). В сообществе производят рубку деревьев, сбор грибов и ягод. Уровень синантропизации составляет 23.8%. Эта ценопопуляция многочисленнее первой (от 149 до 166 особей в разные годы), ее плотность 18–20 особей на 0.25 га. Популяция нормальная неполночленная из-за отсутствия сенильных особей в 1999 и 2007 гг., генеративно-ориентированная в течение всего периода наблюдений. Возрастной спектр одновершинный с максимумом на молодых генеративных особях (в 1999 г. всего генеративных растений 57%, в том числе молодых генеративных 29%, в 2003 г. – 83% и 37% соответственно, в 2007 г. – 68% и 24%). Доля вегетативных растений в ценопопуляции варьирует от 17 до 43%, присутствуют растения всех возрастных групп вегетативной сферы. Таким образом, структура локальной популяции определялась преимущественно семенным возобновлением.

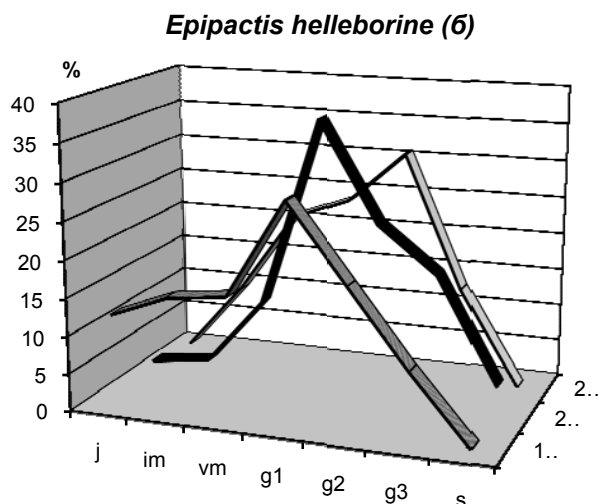


Рис.2. Структура и динамика популяций *Epipactis helleborine*. Возрастные группы особей: j – ювенильные, im – имматурные, vm – взрослые вегетативные, g₁ – молодые генеративные, g₂ – средневозрастные генеративные, g₃ – старые генеративные, s – сенильные.

Исследования показали, что наряду с климатическими условиями основными факторами, регулирующими численность популяций, являются антропогенные нагрузки. Места произрастания изолированных популяций орхидных подвергаются различным антропогенным воздействиям. Вблизи ж.-д. Мурзинка происходят интенсивное отчуждение площадей под дачное строительство, выпас скота, рубка леса, наблюдается сильная рекреация и пожары, что создает угрозу вымирания редких растений. Для охраны редких видов орхидных необходимо создание резерватов, где изъятие территории из хозяйственного использования сочеталось бы со строгим соблюдением охранного режима, ограничением рекреации, а все лесохозяйственные

мероприятия проводились бы под контролем специалистов, не допуская нарушений экологического режима данного лесного массива.

Литература

1. Блинова И.В. Онтогенетическая структура популяций некоторых орхидных на нарушенных местообитаниях в Мурманской области // Бот. журн. 2001. 86, № 6. С. 101–113.
2. Вахрамеева М.Г., Татаренко И.В., Варлыгина Т.И. Основные направления изучения дикорастущих орхидных (Orchidaceae Juss.) на территории России и сопредельных государств // Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. биол. 2004. 109, № 2. С. 37–56.
3. Коломейцева Г.Л. Морфологические типы орхидных // Бюл. Гл. ботан. сада РАН. 2003. № 185. С. 112–137.
4. Мамаев С.А., Князев М.С., Куликов П.В., Филиппов Е.Г. Орхидные Урала: систематика, биология, охрана. Екатеринбург, 2004. 124 с.
5. Dietz Elke Vergleichende Untersuchungen zur Schwermetall-, Spurenelement- und Nährstoffaufnahme der Orchideenarten *Epipactis helleborine* und *Epipactis atrorubens* von Bergwerkshalden des ehemaligen Pb-Zn-Erzbergbaus mit anthropogen unbelasteten Standorten: Diss. Dokt. Naturwiss. Univ. Erlangen-Nurnberg, Erlangen, 2002. 287 p.

ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ КОПЕЕЧНИКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТЕПНЫХ СООБЩЕСТВ

Ильина В.Н.

Самарский государственный педагогический университет, Самара

E-mail: 5iva@mail.ru

Современная денатурализация природных экосистем приводит к катастрофическому изменению их структурно-функциональной организации, обеднению генофонда флоры и ценофонда уникальных природных комплексов. В качестве достоверного диагностического критерия при проведении мониторинга растительного покрова в настоящее время используют популяционно-онтогенетические методы биологии и экологии. При возрастающей хозяйственной эксплуатации растительного покрова из сообществ в первую очередь выпадают раритетные виды местной флоры. Именно они (те только их наличие, но и параметры их отдельных особей и популяций, определенные при проведении подробного комплексного исследования) играют важную индикаторную роль [1, 2, 3] при оценке степени воздействия различных факторов на растительность.

При проведении популяционно-онтогенетических исследований нами использованы терминология и основные методы, разработанные Т.А. Работновым [4], А.А. Урановым [5], а также их учениками и последователями.

Объектами наших исследований послужили три редких представителя рода Копеечник *Hedysarum* L. (копеечник крупноцветковый - *Hedysarum grandiflorum* Pall., к. Разумовского - *H. razoumovianum* Fisch. et Helm и к. Гмелина - *H. gmelinii* Ledeb.), произрастающие в бассейне Средней Волги. Исследования их ценопопуляций (ЦП) проводились с 1998 по 2008 гг. в степной и лесостепной зонах Самарского и Оренбургского Заволжья и Самарского и Ульяновского Предволжья. В Предволжье обследованы коренные берега реки Волга и ее притоков от г. Ново-Ульяновск до с. Климовка и Самарская Лука, в Высоком Заволжье - бассейны рек Самара, Сок с Кондурчой, в Сыртовом Заволжье – южная часть водосбора р. Самара и часть бассейна р. Большой Иргиз.

Онтогенетические спектры определены для 802, 354 и 97 ЦП видов копеечников в 52, 30 и 10 местообитаниях (соответственно). Исследование динамики популяций проводилось на 15, 10 и 3 стационарных участках в течение 3-10 лет, в других точках - в течение 1-2 лет.

Основными видами хозяйственной эксплуатации степных растительных сообществ, в большей или меньшей степени оказывающими воздействие на популяции модельных копеечников, следует назвать выпас и прогон скота, степные палы, сенокосение и рекреацию.

Основной причиной, влияющей на развитие особей, изменение структуры и численности ЦП является многократное удаление и повреждение надземных (иногда и подземных) органов копеечников. По степени регенерационной способности они являются умеренно отрастающими и плохо переносят частое отчуждение побегов.

Естественно, что на состоянии и структуре ценопопуляций сказывается длительность, периодичность и сезон того или иного воздействия, а также затронутая при этом площадь. Наиболее наглядным является изменения структурной организации популяций при пирогенной нагрузке [2].

На всех наблюдаемых участках, испытывающих пирогенное воздействие, популяции копеечников угнетены. При повторяющихся палах снижаются численность, плотность, виталитетный уровень, площадь и другие параметры популяций. Отсутствие у копеечников вегетативного размножения сказывается на онтогенетических спектрах ЦП, их максимум смещается вправо. Даже при единовременном воздействии в составе ЦП резко уменьшается число проростков и виргинильных особей. Уничтожение растений в фазах цветения и плодоношения приводит к снижению числа семян в почве. В итоге через 2-4 года ЦП часто переходят из нормальных в регрессивные. В некоторых случаях ЦП включают высокий процент молодых растений, но считаются ложномолодыми, формирующимися в неблагоприятных условиях произрастания.

В ходе проведения полевых исследований даже на охраняемых территориях нами неоднократно регистрировался прогон и выпас скота. Периодичность пастбы и поголовье животных (чаще это крупный рогатый скот) варьируют в широких пределах. Суммарное действие стравливания и вытаптывания травостоя ведет к разрушению степной дернины, обнажаются корневые системы растений, в том числе копеечников, что вызывает снижение уровня виталитета. Общий видовой состав фитоценозов обедняется, уменьшается интенсивность кущения злаков, падает семенная продуктивность растений. В случае чрезмерной паствальной нагрузки способность популяций копеечников, как и большинства других редких видов к самоподдержанию утрачивается.

Напротив, нами отмечено, что при полном отсутствии выпаса в местообитаниях *H. grandiflorum* в условиях заповедания на Самарской Луке (Жигулевский госзаповедник им. И.И. Спрыгина и Природный национальный парк «Самарская Лука»), состояние популяций оценивается как критическое. В фитоценозах сильное развитие получают более конкурентноспособные дерновинные злаки.

Совокупное действие пожаров и выпаса скота наиболее губительно для зональных степных фитоценозов, сменяющихся при этом вторичными малопродуктивными сообществами. Однако в ряде случаев нами отмечено, что умеренный выпас или единичные пожогии благоприятно сказываются на структуре исследованных ЦП. Подобное явление объясняется устранением

ряда конкурентных видов и увеличением зольных элементов в верхних почвенных горизонтах.

Наиболее подробно нами изучено влияние перечисленных факторов на структуру ЦП *H. grandiflorum*, обобщенные результаты представлены на рисунке. У двух других видов отмечается сходная реакция на воздействие.

Практически неизменным остается как общее число растений, так и соотношение онтогенетических групп особей копеечников при проведении на стационарном участке регулируемого выпаса КРС и редких степных пожарах, протекающих в августе-сентябре. В это время уже произошло обсеменение растений, некоторые из них перешли в состояние покоя. Отчуждение побегов в конце вегетационного периода для особей не столь чувствительно.

При регулируемом незначительном выпасе и отсутствии пожаров в ценозах число особей изменяется незначительно, чаще всего находится в значениях, близких к оптимуму. Это наблюдается не только в удаленных и малонаселенных районах, но и на участках, где осуществляются мероприятия по охране степи.

При перевыпасе и проводимых либо неконтролируемых частых палах численность особей популяций копеечников быстро снижается. Причем происходит это катастрофическими темпами. Например, в ходе исследований последних лет нами отмечено, что на Успенской шишке (Сергиевский район Самарской области) из сообществ выпал копеечник Разумовского. Произошло это практически «на наших глазах» в 2005-2006 годах.

В местообитаниях, подверженных рекреационной нагрузке, состояние копеечников зависит в большей степени от первоначальных размеров популяций (т.е. напрямую от ее способности к самовосстановлению и самоподдержанию за счет репродуктивной активности), а не от степени этого влияния. Например, исследования популяции *H. grandiflorum* в окрестностях п. Новосемейкино (в Водинском дачном массиве, Красноярский район Самарской области) проводились в течение 5 сезонов. Сначала отмечался рост численности особей в ценопопуляции и увеличение генеративной фракции. Большинство особей характеризовались нормальным темпом онтогенеза. В 2001-2004 гг. численность особей была достаточной для проведения полноценных исследований. В 2005 году численность особей копеечника крупноцветкового заметно сократилась, что не позволило продолжить исследования. Фактическое уничтожение популяции связано лишь с однократным воздействием (произведенным на участке сенокосом и механическим воздействием автотранспорта).

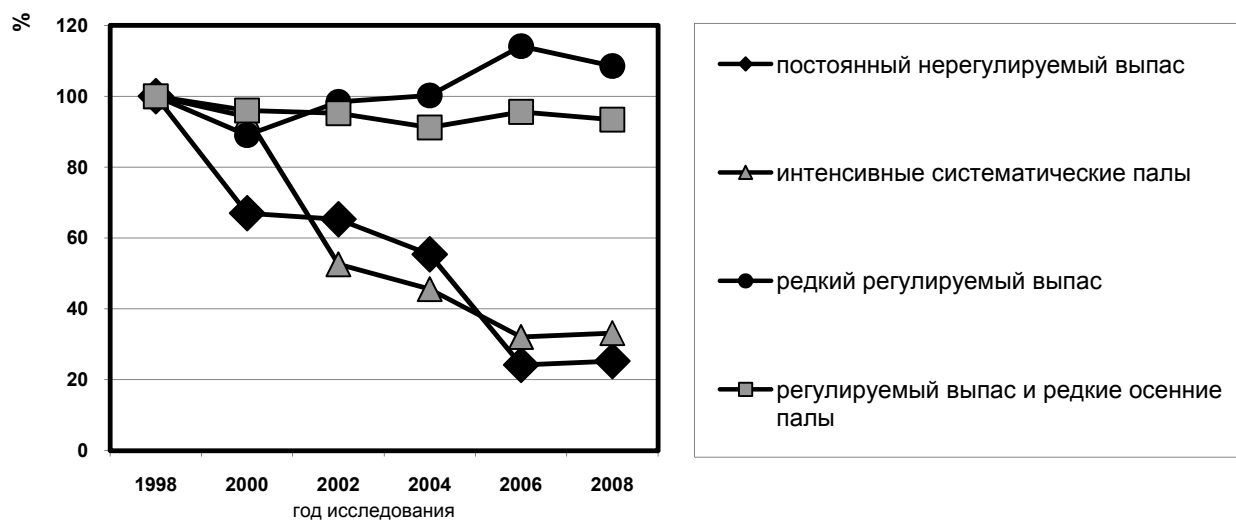


Рис. 1. Динамика численности особей в популяциях копеечника крупноцветкового при выпасе и палах

Сенокосение на территории исследованных местообитаний проводится изредка, преимущественно на луговых степях. Ежегодное скашивание травостоя в период цветения и созревания плодов копеечников приводит к уменьшению банка семян и возобновления. Кроме того, механизированное сенокосение неблагоприятно сказывается на самих растениях, у которых разрушается и каудекс. Это ведет к их быстрой гибели. Следствием такого воздействия является практически полное выпадение модельных видов на затрагиваемых при сенокосении участках. Например, на месте некогда многочисленных популяций копеечников крупноцветкового и Разумовского в Чубовской луговой степи ныне развиты разнотравно-злаковые сообщества с доминированием *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub. Это подтверждает факт негативного влияния сенокосения на структуру ценопопуляций и семенную продуктивность видов.

Редким является сбор цветоносов на букеты. Рекреация влияет на популяции копеечников незначительным образом до тех пор, пока деятельность человека не становится причиной степного пожара.

Проведено ранжирование локальных популяций *Hedysarum grandiflorum*, *H. razoumovianum* и *H. gmelinii* по современному состоянию на три группы: хорошее, удовлетворительное, критическое. При этом учитывались численность, плотность и жизненное состояние особей в ценопопуляциях, их площадь, процент зрелых генеративных растений, эффективность самоподдержания и другие параметры. Большинство из них имеют удовлетворительное состояние.

Критическими же являются популяции *Hedysarum grandiflorum* в Чубовской луговой степи (Кинельский р-он), на горах Стрельной и Малой Бахиловой (Жигулевский заповедник), в окрестностях с. Новосемейкино и на горе Красной (Красноярский), на горе Царский дар (Новосергиевский), в окрестностях с. Комсомольское (Александровский). Популяциями *H.*

razoumovianum, находящимися на грани исчезновения, считаем таковые в Чубовской луговой степи (Кинельский) и Шиланской горе (Красноярский), на Юртаевской Красной горе (Александровский), у с. Старая Белогорка (Новосергиевский), на горе Медвежий лоб (Переволоцкий), в окрестностях с. Комсомольское (Александровский). К критической группе следует отнести популяции *H. gmelinii* на Серноводском шихане, горе Высокой (Сергиевский), на коренных берегах р. Сургут и Шунгут (Иса克林ский р-он).

К основным видам воздействия на степные фитоценозы и ценопопуляции копеечников в их составе относятся отчуждение территории, выпас и прогон скота, степные пожары, карьерная разработка мела и известняка, сенокосение и рекреация. Намного реже угнетение ценопопуляций происходит за счет ее внутренних особенностей. Совокупное действие пожаров и выпаса наиболее губительно для зональных степных фитоценозов, сменяющихся вторичными сообществами. В ряде случаев умеренный выпас или единичные пожары благоприятно сказываются на структуре ценопопуляций. Несомненно, следует усилить существующие меры по охране местообитаний видов рода *Hedysarum* L.

Литература

1. Ильина В.Н. Эколого-биологические особенности и структура ценопопуляций редких видов рода *Hedysarum* L. в условиях бассейна Средней Волги. Автореф. дис.... канд. биол. наук. - Тольятти, 2006. - 19 с.
2. Ильина В.Н. Эталонные природные комплексы Самарского Заволжья: к вопросу сохранения фиторазнообразия степей региона / В.Н. Ильина // Вестник ОГУ. - Март' 2007. Спец. выпуск (67). - Оренбург, 2007. - С. 93-99.
3. Ильина В.Н. Популяционно-онтогенетические методы как основа для выделения и мониторинга ООПТ/ В.Н. Ильина // Современное состояние и пути развития популяционной биологии: Материалы X Всеросс. популяционного семинара (г. Ижевск, 17-22 ноября 2008 г.). - Ижевск: КнигоГрад, 2008. - С. 267-269.
4. Работнов Т.А. Биологические наблюдения на субальпийских лугах Северного Кавказа / Т.А. Работнов // Бот. журн. - 1945. - Т. 30. - № 4. - С. 167-176.
5. Уранов А.А. Большой жизненный цикл и возрастной спектр ценопопуляций цветковых растений / А.А. Уранов // Тез. докл. 5 делегат. съезда ВБО. - Киев, 1973. - С. 74-76.

ВОЗОБНОВИМЫЙ РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭКОРЕГИОНА

Керженцев А.С.¹, Шульженко Ю.В.^{1,2}

¹ Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пушкино

² Пушкинский государственный университет, Пушкино

E-mail: kerzhent@ippb.psn.ru, yurashu@mail.ru

Рациональное природопользование предполагает гармоничное сочетание потребностей человека с возможностями природы. Природа удовлетворяет материальные и духовные потребности человека в пределах возможностей конкретных экосистем. Оценить потребности человека в природных ресурсах несложно. Гораздо сложнее оценить возможности природы удовлетворить эти потребности. Для этого часто используется комплексный показатель - природно-ресурсный потенциал, который включает всю совокупность природных ресурсов: возобновляемых и невозобновляемых, исчерпаемых и неисчерпаемых. К невозобновимым исчерпаемым ресурсам относятся полезные ископаемые, использование которых зависит от совершенства технологий добычи и переработки. По мере исчерпания запасов необходимо искать альтернативные источники сырья и энергии.

Особую категорию представляют возобновимые ресурсы: воды, почвы, растительность, животный мир. При неграмотном хищническом использовании они деградируют и становятся исчерпаемыми, а при рациональном использовании они могут стать неисчерпаемыми. Мудрость рационального природопользования состоит в том, чтобы сделать возобновимые ресурсы неисчерпаемыми. Для этого нужно знать критический объем ресурсов, который можно без ущерба изымать у природы в пределах объемов их возобновления.

Функциональная экология изучает механизм функционирования природных экосистем, которые представляют собой симбиотические сообщества фитоценоза и педоценоза, функционирующие автономно за счет взаимного обмена продуктами жизнедеятельности между симбионтами. На этой теоретической основе разработан «Возобновимый ресурсный потенциал» (ВРП) – интегральный показатель потенциальных возможностей природы экологического региона удовлетворять материальные и духовные потребности населения. ВРП численно выражает способность природной системы экологического региона создавать и стабильно поддерживать запасы органического вещества в региональном диапазоне факторов среды.

Органическая масса экосистемы – экомасса (ЭМ), которая состоит из биомассы, некромассы и минеральной массы, является исчерпывающей количественной характеристикой любой экосистемы. Изменение факторов среды может существенно изменить величину и состав экомассы. Поэтому регулярный контроль экомассы позволит избежать многих экологических ошибок при организации систем природопользования. Человек использует для удовлетворения своих потребностей только часть экомассы. Если эти потребности не превышают объемов воспроизводства, экосистема успевает восстанавливать потери. В противном случае он деградирует и разрушается.

ВРП представляет собой сумму ресурсных потенциалов экосистем региона и выражается в мегатоннах (Мт) органического вещества всех экосистем региона – региональной экомассы (ЭМ). Ресурсный потенциал

экосистемы (РПЭ) равен производству экомассы (ЭМ, т/га) на площадь экосистемы.

$РПЭ, т = ЭМ, т/га \times Пл, га.$ $ЭМ = БМ + НМ + ММ,$ где

БМ – биомасса, т/га - масса живого вещества, включающая фитомассу, зоомассу и микробиомассу экосистемы;

НМ – некромасса, т/га - отработавшая ресурс и отмершая биомасса экосистемы, представленная суммой опада, подстилки и гумуса почвы;

ММ – минермасса, т/га - масса минеральных элементов, освобожденных почвенной биотой из некромассы и усвоенных фитоценозом, представленная массой годового прироста.

Контролировать ВРП лучше всего в границах экологического региона – водосборного бассейна в совокупности естественных, аграрных и урбанизированных экосистем. Экорегion выгодно отличается от других пространственных единиц природы определенностью границ, однонаправленным потоком вещества, однотипным строением водосборных бассейнов любого масштаба.

ВРП административного района не корректен, поскольку произвольно вырезанные из природного комплекса участки не подчиняются законам природы. Как опытный врач ставит диагноз и назначает курс лечения всему организму, так и эколог должен диагностировать экологическое состояние и предлагать рациональную систему природопользования целостному природному объекту, устойчивость которого поддерживается законами природы, т.е. экологическому региону. Административные районы должны согласованно выполнять региональные предписания.

ВРП позволяет контролировать общую экологическую ситуацию в регионе, принимать оперативные, стратегические и чрезвычайные решения по ее сохранению и восстановлению. Снижение ВРП служит сигналом неблагоприятной экологической ситуации для срочного поиска причин негативных изменений и принятия мер по их устранению.

Карта ВРП представляет собой графическое изображение потенциальных возможностей природы конкретного экологического региона по производству и поддержанию массы органического вещества. Информационной основой карты ВРП служит банк данных, содержащий картографические и цифровые материалы, характеризующие параметры природных, аграрных и урбанизированных экосистем данного экологического региона.

Пространственная матрица карты ВРП строится на основе контуров почвенной карты, как наиболее устойчивых компонентов природных экосистем. Почвенные контуры преобразуются путем наложения контуров геоботанической карты и карты угодий. В легенде карты ВРП для каждого типа почв определяется значение экомассы по категориям угодий: леса, луга, болота, пашня, которые наносятся на соответствующие контуры карты-матрицы вместо индекса почв. Затем матрица карты ВРП региона наполняется содержанием.

Содержание каждого контура региональной матрицы заполняется значениями экомассы (т/га) из подготовленной заранее таблицы. После подсчета площадей контуров, определяется величина ресурсных потенциалов всех экосистем (РПЭ, Мт) региона, сумма которых и составляет величину ВРП.

Данные для расчетов ВРП готовятся в виде таблиц экомассы (табл.1) на основе легенды почвенной карты с учетом хозяйственного использования

каждого типа почв. В границах почвенных контуров суммируются параметры почвы и растительности разных видов угодий. Оценка пространственного распределения ВРП по территории региона проводится на основе группировки экомассы (ЭМ) в диапазоны с интервалом 100 т/га - от низкого (меньше 100 т/га) до очень высокого (выше 600 т/га).

Карта ВРП Окского бассейна (рис. 1) отражает современное состояние экосистем региона. Территория Окского бассейна площадью 24 млн.га включает полностью или частично территории 11 областей Европейской территории РФ: Орловская, Тульская, Калужская, Московская, Рязанская, Владимирская, Ивановская, Нижегородская, Тамбовская, Смоленская, Брянская, Республика Мордовия. Природные экосистемы Окского бассейна расположены в трех почвенно-климатических зонах: хвойно-широколиственной на подзолистых почвах, лесостепной на серых лесных почвах и степной на черноземах. Среднегодовая температура воздуха понижается в направлении с юго-востока к северо-западу от 6 до 30С. Среднегодовая сумма атмосферных осадков снижается в обратном направлении с 700 до 400 мм. Основными факторами антропогенного воздействия являются: промышленность, транспорт, сельское и лесное хозяйство.

В таблице 1 приведены данные экомассы и ее составляющих для основных экосистем Окского бассейна. На основе этих данных составлена карта реального ВРП. Для построения карт сценариев изменения ВРП под влиянием естественных и антропогенных факторов содержание таблицы менялось в соответствии с адаптацией экосистем региона к новым условиям согласно сценариям.

Для сценариев потепления и похолодания климата мы сдвигали сетку географической зональности на одну ступень к югу и к северу. При потеплении климата на 1 градус на месте серых лесных почв оказывались черноземы выщелоченные, а при похолодании - дерново-подзолистые почвы с соответствующим набором параметров.

Для идеального сценария мы предположили, что все экосистемы после снятия антропогенной нагрузки вернулись в естественное состояние. В экстремальном сценарии все экосистемы подверглись распашке, а в рациональном, в результате применения передовых технологий природопользования, произошло повышение продуктивности всех экосистем региона.

Таблица 1.

Возобновимый ресурсный потенциал (ВРП) экосистем Окского бассейна

Экомасса, т/га			Площадь, тыс. га	Возобновимый ресурсный потенциал Мт
Цвет	Диапазон	Средняя		
	<100	50	-	-
	100-200	150	4773	715,9
	200-300	250	5789	1447,3
	300-400	350	9817	3435,9
	400-500	450	3610	1624,5
	>500	550	11	6,1
РРП			24000	7229,7

Масса сорной растительности на 3-й год восстановительной сукцессии – 32 т/га, в т.ч. надземная – 15 т/га, подземная – 17 т/га.

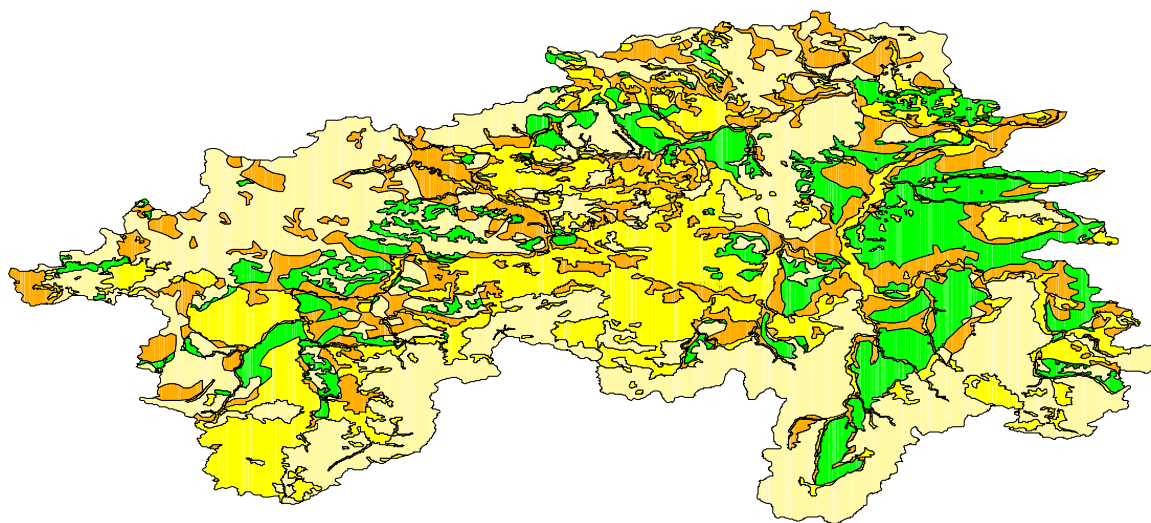


Рис. 1. Возобновимый ресурсный потенциал Окского бассейна (реальный)

Реальный ВРП Окского бассейна по нашим расчетам оценивается в 7229,7 Мт.

Для оценки эффективности природопользования его необходимо соотнести с идеальным ВРП при полном отсутствии антропогенной нагрузки. Идеальный ВРП рассчитывается на основе карты восстановленных ландшафтов, когда в результате сукцессии экосистемы региона восстанавливают свое естественное состояние.

Таблица 2.
Возобновимый ресурсный потенциал Окского бассейна (идеальный)

Цвет	Экомасса, т/га		Площадь, тыс. га	Возобновимый ресурсный
	Диапазон	Средняя		
	<100	50	-	-
	100-200	150	-	-
	200-300	250	1482	370,5
	300-400	350	7274	2545,9
	400-500	450	11768	5295,6
	>500	550	3476	1911,8
РРП			24000	10123,8

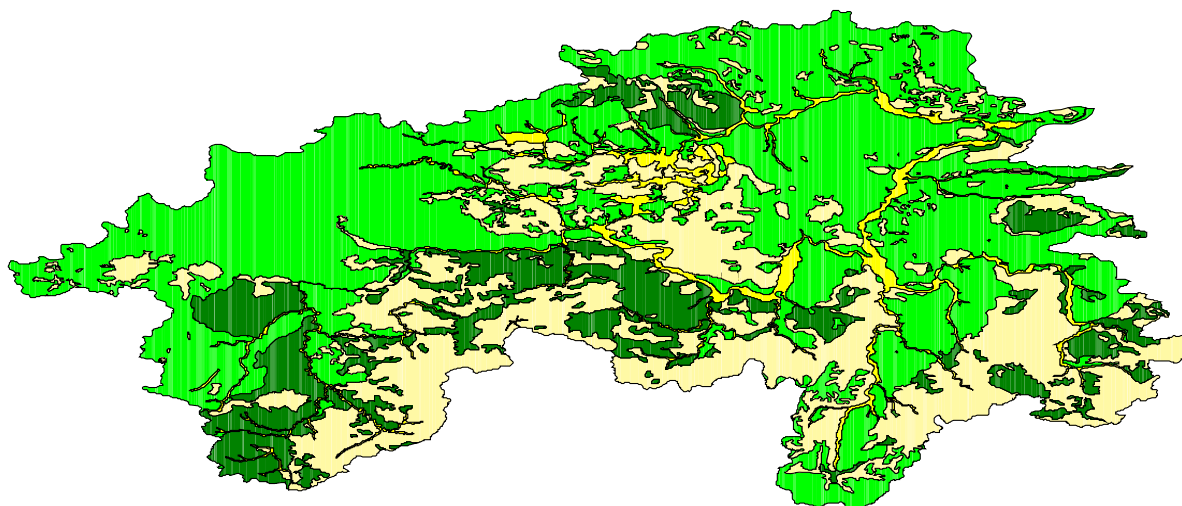


Рис. 2. Возобновимый ресурсный потенциал Окского бассейна (идеальный)

Идеальный ВРП Окского бассейна оценивается в 10123,8 Мт.

Анализ карт ВРП (рис.1-3) показал следующее. На карте реального ВРП 65% площади занимают экосистемы с экомассой 200-400 т/га, 20% - меньше 200 т/га и 15% - больше 400 т/га. Экосистемы с ЭМ выше 300 т/га – 56%, а с ЭМ ниже 300 т/га занимают 44% территории.

На карте идеального сценария без антропогенной нагрузки 93% площади региона занимают экосистемы с ЭМ выше 300 т/га, а 15% - выше 400 т/га.

При максимальной антропогенной нагрузке картина меняется радикально. Почти 90% территории региона занимают экосистемы с ЭМ ниже 200 т/га и только 10% - с ЭМ 200-300 т/га.

Наиболее благоприятное распределение площадей отмечено в рациональном сценарии, где 95% площади занято экосистемами с ЭМ выше 300 т/га, а экосистемы с ЭМ выше 400 т/га занимают 64%. Этот сценарий значительно превосходит по результатам идеальный, поскольку здесь изменения коснулись не только продуктивности экосистем, но и типов угодий.

Изменение климата также значительно изменило реальную картину распределения ВРП на территории региона. При потеплении климата экосистемы с ЭМ выше 300 т/га стали занимать 76% территории, а с ЭМ выше 400 т/га – 40%, что лучше реальной ситуации на 11 и 25% соответственно. При похолодании экосистемы с ЭМ ниже 300 т/га занимают 67% площади, что на 11% хуже реального состояния ВРП.

ОХРАНА БИОРАЗНООБРАЗИЯ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ковальчук Л.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: kovalchuk@ipae.uran.ru

Устойчивое развитие – «развитие без разрушения» - является постоянной целью Программы Организации Объединённых Наций по окружающей среде (ЮНЕП) со времени её создания в 1973 году. Естественно, что без современных методов и технологий научных исследований невозможно решить многие проблемы в области естественной окружающей среды и её ресурсов.

Это касается, в частности, создания систем «раннего предупреждения» для наиболее опасных химических соединений, загрязняющих природную среду, что нашло отражение в решениях различных международных организаций (ВОЗ, ЮНЕП и др.) и правительств ряда стран, а также задач экологически взаимосвязанной реабилитационной медицины, которые определены Пленумом Научного Совета РАМН и МЗ и СР РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды [4].

Исследование влияния техногенных загрязнений окружающей среды на организм человека является одной из основных задач медико-экологического мониторинга, актуальность которой не вызывает сомнений. В полной мере это относится к Уральскому региону, который в силу своего географического положения и исторических причин давно стал зоной экологического риска по таким факторам, как тяжёлые металлы (ТМ) и радиационное загрязнение [1, 2].

Проблема неблагоприятного влияния тяжёлых металлов (ТМ) на организм чрезвычайно важна, поскольку они способны вызвать мутагенез, канцерогенез, тератогенные, эмбрио - и гонадотоксические эффекты. Особый интерес в области экологических исследований представляет изучение процесса адаптации организма к сочетанному воздействию соединений различных загрязнителей.

С позиций экологов, основополагающей характеристикой благополучия популяции является обилие и пространственная структура населения - стабильно высокая численность и снижение миграционной активности [5]. Однако, варианты приспособления популяций к качественно изменённым под техногенным воздействием условиям среды обитания не столь однозначны. Достаточно высокое качество жизни и здоровья предполагает не только высокую продуктивность и заселённость территории, но и способность организма к устойчивому поддержанию гомеостаза, отсутствие нарушений в функционировании физиологических систем.

Наши многолетние исследования механизмов повреждения и стратегии адаптации мелких грызунов различных климато-географических зон при действии природных факторов среды (холод, гипоксия, комплекс факторов высокогорья) показали, что протяжённые во времени экстремальные условия среды предполагают активное участие в адаптивном процессе энергетики и системы крови [3].

Процессы адаптации, играющие решающую роль в приспособлении организма животных к постоянно изменяющимся факторам среды обитания, в значительной мере определяют зависящие от них эффекты на более высоких уровнях биологической интеграции, в частности, на уровне популяций. В то же время в основе процессов адаптации организма лежат механизмы реализующиеся на тканевом, клеточном и субклеточном уровнях.

Совершенно естественно, что, если мы не ставим задачей ограничиться внешней стороной явлений на уровне разномасштабных экосистем и их компонент при изучении воздействия на них тех или иных факторов, а пытаемся понять, что лежит в основе этих явлений, то мы должны искать ответ на уровне физиологических процессов.

Помимо всего прочего необходимо понимать, что при изучении механизмов адаптации животных к воздействию естественных природных факторов (температура, давление, содержание кислорода, освещенность, влажность и т.п.) ситуация часто выглядит принципиально иной, чем в случае, когда мы сталкиваемся с таким фактором, как техногенное воздействие. Дело в том, что человек, для удовлетворения своих все возрастающих потребностей в том или ином виде продукции, создал систему промышленного производства основанную на таких технологических процессах, в которых наряду с готовыми видами продукции образуется значительное количество отходов производства, поступающих в окружающую среду.

Особое место в проблеме занимают выбросы предприятий цветной металлургии, в технологические циклы которых вовлекается 74 элемента периодической системы, в том числе и тяжелые металлы, значительные количества которых в виде загрязнителей выбрасываются в абиотические среды. Многие из них принадлежат к рассеянным, редким или микроэлементам. Тем не менее, несмотря на в среднем малое содержание в земной коре, рассеянные элементы играют значительную роль в биосфере, кроме того, в планетарных масштабах их потоки достаточно весомы.

Растущие объемы производства и использования тяжелых металлов привели к тому, что в настоящее время их техногенные потоки стали соизмеримы с естественными, а высокие локальные концентрации оказывают на природные системы существенное влияние, приводя иногда к явлениям катастрофического характера. Помимо этого выбросы предприятий цветной и, в меньшей степени, черной металлургии характеризуются одновременным присутствием в них нескольких элементов в виде тех или иных соединений, что создает дополнительные сложности, обусловленные тем, что выбросы зачастую содержат химические аналоги, находящиеся в различных химических формах. Часть этих элементов может быть экзо-, а часть – эндогенными для животных, а некоторые просто токсичными. При такой ситуации выяснить элементарные факторы воздействия и расставить приоритеты оказывается далеко не простой задачей, поскольку мы должны иметь ввиду и сочетанность действия (синергическое и ингибирующее действие), и явление конкуренции, и многое другое.

Совершенно очевидно, что когда речь идет об эколого-физиологических аспектах адаптации животных, обитающих в природной среде, подверженной воздействию техногенных загрязнений, невозможно обойтись без богатейшего научного багажа фундаментальных медико-биологических исследований гигиенистов (токсикологов), тем более, что значительная часть

их, если не большая, выполнена на таких лабораторных животных как мыши и крысы.

Огромный объем информации по воздействию различных веществ на организм, влиянию природы соединений и пути их поступления, накоплению и распределению по органам и тканям, выведению из организма, методам исследования и мн. др. несомненно должен быть привлечен к рассмотрению, начиная с постановки задачи исследования и вплоть до обсуждения и трактовки полученных результатов, а материалы по тяжелым цветным металлам не являются в этом плане исключением.

Поэтому, в ряде случаев, исходя из поставленной задачи, мы ставили эксперименты на лабораторных животных и животных из природных популяций, используя экспериментальные подходы и методы анализа, принятые в токсикологии, а именно, определяли содержание исследуемых элементов в органах и тканях, чтобы четко представлять тот фон, на котором работают физиологические и биохимические регуляторные механизмы.

Учитывая вышесказанное, представляется чрезвычайно важным тот факт, что в работах экологического плана и, тем более – экотоксикологических публикациях, совершенно не оттенены, если ни сказать – не учтены, характеристики воздействующего фактора. А именно, сообщается о местоположении территории, где проводили отборы проб и отлов животных и название предприятия по его отраслевой принадлежности, которая характеризует последнее, главным образом, с точки зрения готовой продукции, тогда как у родственных в этом плане предприятий потоки загрязнителей, поставляемые в окружающую среду могут существенно различаться по элементному составу и природе химических соединений.

Мы хотели бы еще раз обратить внимание на это обстоятельство, т.к. без характеристики воздействующего фактора, исследования изменений, наблюдаемые в экосистеме или ее звене, представляются описательными и практически исключают возможность экстраполяции полученных результатов с целью прогнозирования возможных ситуаций. Наибольший интерес для нас представляли зоны, примыкающие к медеплавильным предприятиям Урала, причем к тем, которые имеют схожий состав выбросов в атмосферу, т.к. в основе применяемых там технологий лежит переработка серосодержащего сырья с получением не только меди, но и серной кислоты.

В своих исследованиях мы сосредоточили внимание на таких элементах, как медь, цинк, свинец и кадмий, которые главным образом и присутствуют в перерабатываемом сырье и выбросах предприятий, в зоне которых проводили отлов животных. Помимо того, что эти элементы включены в Программу глобального мониторинга ООН, среди них есть и эндогенные – медь, цинк и явные токсиканты – свинец, кадмий.

Несомненно и то, что для понимания кумулятивных процессов, а следовательно, толкования наблюдаемых уровней содержания того или иного из исследуемых элементов в органах и тканях в качестве фона, на котором работают адаптационные механизмы, важно знать в какой форме поступают интересующие нас элементы в организм животного. (Вообще-то мы считаем, что это отдельная тема исследований для химиков-экологов.)

Мы считали, что основная форма нахождения и тех и других – окислы и сульфаты, которые выпадая из атмосферного воздуха на поверхность растительного материала и почвы (в данном случае мы имеем в виду первичное загрязнение) поступают в организм животных по пищевой цепочке как в виде сульфатов и малорастворимых окислов, так и в виде

органических соединений, пройдя по цепочке «почва-растение» в случае растительно- и зерноядных и по цепочке «почва - насекомые» для насекомых. Однако, если речь идет о фоновых территориях, то здесь, скорее всего, основная часть меди, цинка, свинца и кадмия находится в растительном материале в виде растворимых соединений, которые в большей степени усваиваются организмом животных, нежели малорастворимые окислы (мы рассматриваем пероральный путь поступления), что может служить объяснением значительных содержаний изучаемых элементов в органах и тканях обитающих там животных.

Как явствует из вышесказанного, применительно к экологическим исследованиям, связанных с воздействием техногенных выбросов, следует с максимальной возможностью идентифицировать приоритетно действующий фактор. Понимая сложность поставленной задачи мы попытались на примере четырех, как сказано ранее, не случайно выбранных элементов, преимущественно поставляемых в воздушную среду медеплавильными предприятиями со схожей технологией, на материале полученном в ходе полевых и лабораторных исследований рассмотреть некоторые аспекты адаптации мелких млекопитающих к воздействию меди, цинка, свинца и кадмия.

В первую очередь нас интересовали в качестве стратегической основы энергетические и пластические процессы адаптации, тем более, что окислительные процессы, принимающие участие в регуляции энергетического обмена у мелких млекопитающих различных видов, в этом плане мало изучены. Известно, что организм, не способный быстро восстановить гомеостаз после внешнего влияния, практически нежизнеспособен, но и вяло реагирующий на антропогенную трансформацию внешней среды, он практически не в состоянии адаптироваться к данным условиям.

Кроветворная система, представляет собой динамическую, многоступенчатую и постоянно обновляющуюся систему, а механизмы её регуляции действуют в основном по принципу обратной связи. Система гемопоза реагирует на внешние воздействия очень активно, но и достаточно быстро восстанавливает равновесие внутри себя. А активный «консерватизм» кроветворения в масштабах организма обеспечивает совместимость системы гемопоза с другими системами.

Эколого-физиологические исследования структурно-метаболических и молекулярных механизмов в процессе адаптации, позволили дать оценку энергетического, азотистого обмена, микроэлементного обмена и системы крови в регуляции физиологических функций поддержания гомеостаза, повреждения и аварийного регулирования в условиях сочетанного перманентного воздействия техногенных факторов как на экспериментальных животных, так и на жителях Уральского региона.

Исследования такого плана дают возможность перспективной оценки способности видов к толерантности, интенсивной изменчивости, резистентности и степени подверженности действию повреждающих агентов, ибо адаптивные изменения физиологического состояния животных, в конечном итоге, определяют структуру и гомеостаз биогеоценозов.

Результаты исследований механизмов адаптации организма на модельных объектах (мышевидные грызуны) к действующему фактору при разных концентрационных уровнях воздействия, позволили расширить представления о метаболических и молекулярных механизмах адаптации

организма в условиях естественных и антропогенно-преобразованных экосистем и экспериментально установить, что значительные резервные механизмы аварийного регулирования в гомеостатической системе млекопитающих природных популяций, индуцируя процессы детоксикации и, стимулируя элиминацию генотоксических эффектов, способствуют восстановлению неспецифической резистентности к действию повреждающих агентов, что и определяет высокую экологическую пластичность данных видов.

Помимо этого, знания физиологических основ действия токсикантов и компенсаторно-приспособительных возможностей организма в условиях антропогенно-преобразованных экосистем могут быть использованы для решения задач, связанных с мероприятиями срочного характера, касающимися диагностики и предупреждения развития патологических необратимых процессов в организме, по новому взглянуть (при экстраполяции данных результатов на человека) на возможность коррекции патологических состояний и, возможно, способствовать развитию перспективных подходов по профилактике заболеваний, наблюдаемых у населения городов и территорий Уральского региона, подверженных техногенным нагрузкам.

Литература

1. Агаджанян Н.А. Адаптационная медицина и здоровье / Н.А. Агаджанян // Вестник уральской медицинской академической науки. – 2005. -№2. – С.10 - 18.
2. Большаков В.Н. Экологическая оценка деятельности предприятий цветной металлургии / В.Н. Большаков, Н.В. Микшевич, О.Г. Передерий // Учеб. Пособие - Свердловск: Полиграфист, 1986. – 77с.
3. Ковальчук Л.А. Экологическая физиология мелких млекопитающих Урала / Л.А. Ковальчук, А.П. Ястребов – Екатеринбург: НИСО УрО РАН, 2003. – 203с.
4. Рахманин Ю.А. Интегрирующая роль медицины окружающей среды в профилактике, ранней диагностике и лечении нарушений здоровья, связанных с воздействием факторов среды обитания человека / Ю.А. Рахманин, Г.И. Румянцев, С.И. Новиков, Ю.А. Ревазова, С.И. Иванов // «Современные проблемы медицины окружающей среды», Матер. Пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и МЗ РФ. - М, 2004. – С.3-9.
5. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции / С.С. Шварц - М.: Наука, 1980.- 278с.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРИЗИС И ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Корнилова Т.И.

Департамент биоресурсов Министерства охраны природы Республики Саха
(Якутия), Якутск

E-mail: ecocenter1@yandex.ru

Характерной чертой нашего времени является увеличение частоты и мощности опасных явлений (ОЯ): наводнений, засух, ураганов, внезапных заморозков, ливней и др. явлений, приносящих значительный материальный ущерб. К сожалению, многими специалистами увеличение количества ОЯ трактуется как следствие изменений климата, приводящих к увеличениям осадков, либо к засушливости и др. явлениям. Так, например, наводнения на горных речках в Карпатах и сход на них селевых потоков органы Гидрометслужбы объясняют увеличением количества осадков. Украинский исследователь В. Комендарь в своей статье “Превратим леса в пустыни” (www.zn.ua/3000/3320/42732) приводит сведения о том, что в 1947 г. осадки в Карпатах выпадали в большем объеме, однако селевых явлений тогда не наблюдалось. Этот же автор приводит данные по двум речкам, находящимся в непосредственной близости друг от друга: одна из них протекает по территории заказника (т.е. по территории с ненарушенным водосбором), в верховьях другой речки лес вырублен под строительство элитных особняков (т.е. водосбор нарушен). На речке с ненарушенным водосбором селевых явлений не наблюдалось, на другой - селевые явления имели место.

Изменения климата, конечно, происходят. Они вызываются изменением циклов солнечной активности и изменением циклов вращения Земли (циклов Миланковича), а также наложением их гармоник. Результаты ряда исследований [3] говорят о том, что изменения климата происходили в истории Земли постоянно, и нет оснований считать, что они не будут происходить в будущем. Несмотря на изменения климата биоразнообразие Земли в течение всего времени существования живых организмов постоянно увеличивалось. Исключение составляли периоды массовых вымираний, которых насчитывалось пять за всю историю существования планеты. Нынешний период характеризуется скоростью исчезновения видов в сотни и тысячи раз превосходящей фоновую. Некоторые исследователи (Примак, 2002) называют наше время шестым вымиранием, причиной которого является человек.

Поскольку биоразнообразие связано с устойчивостью экосистем, то снижение количества видов приводит и к снижению устойчивости экосистем.

Теория диссипативных систем, разработанная И.Р. Пригожиным, в применении к биологическим сообществам говорит о том, что все самоорганизующиеся живые системы нуждаются в минимальном разнообразии видов. Члены биологических сообществ должны осуществлять продукцию и деструкцию, успешно существовать во времени и

пространстве, выдерживать определенную нагрузку типа изменений климата и др.

Если количество видов в экосистеме увеличивается или уменьшается по сравнению с оптимальным, экосистема становится менее устойчивой [2]. При снижении устойчивости экосистем объем производимых ими экосистемных функций, к которым относятся очистка воды и воздуха, регулировка климата и гидрологических циклов, утилизация отходов, создание почв и экологических ниш для животных и др. организмов, продукция экосистем и некоторые др., в том числе эстетические и рекреационные, также уменьшается. В 1997 г. группа исследователей из Мэрилендского университета определила (в первом приближении Т.К.) стоимость услуг, оказываемых экосистемами [5]. В среднем эта величина примерно в два раза превысила общемировой национальный продукт, причем стоимость услуг некоторых экосистем (например, ледовых пустынь) не была определена.

Стоимость экосистем и услуг, оказываемых ими, до настоящего времени ни в нашей стране, ни за рубежом не входит в экономические расчеты и прогнозы. Роберт Репетто, американский экономист, по поводу данной ситуации выразился следующим образом: “При нынешней системе национального бухгалтерского учета страна может исчерпать минеральные ресурсы, вырубить леса, разрушить почвы, загрязнить водоносные слои и истребить диких животных и рыбу, но измеренный доход не почувствует исчезновения этих богатств... Результатом могут стать иллюзорные доходы и реальные потери благосостояния”.

С деградацией экосистем и услуг, оказываемых ими, связанных со снижением БР, человек начал сталкиваться давно. Такое снижение происходит при различных антропогенных воздействиях: вырубке лесов, распашке территорий, ирригационных работах и др. Повышение БР происходит при внедрении новых видов в экосистемы, обычно такие внедрения вызывают разбалансировку сложившегося равновесия и снижают устойчивость экосистем. Иногда они приводят к выпадению аборигенных видов, следовательно приводят к уменьшению БР.

Так, Шумер, древнее государство с развитой культурой, имел мощное орошаемое земледелие. Урожаи пшеницы, получаемые при этом, были весьма значительными, что позволяло содержать армию и государственный аппарат. Однако, постепенно орошаемые земли стали засоляться. Земледельцы пытались перейти с пшеницы на ячмень - более солеустойчивую культуру, но впоследствии перестал расти и ячмень. Ныне на этом месте находится пустыня.

Аналогичная судьба могла постигнуть Великие равнины в Соединенных Штатах, когда в результате неумеренной распашки земель и выпаса скота в 30-х гг. прошлого века началась эрозия почв. По инициативе президента Ф.Д. Рузвельта в США была создана программа восстановления почв. Данная программа была ориентирована не только на восстановление почв, она

носила широкий экосистемный характер и предусматривала охрану от наводнений, оставление пашен “под пар”, высадку полезащитных полос и др. мероприятия [1].

Комплекс данных мероприятий привел к снижению отрицательного антропогенного воздействия и восстановлению экосистем. Конечно, до первоначального состояния прерии не были восстановлены, однако, главная цель была достигнута: “черные бури” прекратились, эрозия почв в основном остановлена и ныне Великие равнины, как и прежде, являются житницей Соединенных Штатов.

Однако при распашке целинных земель в Казахстане, начавшейся в 50-х гг. прошлого века, имеющийся опыт не был учтен. Целина распахивалась целиком, без оставления защитных полос и через несколько лет урожаи на новых землях упали, начались эрозионные явления и те же “черные бури”, что и на Великих равнинах в 30-х гг.

Следует отметить, что аналогичные явления наблюдались в нашей стране и ранее. Так, в 1946, 1947 и 1948 гг. на основных сельскохозяйственных угодьях наблюдалась засуха. Нельзя сказать, что руководство нашей страны не было обеспокоено сложившимся положением. В 1948 г. вышло Постановление Совета министров СССР и ЦК ВКП(б) целью которого явилось создание системы крупных государственных защитных лесных полос и развитие защитных лесонасаждений на полях колхозов и совхозов. Основным недостатком данного Постановления можно назвать неправильный подбор видов деревьев для лесомелиорации, однако, в остальном этот документ серьезно проработан и при внесении исправлений мог достичь таких же положительных результатов, как и в США.

К реализации этого Постановления были привлечены широкие слои населения; в регионах, где посадки леса производились (Саратовская обл.), урожаи остаются стабильными, на Кубани и в Ставрополье периодически наблюдаются засухи и наводнения, которые можно отнести к опасным явлениям.

К большому сожалению, с 1953 г. эти работы были свернуты, и началось освоение целины.

В 1985 г. был опубликован проект макрорегионального облесения в областях рискованного земледелия на юге России с учетом уже имевшейся соответствующей инфраструктуры, созданный Ф.Я. Шипуновым [4]. Он стал альтернативой проекту переброски части стока северных рек на юг. Поскольку в проектах переброски стока рек на юг были задействованы порядка 20 научно-исследовательских институтов, имеющих связи и влияние в различных областях жизни общества, мнение этого автора услышано не было.

Реализация проекта Ф.Я. Шипунова, по мнению сотрудника Института географии РАН Горшкова (2006) “дала бы шанс значительно компенсировать огромный ущерб отечественного агропроизводства в связи с потерей плодородных земель в долинах рек Днепра, Дона, Волги, Камы, Иртыша,

Оби, Енисея и Ангары. Строительство ГЭС, потребовавшее создание крупных и гигантских водохранилищ на этих реках, вызвало не только затопление высокопродуктивных земель, но их подтопление и даже иссушение”.

Увеличение количества ОЯ, снижение объема экосистемных функций и продуктивности экосистем (и как части экосистем - агроценозов) - все это является следствием неустойчивости экосистем и снижения биоразнообразия.

Экономический кризис в США, имевший место в 30-х гг. прошлого века создал различные новые направления деятельности, в том числе и программу восстановления почв [1]. При реализации программы восстановления почв было решено сразу несколько задач, среди которых: восстановление плодородия почв, снижение опасности наводнений, улучшение качества воды, устойчивое развитие сельского хозяйства, занятость населения и многие др. Восстановление экосистем в США началось во время экономического кризиса. Работы по восстановлению способствовали выходу страны из кризиса и устойчивому развитию сельскохозяйственного производства и страны в целом.

Экономический кризис подвел многие государства и Россию, в том числе, к необходимости искать новые пути в дальнейшем развитии. Одним из этих путей должно стать восстановление экосистем и их экосистемных функций, что будет способствовать становлению устойчивого экономического развития. Такое развитие включает в себя массу параметров, в том числе: устойчивое функционирование сельского хозяйства, сохранение и восстановление водохозяйственного потенциала и рыбных запасов. Восстановленные экосистемы способствуют стабилизации климата, снижению частоты и величины опасных явлений и оптимизации гидрологических циклов, что приводит к снижению частоты и мощности наводнений и уменьшению количества засух.

В настоящее время деятельность различных ведомств природоохранной направленности: водного, лесного, рыбного и пр. весьма слабо координирована. И хотя в каждом из них имеются определенные средства, то эффект от их использования гораздо ниже, чем мог быть от комплексных работ по восстановлению экосистем. Так, несколько лет подряд на Норильских озерах велись работы по искусственному воспроизводству сиговых рыб. Однако, поскольку озера в результате выбросов Норильского комбината стали кислотными, то все усилия рыбоводов ни к чему не привели и работы были впоследствии свернуты. Вероятно в этом случае представителям рыбного ведомства удалось “выбить” из загрязнителей определенные суммы, а водникам - не удалось. Многие водные мероприятия производятся без учета экосистемных составляющих; так, борьба с наводнениями на небольших реках Центральной Якутии: Амге, Татте, Суоле не учитывает нарушенность водосбора. В результате этого в многоводные

годы расходуется средства на борьбу с наводнениями, в маловодные - строятся оросительные сооружения.

Координация работы природоохранных ведомств с целью восстановления экосистем приведет к решению комплекса проблем, в том числе и сельскохозяйственной направленности, а также к устойчивому экономическому развитию как отдельных регионов, так и страны в целом.

Литература

1. Беннет Х. Х. Основы охраны почв. 1958. Москва. 411 с.
2. Букварева Е.Н., Алещенко Г.М. Задача оптимизации взаимодействия человека и живой природы и стратегия сохранения биоразнообразия // Успехи современной биологии. Т. 114. 1994. С.230-238.
3. Леви К.Г., Язев С.А., Задонина Н.В. Глобальные природно-климатические изменения в истории Земли - исторический мониторинг природных аномалий в Сибири и возможности их прогноза. В сб. Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Вып.1. Иркутск, 2004 С.23-46.
4. Шипунов Ф.Я. Природопользование с позиций эколого-биосферной науки // Земледелие. 1985. № 9. С. 15-20.
5. Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1997. Vol.387. No 6630. P.253-260.

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОВЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ АБХАЗИИ

*Мингазова Н.М.¹, Деревенская О.Ю.¹, Палагушкина О.В.¹,
Дбар Р.С.², Ахатова В.М.¹, Набеева Э.Г.¹*

¹Казанский государственный университет, Казань

²Абхазский государственный университет, Абхазия, Сухум

E-mail: venera.qw@mail.ru

На территории Абхазии располагаются карстовые плато Бзыбского и Гагрского хребтов Кавказских гор. Сифоны на дне многих выходов из пещер являются истоками крупных подземных водотоков, многие из которых не обследованы (реки Репроа и др.). Другая группа подземных рек, собираясь вместе, выходит на поверхность из-под скалы в районе с. Бармыш, формируя полноводную подземную реку Мчишта (Чёрная), крупнейший карстовый источник Кавказа. Карстовое происхождение имеют также многие водоемы Рипинского национального парка - уникальные объекты природы, представляющие научную ценность – озера Малая Рица, Гегский водопад, озеро в Гегской пещере, Голубое озеро, река Гега с притоком Юпшара.

Лаборатория водных экосистем факультета географии и экологии Казанского государственного университета специализируется на изучении водных объектов карстового происхождения. Летом (август-сентябрь) 2007 г. была организована экспедиция в Абхазию с целью изучения карстовых водных объектов. В ходе комплексных исследований изучались сообщества фитопланктона, зоопланктона и зообентоса вышеперечисленных водных объектов, а также озеро Большая Рица. Исследования проводились с применением традиционных гидробиологических методов. Все водные объекты являлись пресноводными, обладали маломинерализованной водой.

В фитопланктоне исследованных водных объектов Абхазии было отмечено 70 таксонов рангом ниже рода из семи отделов. По числу видов преобладали диатомовые водоросли – 36 таксонов (51,4% от общего числа), затем следовали эвгленовые – 12 (17,1%), 10 (14,3%) видов относились к отделу зеленые (порядку хлорококковые – 9, порядку улотриксковые – 1), 8 видов (11,4%) принадлежали к отделу золотистые, 2 вида (2,9%) – к отделу динофитовые, по 1 виду (по 1,4%) – к отделам сине-зеленые и желто-зеленые водоросли. Наибольшее число видов (рис.1) было отмечено в фитопланктоне озера Малая Рица (42), меньшее – в сифоне Гегской пещеры (4 вида).

Численность фитопланктона исследованных водных объектов была низкой и колебалась от 17, 144 т.кл./л (оз. Б. Рица) до 244 т.кл./л (р. Юпшара). Биомасса фитопланктона также была низкой и колебалась в пределах от 0,008 мг/л (оз. Б. Рица) до 1,039 мг/л (р. Юпшара), что определило олиготрофный статус всех водных объектов, за исключением реки Юпшара, статус которой соответствует мезотрофному.

По эколого-географической характеристике в фитопланктоне преобладают космополитные, пресноводные, алкалофильные, бета-мезосапробные, индифферентные по отношению к температуре планктонные и бентосные виды, а также виды, способные обитать в планктоне, бентосе и обрастаниях. По фактору реофильности преобладают виды, свойственные стояче-текучим водоемам. Численность фитопланктона в летний период чаще формируется диатомовыми, золотистыми и эвгленовыми водорослями, реже – зелеными, сине-зелеными, динофитовыми и желто-зелеными водорослями. Биомасса чаще формируется эвгленовыми, диатомовыми водорослями, реже – золотистыми, зелеными, динофитовыми и сине-зелеными. Пики численности в глубоководных озерах отмечались на глубинах 4 и 10 м, а пики биомассы – на 6 и 10 м.

Пробы на зоопланктон отбирались повсеместно, но представители зоопланктона были обнаружены только в трех озерах – Малая Рица, Большая Рица и Голубое. В остальных обследованных водных объектах (реки и озерасифоны) зоопланктона обнаружено не было.

В зоопланктоне оз. М. Рица в августе 2007 г. было определено 9 видов, из них коловраток – 2 (22%), ветвистоусых ракообразных – 3 (33%), веслоногих ракообразных – 4 вида (44%). По численности и биомассе доминировали ветвистоусые ракообразные *Daphnia longispina*. Вид доминировал в эпилимнионе (до 4 м) и гиполимнионе (10-30 м). В металимнионе (4-10 м) кроме *Daphnia longispina* в число доминирующих видов входила коловратка *Asplanchna priodonta*.

По средним значениям, из групп зоопланктона по численности преобладали ветвистоусые ракообразные (59%), численность веслоногих составляла 29% и коловраток – 12% от общей численности. По биомассе также преобладали ветвистоусые, их биомасса составляла 86%, веслоногих – 9,4%, коловраток – 4%. Наибольшая концентрация зоопланктона отмечалась в гиполимнионе (слой 10-30 м) – 15 тыс. экз/м³, при биомассе – 1,08 г/м³, наименьшая – в эпилимнионе (слой 0-4 м). Средняя численность зоопланктона составляла 12,03 тыс. экз/м³, биомасса – 0,87 г/м³. По величине биомассы, в соответствии с классификацией Китаева, озеро соответствует олиготрофным водоемам. Значения индекса сапробности составляли 1,53 (олиго - β-мезосапробная зона, чистая вода). Значения индекса Шеннона и Симпсона были невысоки, составляли 1,39 и 0,47 соответственно.

В зоопланктоне оз. Б. Рица в сентябре 2007 г. было определено 5 видов, из них коловраток – 1 (20%), ветвистоусых ракообразных – 3 (60%), веслоногих ракообразных – 1 вид (20%). В виду большой глубины исследовался слой воды от поверхности до 10 м глубины. По численности и биомассе доминировали коловратки *Asplanchna priodonta*. Численность зоопланктона составляла 263,7 тыс. экз/м³, биомасса – 10,76 г/м³. По величине биомассы, в соответствии с классификацией Китаева, озеро соответствует эвтрофным водоемам.

Из групп зоопланктона по численности преобладали коловратки (79,8%), численность ветвистоусых составляла 18% и веслоногих – 2,2% от общей численности. По биомассе также преобладали коловратки, их биомасса составляла 63,3%, ветвистоусых – 35,5%, веслоногих – 1,2% от общей биомассы зоопланктона. Значения индекса сапробности составляли 1,73 (β-мезосапробная зона). Значения индекса Шеннона и Симпсона составляли 0,9 и 0,32 соответственно, были относительно низки, что связано с преобладанием в составе одного вида – *A. priodonta*.

В зоопланктоне оз. Голубое в начале сентября 2007 г. было определено 6 видов, из них коловраток – 2 (33,3%), ветвистоусых ракообразных – 3 (50%), веслоногих ракообразных – 1 вида (1,7%). По численности и биомассе доминировали ветвистоусые ракообразные *Daphnia longispina*. Из групп зоопланктона по численности преобладали ветвистоусые ракообразные (59%), численность веслоногих составляла 1,5% и коловраток – 39% от общей численности. По биомассе также преобладали ветвистоусые, их биомасса составляла 92%, веслоногих – 0,2%, коловраток – 7,8%. Численность зоопланктона составляла 25,23 тыс.экз/м³, биомасса – 1,27 г/м³. По величине биомассы, в соответствии с классификацией Китаева озеро соответствует β-мезотрофным водоемам. Значения индекса сапробности составляли 1,75 (β-мезосапробная зона). Значения индекса Шеннона и Симпсона составляли 1,61 и 0,6 соответственно.

Пробы на макрозообентос отбирались в начале сентября 2007 г. На оз. Б. Рица с глубины 27 м грунт представлял собой светло-серый сапропель легкой консистенции. Здесь обнаружено 2 вида из одного класса - олигохет, общая численность составила 720 экз./м², биомасса – 1,16 г/м². Разнообразие глубоководных бентосных организмов невысоко, индекс Шеннона составляет 0,99 при максимальном значении 1.

На оз. Голубое в сентябре 2007 г. в литоральной зоне было обнаружено 3 вида организмов зообентоса из трех классов – олигохеты, насекомые и ракообразные. Максимальной численностью обладали личинки комаров – 25 экз./м². Общая численность зообентоса составляет 49 экз./м², общая биомасса – 2,25 г/м². Разнообразие глубоководных бентосных организмов невысоко, индекс Шеннона составляет 1,51 при максимальном значении 1,58, индекс Симпсона – 0,63, индекс Вудивисса равен 4.

Зообентос р. Репроа представлен 2 видами из двух классов - насекомые и ракообразные. Большими численными характеристиками обладали ракообразные *Paramoera udehe*. Индекс Шеннона соответствовал 0,45, индекс Симпсона – 0,17, индекс Вудивисса составил 4. Низкое видовое разнообразие связано с особыми условиями биотопа - каменистым грунтом и высокой скоростью течения.

На оз. М. Рица в сентябре 2007 г. было обнаружено 2 вида организмов из двух классов (насекомые и пиявки). Индекс Шеннона соответствовал 0,45 при максимальном значении равном 1, индекс Симпсона – 0,17. Низкое видовое разнообразие связано с особыми условиями биотопа –

олиготрофностью водоема, обрывистыми берегами без выраженной литорали, низкой температурой вод.

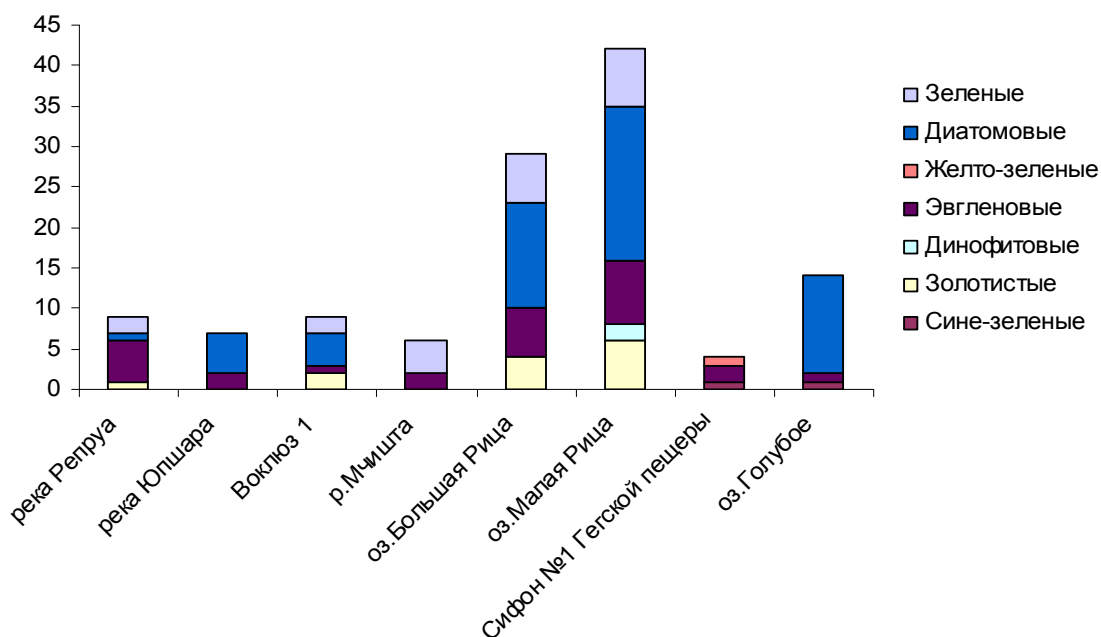


Рис. 1. Изменение числа видов фитопланктона в водных объектах Рицинского Национального парка (Абхазия).

В заключение отметим, что в исследованных водных объектах было выявлено 70 таксонов фитопланктона рангом ниже рода, трофический статус водных объектов по фитопланктону характеризуется в основном как олиготрофный.

Зоопланктон озер (Б.Рица, М. Рица и Голубое) беден, в совокупности было встречено 11 видов зоопланктона. По величине биомасс оз. М. Рица соответствует олиготрофным водоемам, оз. Голубое – мезотрофным, а оз. Б. Рица – эвтрофным в начальной степени, но необходимо дальнейшее изучение.

Видовое разнообразие макрозообентоса невысоко, что связано с олиготрофностью водоемов, либо с особенностью водотоков. Биотические индексы позволяют считать качество воды достаточно высоким.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить гидробиологическую характеристику и оценить качество вод водных объектов Абхазии, имеющих карстовое происхождение. В виду малой изученности и уникальности многих карстовых объектов, необходимо продолжить изучение водных объектов Абхазии в дальнейшем.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ВЫЖИВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ РОДА *AMARANTHUS* НА СЕВЕРЕ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Муравьёва А.С., Барсуков П.А.

Ботанический сад Казанский государственного университета, Казань

E-mail: trast2@mail.ru

В настоящее время изучение проблем сохранения биоразнообразия основано преимущественно на ботанических подходах: мониторинге видового состава, экологофитоценологических и популяционных характеристиках. Но в связи с глобальным потеплением климата требуются эколого-биохимические исследования механизмов адаптации растений к экстремальным или чрезвычайным условиям существования с использованием современных методов экологической физиологии растений.

Важным этапом изучения температурной адаптации амаранта в наших исследованиях явилось изучение роли белков в стратегии выживания этого интродуцента. Согласно представлениям, развиваемым В.Я.Александровым [1] в природе существует соответствие между уровнем теплоустойчивости белков и температурой существования вида. Возникает вопрос о механизмах, способствующих изменению теплоустойчивости растений различных экотипов в связи с их температурной адаптацией. Важной частью этого механизма является выявление специфики синтеза и ресинтеза защитных белков в условиях контрастных температур.

Объектом исследования служили взрослые растения амаранта 2-х видов рода *Amaranthus*: *A. cruentus* L. и *A. mantegazzianus* Passer., выращенные в природных условиях под воздействием контрастных температур: гипо- и гипертермии. Отбор растений для анализа проводили в начале и конце бутонизации, периоде наибольшего накопления белка этим экотипом. Была проведена стандартизация экологической обстановки исследуемых лет по температурному показателю [2]. Холодный период вегетации характеризовался как гипотермия, а аномально тёплый период как гипертермия. С целью выявления механизмов температурной адаптации растений, выращиваемых в разные периоды вегетации под воздействием экстремальных температур, важно было выяснить, как гипотермия влияет на интенсивность синтеза и набор полипептидов по сравнению с гипотермией.

При анализе полипептидного спектра методом электрофореза двух видов амаранта выявлено следующее. В холодный период вегетации (ниже 15°C) в обоих видах амаранта наиболее интенсивно синтезировались высокомолекулярные и средномолекулярные белки с мол.м.: 101, 96, 95,7, 93, 59 кД. Особенно это характерно для водорастворимых белков. Отмечено большее содержание белка с мол.м. 85 и 66 кД в суммарных, чем в водорастворимых белках. Доминирующим белком для обоих видов амаранта является белок с мол.м. 59. Особенно много данного полипептида в

суммарных белках. В суммарных также оказалось больше белков с мол. м. 46 и 22 кД.

В условиях гипертермии (свыше 35°C) картина спектра меняется. Так у *A. cruentus* сильно уменьшается синтез высокомолекулярных белков с мол.м. 101, 96, 95, 93 кД. В суммарных белках появляется новый полипептид с мол.м. 30 кД и белки низкомолекулярной фракции с мол.м. 14,13,12,9 кД. При этом особенно резко падает содержание высокомолекулярных полипептидов у *A. mantegazzianus*: почти в пять раз уменьшается содержание полипептида с мол.м. 95 кД (особенно у водорастворимых) и больше образуется белка с мол.м.17кД. Условия гипертермии (тепловой шок) индуцировали синтез новых полипептидов с мол.м.: 9, 10, 14, 30, 32 кД. Эти полипептиды относятся к низкомолекулярным белкам и, по всей вероятности, являются белками теплового шока (БТШ). В жару следует отметить также высокую разнокачественность белков в средней и нижней части спектра (появление новых полипептидов со средней мол. м.: 25, 26, 30, 32 кД и низкомолекулярных (9,10,14,15 кД.) Таким образом, белки в жару становятся более гетерогенными. Накопление фракций средне и низкомолекулярных полипептидов в клетке может происходить как в результате их синтеза, так и в результате распада крупных белковых молекул при воздействии высоких температур. В связи с этим обращает на себя внимание тот факт, что в жару одновременно имела место тенденция к сильному уменьшению высокомолекулярных полипептидов, а также исчезновению некоторых из них. Особенно резкая дегградация высокомолекулярных белков имела место у *A. mantegazzianus*. Следует отметить, что увеличение полиформизма водорастворимых и суммарных белков относится к важнейшим защитно-приспособительным процессам. При действии неблагоприятных факторов окружающей среды (в частности, контрастных температур) растение претерпевает многочисленные структурные и функциональные изменения, среди которых особую роль играет реакция генетического аппарата. Проявлением этих реакций является изменение как интенсивности синтеза различных белков, так и их набора. Последнее свидетельствует «включении» ранее не задействованных генов, кодирующих синтез белков, играющих особую роль в устойчивости растений.

Представленные здесь результаты подтверждают данные о синтезе НМ БТШ в клетке растений амаранта при росте в условиях повышенных температур. Ранее нами был изучен аминокислотный состав белков амаранта в условиях роста при воздействии экстремальных температур. Было установлено, что в условиях высокотемпературного стресса в листьях повышалось содержание пролина и глицина. Известно, что пролин, благодаря своим гидрофильным группам, может образовывать агрегаты, которые ведут себя как гидрофильные коллоиды. Этим объясняется высокая растворимость пролина, а также его способность связываться с поверхностными гидрофильными остатками белков [2]. Необычный характер

взаимодействия агрегатов пролина с белками повышает растворимость белков и защищает их от денатурации. Накопление пролина, как осмотически активного вещества, благоприятствует удержанию воды в клетке. Большое количество пролина рассматривается как энергетический резерв клеток в условиях стресса. В связи с этим, можно утверждать, что БТШ являются пролин и глицинсодержащие белки. Такая фракция белков обладает способностью прочно удерживать воду. В этих условиях происходит перераспределение фракций внутриклеточной воды в пользу более связанной за счёт уменьшения доли свободной. В результате повышается водоудерживающая способность клетки, позволяющая выжить растению в условиях атмосферной и почвенной засухи. Увеличение водоудерживающей способности повышает оводнённость протоплазмы и снижает расход воды растениями в условиях засухи, которая является компонентом высокотемпературного стресса.

Полученные результаты по более интенсивному синтезу высоко и среднемолекулярных белков при охлаждении амаранта позволяют нам утверждать, что при адаптации к повышенной или пониженной температуре синтезируются разные белки. По-видимому, у теплолюбивого амаранта воздействие низкой температуры приводит к иным повреждениям, чем при воздействии гипертермии. Белки высокомолекулярной фракции повышают холодостойкость амаранта. И вполне возможно, что они синтезируются в митохондриях. При охлаждении растений роль митохондрий в клетке значительно возрастает. Это связано с тем, что значительная часть энергии необходима клетке для репарации повреждений, перестройки метаболизма, возможно, просто для “обогрева”.

На основании полученных данных можно констатировать, что в стратегии своего выживания амарант использует как физиологические так и биохимические адаптации.

Литература

1. Александров В.Я. Клетки, макромолекулы и температура. Наука, 1975. 329 с.
2. Муравьёва А.С., Гасимова Г.А. Аминокислотный состав *Amaranthus cruentus* L. и температурная адаптация // Деп. В ВИНТИ, КГУ, Казань, 2000, 16 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС РЕГИОНА – ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Назарчук М.К
ТОО «Казэкопроект», Алматы
E-mail: mnaz@mail/ru

В условиях постоянно возрастающей и не контролируемой антропогенной нагрузки, реальное сохранение биологического разнообразия растительности и животного мира степных регионов возможно при формировании экологического каркаса территории.

Закон Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях» определяет нормы и правила создания экологических сетей, коридоров и систем особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Определенное законом понятие «экологическая сеть» по сути является экологическим каркасом и представляет собой комплекс особо охраняемых природных территорий различных категорий и видов, связанных между собой и с иными видами охраняемых природных территорий, организованный с учетом природных, историко-культурных и социально-экономических особенностей региона.

При разработке экологического каркаса Актюбинской области использованы следующие принципы:

Структура экологического каркаса на основе ООПТ области учитывает современную освоенность территории и перспективные планы развития экономики области и республики. В результате специализации области на сельскохозяйственном производстве и добыче полезных ископаемых территориальное влияние на природную среду выражено в загрязнении тяжелыми металлами и нефтепродуктами и сельскохозяйственном загрязнении. Южные районы области по условиям поверхностного и подземного стока, гидрогеологически и геохимически относящиеся к бассейну Аральского моря, поэтому испытывают депрессивные последствия осушения и опустынивания в результате усыхания Аральского моря и имеют статус районов экологического бедствия.

Предлагаемый экологический каркас территории Актюбинской области соответствует закону Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях» и формирует систему ООПТ различных категорий и видов, обеспечивающую репрезентативное представительство в них природных комплексов всех географических зон.

Основой структуры ООПТ является все разнообразие природных ландшафтов территории области. В восстановлении и охране нуждаются основные зональные, а зональные и интразональные типы ландшафтов в пределах области.

При формировании экологического каркаса учтен опыт возникновения возможных противоречий между созданием ООПТ и интересами местных сообществ, которые в настоящее время активно используют в своих хозяйственных целях земли, предлагаемые под ООПТ. Создание Иргиз-Тургайского государственного природного резервата сделало местное население активными участниками охраны биологического разнообразия своих территорий, поскольку население сразу оценило реальный экономический результат от создания ООПТ. Это, в первую очередь, появление за счет бюджетов республики и области новых рабочих мест и

значительное улучшение благосостояния местного населения в сочетании с традиционными видами деятельности.

К наиболее важным критериям, обосновывающим природоохранную ценность отдельных участков, относятся типичность или уникальность природного комплекса, связанных с ним сообществ растений и животных.

Оценка ценности включила:

анализ нарушенности природных комплексов в результате хозяйственной деятельности;

анализ мест концентрации редких и охраняемых видов растений;

анализ состава и размещения ценных зоологических объектов.

Учитывая что главной задачей сохранения природных комплексов и поддержания общего экологического баланса является сохранение биологического и ландшафтного разнообразия, приоритет при комплексной оценке отдавался компонентам природной среды с целью их охраны, выявления как неизмененных участков естественной природы, так и измененных в результате антропогенного воздействия, требующих особых методов охраны, дополнительного изучения и разработки мероприятий по восстановлению природных комплексов.

За основу комплексной оценки территории принят экспертный метод в сочетании с балльной оценкой. Ограничивающие факторы оценивались по трехбалльной шкале. Природоохранная оценка территории заключалась в выделении участков с относительно хорошо сохранившимися естественными ландшафтами, флорой, фауной; местами обитания редких и исчезающих видов, местами гнездования, сезонных станций мигрирующих видов и пр., представляющих научный интерес.

Природоохранными критериями выбора территории служат сохранность естественных ландшафтов или возможность их естественного восстановления; разнообразие структуры ландшафтов, как мест обитания ценных видов флоры и фауны, обеспечивающее целостность всех звеньев ландшафтно-экологических систем.

Полученная итоговая оценка в баллах позволяет провести ранжирование территории по степени обеспеченности природно-ресурсным потенциалом

В результате комплексной оценки выделены территории, представляющие наибольшую природоохранную и научную ценность, наиболее интенсивно эксплуатируемые в хозяйственном отношении, а также имеющиеся “зоны конфликтов”.

Регламентирование хозяйственной деятельности на территориях с неустойчивыми экосистемами в сочетании с экологической обстановкой и внедрением разных форм заповедания способны ослабить процессы деградации природы, стабилизировать экосистемы и создать условия для оптимизации экологической обстановки. Ведущую роль в организации системы ООПТ играет их достаточная представительность в различных географических зонах.

В результате комплексной оценки были выбраны территории с хорошо сохранившимися экосистемами, пригодными для организации ООПТ, создание которых будет направлено на сохранение всех элементов природы, биологического разнообразия, на поддержание устойчивости энергетического баланса экосистем на определенном уровне, не допуская губительной деградации среды обитания живых существ.

Для удобства анализа современного состояния и обоснованности предложений по формированию экологического каркаса Актюбинской

области даны характеристики ландшафтов по их площадному преобладанию на территории.

Зональные ландшафты являются основой сельхозпроизводства и самого существования большей части населения области. В пределах зональных ландшафтов сохраняется основной генетический фонд растительного и животного мира области. Следовательно, выделение и охрана именно зональных типов ландшафтов в различных видах ООПТ позволит сохранить и восстановить хотя бы фрагментарно зональные биоценозы.

Азональные ландшафты в границах области сформированы под преобладающим влиянием литолого-геоморфологических и гидрологических факторов. Эти ландшафты на фоне зональных выделяются необычным обликом и значительно большим биоразнообразием.

Азональные ландшафты имеют более высокую биологическую продуктивность, поэтому более активно используются в сельскохозяйственном производстве и привлекают к себе внимание отдыхающих. В силу своей редкости, хрупкости и активного использования азональные ландшафты особенно нуждаются в значительной охране.

Интразональные ландшафты для Актюбинской области - это долины рек, пересекающие несколько природных зон. В результате значительного круглогодичного увлажнения в речных долинах формируется свой микроклимат и значительно возрастает биологическая продуктивность растительности, а вслед за ней и богатство видового разнообразия животного и растительного мира. В границах речных долин мирно соседствуют виды растений и животных из соседних природных зон. По самим речным долинам и вдоль них происходит миграция растений и животных. Интразональные ландшафты речных долин испытывают максимальные антропогенные нагрузки от всех видов хозяйственной и рекреационной деятельности и находятся в стадии деградации.

В весенний период по долинам рек заполняются паводковыми водами все котловины старичных озер и соров, буйно развивается луговое разнотравье, что и составляет кормовую основу для миллионов птиц, мигрирующих с зимовок на север. К местам отдыха многочисленных стай птиц привязаны все хищники: орлы и коршуны, волки и лисы. Уникальный по разнообразию биоценоз протягивается сквозь все ландшафтные зоны, обогащая их представителями других зон и расширяя ареалы растений и животных.

Интересными с точки зрения сохранения биоразнообразия являются ландшафты крупных сортовых котловин, соединяющихся в цепочки и образующих ложбины на протяжении сотен километров. Это реликтовые ландшафты, сохранившиеся с более влажных эпох, когда по ложбинам проходил сток в бассейны Аральского и Каспийского морей. К этим сортовым ложбинам в настоящее время привязаны маршруты сезонного перелета птиц и частично пути сезонной миграции сайгаков.

Места пересечения зональных, азональных, интразональных ландшафтов, путей пролета перелетных птиц, направлений миграции сайгака образуют центры биологического разнообразия, которые играют важную роль в сохранении генофонда региона и ландшафтного разнообразия и являются ядрами экологического каркаса. Исходя из безусловной ценности ядер экологического каркаса, именно в их пределах необходимо создание особо охраняемых природных территорий.

Предлагаемая на территории Актюбинской области структура ядер экологического каркаса простирается с севера на юг и с запада на восток и охватывает все ландшафтные зоны, обеспечивая возможность сохранения и безопасную миграцию видов по широте, с севера на юг и в обратном направлении.

Особо выделяются территории целевой охраны - ценные с точки зрения сохранения отдельных компонентов природы – уникальных форм рельефа, азональных и интразональных ландшафтов, растений и животных. В эту категорию попадают практически все крупные песчаные массивы и все естественные лесные массивы на территории области, поскольку они являются реликтами предыдущих геологических эпох и имеют различные биотопы на основе сочетаний зональных и азональных ландшафтов.

Особую группу территорий целевой охраны представляют водоемы республиканского значения, являющиеся в основном также реликтами более влажных природно-климатических условий и сохраняющиеся в условиях усыхания климата и антропогенного использования. Эти водоемы имеют огромное значение для сезонной миграции перелетных птиц и для гнездования местной орнитофауны. В крупных озерах сохраняется и местная ихтиофауна, являющаяся ценной кормовой основой в пищевых цепях перелетных птиц.

Существенную роль в экологическом каркасе играют миграционные коридоры – природные комплексы, служащие для обеспечения экологической связанности между ядрами и территориями, обеспечивающие сезонную миграцию отдельных видов животных и птиц в силу своих свойств – рельеф, микроклимат, более богатая растительность, простирающиеся на большие расстояния через многие природные зоны – речные долины, горные хребты, древние ложбины стока, занятые в настоящее время сорами, пересыхающими озерами и т.д.

На территории области проходят главные (с большим числом птиц) и второстепенные (с небольшим числом птиц) пути весеннего пролета водоплавающих птиц с северо-африканских, переднеазиатских, каспийских, пакистанских и индийских зимовок. На юге и юго-западе области проходят основные направления весенне-летней и осенне-зимней миграции устьуртской популяции сайгака и расположены места летовок и зимовок. На востоке и северо-востоке области проходят основные направления весенне-летней миграции бетпакдалинской популяции и расположены места летовок и летние, изредка зимние, заходы животных.

Для степных и полупустынных регионов Казахстана с высокой степенью измененности естественных ландшафтов в результате распашки и многолетней пастбищной дегрессии формирование охраняемого государством экологического каркаса создаст возможность сохранения и восстановления зональных, азональных и интразональных ландшафтов, являющихся основой существования всех экосистем региона.

СОСТАВ И ОБИЛИЕ ТЛЕЙ (НОМОПТЕРА, АРНІДОІДЕА) В ТРАВСТОЕ НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА

Николаева Н.В., Нестерков А.В.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: zoovginnv@pm.convex.ru

Для сравнительного анализа реакции насекомых-хортобионтов на антропогенные воздействия и оценки связи между структурой и устойчивостью их сообществ представляется целесообразным изучение важнейших параметров популяций и сообществ у представителей таксонов с контрастными характеристиками морфологической организации, жизненных циклов и типов питания. В этом контексте тли как низшие, древнекрылые насекомые с неполным превращением, партеногенезом, сложной морфофизиологической структурой популяций, способностью к быстрой пищевой настройке и адаптации, а также – к дальним пассивным миграциям с помощью воздушных потоков являются крайне интересным объектом [1,5].

Целью работы было выявление изменений видового состава и обилия тлей в условиях длительного загрязнения выбросами Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ), расположенного на окраине г. Ревда Свердловской области. СУМЗ действует с 1940 г. и считается одним из крупнейших в РФ источников промышленного загрязнения. Пробные площади размером 50 x 50 м, по три в каждой зоне, располагались в импактной (1 км от завода), буферной (4 км) и фоновой (30 км) зонах загрязнения, на вторичных суходольных лугах, на расстоянии 100-300 м одна от другой. Флористический состав лугов сильно различается между зонами нагрузки, что связано с исчезновением чувствительных видов разнотравья и замещением их более устойчивыми к загрязнению злаками. В фоновой зоне луга разнотравные, в буферной – разнотравно-злаковые, в импактной – злаковые, с абсолютным доминированием щучки дернистой.

Материал собирали в 2006 и 2007 гг., каждый год – в три тура, с конца июня по август. Использовали модифицированный биоценометр Конакова – Онисимовой, с площадью основания 50 x 50 см, герметически соединенному с матерчатым мешком. Все растения внутри биоценометра срезали и извлекали для ручного сбора тлей, оставшихся особей собирали с помощью модифицированного пылесоса. Объем выборки составлял по 10 проб на каждую пробную площадь за тур учета. За два года собрано 540 проб (по 270 в год). Использовали также тлей из 6 учетов методом кошения сачком в буферной зоне в 2006 г. Одновременно тлей собирали вручную для точного определения видов кормовых растений [5]. Тлей фиксировали в 70%-ном этаноле. Для идентификации видов использовали только особей хорошей сохранности. Всего определено 570 экземпляров.

В результате двухлетних исследований во всех зонах было найдено в сумме 43 вида тлей сем. Aphididae, относящихся к 7 подсемействам, 29 родам (табл. 1). При этом 4 вида (*Paracletus cimiciformis*, *Capitophorus horni*, *Chaetosiphon potentillae*, *Macrosiphoniella sejuncta*) отмечены для афидофауны Свердловской области впервые. По особенностям жизненного цикла и ярусной приуроченности все найденные виды тлей подразделяются на 3 группы: однодомных дендрофильных (5 видов 5 родов), двудомных дендро-хортофильных (14 видов 10 родов) и однодомных хортофильных (24 вида 14 родов). Все виды дендрофильных тлей должны рассматриваться как случайные, или транзитные, обитатели травостоя, оказавшиеся там в результате разлета крылатых самок (*Euceraphis punctipennis*, *Symydobius oblongus*) или заноса бескрылых ветром (*Cinara juniperi*, *Pterocomma salicis*, *Amphorophora rubi*). Остальные 38 видов дендро-хортофильных и хортофильных тлей в период учетов являлись собственно хортофилами. Они составили более половины от 70 видов тлей с травянистых растений, найденных в районе г. Ревда. Суммарно за 2 года в трех зонах нагрузки наибольшим числом видов (3-4) были представлены роды *Aphis*, *Macrosiphum*, *Uroleucon*, *Macrosiphoniella*, 2 видами – роды *Rhopalosiphum*, *Dysaphis*, *Capitophorus*, *Hyperomyzus*, *Sitobion*, остальные – одним видом. Число видов и родов тлей - собственно хортофилов в каждой из трех зон варьировало по годам: в фоновой зоне – от 14 видов (11 родов) в 2006 г. до 16 (15 родов) в 2007 г.; в буферной – от 11 (10 родов) до 19 (15 родов); в импактной – от 5 (5 родов) до 4 (4 родов), соответственно. Таким образом, наиболее стабилен видовой состав тлей на лугах импактной – зоны за счет постоянного присутствия 3 видов злаковых тлей (*Sypha maydis*, *Schizaphis graminum*, *Rhopalosiphum padi*) и непостоянного – *Aphis fabae* и *Brachycaudus helichrysi*. В наибольшей степени варьировал по годам видовой состав тлей в травостое буферной зоны, возможно, вследствие большей неоднородности видового состава и качества потенциальных кормовых растений. Еще более наглядно высокая подвижность видового состава тлей в буферной зоне выражена в суммарных данных за два года: 27 видов (17 родов), тогда как в фоновой – 22 вида (17 родов).

Анализ состава 38 видов тлей по уровню их пищевой специализации показал, что 14 видов (36,8%) являются монофагами, 20 (52,7%) – олигофагами, 4 (10,5%) – полифагами. В этом отношении тли фоновой и буферной зон различались незначительно: доля монофагов составляла 31,8 и 29,6%, олигофагов – 54,5 и 59,2%, полифагов – 13,7 и 11,2%, соответственно. При этом число видов – олигофагов возрастало от 12 в фоновой зоне до 16 – в буферной. В импактной же зоне виды – монофаги вообще отсутствовали, доля олигофагов возрастала до 60%, а полифагов – до 40%. Таким образом, в условиях низкого флористического разнообразия лугов импактной зоны [4] основу комплекса тлей составляют виды – олигофаги на злаках.

Таблица 1.

Виды тлей и их число (экз.) в разных зонах нагрузки
(Ф – фоновой, Б – буферной, И – импактной) в 2006 и 2007 гг.

Вид	2006 г.			2007 г.		
	Ф	Б	И	Ф	Б	И
<i>Thecabius affinis</i> Kalt.	1	17			3	
<i>Paraclletus cimiciformis</i> Heyd.					4	
<i>Cinara juniperi</i> Deg.				1		
<i>Symydobius oblongus</i> Heyd.		1				
<i>Euceraphis punctipennis</i> Zett.	1	2	3		2	
<i>Sypha maydis</i> Pass.		3	2			3
<i>Pterocomma salicis</i> L.						1
<i>Schizaphis graminum</i> Rond.			1		1	219
<i>Rhopalosiphum nymphaeae</i> L.	1				2	
<i>Rhopalosiphum padi</i> L.	2	3	4	1		13
<i>Aphis fabae</i> Scop.		2	15	1		
<i>Aphis stachydis</i> Mordv.				1		
<i>Aphis ulmariae</i> Schrk.				1		
<i>Brachycaudus helichrysi</i> Kalt.						1
<i>Dysaphis crataegi</i> Kalt.					1	
<i>Dysaphis sorbi</i> Kalt.					1	
<i>Lipaphis erysimi</i> Kalt.				3		
<i>Longicaudus trirhodus</i> Walk.	1					
<i>Brevicoryne brassicae</i> L.					20	
<i>Cryptomyzus ribis</i> L.				1		
<i>Capitophorus carduinus</i> Walk.					1	
<i>Capitophorus horni</i> C.B.	1			1		
<i>Chaetosiphon potentillae</i> Walk.	1					
<i>Megoura viciae</i> Buckt.	1	1		6	19	
<i>Aulacorthum solani</i> Kalt.	1			4		
<i>Microlophium evansi</i> Theob.				1		
<i>Metopolophium dirhodum</i> Walk.				1		
<i>Amphorophora rubi</i> Kalt.				1		
<i>Hyperomyzus pallidus</i> H.R.L.		4				
<i>Hyperomyzus rhinanthi</i> Schout.					2	
<i>Acyrtosiphon pisum</i> Harr.		16		3	16	
<i>Sitobion avenae</i> F.					1	
<i>Sitobion fragariae</i> Walk.	1			2	1	
<i>Macrosiphum rosae</i> L.	2	11	1	2	6	
<i>Macrosiphum epilobii</i> Kitt.	1					
<i>Macrosiphum gei</i> Koch.	1	3		5	26	
<i>Uroleucon jaceae</i> L.				3		
<i>Uroleucon solidaginis</i> F.	2	12				
<i>Uroleucon tanacetii</i> L.					1	
<i>Macrosiphoniella absinthii</i> L.					1	
<i>Macrosiphoniella artemisiae</i> B.d.F.		67				
<i>Macrosiphoniella sejuncta</i> Walk.				1		
<i>Macrosiphoniella pulvera</i> Walk.					1	
Всего:	17	142	26	39	109	237

В составе флоры травянистых растений района исследований насчитывается 268 видов 50 семейств. Наибольшим числом видов отличаются 6 из них: Asteraceae, Poaceae, Ranunculaceae, Fabaceae, Caryophyllaceae, Scrophulariaceae. Анализ собственных и литературных данных [1,3,5] о приуроченности хортофильных тлей к определенным кормовым растениям показал, что наибольшее число их видов связано с растениями сем. Asteraceae (13 видов), Poaceae (8 видов), и Rosaceae (7 видов); по 3 вида тлей связаны с растениями сем. Fabaceae, Apiaceae и Scrophulariaceae; по 2 вида – сем. Ranunculaceae, Polygonaceae и Brassicaceae; по 1 виду – сем. Lamiaceae, Plantaginaceae, Onagraceae, Urticaceae, Valerianaceae, Campanulaceae, Dipsacaceae. Известно, что именно в состав большинства этих семейств входят обычные рудеральные виды растений, играющие важную роль в распространении и поддержании высокой численности связанных с ними видов тлей – хортобионтов [1,3].

Данные количественных учетов биоценометром (табл. 2) показывают, что обилие тлей заметно различалось по годам только в буферной (в 2,8 раз) и импактной (в 2,6 раз) зонах, а на площадках фоновой зоны оставалось практически неизменным. То, что изменения обилия в этих двух зонах в 2007 г. были однонаправленными, свидетельствует о воздействии на население тлей общего благоприятного фактора. Предположительно, таким фактором было повышение влагообеспеченности травяного яруса, которая обычно сбалансирована на фоновой территории и может резко снижаться в середине лета на импактной («аридизация»). Возможно, этим же фактором обусловлены отмеченные различия в плотности тлей между зонами в каждый из двух лет. Так, в 2006 г. обилие тлей в буферной зоне не отличалось от такового в фоновой, а в 2007 г. – превышало его в 2,6 раза. Обилие тлей в импактной зоне в 2006 г. было в 5 раз выше, чем в фоновой, и в 4,5 раз выше, чем в буферной. В 2007 г. обилие тлей в импактной зоне было только в 2,5 раз выше, чем в буферной, но в 6,5 раз превысило таковое в фоновой.

Таблица 2.

Плотность населения (экз/м²) тлей - хортобионтов в разных зонах нагрузки (Ф – фоновой, Б – буферной, И – импактной; среднее±ошибка среднего; n=9) в 2006 и 2007 гг.

2006			2007		
Ф	Б	И	Ф	Б	И
5,67±0,52	6,33±0,88	28,58±17,74	6,94±0,88	17,82±5,61	45,27±25,09

Как следует из этих данных, влияние фактора «год» на динамику населения тлей весьма существенно. Интересно отметить, что гораздо более резкие межгодовые колебания плотности характерны для дендрофильных тлей, особенно – монофагов, на урбанизированной территории (г. Екатеринбург). Выявленная тенденция к повышению плотности тлей в травостое импактной зоны характерна и для других сосущих фитофагов, в

том числе – цикадок (Homoptera, Cicadoidea) [2]. Отмеченные межгодовые различия в обилии и видовом составе тлей, несомненно, отражают особенности сукцессий растительности и неоднозначные изменения фитомассы во времени [4], а также – популяционную динамику тлей. В целом, результаты настоящего исследования хорошо согласуются с нашими данными по видовому разнообразию и численности тлей в 5 типах фитоценозов на территории другого района Свердловской области. Там наибольшее видовое разнообразие и обилие тлей отмечено на участках с умеренным антропогенным воздействием, а также на залежном пойменном лугу; оба показателя снижались в фитоценозе соснового леса и, особенно, - на остепненных берегах реки и склоне водохранилища с обедненным видовым составом растительности и ее ксерофитизацией [3].

Таким образом, тли могут успешно использоваться в качестве модельной группы для оценки реакций насекомых – фитофагов на широкий спектр антропогенных воздействий.

Литература

1. Ивановская О.И. Тли Западной Сибири: в 2 ч. - Новосибирск: Наука, 1977. Ч.1. 272 с.; Ч.2. 328 с.
2. Нестерков А.В. Структура населения беспозвоночных травостоя в условиях техногенного загрязнения// Экология: от Арктики до Антарктики: материалы конф. молодых ученых. - Екатеринбург, 2007. – С. 193-196.
3. Николаева Н.В. Эколого-фаунистическая характеристика тлей (Homoptera, Aphidinea) междуречья Исети и Сысерти (Средний Урал)/ Николаева Н.В., Ухова О.В. // Организмы, популяции, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия: материалы всерос. конф. - Вологда, 2008. – С. 220-223.
4. Хантемирова Е.В. К характеристике смен растительности импактной зоны СУМЗа // Экология промышленного региона и экологическое образование: материалы всерос. науч.-практ. конф. - Нижний Тагил, 2004. – С. 106-110.
5. Шапошников Г.Х. Подотряд Aphidinea – тли.: определитель насекомых европейской части СССР: в 5 т. - М.; Л.: Наука, 1964. Т.1. – С. 489-616.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA RIDIBUNDA*) И ПРЫТКОЙ ЯЩЕРИЦЫ (*LACERTA AGILIS*) В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Павлов А.В., Замалетдинов Р.И., Кузьмина Е. И., Хайрутдинов И.З.

Казанский государственный университет, Казань

E-mail: zilant@ksu.ru

Скорость роста животных обеспечивает устойчивость популяции к непостоянным условиям среды обитания. Пойкилотермные позвоночные в этом отношении тесно связаны с комплексом факторов внешней среды. Крайним вариантом полиморфизма скорости роста является изменчивость в сроках полового созревания [2]. Изменение темпов роста у синантропных видов, таких как озерная лягушка (*Rana ridibunda*) и прыткая ящерица (*Lacerta agilis*), способных образовывать на урбанизированных территориях достаточно устойчивые поселения может значительно изменяться, что влияет на жизнеспособность популяций этих массовых видов. Данному вопросу и посвящена настоящая публикация.

Материалом послужили выборки указанных видов, собранные в 2007 году в пределах г. Казани: оз. Средний Кабан (*R. ridibunda*) и территория многоэтажной застройки «Азино» в юго-восточной части города (*L. agilis*). Измерялась длина тела (L), длина хвоста (L_{cd}) с точностью измерения 0,1 мм. Возраст определяли скелетохронологическим методом [Смирин, 1989; Белявский, и др., 2007] по поперечным срезам из середины диафиза вторых дистальных фаланг четвертого пальца правой задней конечности. Гистологические срезы были выполнены на микротоме-криостате МК-25. Окраска – кислым гематоксилином Эрлиха [4]

Учитывалось число целых линии склеивания, соответствующие числу зимовок, прожитых данной особью на момент отлова. Во всех размерных группах рассчитывался диаметр (площадь сечения) кости: средняя величина измерений большой и малой полуосей. У полувзрослых животных дополнительно измеряли величину костномозговой полости; у половозрелых особей – костномозговой полости и величины кости, ограниченной первой видимой целиком линией склеивания. Полученные данные усреднялись и сопоставлялись с диаметром кости у сеголеток, у годовиков и однолеток с диаметром эндоста взрослых особей. Ошибка такого способа не превышает ± 1 год.

Регрессионный анализ проводили в среде Statgraphics Plus version 5,1.

Полученные результаты показали различия в росте и изменении костей у обоих видов: в результате резорбции костной ткани до наступления половозрелости у озерных лягушек полностью или частично резорбируются первые две линии склеивания. Иначе говоря, половозрелыми лягушки становятся после первых двух зимовок, на третьем году жизни. В популяции прыткой ящерицы резорбция линий склеивания практически не происходит и их число практически соответствует возрасту конкретной особи.

Длины тела тесно коррелируют с диаметром кости и возрастом обоих видов (рис. 1А, 2А). Как и следовало ожидать, радиальный рост кости пропорционален росту длины тела. Различия связаны только со скоростью прироста, что обуславливается особенностями биологии лягушек и ящериц.

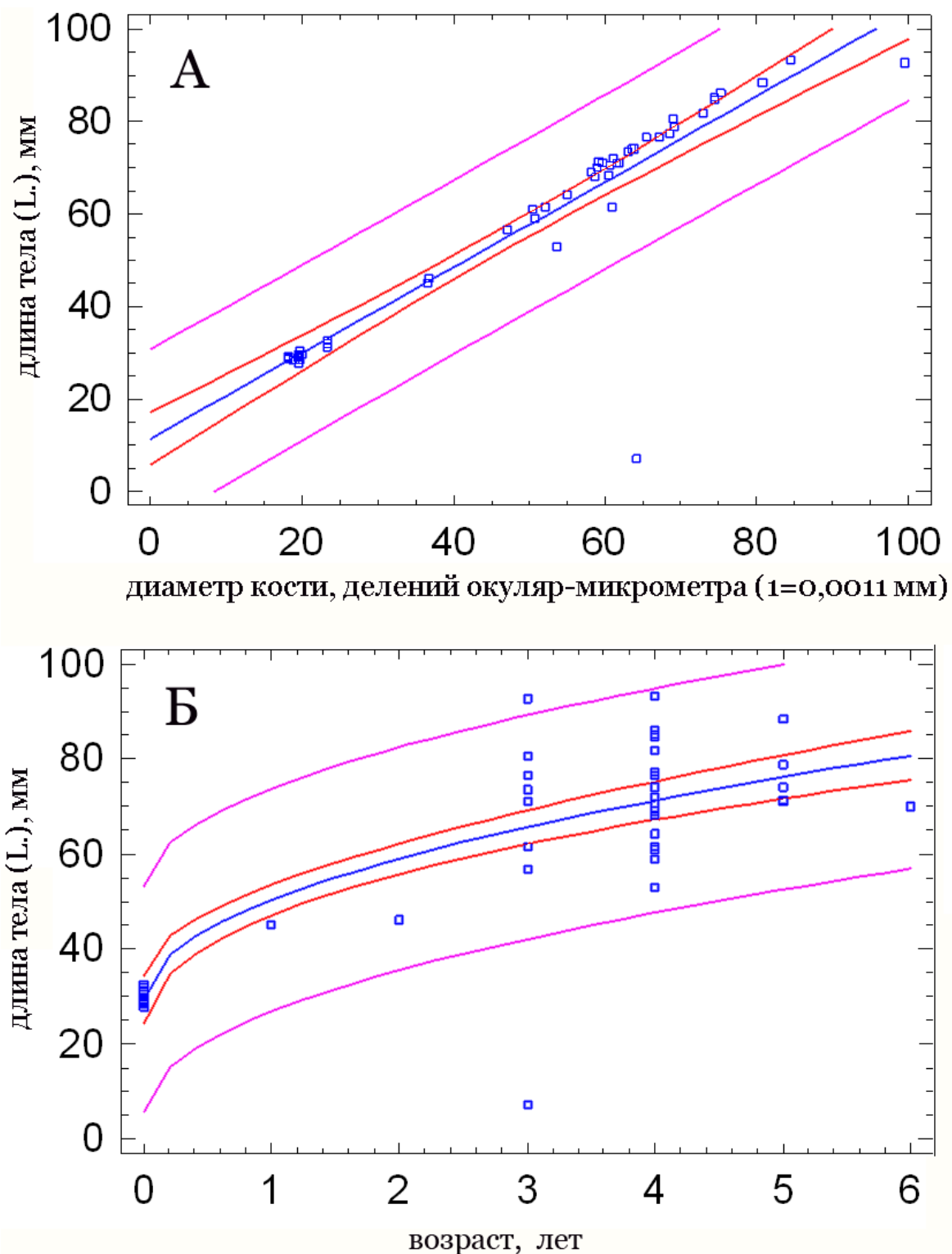


Рис. 1. Зависимость длины тела озерной лягушки *Rana ridibunda* от:
 А. диаметра кости ($n=57$, $R=84,4$, $R^2=84,1$, $P<0,01$, $F=292,8$)
 Б. возраста ($n=57$, $R=75,6$, $R^2=75,2$, $P<0,01$, $F=167,43$)

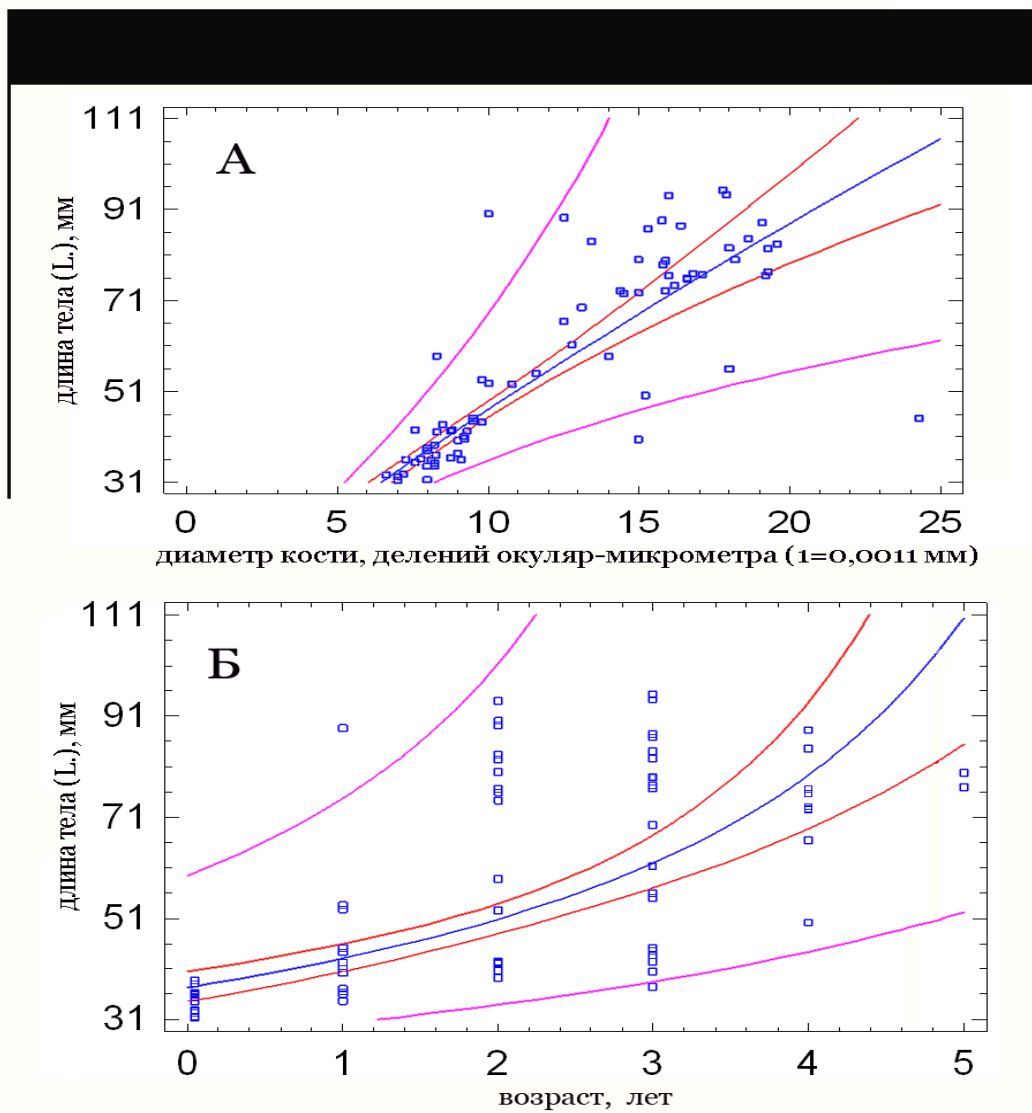


Рис. 2. Зависимость длины тела прыткой ящерицы *Lacerta agilis* от:
 А. диаметра кости ($n=74$, $R=77,6$, $R^2=77,3$, $P<0,01$, $F=249,06$)
 Б. возраста ($n=74$, $R=50,2$, $R^2=49,5$, $P<0,01$, $F=72,54$)

Зависимость роста тела от возраста у озерной лягушки (рис. 1Б) носит нелинейный гиперболический характер. С увеличением возраста прирост длины тела уменьшается. У прыткой ящерицы, напротив, прирост длины тела с возрастом увеличивается (рис. 2Б), что противоречит данным ряда авторов. Такой результат можно объяснить преимуществом особей старших возрастов на урбанизированной территории, связанным с низким прессом естественных хищников, обилием кормов и большей продолжительностью сезона активности. Все это способствует активному росту особей. Однако, можно предположить, что такой характер роста ограничен определенным возрастом.

Литература

1. Белявский В.И. Применение микротома-криостата в зоологических исследованиях/В.И.Белявский, Р.И.Замалетдинов, О.С.Анисина, Р.И.Михайлова//Учебно-методическое пособие. Казань: Фолиантъ. - 2007. - 72 с.
2. Замалетдинов Р.И. Особенности размерно-возрастной структуры популяции и скорости полового созревания у прудовой лягушки *Rana lessonae*/ Р.И. Замалетдинов, В.И.Белявский, Р.И. Михайлова// Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных. - Саранск, 2005 а. - С. 73-78.
3. Смирин Э.М. Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости/ Э.М. Смирин//Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. - Киев, 1989. - С. 144-153.
4. Клевезаль Г.А. Регистрирующие структуры млекопитающих в зоологических исследованиях/ Г.А.Клевезаль// - М.: Наука, 1988. 286с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ОЗЕР МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ КАРСТОВЫХ ОЗЕР ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Подшивалина В.Н., Терентьева А.А.

Чувашский государственный педагогический университет

им. И.Я. Яковлева, Чебоксары

E-mail: vpodsh@newmail.ru

Значение водных ресурсов в жизни человека трудно переоценить. Сегодня воды, пригодной для питья, промышленного производства и орошения, не хватает во многих регионах мира. Одной из причин этого является ее ненадлежащее качество. Это обуславливает актуальность изучения состояния водной среды.

Как известно, качество воды определяет условия существования гидробионтов в водоеме. Состав и структура сообществ водных организмов меняются в связи с трансформацией среды их обитания. Однако биота водоемов весьма не однородна по своему составу и особенностям взаимодействия со средой обитания. Это проявляется, в частности, в отличной реакции отдельных групп гидробионтов на одно и то же воздействие. В связи с этим, для целей биоиндикации в каждом случае рекомендуется использование определенных групп организмов. Часто следствием антропогенного воздействия на водоем и территорию его водосбора является ускоренная эвтрофикация водного объекта, следствием которой является форсированное его старение. Учитывая все большее внимание к применению биоиндикационных методов в оценке состояния водных объектов, считаем целесообразным определить их применимость с учетом эволюционного возраста водоемов. Данный вопрос рассмотрен на примере двух карстовых озер, расположенных на территории Чувашской Республики.

Оз. Тени (Аликовский район) и Кюльхири (Вурнарский район) имеют сходные морфометрические параметры, на основе которых могут быть отнесены к категории малых озер. Оба объекта являются Памятниками природы регионального значения.

Озеро Тени находится близ деревни Эренары, в бассейне реки Хирлеп, которая является левым притоком реки Большой Цивиль. Озеро окружено изреженной растительностью, вдоль берегов расположены обрабатываемые поля, имеется животноводческая ферма. Вдоль одного из берегов производится выпас частного и принадлежащего фермерскому хозяйству крупного рогатого скота (КРС). В связи с интенсивной эвтрофикацией озеро стремительно стало приобретать черты стареющего водоема (быстрое обмеление, накопление значительного количества донных отложений, некоторая гумификация вод) и определено нами как онтогенетически более

взрослое по сравнению с другим исследованным водоемом – озером Кюльхири.

Изучение макрозообентоса оз. Тени нами производилось в пяти точках с разным уровнем и видом антропогенной нагрузки.

Первая точка - место постоянной рыбной ловли. Недалеко располагаются обрабатываемые поля и огородные участки. Водная растительность представлена рогозом узколистым, рдестом, роголистником темно-зеленым, элодеей канадской и ряской трехдольной. Кроме того, обнаружено много отмершей растительности, плавающей островками. С мая по июль дно в основном илистое, позднее в составе донных отложений преобладают растительные остатки.

Вторая точка – место, преимущественно не затрагиваемое деятельностью человека, заросшее довольно густым ивняком. Дно представлено относительно мощными илистыми отложениями, много опавшей листвы, отмершей плавающей водной растительности.

Третья точка - место постоянного водопоя КРС. В начале сезона выпаса дно было илистым и сильно заросшим погруженной водной растительностью, а ближе к августу-сентябрю остался лишь твердый глинистый субстрат.

Четвертая точка - место отдыха и купания. Довольно часто в хорошую погоду этот участок выбирают для отдыха, купания, рыбной ловли. В мае и сентябре отмечена высокая заиленность и наличие зарослей погруженной растительности. Во время сезона купания грунт становится глинистым, отвердевает.

Пятая точка расположена близ крутого склона, по урезу воды отмечены изреженные заросли ивы. Недалеко находится ныне не действующая животноводческая ферма. Некоторое время назад ее сточные воды поступали в водоем, вызывая его интенсивное загрязнение. Дно глинистое, растительность представлена редким отдельными экземплярами рдеста, роголистника темно-зеленого и ряски трехдольной.

Озеро Кюльхири расположено в 12 км северо-западнее районного центра Вурнары, на восточной окраине села Кюльхири в эрозионной ложбине, выходящей в долину реки Ирар - правого притока реки Средний Цивиль. Для жителей близлежащих деревень Кюльхири и Сирмапоси озеро имеет большое хозяйственное значение: вода используется для орошения и хозяйственно-бытовых нужд. Видовой состав прибрежной травянистой растительности беден, что связано с интенсивным антропогенным воздействием.

Исследования на озере Кюльхири производилось в трех точках.

Первая точка – находится рядом с деревней. Неподалеку имеется небольшая мусорная свалка. Дно песчаное. Растительность редкая, представлена рдестом, роголистником темно-зеленым.

Вторая точка – расположена в зоне влияния вплотную примыкающих к озеру частных огородных участков. На данном участке вода используется для

полива, хозяйственно-бытовых нужд. Дно представлено илистыми отложениями. На дне много старых веток и листьев. Водная растительность не отмечена.

Третья точка находится рядом с еловой посадкой, склон берега крутой. Водная растительность представлена ряской трехдольной, элодеей канадской, рдестом. Антропогенное воздействие незначительное, вдоль берега наблюдаются эрозионные процессы.

Для определения экологического состояния водоемов в 2005-2008 гг. были исследованы сообщества зоопланктона, в 2007-2008 гг. - макрозообентоса. Для этого стандартными методами [2] были отобраны пробы в перечисленных точках. Оценка качества вод производилась с использованием Belgian Biotic Index и Trent Biotic Index на основе данных по макрозообентосу [3]. Значения индексов сопоставлялись со шкалой [3] для определения зоны сапробности. Отдельно выявлялась принадлежность доминирующего таксона в пробах из каждой точки к преимущественному обитанию в водах с той или иной загрязненностью органическим веществом [по 2]. На основе данных о составе зоопланктона также вычислялся индекс сапробности [2].

Доминирующими по численности таксонами в оз. Тени являются Tubificidae, Hirudinea, Mollusca (р. *Sphaerium*, р. *Lymnaea*). В точках 1, 2, 3 в течение сезона доминировали индикаторы α -мезосапробных условий *Sphaerium corneum* L., на станции 4 - β -мезосапроб *Planorbarius corneus* (L.). На наличие гораздо более загрязненных органическим веществом условий в точке 5 указывает доминирование полисапроба *Tubifex tubifex* (Mull.).

Анализ сообществ макрозообентоса оз. Тени с применением комплекса выше перечисленных индексов показал, что наиболее загрязненными являются участки озера, где в течение лета наблюдалось интенсивное рекреационное воздействие, регулярный водопой скота, а также в той части водоема, которая еще несколько лет назад загрязнялась стоками животноводческой фермы (точки 3 и 5) (таблица 1). Наиболее чистыми точками являются станции один и два.

В биомассе зоопланктона оз. Тени преобладают ветвистоусые (на фоновом участке) и веслоногие (в зонах загрязнения различного происхождения) ракообразные. Роль коловраток незначительна (менее 1 %). Это может косвенно свидетельствовать об относительно невысокой загрязненности толщи воды мелкодисперсным органическим веществом. Данное предположение подтверждают и значения индекса сапробности, позволяющие отнести воды к олигосапробной зоне. В 2005 г. индекс был выше и воды характеризовались как олиго- β -мезосапробные [1].

Таблица 1

Оценка сапробности отдельных участков оз. Тени
(по средним за сезон данным)

Станция	По ВВІ	По ТВІ	По доминантам макрозообентоса	По зоопланктону
1	β-мезосапробная	β-мезосапробная	α-мезосапробная	Олигосапробная
2	β-мезосапробная	β-мезосапробная	α-мезосапробная	Олигосапробная
3	α-мезосапробная	α-мезосапробная	α-мезосапробная	Олигосапробная
4	α-мезосапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная	Олигосапробная
5	α-мезосапробная	β-мезосапробная	Полисапробная	Олигосапробная

В составе макрозообентоса оз. **Кюльхири** преобладают такие группы, как Chironomidae, Limnephilidae, Hydrachnidae, Mollusca. В точках 1 и 2 доминантами в течение сезона становились типичные β-мезосапробы *P. corneus* и *Lymnaea stagnalis* (L.) (только на станции 1). Вероятно, относительно более загрязнены органическим веществом воды в точке 3, где доминировал относящийся к индикаторам α-мезосапробной зоны *S. corneum*.

По комплексу индексов была выявлена несколько большая загрязненность органическим веществом в точках 2 и 3 (табл. 2).

В составе зоопланктона выявлены типичные для водоемов прудового типа представители р. *Brachionus*. В целом, Rotatoria, развивающиеся при обилии мелкодисперсного взвешенного органического вещества, составляют существенную часть биомассы (в среднем, 37.6 %). Индекс сапробности позволяет отнести воды к β-мезосапробной зоне. В 2005 г. его значения на станциях 1, 2 были более низкими, свидетельствующими об олигосапробности вод [1].

Таблица 2

Оценка сапробности отдельных участков оз. Кюльхири
(по средним за сезон данным)

Станция	По ВВІ	По ТВІ	По доминантам макрозообентоса	По зоопланктону
1	β-мезосапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная
2	α-мезосапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная
3	β-	β-	α-	β-

	мезосапробная	мезосапробная	мезосапробная	мезосапробная
--	---------------	---------------	---------------	---------------

Сравнительный анализ оценки сапробности по нескольким индексам, вычисленным на основе данных о сообществе макрозообентоса, а также с использованием зоопланктона, показал сходную реакцию обоих индикаторных сообществ на загрязнение в оз. Кюльхири. В оз. Тени состояние зоопланктоценоза свидетельствует о гораздо более чистых, по сравнению с донной фауной, условиях в водоеме. Изменения в составе зоопланктона, произошедшие с 2005 г., также говорят о противоположных тенденциях в загрязненности вод – об уменьшении содержания взвешенного органического вещества в эволюционно более старшем оз. Тени и об увеличении в относительно более молодом оз. Кюльхири.

Таким образом, в период развития водоема, следующий, за стадией зрелости (сопровождающейся интенсивным эвтрофированием), в связи с накоплением большого количества детрита на дне и уменьшением содержания взвешенного органического вещества (фаза «чистой воды») состав фауны макрозообентоса свидетельствует о высокой сапробности воды, тогда как зоопланктонное сообщество позволяет отнести воды к относительно более чистой зоне. Это позволяет сделать предположение о необходимости учета стадии онтогенеза водоема, желательности наличия данных о более раннем его состоянии при использовании макрозообентоса и зоопланктона для целей биоиндикации.

Литература

1. Подшивалина В.Н. Структура сообществ зоопланктона в условиях сельскохозяйственного загрязнения водоемов (на примере озер Чувашской Республики) // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы III всерос. конф. по водной токсикологии. Часть 2. – Борок: Ярославский печатный двор, 2008. - С. 312-316.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 180 с.
3. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод. - Минск: Орех, 2004. - 124 с.

О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СЕТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ СООБЩЕСТВ РЕДКОГО ВИДА РОССИИ *PINUS PITYUSA* STEV.

Постарнак Ю.А.

Кубанский государственный университет, Краснодар

Одной из глобальных проблем современности является сохранение биоразнообразия. Кавказский экорегион отличается сосредоточением древних субсредиземноморских и колхидских экосистем, имеющих высокую природоохранную значимость [1]. Среди них выделяются сообщества редкого вида сосны пицундской (*Pinus pityusa* Stev.). Вид занесен в Красную книгу СССР (1984) и РСФСР (статус 2(V) (1988) как реликтовый крымско-кавказский эндем, представитель древней средиземноморской флоры с сокращающейся численностью. Современный ареал *Pinus pityusa* ограничен узкой полосой Черноморского побережья от села Варваровки в 12 км к востоку от города Анапы (г. Лысая) до урочища Мюссера в 8 километрах к югу от Пицунды. В России отмечено 15 местообитаний.

Видовой состав сообществ *Pinus pityusa* включает 528 видов высших растений, относящихся к 268 родам и 80 семействам, что свидетельствует о высоком флористическом богатстве. Спектр 10 ведущих семейств ФФ соответствует спектрам флор Древнего Средиземья: Asteraceae (13,2 %), Fabaceae (10,4), Poaceae (10%), Rosaceae (6,2%), Lamiaceae (5,7%), Apiaceae (4,5%), Brassicaceae (4,5%), Orchidaceae (3,4%), Scrophulariaceae (2,8%), Boraginaceae (2,6%). Географическая структура сообществ *Pinus pityusa* носит средиземноморский характер. Ведущая роль принадлежит видам со древнесредиземноморским (31,8 %) типом ареала. Высокий уровень эндемизма (17,2%) формационной флоры *Pinus pityusa* является показателем ее самобытности и оригинальности. Ценозы формации *Pineta pityusae* являются резерватом редких видов растений различного статуса. Из 528 видов высших сосудистых растений формационной флоры *Pineta pityusae* 37 видов включены в Красную книгу России.

Специфика растительности сообществ *Pinus pityusa* отражается в выделении их в три союза и десять ассоциаций флористической классификации.

Синтаксономическая схема растительности сообществ *Pinus pityusa*

Класс *Quercetea pubescenti-petraeae* Jakucs (1960) 1961

Порядок *Orno-Cotinetalia* Jakucs (1960) 1961

Союз *Jasmino-Juniperion excelsae* Didukh et all. 1986 ex Didukh 1996

Асс. *Lonicero etruscii – Pistacietum muticae* ass. nova

Вар. *Pinus pityusa*

Асс. *Seseli ponticae – Juniperetum excelsae* ass. nova

Вар. *Pinus pityusa*

Асс. *Phleo montani-Pinetum pityusae* ass. nova

Субасс. *Phleo montani-Pinetum pityusae typica*

Субасс. *Phleo montani-Pinetum pityusae agrostidosum tenuis* subass. nova

Союз *Corpino orientalis – Quertion pubescentis* Korzh. et Shelyag 1983

- Acc. *Brizeto elatioris* – *Quercetum pubescentis* ass. nova
 Вар. *Pinus pityusa*
 Acc. *Junipero-Pinetum pallasianae* ass. nova
 Вар. *Pinus pityusa*
 Acc. *Seslerio albae* – *Pinetum pityusae* ass. nova
 Союз *Campanulo longistylae-Pinion pityusae* all. nova
 Acc. *Campanulao longistylae-Pinetum pityusae* ass. nova
 Acc. *Epymedio colchici* – *Pinetum pityusae* ass. nova
 Вар. *Quercus petraea*
 Вар. *Rhus coriaria*
 Acc. *Trachystemo orientalis* – *Quercetum petraeae* ass. nova
 Вар. *Pinus pityusa*

Таблица 1

Диагностическая таблица синтаксонов сообществ *Pinus pityusa* (фрагмент)

Число видов	20-40	27-50	28-44	21-48	14-35	22-39	14-43	14-27	19-40	17-52
Номер синтаксона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
Диагностические виды асс. <i>Lonicero etruscii</i> – <i>Pistacietum muticae</i> вар. <i>Pinus pityusa</i>										
<i>Campanula taurica</i>	V ⁺¹	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vinca herbacea</i>	IV	I	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Muscari muscarimi</i>	IV	I	I	II	.	.	.	.	.	.
<i>Lonicera etrusca</i>	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypericum lydium</i>	III	I	.	.	.	.	.	.	.	.
Диагностические виды асс. <i>Seseli ponticae</i> – <i>Juniperetum excelsae</i> вар. <i>Pinus pityusa</i>										
<i>Seseli ponticum</i>	II	V ²	.	.	.	I	III	.	.	.
<i>Thymus helendzhicus</i>	I	III	.	I	.	.	.	.	.	.
<i>Th. pallasianus</i>	I	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fumana procumbens</i>	I	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica filifolia</i>	I	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sideritis euxina</i>	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alyssum obtusifolium</i>	I	III	I	I	.	.	.	.	.	.
<i>Scutellaria taurica</i>	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Linum tauricum</i>	I	III	.	I	.	.	.	.	.	.
Диагностические виды асс. <i>Phleo montani</i> – <i>Pinetum pityusae</i>										
<i>Phleum montanum</i>	.	I	V ⁺²	V ¹⁻²	.	.	.	II	.	.
<i>Campanula komorovii</i>	.	II	V ⁺¹	IV	.	II	.	.	.	.
<i>Lathyrus aphaca</i>	.	.	IV	I	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis tenuis</i>	.	.	.	V ¹⁻²	.	.	.	.	I	.
<i>Astragalus cicer</i>	.	I	II	IV	I	.	.	.	I	.
<i>Linum perenne</i>	.	I	I	III	.	.	.	.	.	.
<i>Bupleurum tenuissimum</i>	.	.	I	III	.	.	.	.	.	.
Диагностические виды асс. <i>Brizeto elatioris</i> – <i>Quercetum pubescentis</i> вар. <i>Pinus pityusa</i>										
<i>Brisa elatior</i>	.	.	I	I	V ⁺¹	II	.	.	I	I
Диагностические виды асс. <i>Junipero-Pinetum pallasianae</i> вар. <i>Pinus pityusa</i>										
<i>Pinus pallasiana</i>	.	.	.	.	.	V ⁺⁴	.	.	.	.
Диагностические виды асс. <i>Seslerio albae</i> – <i>Pinetum pityusae</i>										

1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
<i>Paeonia caucasica</i>	.	.	.	.	I	II	IV	I	.	I
<i>Sesleria alba</i>	.	III	I	III	I	II	V ²⁻³	III	II	I
Диагностические виды асс. <i>Campanulao longistylae-Pinetum pityusae</i>										
<i>Veronica peduncularis</i>	I	I	I	.	.	.	.	IV	I	I
<i>Teucrium nuchense</i>	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.
Диагностические виды асс. <i>Epymedio colchici – Pinetum pityusae</i>										
<i>Epimedium colchicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	V ²⁻³	I
<i>Helleborus caucasicus</i>	.	.	.	.	.	.	II	.	III	.
<i>Staphylea colchica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	III	.
<i>Omphalodes cappadocica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	III	.
<i>Scabiosa Olga</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.
<i>Rhus coriaria</i>	.	I	.	.	I	.	.	I	III	II
Диагностические виды асс. <i>Trachystemo orientalis – Quercetum petraeae</i> вар. <i>Pinus pityusa</i>										
<i>Trachystemon oriotalis</i>	.	.	.	.	.	.	II	.	I	V ¹⁻²
Диагностические виды союза <i>Jasmino-Juniperion excelsae</i>										
<i>Paliurus spina-christi</i>	I	II	II	II	IV	.	.	I	I	II
<i>Achnatherum bromoides</i>	IV	II	V ¹⁻³	V ²⁻³	III	.	.	I	.	.
<i>Teucrium polium</i>	IV	V ²	I	III	.	.	.	.	.	.
<i>Convolvulus cantabrica</i>	I	I	II	I	.	.	.	.	I	.
<i>Helianthemum nummularium</i>	I	II	III	IV	.	.	.	.	.	.
<i>Jasminum fruticans</i>	IV	IV	III	III	.	.	.	I	.	.
<i>Asparagus verticillatus</i>	IV	II	IV	I	II	.	.	.	.	.
<i>Salvia ringens</i>	II	II	I	II	.	.	.	.	.	.
<i>Xeranthemum cylindraceum</i>	I	I	I	III	.	.	.	.	.	.
<i>Juniperus excelsa</i>	IV	II	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium bieberstenii</i>	.	.	III	III	I	I	.	.	.	.
<i>Pistacia mutica</i>	V ²⁻³	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Jurinea arachnoidea</i>	.	I	I	I	.	.	.	.	.	.
<i>Erysimum cuspidatum</i>	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.
Диагностические виды союза <i>Corpino orientalis – Quertion pubescentis</i>										
<i>Cornus mas</i>	.	.	.	.	I	III	II	.	II	II
<i>Viola alba</i>	.	.	.	.	III	V ⁺²	IV	III	IV	III
<i>Hedera helix</i>	I	.	.	.	V ¹⁻³	V ¹⁻³	IV	II	III	II
<i>Ligustrum vulgare</i>	I	I	I	.	II	II	II	.	I	III
<i>Sorbus torminalis</i>	.	.	.	.	I	II	III	I	I	I
<i>Physospermum cornubiense</i>	III	I	II	.	II	I	I	III	IV	II
<i>Acer laetum</i>	.	.	.	.	I	II	I	.	.	.
Диагностические виды союза <i>Campanulo longistylae-Pinion pityusae</i>										
<i>Campanula longistyla</i>	.	.	.	.	.	.	.	V ⁺¹	III	II
<i>Quercus petraea</i>	.	.	.	.	.	.	I	II	IV	III
<i>Hedera colchica</i>	.	.	.	.	.	.	.	I	III	I
<i>Rubus lloydianus</i>	.	.	.	.	.	.	.	I	III	III
Диагностические виды порядка <i>Orno-Cotinetalia</i> , класса <i>Quercetea pubescenti-petraeae</i>										
<i>Carpinus orientalis</i>	II	III	II	III	IV	V ³⁻⁵	V ³⁻⁴	I	III	I
<i>Cotinus coggygria</i>	V ⁺²	IV	V ¹⁻³	V ⁺²	V ²⁻⁴	III	IV	V ⁺⁴	V ¹⁻⁴	III
<i>Galium mollugo</i>	IV	V ¹	IV	III	I	IV	.	V ⁺¹	I	I
<i>Carex cuspidata</i>	III	II	V ¹⁻³	V ²⁻³	III	V ²⁻³	III	II	V ⁺²	V

1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
<i>Ruscus aculeatus</i>	I	.	I	I	II	II	III	III	V ⁺³	V ¹
<i>Dictamnus gymnostylis</i>	II	I	II	III	II	IV	III	.	II	I
<i>Aegonychon purpureo-caeruleum</i>	III	II	II	.	V ¹⁻²	V ⁺¹	V ¹⁻²	I	V ⁺²	IV
<i>Quercus pubescens</i>	II	II	III	II	IV	V ⁺³	IV	.	.	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	III	III	III	II	III	I	.	.	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	III	I	I	I	.	.	.	II	.	.
<i>Inula aspera</i>	III	I	I	I	I	I	.	I	II	.
<i>Juniperus oxycedrus</i>	II	III	.	.	III	V ¹⁻³	VI	.	.	.
<i>Carex hallerana</i>	II	I	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Epipactis helleborine</i>	.	I	III	I	II	I	.	II	.	II
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	.	.	.	II	III	II	II	II
<i>Poa sterilis</i>	.	.	.	I	I	I	.	.	.	.
<i>Dianthus capitatus</i>	.	I	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca valesiaca</i>	II	I	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragaria viridis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.
Другие виды (II - V классов постоянства)										
<i>Pinus pityusa</i>	V ³⁻⁴	V ¹⁻³	V ³⁻⁴	V ³⁻⁴	V ⁴⁻⁵	V ³⁻⁵	V ³⁻⁴	V ³⁻⁴	V ⁴	V ³⁻⁴
<i>Pyrethrum corymbosum</i>	III	III	V ⁺¹	V ⁺¹	IV	II	III	III	I	I
<i>Brachypodium rupestre</i>	IV	II	V ¹⁻³	V ¹⁻³	IV	IV	II	III	IV	IV
<i>Laser trilobum</i>	II	I	I	II	II	III	III	III	II	I
<i>Dorycnium graecum</i>	I	I	I	II	III	I	.	IV	III	III
<i>Echinops sphaerocephalus</i>	I	I	III	II	I	I	.	IV	II	II

Номерами обозначаются: 1 – Acc. *Lonicero etruscii-Pistacietum muticae*; 2 – *Seseli ponticae-juniperetum excelsae*; 3 – Суббасс. *Phleo montani-Pinetum pityusae typica*; 4 – Суббасс. *Phleo montani-Pinetum pityusae agrostidosum tenuis*; 5 – *Brizeto elatioris-Quercetum pubescentis*; 6 – Acc. *Junipero-Pinetum pallasiana*; 7 – *Seslerio albae-Pinetum pityusae*; 8 – *Campanulao longistylae-Pinetum pityusae*; 9 – *Epymedio colchici-Pinetum pityusae*; 10 – *Trachystemo orientalis-Quercetum petraeae*

Сообщества *Pinus pityusa* сосредоточены в зоне высокого антропогенного воздействия. Основными дестабилизирующими факторами выступают пожары, рубки, рекреация, курортное строительство, прокладка трасс нефтепровода и газопровода, дорог, пастьба домашних животных [2]. Большие массивы *Pinus pityusa* сильно пострадали от пожаров в районе урочища Джанхот - 324,7 га (31,4%) и урочища Назарова щель, вырубкам под строительство дач, курортных барачков, прокладки дорог. Неумеренное воздействие человека приводит к деградации структуры ценозов. При строительстве газопровода "Россия-Турция" были уничтожены высокоствольные (до 25 м) разновозрастные чистые сосняки в бухте Инал, не затронутые хозяйственной деятельностью (5967 деревьев, из которых 65% диаметром 30-90 см).

Значительное воздействие на ценозы *Pinus pityusa* оказывает рекреационная деятельность, которые в местах с высокой интенсивностью находятся на II и III стадиях рекреационной дигрессии. Вследствие вытаптывания происходит ухудшение состояния древесного яруса, отсутствие лесовозобновление, изменение структуры травяного покрова за

счет внедрения синантропных видов. Индекс синантропизации в нарушенных ценозах достигает 44-65%.

В рамках рядов смен рекреационной сукцессии отмечается изменение эколого-ценотической структуры сообществ (Рис. 1).

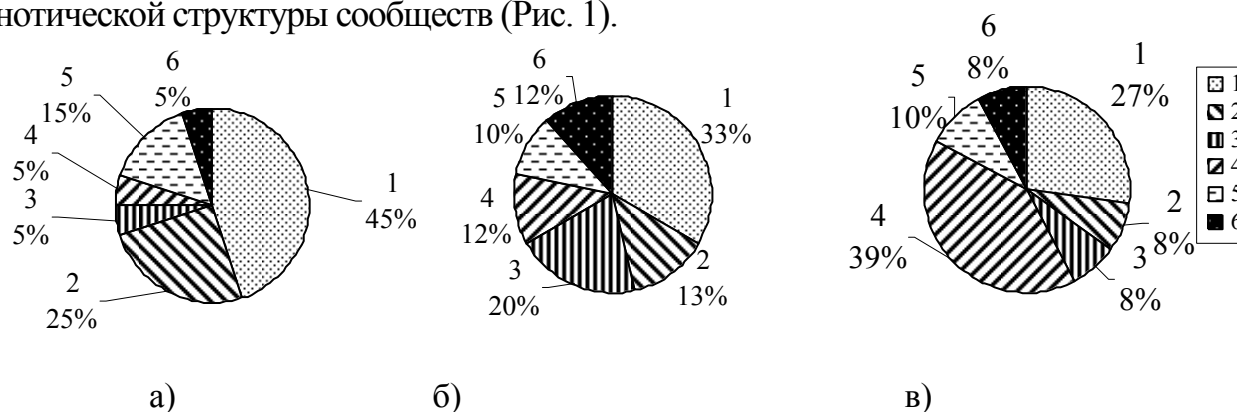


Рис. 1. Соотношение эколого-ценотических групп видов в ценозах *Pinetum cotinoso – brachypodiosum (rupestris)*, находящихся на различных стадиях рекреационной дигрессии (урочище Солонииковское, 2002 г.): а – слабая (I); б – средняя (II); в - сильная (III); 1-сильвант, 2 - петрофант, 3 – пратант, 4 – синантропофант, 5 - степант, 6 - маргант

На состояние сообществ *Pinus pityusa* значительное влияние оказывают пожары. В настоящее время большие массивы *Pinus pityusa* (324,7 га) сильно пострадали от пожаров в районе Джанхота, Назаровой щели, горы Лысой. После верхового пожара формируется первичная стадия из *Rubus anatolicus*, которая на третий год образуют густые заросли, сменяющиеся густым подростом кустарников и деревьев (*Quercus pubescens*, *Carpinus orientalis* и др.), обладающих способностью к порослевому возобновлению. Последнее способствует тому, что их рубка ведет к формированию более густых зарослей и препятствует восстановлению *Pinus pityusa*. Так, в ценозе асс. *Querceto-Pinetum carpinoso-caricosum*, пострадавшем от верхового пожара (1993) в урочище Джанхот, возобновление *Pinus pityusa* составило 2105 шт./га, *Quercus pubescens* – 3000 шт./га, *Carpinus orientalis* – 22125 шт./га.

Для сохранения сообществ *Pinus pityusa* имеется нормативная и территориальная формы охраны. *Pinus pityusa* занесена в списки редких растений всех рангов. Для сохранения *Pinus pityusa* учреждены памятник природы «Джанхотский сосновый бор», небольшие массивы *Pinus pityusa* входят в природные комплексы Сочинского национального парка (Тимухин, 2002) и памятник природы «Насаждения сосны крымской «Архипо-Осоповский». Однако существующая территориальная форма охраны не обеспечивает должного сохранения вида. Мы предлагаем, пересмотреть статус памятника природы «Джанхотский сосновый бор» до ландшафтного заказника и выделить сеть памятников природы.

Литература

1. Литвинская С.А. Атлас растений северо-западной части Большого Кавказа: Учебное пособие. – Краснодар, 2001. – 334 с.
2. Литвинская С.А., Постарнак Ю.А.. Сосна пицундская – редкий вид Черноморского побережья России (генофонд, ценофонд, экофонд): Монография – Краснодар, 2000. – 311 с.

О НЕОБХОДИМОСТИ СОХРАНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЛИТОРАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВЕРБЯНОЙ КОСЫ

Постарнак Ю.А. Литвинская С.А.
Кубанский государственный университет, Краснодар

Введение

Вербяная коса, расположенная в Приазовских плавнях дельты р Кубань в Темрюкском районе Краснодарского края, является одной из приморских кос на побережье Азовского моря, отличающихся специфическим природными экосистемами. Растительный покров Вербяной косы находится под значительным антропогенным воздействием (бурение скважины, рекреация, транспортная сеть, рыболовство, пожары).

Развитие здесь хозяйственной деятельности в районе разведочного бурения ООО НК "Приазовнефть" повлекло строительство дороги вдоль всей косы, что в свою очередь усилило поток рекреантов.

Материалы и методы исследования

Сбор материалов проводился в августе 2006-2007 гг. по общепринятой методике геоботанических описаний [1], процесс его обработки соответствовали принципам эколого-флористического направления Браун-Бланке [2]. Геоботанические описания выполнялись на пробных площадях размером 100 м². Обилие растений определялось в процентах проективного покрытия, которые затем для синтаксономических единиц переводились в баллы по модифицированной шкале Б. М. Миркина [3]: 5 – > 50%, 4 – 26 -50%, 3 – 16 -25%, 2 – 6 -15%, 1 – 1 -5%, + < 1%.

Всего было выполнено 130 полных геоботанических описаний, которые были организованы с помощью программы TURBOVEG [4, 5] в базы данных, обработаны и проанализированы программой TWINSPAN [6] В результате был выделен ряд фитоценонов, которые для установления синтаксономического статуса сопоставлялись с работами зарубежных и отечественных геоботаников [7, 8]. При выделении синтаксонов руководствовались Кодексом фитосоциологической номенклатуры, используемым школой Браун-Бланке [9].

Результаты и обсуждение

Флористическое разнообразие представлено 154 видами высших сосудистых растений, находящихся в различных ценотических отношениях в 130 сообществах. Впервые для литоральной части российской части Азовского побережья разработана синтаксономическая схема растительности (табл. 1) с характеристикой выделенных синтаксонов (табл. 2-4).

Синтаксономическая схема растительности Вербной косы

Класс Potametea Klika in Klika et Novak 1941

Порядок Potametalia W.Koch 1926

Союз Potamion (W.Koch 1926) Oberd. 1957

Асс. Potametum pectinati- acutifolium ass. nova

Асс. Myriophylletum spicati Soo 1927

Класс Zosteretea Pignatti 1953 em R Tx -1960

Порядок Zosteretalia Baguinot 1941 em Br.-Bl. et R.Tx. 1943

Союз Zosterion marinae Wi.Christ. 1934

Асс. Zosteretum marinae Harmsen 1934 em Melczakova et Korzh. 1990

Класс Bolboschoenetea maritimi Vicherek et R.Tx. 1969 ex R.Tx et Hulb. 1971

Порядок Bolboschoenetalia Hejny on Holub et al. 1967

Союз Potamion (W.Koch 1926) Oberd. 1957

Асс. Bolboschoenetum maritimi (Warm. 1906) R.Tx. 1937 em. Reb. 1987

Класс Phragmiti-Magnocancetea Klika in Klika et Novak 1941

Порядок Phragmitetalia W.Koch 1926

Союз Phragmition communis W.Koch 1926

Асс. Phragmitetum communis (Gams 1927) Schmale 1939

Класс Cypsietea aculeatae Vicherek 1973

Порядок Lepidietalia latifolii V. Golub et V.Sl. 1988

Союз Lepidion latifolii V. Golub et V.Sl. 1988

Асс. Cynancho acuti-Lepidietum latifolii Dubyna, Neuchauslova et Shelyag 1994

Класс Juncetea maritimi Br-Bl. et al 1952 em Beeftink 1965

Порядок Juncetalia maritimi Br-Bl. 1931 em Beeftink 1965

Союз Limonium meyeri-juncio maritimi V.Golub. et V.Sl. 1988

Асс. Phragmito-Juncetum maritimi Korzh. et Kljukin 1990

Асс. Junco maritimi - Caricetum ripariae (Corill. 1953) Gehu 1976

Класс Cakile maritimae Tx. et Br.-Bl. et Tx. 1952

Порядок Euphorbietalia peplidis Tx. 1950 ex Rivas Goday et Rivas-Matinez 1958

Подпорядок Cakilenalia euxinae Golub, Laktionov Sorokin et Nikolaychuk 2006

Союз Cakilo euxinae – Crambion maritimae Golub, Laktionov, Sorokin et Nikolaychuk 2006

Асс. Cakilo euxinae – Crambetum maritimae Golub, Laktionov, Sorokin et Nikolaychuk 2006

вар. Salsola tragus

Класс Ammophileta Br.-Bl. Et R.Tx. 1943

Порядок Elymetalia gigantei Vicherek 1971

Союз Elymion gigantei Morariu 1957

D.c. Leymus sabulosus + Ephedra distachii [Elymion gigantei]

D.c. Eryngium maritimum + Leymus sabulosus [Elymion gigantei]

Асс. Crambo pontici-Leymetum sabulosi Tyschenko

Класс *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg. et R.Tx. 1950
Порядок *Meliloto – Artemisietalia absinthii* Elias 1979
Союз *Dauco-Melilotion albi Gorse* m Elias 1980
Акк. *Melilotetum albi-officinalis* Siss. 1950
Акк. *Corispermo - Cenchrion pauciflori* ass. nova

Преобладающими типами естественной растительности косы являются водная (класс *Potametea Klika* in *Klika et Novak* 1941, *Zosteretea Pignatti* 1953 em R Tx -1960), водно-болотная (класс *Bolboschoenetea maritimi* Vicherek et R.Tx. 1969 ex R.Tx et Hulb. 1971) и галофитно-луговая (классы *Juncetea maritimi* Br-Bi et al 1952 em *Beeftink* 1965), о чем свидетельствуют огромные массивы *Phragmites australis* на сырых, мокрых и мелководных местообитаниях, заросли *Bolboschoenus maritimus* на мелководных участках внутренних озер, акватории которых имеют буровато-красный цвет от густых зарослей *Potamogeton pectinatus* и *P. acutifolium*, а также пониженные участки, где преобладают галофитно-луговые компоненты *Elytrigia repens*, *Puccinellia gigantea*, *Juncus gerardii* и др.

Класс *Ammophiletea* Br.-Bl. Et R.Tx. 1943 представляет сообщества берегового вала пионерной полосы морского прибоя, собственно берегового вала и его заприбойной части на песчано-ракушечном субстрате с такими типичными ценокомпонентами как *Leymus sabulosus*, *Crambe maritima*, *Eryngium maritimum* и др. Следует отметить, что *Eryngium maritimum* занесен в Красную книгу Российской Федерации (2005), *Crambe maritima* - в Красную книгу Краснодарского края (2006). Сообщества литоральной полосы находятся в зоне особого риска, поэтому состояние растительности приморских сообществ класса *Ammophiletea* можно использовать как индикатор природных и антропогенных трансформаций экосистем.

Галофитно-нитрофитные группировки класса *Sakile maritimae* Tx. et Br.-Bl. Et Tx. 1952, подпорядок *Sakilenalia euxinae* Golub, Laktionov Sorokin et Nikolaychuk 2006, с участием *Sakile euxina*, формируются на рыхлых субстратах аккумулятивных береговых форм штормовых выбросов на берегу Азовского моря.

Рудеральные группировки относятся к классу *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg. et R.Tx. 1950, порядку *Meliloto – Artemisietalia absinthii* Elias 1979, союзу *Dauco-Melilotion albi Gorse* 1966 em Elias 1980 и двум ассоциациям (одна из которых – новая) – *Melilotetum albi-officinalis* Siss. 1950 и *Corispermo - Cenchrion pauciflori* ass. nova.

Строительство насыпной дороги-дамбы в 2006 г. способствовало активной экспансии ряда адвентивных видов: *Amaranthus blitoides* S.Watson, *A. retroflexus* L., *Ambrosia arthemisifolia* L., *Bidens frondosa* L., *Cenchrus pauciflorus* L., *Digitaria cilicris* (Retz.) Koel., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Paspalum thunbergii* Kunth ex Steudel. Некоторые из них являются агрессивными видами, которые при расселении становятся доминантами сообществ, вытесняют аборигенные виды, занимая их экологические ниши.

Необходим мониторинг за состоянием их популяций на Вербяной косе.

Работа выполнялась при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-99010а.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ФЛОРЫ ГОРОДА КАЗАНИ

Прохоров В.Е., Старцева В.В.

Казанский государственный университет, Казань

E-mail: vadim.prokhorov@gmail.com

Городская среда представляет сложную территориальную систему, развитие которой обусловлено как социально-экономическими, так и природными факторами. Флора и растительность на городских территориях является важным компонентом ландшафтов, в значительной степени обеспечивающим их устойчивость.

Несмотря на то, что флора города и его окрестностей издавна изучалась натуралистами, начиная с XVIII века, следует признать, что до сих пор эта тема остаётся недостаточно исследованной. Единственной законченной научной работой в отношении флоры Казани следует считать труд Н.Г. Ильминских «Анализ городской флоры», защищенный им в качестве кандидатской диссертации в 1982 г. [2].

Целью работы является проведение оценки состояния и анализа динамики флоры г. Казани. Для этого нами была проведена инвентаризация имеющихся фондовых материалов (гербариев, публикаций, имеющихся геоботанических описаний) и по её результатам проанализирована динамика флоры по трём историческим периодам.

Для анализа динамики флоры г. Казани нами было выделено три периода. Первый исторический период (I) включает промежуток времени позднего голоцена вплоть до 1552 года, когда начавшаяся экспансия русских изменила весь уклад жизни местного населения – введение трёхпольной системы земледелия, строительство городов и т.д. Флора первого периода представляет собой условно ненарушенную, коренную флору изучаемой территории. Второй исторический период (II) – с 1552 г. по 1950 г., когда началось развитие инфраструктуры: транспорта, дорог, судоходства, влияющее на расселение растений. Третий исторический период (III) – с 1950 г. по настоящее время. Современный этап существования флоры города характеризуется активным развитием транспорта и промышленности в послевоенные годы, увеличивающим возможности для заноса и распространения чужеземных видов. В этот период значительно повысился уровень загрязнения и загазованности городов, в связи, с чем больше внимания стало уделяться озеленению улиц. В последнее время для создания зелёных насаждений активно используются декоративные виды, основу которых составляют не местные, а интродуцированные виды.

Анализ состава и динамики флоры г. Казани был проведён средствами БД «Флора». Нами рассматривались распределение видов по семействам, родам, принадлежность к различным эколого-ценотическим, биоморфологическим и ареалогическим группам.

Анализ флоры города Казани позволил выявить 1210 видов из 529 родов и 118 семейств. Из них местных 937 вида (77,50%) и адвентивных 237 видов (22,50%). Спектр ведущих семейств сосудистых растений г. Казани сходен с таковым для Татарстана в целом [1]. Важно отметить, что по сравнению со спектром семейств РТ доля *Brassicaceae* выше. Высокая доля этого семейства указывает на связи с восточными флорами, а повышенное число видов крестоцветных связано с большим количеством сорных видов растений во флоре города. Во флоре г. Томска также на третьем месте в спектре семейств стоит *Rosaceae*, а на четвертом – *Brassicaceae* [3]. По всей видимости, повышенная доля *Rosaceae* и *Brassicaceae* характерна для урбанизированных территорий вообще.

Среднее число видов в семействе составляет 10,2, среднее число родов семействе составляет 4,48, среднее число видов в роде насчитывает 2,28.

Анализ соотношения географических групп показал, что во флоре г. Казани преобладают виды не местной флоры (273 вида, 22,70%) и виды, имеющие евро-западноазиатский тип ареала (227 видов, 18,90%).

Ведущую роль в ареалогическом спектре заносных видов можно объяснить, с одной стороны, использованием в озеленении города большого количества интродуцированных видов, с другой же стороны в городе наблюдается большое количество заносных адвентивных видов растений. Высокая доля евро-западноазиатского, евроазиатского, голарктического и европейского типов ареала обусловлена естественно-историческими причинами и характерна для природной флоры исследуемой территории.

По фитоценотической приуроченности сосудистые растения г. Казани подразделяются следующим образом: преобладающими являются рудеральные виды – 181 вид; на луговые приходится 134 вида растений, на культурные – 120 видов, на заносные – 102 вида, неморальные составляют 60 видов, бореально-неморальные – 35, боровые – 27 и бореальные – 23. Преобладание рудеральных, луговых, культурных и заносных видов (более трети флоры) является типичным для флоры городов, в связи с нарушенным урбанизированным ландшафтом. Причиной такого преобладания является в первую очередь расселение растений по нарушенным местообитаниям и вдоль шоссейных и ж/д дорог, что также способствует их непреднамеренному переносу с одной территории на другую. Большая доля культурных растений, используемых человеком для получения продуктов питания и в декоративных целях, обусловлена наличием как интродуцированных видов, так и дичающих – «беглецов из культуры».

Спектр жизненных форм по Раункиеру флоры г. Казани в целом весьма характерен для умеренной зоны – почти 50% от всех видов приходится на гемикриптофиты (это 563 вида, 46,70%). Повышенное число терофитов (285 видов, 23,70%), наиболее многочисленных в аридной зоне, связано с адвентивными видами. Доля фанерофитов во флоре Казани (8,06%) выше, чем во флоре Татарстана, что вызвано большим количеством деревьев и кустарников, используемых в озеленении.

Для территории г. Казани отмечено 60 видов сосудистых растений, занесённых в Красную книгу РТ, что составляет 4,90% от флоры города. Флора Казани, несомненно, является в значительной степени трансформированной природной флорой. Тем не менее, большое число местных, аборигенных видов (937 видов, 77,5%) свидетельствует о достаточно хорошо сохранившемся её ядре. Причем среди них мало лесных, большей частью это луговые и растения открытых пространств. Среди пришлых видов преобладают выходцы из более южных регионов. В целом трансформированность флоры г. Казани схожа с состоянием флор других крупных городов. Так, к примеру, на территории г. Томска выявлено 679 видов сосудистых растений, из которых аборигенных 543 вида (80,0%) и адвентивных 136 видов (20,0%) [3].

Формирование городской флоры – процесс непрерывный и длительный. Для выявления тенденций изменения флоры под воздействием урбанизации, Казань, флора которой активно изучается уже с начала XIX в., представляет очень благодарный объект. Тот факт, что в изучении флоры Казани не было значительных перерывов, позволяет привязать количество известных для территории города видов к определённым отрезкам времени.

Состав и последовательность расположения ведущих по числу видов 10 семейств (табл. 1) показывают, что ведущими в спектре являются *Asteraceae* и *Poaceae* на протяжении всего времени. Положение третьего по счёту семейства в течение времени изменяется. Так, для первого периода на третьем месте стоит *Cyperaceae*, а для второго и третьего периодов – *Rosaceae*. Увеличение доли *Rosaceae* связано с большим количеством культивируемых и использованных в озеленении видов, относящихся к данному семейству (особенно плодово-ягодных культур). Доля *Brassicaceae* возрастает к третьему периоду (от 4,11% до 5,22%), что связано с увеличением числа сорных видов растений, которыми богато сем. крестоцветных. Заметное падение доли *Cyperaceae* (первый период – 6,35%, третий период – 4,06%) связано, вероятно, с уменьшением площади влажных местообитаний (болот, неразрушенных берегов водоёмов) и с общей аридизацией ландшафтов. С этим же связано и уменьшение количества видов и доли рода *Carex*. В целом же, спектр родов не претерпевает значительных изменений за рассматриваемый период.

Обычно используемые для сравнения флор соотношения количества видов *Asteraceae/Fabaceae* и *Asteraceae/Cyperaceae* при рассмотрении динамики флоры г. Казани не показывает закономерностей в изменении состава, так как оба эти показателя увеличиваются, а соотношение *Cyperaceae/Fabaceae* уменьшается, что говорит о постепенной ксерофитизации местообитаний. Влаголюбивые «северные» осоковые уменьшают количество видов, в то время как количество видов бобовых практически неизменяется, а количество сорных видов крестоцветных увеличивается.

Таблица 1.

Изменение количества видов и доли первых 10 семейств по историческим периодам

Семейства	I период		II период		III период	
	виды	%	виды	%	виды	%
Asteraceae Dumort.	94	11,05	110	11,34	143	13,82
Poaceae Barnhart	72	8,46	81	8,35	95	9,18
Rosaceae Juss.	44	5,17	59	6,08	63	6,09
Brassicaceae Burnett	35	4,11	44	4,54	54	5,22
Cyperaceae Juss.	54	6,35	50	5,15	42	4,06
Caryophyllaceae Juss.	47	5,52	48	4,95	44	4,25
Fabaceae Lindl.	43	5,05	45	4,64	46	4,44
Lamiaceae Lindl.	38	4,47	39	4,02	38	3,67
Apiaceae Lindl.	31	3,64	30	3,09	28	2,71
Scrophulariaceae Juss.	31	3,64	35	3,61	36	3,48

Сравнительный систематический анализ показал, что баланс непрерывно идущего процесса становления флоры, слагаемого из выпадения одних видов и внедрения других, сдвинут в сторону обогащения видового состава городской флоры: в Казани к настоящему времени на место 167 исчезнувших видов пришли 358 новых видов, в результате общее число видов в казанской флоре возросло с 852 (ненарушенная условно коренная флора) до 1043 (современное количество видов в пределах города).

Анализ динамики биоморфологической структуры обнаруживает, что позиции всех жизненных форм Раункиера ослабевают, за исключением терофитов, роль которых возрастает. Доля фанерофитов ко второму периоду также возрастает (до 8,70%), что может быть связано с началом активного использования древесных и кустарников культур в целях озеленения города и культивирования их на приусадебных участках.

Доли всех групп видов по эколого-ценотической приуроченности снижаются, за исключением культурных и заносных видов, доли которых увеличиваются с каждым периодом и к настоящему времени составляют, соответственно, 11,01% и 9,60% (табл. 2).

Доля видов водных групп, напротив, уменьшается к последнему периоду, что непосредственно связано с застройкой городской территории и засыпанием при этом городских водоёмов.

Рассматривая динамику ареалогической структуры флоры Казани, можно отметить, что значительные изменения происходят практически исключительно за счёт появления заносных видов, доля которых увеличивается от 1,80% в условно ненарушенной флоре первого периода, до почти четверти современной флоры города. Доли всех остальных типов ареала снижаются под давлением заносных видов, хотя абсолютные значения

количества видов сильно не изменяются, что свидетельствует об относительной устойчивости аборигенной фракции.

Таблица 2.

Изменение количества видов и доли эколого-ценотических групп по историческим периодам

Эколого-ценотическая группа	I период		II период		III период	
	виды	%	виды	%	виды	%
Луговая	110	12,90	113	11,60	124	11,98
Культурная	19	2,20	83	8,60	114	11,01
Заносная	13	1,50	52	5,40	99	9,60
Верхово-болотная	27	3,17	21	2,16	10	0,97
Водно-болотная	49	5,70	44	4,50	42	4,10
Низинно-болотная	50	5,90	45	4,60	38	3,60
Водная	38	4,40	27	2,70	23	2,20

Важно отметить, что для территории г. Казани из числа краснокнижных видов исчезло 29 видов, что составляет половину от общего числа видов, занесённых в Красную книгу РТ для исследуемой территории. Их исчезновение связано с уничтожением их местообитаний в результате строительства и сельскохозяйственной деятельности.

Основные тенденции изменения флоры г. Казани заключаются в увеличении количества видов, в основном за счёт заносных и культурных растений, с чем связано уменьшение под их давлением доли аборигенных видов. Увеличивается также и количество терофитов, за счёт культурных и рудеральных видов и фанерофитов, за счёт активного использования древесных и кустарников культур в целях озеленения города и культивирования их на приусадебных участках. Доля осоковых уменьшается, а доля крестоцветных увеличивается, что свидетельствует об иссушении ландшафта.

Литература

1. Бакин О.В. Сосудистые растения Татарстана / О.В. Бакин, Т.В. Рогова, А.П. Ситников. – Изд-во казан. ун-та, 2000. – 496 с.
2. Ильминских Н.Г. Анализ городской флоры (на примере флоры города Казани): дис...канд. биол. наук: 03.00.05: защищена 14.10.82 / Н.Г. Ильминских: – СПб., 1982. – 185 с.
3. Мерзлякова И.Е. Итоги изучения флоры г. Томска / И.Е. Мерзлякова // Сравнительная флористика на рубеже III тысячелетия: достижения, проблемы, перспективы. Материалы V рабочего совещания по сравнительной флористике, Ижевск, 1998. – СПб.: БИН РАН, 2000. – 409 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ ЗАПАДНОГО И ВОСТОЧНОГО СКЛОНОВ УРАЛА (НА ПРИМЕРЕ ООПТ)

Пустовалова Л.А., Никонова Н.Н., Ерохина О.В.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: karta@ipae.uran.ru

Флористический анализ широко используется в современной экологии для решения теоретических и научно-практических вопросов: выявления характера распределения видов, истории развития флоры, охраны растительного мира в конкретном районе исследований. Сопоставление территорий, расположенных на разных макросклонах Уральского хребта, позволило определить своеобразные черты их флор.

Для анализа фиторазнообразия нами выбраны следующие ООПТ: природный парк «Оленьи ручьи» и Ильменский государственный заповедник. Природный парк "Оленьи ручьи" расположен на западных предгорьях Среднего Урала в подзоне широколиственно-хвойных лесов бореально-лесной зоны, в центральной части меридиональной Демидско-Уфимской депрессии, сложенной карбонатными горными породами силура, девона и нижнего карбона, в основном песчанистыми известняками. Преобладающие высоты 300-350 м, а в долинах рек Демиды и Серги 240-280 м [4]. В этом районе развит карст с поверхностными формами в виде воронок, карстовых провалов, пещер. На территории парка распространены маломощные перегнойно-карбонатные и серые лесные почвы, формирующиеся на щебнистом элювии и элювио-делювии трещиноватых известняков. Здесь распространены елово-пихтовые и пихтово-еловые с примесью лиственницы и липы, сосновые и лиственничные, березовые и осиновые леса. На крутых каменистых склонах рек Серга и Демид и южных склонах известняковых холмов широко представлены петрофильно-степные группировки. В южной части природного парка остепенность растительных сообществ заметно увеличивается.

Ильменский государственный заповедник расположен на восточном макросклоне Южного Урала в подзоне предлесостепных сосновых и березовых лесов бореально-лесной зоны. Ильменские горы представляют собой южную часть самого восточного на Урале невысокого, почти меридионального Ильменского хребта. Высшая его точка – гора Ильмен-тау (747,3 м), остальные вершины значительно ниже и редко достигают 600 м. С восточной стороны Ильменских гор полоса предгорий выражена отчетливо. Небольшие возвышенности здесь чередуются с озерными котловинами [2]. Ильменские горы сложены сиенитами, миаскитами и связанными с ними магматическими и метаморфическими горными породами Вишневогорско-Ильменогорского комплекса; восточные предгорья – метаморфическими породами, гранито-гнейсами и гранитами. Основными зональными типами

почв являются подзолистые и лесостепные. Растительность заповедника представлена сосновыми, широколиственно-сосновыми, березовыми лесами, а также лиственнично-сосновыми остепненными лесами; на выходах серпентинитов и амфиболитов встречаются фрагменты горных степей.

Согласно полученным данным в состав флоры природного парка «Оленьи ручьи» входят 924 вида сосудистых растений, относящихся к 102 семействам и 402 родам; флора заповедника насчитывает 954 вида, относящихся к 106 семействам и 406 родам. Состав первой триады таксономического спектра дает основания, следуя А.П. Хохрякову [5], отнести флору парка к Cyperaceae-типу (арктобореально-восточноазиатскому), а флору заповедника – к Rosaceae-типу (условно европейскому) (табл. 1). На наш взгляд это свидетельствует о различных миграционных путях формирования флор: на западном макросклоне Среднего Урала преобладал арктобореально-восточноазиатский путь развития флоры, на восточном макросклоне Южного Урала доминировал европейский.

Таблица 1.

Спектр ведущих семейств флор природного парка «Оленьи ручьи» и Ильменского заповедника

наименование семейства	парк		заповедник	
	число видов (% от общего)	ранг	число видов (% от общего)	ранг
Asteraceae	132 (14,3)	1	110 (11,5)	1
Poaceae	81 (8,8)	2	92 (9,7)	2
Cyperaceae	46 (5,0)	3	67(7,0)	4
Caryophyllaceae	45 (4,9)	4	46 (4,8)	5-6
Rosaceae	43 (4,7)	5	75 (7,9)	3
Ranunculaceae	40 (4,3)	6-7	30 (3,1)	9
Fabaceae	40 (4,3)	6-7	46 (4,8)	5-6
Brassicaceae	36 (3,9)	8	38 (4,0)	7
Scrophulariaceae	32 (3,5)	9	36 (3,8)	8
Lamiaceae	28 (3,0)	10	27 (2,8)	10
Apiaceae	26 (2,8)	11	25 (2,6)	11
Polygonaceae	25 (2,7)	12	18 (1,9)	13
Orchidaceae	22 (2,4)	13	21 (2,2)	12

Также проведен анализ родовых спектров рассматриваемых флор. Родовой спектр флоры природного парка «Оленьи ручьи» сходен с родовым спектром флоры Арктики, приведенным Л.И. Малышевым [3], в нем присутствуют роды Carex, Taraxacum, Ranunculus, Salix (табл. 2). По указаниям того же автора роды Potentilla и Artemisia избегают районов с повышенной влажностью, преобладание их в спектре заповедника (табл. 2)

подчеркивает большую континентальность его климата по сравнению с климатом природного парка. Род *Oxytropis*, хотя и не является ведущим, но показывает экологические условия в изученных ООПТ. Обилие видов из этого рода увеличивается в лесостепи, уменьшаясь с влажностью климата [3]. В заповеднике он представлен 5 видами, в парке же – одним. Это в ландшафтном отношении подтверждает положение заповедника на границе с лесостепью.

Таблица 2

Спектр ведущих родов флор природного парка «Оленьи ручьи» и Ильменского заповедника

парк		заповедник	
наименование рода	% от общего числа видов	наименование рода	% от общего числа видов
1. <i>Carex</i>	4,1	1. <i>Carex</i>	5,6
2. <i>Taraxacum</i>	2,1	2. <i>Alchemilla</i>	2,7
3-4. <i>Ranunculus</i>	1,5	3. <i>Potentilla</i>	1,9
3-4. <i>Galium</i>	1,5	4. <i>Artemisia</i>	1,7
5-6. <i>Salix</i>	1,4	5-6. <i>Salix</i>	1,5
5-6. <i>Viola</i>	1,4	5-6. <i>Potamogeton</i>	1,5
7-8. <i>Veronica</i>	1,3	7. <i>Viola</i>	1,4
7-8. <i>Potamogeton</i>	1,3	8. <i>Poa</i>	1,3
9-12. <i>Artemisia</i>	1,2	9-11. <i>Galium</i>	1,2
9-12. <i>Campanula</i>	1,2	9-11. <i>Polygonum</i>	1,2
9-12. <i>Poa</i>	1,2	9-11. <i>Veronica</i>	1,2
9-12. <i>Polygonum</i>	1,2		

Во флоре природного парка «Оленьи ручьи» 235 родов (58%) моновидовые, а во флоре Ильменского заповедника 230 родов (57%) содержат 1 вид. Исчезновение любого из этих видов приведет к исчезновению рода в целом, следовательно, сократиться флористическое разнообразие. Это еще раз подтверждает необходимость строгого соблюдения регламента ООПТ.

Наибольший интерес представляет присутствие во флоре эндемичных и реликтовых растений [1]. Всего во флоре парка отмечено 84 эндемичных и реликтовых вида, что составляет 9% от общего числа флоры, во флоре заповедника – 83 эндемичных и реликтовых вида (8,7%).

Распределение реликтов по категориям возраста в парке следующее: плиоценовые – 28 (3,1%), плейстоценовые – 13 (1,4%), голоценовые – 30 (3,2%). Во флоре заповедника отмечено плиоценовых реликтов – 6 (0,6%), плейстоценовых – 17 (1,8%), голоценовых – 36 (3,8%). Флористические комплексы автохтонного ядра флор природного парка «Оленьи ручьи» и Ильменского заповедника представлены на рисунках 1 и 2 соответственно. Характер распределения реликтов, по нашему мнению, свидетельствует о

том, что на территории парка нашлось больше мест для сохранения неморального элемента плиоценового возраста, т.е. рефугиумов. В качестве рефугиумов можно рассматривать поймы рек Серга и Демид.

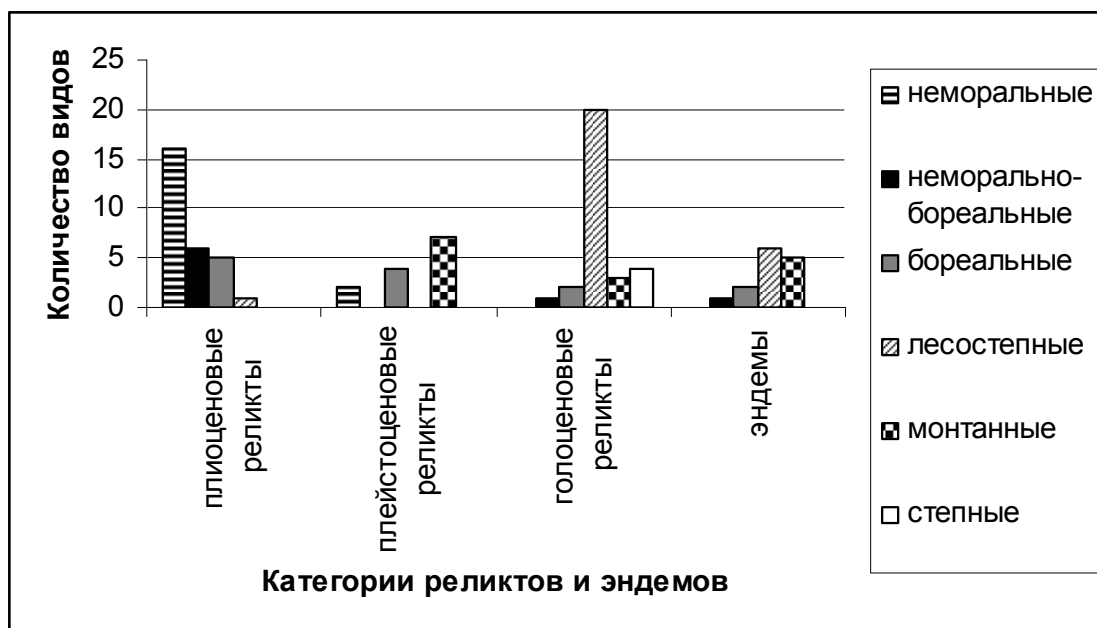


Рис. 1. Флористические комплексы автохтонного ядра флоры природного парка «Оленьи ручьи»

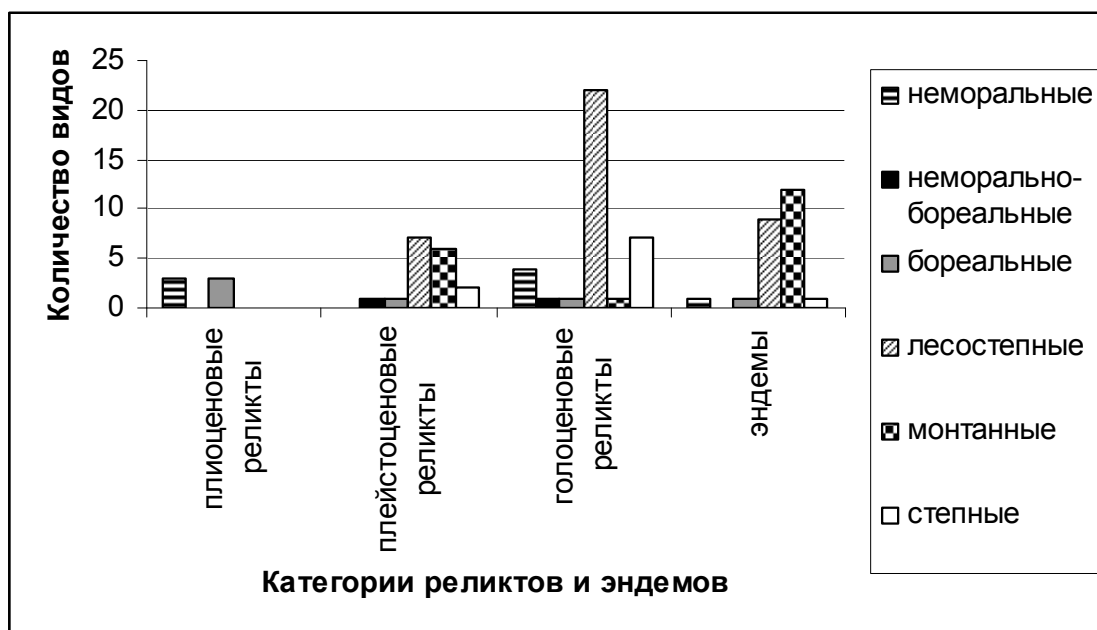


Рис. 2. Флористические комплексы автохтонного ядра флоры Ильменского заповедника

Заповедник же, находясь в барьерной тени Уральских гор, наилучшим образом сохранил остатки «холодных степей» – голоценовые реликты. Хотя на небольших островках озер Большое Миассово и Большой Кисегач в

условиях повышенной влажности отмечены чистые липовые леса с такими неморальными видами как *Actaea spicata*, *Dryopteris filix-mas*, *Viola mirabilis*.

Общей чертой флор парка и заповедника является преобладание горных и горно-степных эндемиков.

В результате сравнительного анализа флоры природного парка и заповедника установлено, что семейственно-видовой спектр наилучшим образом отражает разную историю формирования флор Среднего и Южного Урала. При этом родовой спектр индицирует современные экологические условия. Соотношение возрастных категорий эндемичных и реликтовых видов показывает своеобразие в развитии флористических комплексов изученных ООПТ Урала. Неморальный флористический комплекс в большей степени был характерен для западной части Урала; бетулярно-боровый флористический, получивший свое развитие с плейстоцена, преобладает в голоцене на восточном склоне, присутствуя и на западном.

Работа выполнена при поддержке Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России, фундаментальные основы рационального использования биологических ресурсов».

Литература

1. Горчаковский П.Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала / П.Л. Горчаковский. Свердловск, 1969. - 286 с.
2. Ильменский заповедник / сост. Л.А. Буторина, В.О. Поляков. Челябинск, 1991. - 156 с.
3. Малышев Л.И. Флористические спектры Советского Союза / Л.И. Малышев // История флоры и растительности Евразии. Л., 1972. - С. 17-40.
4. Прокаев В.И. Физико-географическая характеристика юго-западной части Среднего Урала и некоторые вопросы охраны природы этой территории / В.И. Прокаев // Труды комиссии по охране природы УФАН СССР. Свердловск, 1963. - Вып. 2. - 188 с.
5. Хохряков А.П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А.П. Хохряков // Бот. журн. - 2000. - Т. 85. № 5. - С. 1-11.

МАТЕРИАЛЫ К ВИДОВОМУ РАЗНООБРАЗИЮ ГАЛОФИЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Рогова Т.В., Прохоров В.Е., Шафигуллина Н.Р., Бакин О.В.
Казанский государственный университет, Казань

E-mail: Tatiana.Rogova@ksu.ru, Vadim.Prokhorov@gmail.com,
NadiaShafigullina@gmail.com, vkz@mail.ru

Мониторинг и оценка состояния природных комплексов предполагает сбор и анализ информации о биологическом разнообразии. Как правило, большее внимание уделяется видовому составу зональных экосистем. Для территории Республики Татарстан это подтаежные хвойно-широколиственные и широколиственные леса, фрагменты луговых степей и производные на их месте типы сообществ. Накапливается информация также и по азональным типам экосистем – долинным сосновым лесам и болотам различной типологии. Значительно меньше имеется сведений о распространении галофильных сообществ, приуроченных чаще к более южным территориям.

В ходе экспедиционных работ, проводимых в рамках ведения Красной книги РТ, сотрудниками кафедры общей экологии КГУ был неоднократно (в августе 2005, августе 2006 и сентябре 2007 гг.) посещён уникальный для Татарстана природный участок, находящийся возле д. Мелля-Тамак Муслимовского района РТ. Участок расположен в пойме р. Ик и представляет собой выровненную поверхность высокой поймы с участками притеррасных понижений и старичных озёр и занимает площадь более 100 га. Основной особенностью рассматриваемой территории является наличие засоленных почв, что откладывает отпечаток на растительность и, особенно, флору, делая их уникальными для республики. Почвы представлены различными типами солонцов и солончаков, находящихся на разных стадиях засоления и рассоления и отличающихся водным режимом. Вода старичных озёр и копаней имеет высокую минерализацию и горько-солёный вкус, из-за содержания хлоридов и сульфатов. По всей видимости, данный участок является самым северным и крупным засоленным массивом в регионе, природа которого естественна и обусловлена геологическими условиями, а именно относительно неглубоким залеганием пород кунгурского яруса нижнего отдела пермской системы.

Растительность представлена, в основном, низинными лугами и болотами. Доминантами на низинных злаковых лугах являются *Festuca regeliana* Pavl., характерной физиогномической особенностью этих лугов являются многочисленные кочки неясного происхождения, напоминающие муравейники и поросшие *Suaeda prostrata* Pall. Другой особенностью рассматриваемого ландшафта являются многочисленные «блюдца» диаметром до нескольких десятков метров, растительность которых имеет явную концентрическую конфигурацию, зависящую от градиента увлажнения. На возвышенных и относительно сухих участках доминирует

Puccinelliaauptiana V. Krecz. Часть территории подвергается значительному выпасу, что привело к доминированию на таких участках *Amoria fragifera* (L.) Roskov и значительному участию в травостое *Cirsium esculentum* (Siev.) С.А. Mey. Притеррасные понижения заняты низинными болотами с преобладанием осок (*Carex acuta* L. и *Carex atherodes* Spreng.), тростника *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. и болотницы *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult.

Проникновение такого количества южных галофитных видов растений, образующих цельные комплексы, несомненно связано с одной стороны с особенностями формирующихся засоленных экотопов в ландшафте, с другой - с транспортной функцией р. Ик, несущей свои воды с юга на север и имеющей исток примерно в 200 км к югу и переносящей семена и споры галофильных растений. Не приводя полных флористических списков и геоботанических описаний, ограничимся лишь приведением наиболее интересных находок галофитных видов растений.

Водоросли:

Chara vulgaris L. et Wallroth. – в копанях и старицах, местами в массе. Включён в Красную книгу РТ.

Мохообразные:

Barbula convoluta Hedw. – на выровненном участке возле копани. Редкий вид, встречающийся на открытых, часто нарушенных, местообитаниях.

Bryum lonchocaulon С. Muell. – на обнаженной почве в копани. Субкосмополитный вид, спорадически распространен в России, растет на камнях, на лугах, на почве, в синантропных местообитаниях.

Bryum longisetum Bland. ex Schwaegr. – на обнаженной засоленной почве, вместе с предыдущим видом. Впервые найден в средней части европейской России, ранее встречался лишь в северных областях европейской части (Мурманская область) и Сибири (Алтай и Центральная Якутия).

Drepanocladus aduncus (Hedw.) Warnst. – на лугу. Обычный вид сырых местообитаний.

Drepanocladus sendtneri (Schimpf ex. Н. Muell.) Warnst. – на лугу. Новый вид для РТ, обычен в северо-западных областях России, в остальных районах встречается спорадически или даже крайне редко.

Funaria hygrometrica Hedw. – на стенках копани, в массе. Космополитный вид, частый на нарушенных местообитаниях

Leptobryum pyriforme (Hedw.) Wils. – на стенках копани, в массе. Космополитный вид, частый на нарушенных местообитаниях.

Pterygoneurum kozlovii Lazar. – очень редкий вид. Известен из Украины, Румынии, Чехословакии, Китая, Средней Азии, Монголии, аридных районов севера Якутии и континентальных районов Западной Канады. На территории средней части Европейской России отмечен для Ростовской области (в степных группировках) и в Саратовской области. Имеются данные о приуроченности этого вида к постоянно слабозасоленным местообитаниям [5].

Ricciocarpos natans (L.) Corda - водный печеночный мох, в воде старицы.

Сосудистые растения:

Alisma lanceolatum With. – по низинным болотам в притеррасных понижениях. Включён в Красную книгу РТ.

Alopecurus arundinaceus Poir. – по низинным лугам, местами в массе.

Althaea officinalis L. – в центральных частях «блюдец». Включён в Красную книгу РТ.

Amoria fragifera (L.) Roskov – на пастбищных лугах, где доминирует.

Angelica palustris (Bess.) Hoffm. – по низинным болотам в притеррасных понижениях. Включён в Приложение к Красной книге РТ.

Atriplex patens (Litv.) Iljin – по низинным лугам. Включён в Приложение к Красной книге РТ.

Blysmus compressus (L.) Panz. ex Link – по низинным болотам в притеррасных понижениях. Включён в Красную книгу РТ.

Cirsium canum (L.) All. – по влажным лугам и окраинам низинных болот. Включён в Красную книгу РТ.

Cirsium esculentum (Siev.) С.А. Mey. – рассеянно по всей территории, наиболее обильно на пастбищных лугах.

Festuca regeliana Pavl. – доминирует на низинных лугах. Включён в Красную книгу РТ.

Glaux maritima L. – наиболее обилен на сухих участках у копаней. Включён в Красную книгу РТ.

Lepidium latifolium L. – по окраинам низинных болот, редко.

Leymus paboanus (Claus) Pilg. – на низинных лугах, местами доминирует. Включён в Красную книгу РТ.

Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze – очень редко по окраинам «блюдец». Единственное современное местонахождение в РТ, ранее указывался М.В. Марковым в Нурлатском районе, где, по-видимому, исчез. Нуждается в охране.

Melilotus dentatus (Waldst. & Kit.) Pers. – по низинным лугам, часто.

Ononis arvensis L. – по берегу р. Ик и на пастбищных лугах с умеренным выпасом. Включён в Красную книгу РТ.

Parnassia palustris L. – по низинным болотам в притеррасных понижениях. Включён в Красную книгу РТ.

Plantago cornuti Gouan – по низинным лугам. По всей видимости, крупнейшая в РТ популяция. Включён в Красную книгу РТ.

Puccinellia hauptiana V.I. Krecz. – по сухим местам у копаней, на кочках.

Salicornia perennans Willd. – по низинным лугам, местами образует сплошной покров.

Scirpus tabernaemontani С.С. Gmel. – по низинным болотам в притеррасных понижениях.

Scorzonera parviflora Jacq. – по низинным лугам, рассеяно. Включён в Красную книгу РТ.

Sium sisaroides DC. – по влажным низинным лугам и болотам в притеррасных понижениях.

Suaeda prostrata Pall. – по низинным лугам, на кочках. Новый вид для флоры республики «6 VIII 2005 г. Республика Татарстан, Муслимовский район, д. Мелля-Тамак, засоленный луг в пойме р. Ик»

Tamarix ramosissima Ledeb. – по берегу копани. Новый вид для флоры республики: «24 IX 2007 г. Республика Татарстан, Муслимовский район, д. Мелля-Тамак, берег копани».

Taraxacum bessarabicum (Hornem.) Hand.-Mazz. – по низинным лугам и по сухим возвышениям у копаней.

Teucrium scordium L. – по берегам стариц и р. Ик, редко. Включён в Красную книгу РТ.

Triglochin maritimum L. – по низинным болотам в притеррасных понижениях. Включён в Красную книгу РТ.

Typha laxmannii Lerech. – по берегу р. Ик. Включён в Приложение к Красной книге РТ.

Рассматриваемый участок представляет огромную научную ценность, как яркий пример редкого типа сообщества, находящегося на северной границе распространения. Природоохранная его ценность также очевидна – здесь сконцентрирована практически вся галофитная флора республики, большая часть которой включена в Красную книгу РТ [4]. Кроме того, на рассматриваемой территории частично расположен Мелля-Тамакский археологический комплекс, включающий несколько разновозрастных памятников (стоянок и могильников), самый ранний из которых относят к эпохе мезолита. Совершенно необходимо в самое ближайшее время придать этой территории статус особо охраняемой, тем более, что она уже включена в состав резервных земельных участков под ООПТ РТ (Постановление КМ РТ от 13.10.2000 №730) [1]. В ходе дальнейших научных исследований участка наибольший интерес представляет подробное изучение почв, энтомофауны, фауны гидробионтов (в частности, зоо- и фитопланктона стариц) и гидрохимии солоноватых водоёмов.

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в определении бриофитов сотрудникам Главного Ботанического Сада им. Цицина М.С. Игнатову и В.И. Золотову.

Литература

1. Государственный реестр особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан. Издание второе. – Казань: изд-во «Идел-Пресс», 2007. – 408 с.
2. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России / М.С. Игнатов, Е.А. Игнатова Т.1. М.: КМК, 2003 - С. 1-608.
3. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. / М.С. Игнатов, Е.А. Игнатова Т.2. М.: КМК, 2004 - С. 609-944.
4. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Издание второе. – Казань: изд-во «Идел-Пресс», 2006. – 832 с.
5. Pisarenko, O. Yu. One the variation and ecology of pterygoneurum subsessile and p. kozlovii (Pottiaceae, Bryophyta) / O. Yu. Pisarenko // Arctoa (2006) 15: 169-182.

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ *ADONIS VERNALIS* L. В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ РТ

Саидова Н.В.¹, Любарский Е.Л.²

¹ Казанский государственный аграрный университет, Казань

² Казанский государственный университет, Казань

E-mail: saidova@mail.ru

Популяционные исследования растений имеют особую важность по отношению к редким, исчезающим и особенно ценным лекарственным видам, нуждающимся в охране, каковым и является *Adonis vernalis* L. [1]

Характерной чертой *A. vernalis* является то, что он приурочен к лесостепной зоне, однако часто встречается по склонам южной экспозиции в лесной зоне России, где на продуктивность вида и его популяционную структуру влияют не только экологические факторы и антропогенное воздействие, но и климатические условия.

В зонах широколиственно-хвойных и широколиственных лесов на территории РТ отмечены вкрапления экстразональной растительности в виде степных фитоценозов и остепненных лугов, на которых и встречается *A. vernalis*. Поэтому, актуальным является изучение состояния ценопопуляций данного вида в различных зональных условиях произрастания и природопользования [5].

Adonis vernalis – один из тех видов, на численность которого особенно сказывается воздействие различных форм деятельности человека. Это обусловлено, с одной стороны, его декоративными и лекарственными свойствами, что ведёт к интенсивному истреблению в природе, а с другой – особенностями его биологии и структуры популяции. В связи с этим, очень важно отметить, что данный вид, а так же его ценопопуляции и местообитания нуждаются не только в детальном изучении, но и разработке природоохранных мер мест его произрастания.

Для изучения влияния климатических, экологических и фитоценологических условий на состояние *A. vernalis* и его ценопопуляций (ЦП), исследования проводились в различных ботанико-географических зонах: широколиственно-еловых и широколиственных лесов и лесостепной на территории Республики Татарстан (РТ). Для этого были выбраны районы РТ: I – Балтасинский, II – Арский – зона широколиственно-еловых лесов; III – Высокогорский, IV – Верхнеуслонский – зона широколиственных лесов, V – Апастовский и VI – Бавлинский (частично Бугульминский и Доржжановский) - лесостепь. Статистическому анализу подверглись 26 ценопопуляций, по 3-5 ЦП в каждом районе, в течение 2 вегетативных периодов (2003-2004, и повторно 2005-2006 гг.), размер пробных площадей – 100 м². Сбор материала проводился на основе общепринятых геоботанических и популяционных методов.

Для оценки семенной продуктивности генеративных особей в разных зональных условиях, подсчитывалось количество семян на один побег разных генеративных особей, среднее количество генеративных побегов на дерновину и среднее количество семян на 1 м² (табл.1; 2).

Таблица 1.

Среднее количество семян на один побег различных генеративных состояний *A. vernalis* в разных зональных условиях по районам

Стадия онтогенеза	Районы исследования					
	I	II	III	IV	V	VI
g ₁	43,57	42,93	46,93	42,63	42,60	41,60
g ₂	63,37	63,07	65,03	67,33	65,73	63,97
g ₃	47,33	48,89	51,22	53,78	52,78	51,56
среднее	51,42	51,63	54,39	54,58	53,7	52,37

В северных ЦП зоны хвойно-широколиственных лесов (районы I, II) среднее количество семян на один побег меньше, чем в южных районах зоны широколиственных лесов и лесостепи, но достоверных различий нет.

Ряд авторов [2]; [3]; [4], изучающих популяции *Adonis vernalis* в степных сообществах отмечают, что молодые генеративные особи формируют клоны, состоящие из 2-4 побегов. Однако, нами в ценопопуляциях северо-восточных и северо-западных районов РТ (в лесной зоне), отмечались молодые генеративные особи, представленные одиночными побегами, причем их число составляет 30-50% от общего количества генеративных особей в ЦП. По-видимому, это обусловлено сокращением онтогенеза в неблагоприятных климатических условиях, более низкие среднегодовые и средние летние температуры подтаежной зоны не позволяют накапливать достаточное количество органического вещества для формирования многопобеговой структуры - дерновины.

Таблица 2.

Семенная продуктивность *A. vernalis* в разных зональных условиях

Стадия онтогенеза	Средние значения количества семян на 1 м ² по районам исследования					
	I	II	III	IV	V	VI
g ₁	44,1	64,2	47,0	28,6	40,1	10,5
g ₂	10,2	359,9	1929,0	172,0	147,5	197,0
g ₃	12,5	127,4	197,9	30,8	94,7	17,6
Σ	66,8	551,5	2173,9	231,4	282,3	225,1

На семенную продуктивность *A. vernalis* влияют как климатические, так и антропогенные факторы среды. При оценке средних показателей генеративных побегов в куртинах, плотности генеративных особей на 1 м² и числа семян на 1 м² отмечаются достоверные различия по районам. При антропогенной нагрузке, которая отмечалась в ЦП I, IV, V, VI районов (эрозия, рекреация, выпас скота) происходит общее снижение численности и семенной продуктивности, однако в благоприятных климатических условиях зоны широколиственных лесов и лесостепи (IV и V, VI) число семян на 1 м² составляет 225 – 282 штуки. В зоне хвойно-широколиственных лесов - 66,8 штук, что обусловлено климатическими факторами, не очень подходящими фитоценозами – суходольные луга и размерами куртин. Так число генеративных побегов в куртине зрелых и старых генеративных особей на

севере в среднем составляет 3-9 побегов, в лесостепной зоне и зоне широколиственных лесов – 11-17 побегов. Все это соответственно сказывается на общей семенной продуктивности генеративных особей и количестве семян на 1 м². В лесостепной зоне умеренный выпас скота, ослабляет межвидовую конкуренцию с крупными степными видами трав и часто способствует разрастанию генеративных дерновин. *A. vernalis* считается ядовитым растением, поэтому скотом не поедается, тем не менее, одиночные побеги прегенеративной фракции вытаптываются, в то время как плотные дерновины генеративных особей остаются, и семенная продуктивность в целом сильно не снижается.

Вспоминая, что под жизненностью понимается не только свойство мощности вегетативных и генеративных побегов, но и устойчивость, необходимая для дальнейшего развития, становится понятным, что главным механизмом устойчивости вида и его популяции в экстразональных условиях хвойно-широколиственных лесов, самой северной популяции (I) является сокращение онтогенеза. При этом происходит формирование однопобеговых генеративных особей, образующих уже на 7-8 –ой год достаточное количество семян, которые переносят низкие температуры и более длительное промерзание почвы значительно лучше, чем корневища.

В условиях ООПТ, как на территории подтаежной зоны (II), так и зоны широколиственных лесов (III) число семян на 1 м² варьирует от 500 до 2000, однако прорастает их 10-20%. Остепненные участки склонов в лесной зоне занимают небольшие площади 5-10 га, охраняются уже более 30 лет, здесь полностью запрещен сенокос, пастьба, рекреация, сбор растений. Численность на склонах разных экспозиций колеблется от 250 до 500 на 100 м². Однако, молодые генеративные особи часто на 20-30% представлены однопобеговыми особями. В то же время, зрелые генеративные разрастаются до крупных дерновин, именно они образуют и наибольшее количество семян, так как в такой дерновине иногда отмечается 17 - 22 генеративных побега. Подобные участки являются резерватами вида в экстразональных условиях лесной зоны.

Напротив, в лесостепной зоне, где численность колеблется от 16 (при интенсивной пастьбе и эрозии) до 600 особей (при отсутствии антропогенного воздействия) на 100 м² и адонис занимает десятки и сотни гектаров, в среднем образуется от 200 до 280 семян на 1 м², большинство их прорастает, хотя много прегенеративных особей вытаптывается. Однако основное поддержание популяции (при недостатке влаги, интенсивной пастьбе и эрозии) осуществляется вегетативным способом - разрастанием дерновины, длительность жизни которой 30-50 лет.

В целом общая динамика численности по годам практически не варьирует (рис.1), что обусловлено длительностью онтогенеза (150 лет). (Пошкурлат, 2000). Вспышки численности вызваны иногда дружным прорастанием семян и образованием проростков, однако большинство их гибнет в неблагоприятных климатических условиях севера либо при интенсивном антропогенном воздействии на юге, поэтому и колебания численности незначительны.

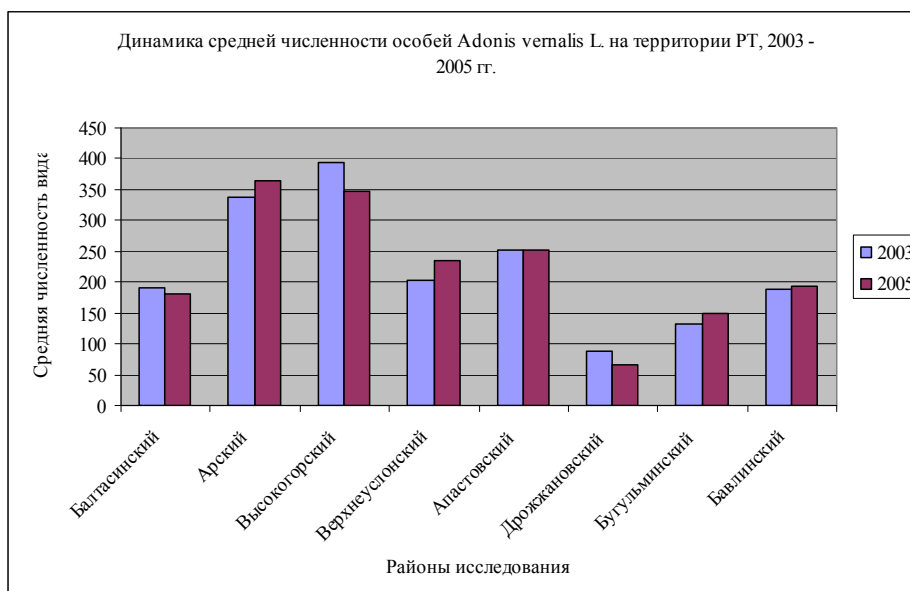


Рис. 1. Динамика средней численности популяций *A. vernalis* в разных зональных условиях (по районам) за 2003-2005 гг.

В целом можно отметить следующее: в неблагоприятных климатических условиях на северной границе ареала вида основным механизмом устойчивости популяции *A. vernalis* является сокращение онтогенеза, выраженное в отмирании большинства генеративных особей без перехода в сенильное состояние, формирование однобоговых генеративных особей, снижении вегетативного размножения при формировании дерновин и поддержания семенного размножения. Такие процессы, по-видимому, связаны с общими процессами эволюции жизненных форм, где в постоянно меняющихся условиях лучше выживают однолетние и малолетние травы, размножающиеся, в первую очередь, семенами.

Литература

1. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы)/ Издание второе// Казань: Изд-во «Идел-Пресс», 2006 – 830 с.
2. Пошкурлат А.П. Горлицы: систематика, распространение, биология./ Пошкурлат А.П. - М.: Наука. - 2000. – 199с.
3. Строкова Н.П. Эколого-ценотическая приуроченность и характеристика популяций горлицы весеннего в условиях Южного Зауралья: автореферат дис.на с. уч. ст. канд. биол. наук/ Н.П. Строкова. – 1972.
4. Строкова Н.П. Онтогенез горлицы весеннего (*Adonis vernalis* L.)/ Строкова Н.П. Акшенцев Е.В. //Онтогенетический атлас лекарственных растений. – Йошкар-Ола: Изд-во Мар. гос. ун-та, 2007. – Т. 5 – С.163-169.
5. Фардеева М.Б. Изучение организации популяций Адониса весеннего в различных зональных условиях РТ /Фардеева М.Б., Бирючевская Н.В., Махмутова Л.Ш. // Сб. материалов «Экологические, морфологические особенности и современные методы исследования живых систем». - Казань, 2003. - С. 73-79.

ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА И ВОЗРАСТ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ СИНЦА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.

Северов Ю.А., Сайфуллин Р.Р., Шакирова Ф.М.

ТГГПУ, Казань

E-mail: objekt_sveta@mail.ru

Возраст полового созревания является одним из важных показателей возможности воспроизводства вида. Данные по вопросу возраста полового созревания синца в условиях Волги и Куйбышевского водохранилища можно найти лишь у немногих авторов. В Средней Волге синец половой зрелости достигал в возрасте 4 – 6 лет [3]. По данным Г.М. Смирнова после образования Куйбышевского водохранилища некоторые особи созревали и в 3 года, но большей частью в 4 [5]. В материалах Тат.отд.ГосНИОРХ имеются данные о том, что самцы достигают половой зрелости в 3 – 4 летнем возрасте, самки же - на 4 – 5 году жизни [1]. Таким образом, в первые десятилетия функционирования водохранилища имелась тенденция к более раннему половому созреванию синца, особенно самцов. С начала 90х годов наблюдается некоторое удлинение сроков созревания, когда даже среди 7 летних самок отмечались неполовозрелые рыбы [2]. Это связано, по-видимому, с постепенным ухудшением условий обитания для синца и других видов ихтиофауны. Представленный материал собирался весной 2007 и 2008 годов в Старо Майнском заливе Куйбышевского водохранилища и на реке Волга в районе Зольных гор, с помощью ставных сетей с ячеей 36, 40, 45, 50 мм. Собрано и обработано в полевых условиях 585 экз. синца по общепринятой в ихтиологии методике [4]. Дальнейшая камеральная обработка и анализ проводились в лаборатории Тат. отд. ГосНИОРХ.

Таблица 1.

Возрастная структура синца центральной части Куйбышевского водохранилища.

Время сбора	Пол	Возраст, лет										n
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2008	♂	n	2	5	14	28	48	35	9	3	0	144
		%	0,6	1,7	4,7	9,5	16,3	11,9	3,0	1,0	0	48,7
	♀	n	0	2	13	18	25	55	24	4	11	150
		%	0	0,6	4,4	6,1	8,5	18,7	8,1	1,3	3,7	51,3
2007	♂	n	0	0	27	68	29	6	2	0	0	132
		%	0	0	9,2	23,3	9,9	2,0	0,6	0	0	45,0
	♀	n	0	2	21	72	46	11	6	1	0	159
		%	0	0,6	7,2	24,7	15,8	3,7	2,0	0,3	0	55,0

На основании анализа двухлетних материалов, собранных с нерестилищ, выявлено, что соотношение полов синца центральной части Куйбышевского водохранилища близко 1:1, с небольшим преобладанием самок (табл.1). Рассматривая многочисленные возрастные группы, отмечено, что лишь у 4-х летних особей 2008 и 2007 годов наблюдается относительно близкое соотношение полов. Однако в пробах 2008 года в самых многочисленных возрастных группах – 5 и 6 летних особей, отмечается количественный перевес самцов, которые, по-видимому, в этом возрасте являются основными производителями синца данной популяции. Следует отметить и существенное снижение численности самцов синца с 7 летнего возраста, возможно, происходящее вследствие естественной элиминации. При этом основную массу синца старших возрастов составляют самки. В материалах 2007 года в возрастной группе 6 летних рыб наблюдается незначительный перевес самок над самцами. Остальные возрастные группы синца имеют относительно близкое соотношение полов. Следует отметить и отсутствие в материалах 2007 года особей младших (двух) и старших (десяти) лет, а также отсутствие трех и девяти летних самцов.

Таблица 2.

Возраст и стадии половой зрелости синца
(Старо Майнский залив, 2007 год)

Пол и стадии зрелости		Возраст							
		2	3	4	5	6	7	8	9
2	♀	0	1	11	26	18	4	1	0
	♂	0	0	12	12	6	1	0	0
3	♀	0	0	0	0	0	0	0	0
	♂	0	0	1	5	1	0	0	0
4	♀	0	0	9	50	30	7	4	1
	♂	0	1	15	45	23	5	2	0
5	♀	0	0	0	0	0	0	1	0
	♂	0	0	0	2	0	0	0	0
6	♀	0	0	0	0	0	0	0	0
	♂	0	0	0	0	0	0	0	0

Таким образом, из представленных материалов, следует, что половая зрелость синца центральной части Куйбышевского водохранилища наступает в возрасте 4 года, лишь у единичных самцов - в 3 (табл. 2). Массовое созревание синца, как самок, так и самцов данной популяции наблюдается у 5 годовиков, встречается лишь с небольшое количество неполовозрелых

особей этого возраста. Следует отметить, что в популяции синца обнаруживаются неполовозрелые особи (самки и самцы) даже в возрасте 6 и 7 лет, составляющие около 30% от всего числа обследованных рыб. Это указывает на значительную часть стада синца, не участвующую в нересте. В период исследований (май 2007 года) практически не было отмечено рыб с текучими половыми продуктами на 5 стадии зрелости, что, по нашему мнению, связано с температурными условиями среды, вследствие чего нерест у синца, по-видимому, начался позднее.

Литература

1. Егерова И.В., Махотин Ю.М. Наблюдение над ростом и возрастом полового созревания синца в Куйбышевском вдхр. (1958-1959гг.) /Егерова И.В., Махотин Ю.М.// Тр. Тат. Отд. ГосНИОРХ., вып. 9, 1960.
2. Кузнецов В. А. Рыбы Волжско – Камского края. /Кузнецов В. А. // Изд. КГУ, Казань, 2005.
3. Лукин А.В. Возраст полового созревания и продолжительность жизни рыб как один из факторов борьбы за существование. / А.В. Лукин //- Изв. КФАН: 1949 г.
4. Руководство по изучению рыб. /Правдин И.Ф. //- М.: Пищевая промышленность, 1966.
5. Смирнов Г. М. Основные черты биологии синца и формирование его запасов в северной части Куйбышевского водохранилища. /Смирнов Г. М.// Ученые записки КГУ. т. 123. кн. 7. Казань,1966.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ И РЕОГРАНИЗАЦИИ СЕТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ООПТ) ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Семенова Н.М.

Томский государственный университет, Томск

E-mail: nmsemnv@mail.tomsknet.ru

За прошедшие десять лет площадь ООПТ в Омской области сократилась с 6,2% до 4,7%. Еще более заметно сокращение ООПТ в количественном отношении. Если в 2000 г. в области было 136 охраняемых территорий, то в настоящее время – только 21. Существующие ООПТ имеют федеральное, региональное и местное значение. Среди них 8 заказников, 3 природных парка, 9 памятников природы и одна лечебно-оздоровительная местность.

В связи с высоким уровнем антропогенной измененности природных ландшафтов проблема организации эффективной системы ООПТ в Омской области является более чем актуальной. Около 50% площади области занято сельскохозяйственными угодьями. Составляя 5,7% от площади Сибирского федерального округа, территория Омской области включает около 10% имеющихся в округе земель сельскохозяйственного назначения.

Своеобразие природно-хозяйственных условий области исторически способствовало формированию здесь специфической региональной системы ООПТ и поиску регионально обусловленных категорий ООПТ. Особенности природных условий и высокая хозяйственная освоенность Омской области определяли необходимость включения в систему ООПТ разных природных объектов и комплексов независимо от исходного состояния и степени антропогенной преобразованности. В предпринимаемых ранее организационных мерах по созданию и планированию устройства ООПТ в Омской области угадываются прообразы возможных категорий охраняемых природных территорий регионального уровня, максимально адаптированных к особенностям развивающейся социо-природно-экономической системы Омского Прииртышья. Однако в связи с происходящими изменениями в сфере управления природными ресурсами, природопользованием и ООПТ и необходимостью приведения устаревшей региональной нормативно-правовой базы в соответствие с нормами современного законодательства Российской Федерации большинство из ранее созданных ООПТ в Омской области были упразднены или не продлены в сроках действия.

Анализ природно-хозяйственных условий Омского Прииртышья и перспектив экономического развития региона, специфики и размещения ранее создававшихся здесь охраняемых территорий, а также различных предложений по созданию ООПТ, которые по разным причинам до сих пор не были реализованы, позволил определить ряд общих принципов и основные направления развития сети охраняемых территорий на данном этапе. Представляется, что концепция формирования сети ООПТ Омской

области должна опираться на следующие принципы системного планирования региональных сетей охраняемых территорий:

1. Преемственность. Все ранее выделявшиеся в области ООПТ регионального значения, не утратившие своих качеств и функционального назначения, должны быть сохранены или восстановлены в своем статусе или подвергнуты реорганизации. Эти территории представляют основу десятилетиями формировавшегося природно-экологического каркаса, пространственные и функциональные особенности которого должны определять направления дальнейшего развития сети ООПТ Омской области и приоритетность создания новых особо охраняемых территорий разного функционального назначения.

2. Эколого-экономическая целесообразность. Функционирование действующих и создание новых ООПТ не должно противоречить интересам социально-экономического развития области. Практически все формы территориальной охраны природы, предусмотренные российским законодательством об ООПТ, могут сочетаться с хозяйственной деятельностью при определенном регламенте ее выполнения. Предотвращение конфликтных ситуаций в случае конкурирующих интересов к какому-либо перспективному для создания ООПТ природному участку со стороны хозяйственной деятельности всегда возможно путем применения соответствующей категории ООПТ и разработки сбалансированных режимов природопользования и охраны.

3. Географическая репрезентативность. Сеть ООПТ Омской области должна соответствовать региональным природным условиям, отражать все многообразие природы, ее типичных и уникальных черт и обеспечивать выполнение ресурсо- и средовоспроизводящих функций природных ландшафтов.

4. Функциональная востребованность (объективная необходимость). Создание и функционирование ООПТ обусловлено необходимостью выполнения актуальных природоохранных задач, решение которых невозможно или мало эффективно иными способами. Соответственно природно-хозяйственным условиям Омской области, степени заселенности и хозяйственной освоенности ее территории такими задачами являются:

- а) сохранение ландшафтного и биологического разнообразия;
- б) охрана и воспроизводство возобновляемых природных ресурсов;
- б) обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности населения;
- в) поддержание оптимального экологического баланса территории.

5. Пространственная и функциональная соподчиненность. Сеть ООПТ Омской области должна быть сформирована охраняемыми участками разных размеров и конфигурации, функционально взаимосвязанными и друг друга взаимодополняющими и составляющими единый экологический каркас территории.

6. Структурная оптимальность. Площадь, количество ООПТ разных категорий и их размещение в пространстве должны обеспечивать устойчивое

существование сети охраняемых территорий и выполнение возложенных на нее задач в условиях естественной динамики природных комплексов и постоянно изменяющейся социально-экономической обстановки.

Принципы выделения отдельных охраняемых территорий разных категорий определяются стратегическими задачами (целями) их создания.

При организации охраны ландшафтного разнообразия главными критериями отбора подходящих территорий являются: типичность, уникальность, сохранность. Охрана биологического разнообразия должна основываться на критериях редкостности и уязвимости. Организация охраны природных ресурсов основана на учете их состояния в зависимости от уровня современного и прогнозируемого использования.

Обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека особо актуально в местах концентрации населения, где требуется организация зеленых зон и подбор площадей для планирования ООПТ паркового типа, удовлетворяющих критериям эстетической привлекательности, рекреационной пригодности, познавательной ценности и традиционной потребительской значимости. Задача поддержания оптимального экологического баланса может ставиться по отношению к чрезвычайно нарушенным территориям, требующим внутренних стабилизационных мер, а также по отношению к участкам высокого средоформирующего значения, независимо от степени их сохранности.

Развитие сети ООПТ Омской области возможно по следующим направлениям:

1. Учитывая низкий уровень организации охраны ландшафтного разнообразия при высоком уровне антропогенных деформаций всех ландшафтно-географических зон области, необходимо расширить сеть ООПТ комплексного профиля в ранге региональных заказников и памятников природы.

2. Первоочередными объектами охраны в тайге и подтайге области являются хорошо сохранившиеся участки темнохвойных лесов и лесные сообщества с участием неморальных реликтов. Особого внимания также заслуживают незатронутые человеческой деятельностью болотные и лесоболотные комплексы с богатым разнообразием животного мира и специфической структурой растительного покрова. В подтаежной и лесостепной зонах следует брать под охрану участки высокопродуктивных древесных насаждений, имеющих особое лесохозяйственное, научное, эстетическое и рекреационное назначение. В лесостепной и степной зонах необходимо выявлять нераспаханные участки коренной зональной растительности. В этих же зонах особую ценность представляют хорошо сохранившиеся болотные экосистемы, являющиеся хранителями палеогеографической информации и убежищами для редких видов флоры и фауны.

3. Вследствие особой экологической значимости, динамичности, контрастности, ресурсной и рекреационной ценности речных долин в

условиях равнинного рельефа Омской области необходимо включение в состав ООПТ пойменно-террасовых комплексов во всех ландшафтно-географических зонах.

4. В связи с тем, что область относится к геологически закрытым регионам необходимо выявление интересных геологических объектов, имеющих научно-познавательное назначение и брать их под охрану в качестве памятников природы.

5. Учитывая транзитное положение области на пути пролета мигрирующих птиц, следует вовлекать в состав ООПТ ключевые орнитологические территории, места сезонных концентраций перелетных птиц, а также места гнездований ценных, редких и исчезающих видов.

6. Особое значение выделение охраняемых территорий имеет в степной зоне области, где к настоящему времени практически не сохранилось неизменных природных ландшафтов. Сельскохозяйственное освоение степной зоны Омского Прииртышья способствовало снижению ландшафтного разнообразия. На место природных ландшафтов пришли поля с монокультурными посевами. Площадь пашен в структуре земельных ресурсов в степи Омской области в настоящее время составляет около 80%, общая площадь сельскохозяйственных угодий – 90,5%. Для степной зоны Омской области характерна наиболее высокая, по сравнению с другими зонами, степень деградации ландшафтов. Здесь необходимо выделение крупной ООПТ заповедно-эталонного типа, а также формирование сети мелких по площади охраняемых участков. Ландшафтная структура мелкоконтурных ООПТ может быть сформирована за счет включения участков развития овражно-балочного рельефа, фрагментов речных долин, приречных древесно-кустарниковых зарослей, степных колков, нераспаханных межколочных пространств, искусственных лесопосадок. Как правило, эти участки в степной зоне являются местами концентрации биологического разнообразия и характеризуются повышенной ресурсной, средозащитной и средообразующей ценностью.

7. Для удовлетворения рекреационных потребностей миллионного Омска в условиях дефицита площади его зеленой зоны требуется развитие сети ООПТ рекреационно-оздоровительного назначения. Наиболее пригодной зоной для этих целей является долина р. Иртыш к северу и югу от областного центра. В принципе зоны отдыха, туризма и рекреации следует сформировать в окрестностях всех крупных населенных пунктов Омской области. Выбор наиболее подходящих категорий ООПТ для этих целей возможен как в рамках категорий, установленных Федеральным Законом «Об особо охраняемых природных территориях в Российской Федерации», так и в рамках развивающихся в области организационных форм, апробированных в Муромцевском районе.

Для улучшения охраны ООПТ, координации природоохранных мер и исключения их дублирования некоторые из ранее созданных ООПТ Омской

области требуют реорганизации. Реорганизация существующих ООПТ может быть целесообразна в следующих случаях:

- при общей границе двух и более ООПТ одинакового профиля,
- при наложении площадей двух или более ООПТ,
- при наличии наличие более мелких ООПТ внутри более крупных,
- при активной хозяйственной деятельности и действующих населенных пунктах в границах ООПТ.

В случаях пересечения границ различных ООПТ и наложения их друг на друга следует произвести разделение территорий с перераспределением площади в пользу ООПТ комплексного профиля.

Изложенные выше положения апробированы при подготовке Схемы территориального планирования Омской области. Работа выполнялась на картографической основе масштаба 1:200000.

Границы предлагаемых ООПТ проводились границам муниципальных образований, по существующим или проектируемым инженерно-транспортным коммуникациям, границам естественных природных объектов, границам кадастровых участков, границам категорий земель (населенных пунктов, земель лесного фонда, земель сельскохозяйственного назначения). Земли населенных пунктов в состав площади предлагаемых ООПТ не включались.

При расположении ООПТ на землях лесного фонда границы рекомендуемых участков формировались по границам лесных кварталов и границам земель лесного фонда. Большинство предложений по созданию ООПТ на землях лесного фонда не предусматривало изъятия этих земель с переводом их в другие категории, что допускается российским законодательством.

При выделении экологически ценных территорий, необходимых для формирования единого экологического каркаса, учитывали то обстоятельство, что водоохранные зоны, защитные лесные полосы, зеленые зоны уже подлежат охране в соответствии с существующим законодательством.

Реализация подготовленных предложений и учтенных Схемой территориального планирования Омской области позволит обеспечить в перспективе увеличение площади ООПТ в области до 15%.

МЕТОДЫ АДАПТАЦИИ ОБЩЕЕВРОПЕЙСКИХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ К РОССИЙСКИМ УСЛОВИЯМ (НА ПРИМЕРЕ СЕТИ ЭМЕРАЛЬД)

Соболев Н.А.

Институт географии РАН, Москва

E-mail: sobolev_nikolas@mail.ru

Панъевропейская стратегия в области биологического и ландшафтного разнообразия (ПЕСБЛР), в реализации которой Российская Федерация принимает активное участие, ставит задачу сохранения биологического и ландшафтного разнообразия как источника материальных благ и бесценного природного наследия народов Европы. Первая стратегическая задача ПЕСБЛР – полное формирование к 2015 г. Панъевропейской экологической сети (ПЕЭС), обеспечивающей сохранение, улучшение состояния и восстановление ключевых экосистем, мест обитания, видов и элементов ландшафта.

В качестве ключевых территорий ПЕЭС рассматриваются участки сети Эмеральд, создаваемой в рамках Конвенции об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе (Бернская конвенция), а также участки, выявленные в соответствии с национальными или региональными приоритетами [General guidelines..., 2000]. Учитывая, что Бернская конвенция является международным документом, существует тенденция рассматривать в качестве основы ПЕЭС именно сеть Эмеральд.

Российская Федерация имеет в Бернской Конвенции статус наблюдателя, который позволяет участвовать в формировании сети Эмеральд. Действующее законодательство Российской Федерации предусматривает сохранение мест обитания видов, занесённых в Красную книгу Российской Федерации и красные книги субъектов Российской Федерации. Бернская конвенция содержит сходные требования в отношении сохранения мест обитания видов, имеющих панъевропейское значение. В 1999 г. Всероссийский научно-исследовательский институт охраны природы выполнил пилотный проект выявления участков сети Эмеральд в Республике Карелии. Он показал ряд проблем адаптации положений Бернской конвенции к российским условиям.

С другой стороны, традиционная гибкость подходов к формированию сети Эмеральд создаёт предпосылки для гармонизации подходов к территориальной охране природы в различных странах Европы. Такая панъевропейская гармонизация экологических и правовых основ и практических методов территориальной охраны природы удобна тем, что производится в объёме, необходимом для международного сотрудничества, не затрагивая прерогативы государственного суверенитета, в частности делает более эффективным использование потенциала российской природоохранной науки в форме равноправной взаимовыгодной интеграции в панъевропейские природоохранные исследования и проекты.

Для обеспечения эффективного участия России в формировании сети Эмеральд целесообразно разработать принципы формирования сети

Эмеральд в российских условиях на основе приоритетов, установленных российским законодательством.

Рекомендация № 16 (1989 г.) Исполнительного комитета Бернской конвенции определяет, что «территории особо природоохранного значения» (Areas of Special Conservation Interest – ASCIs), составляющие сеть Эмеральд, должны соответствовать одному из следующих критериев:

1. Существенный вклад в сохранение находящихся под угрозой, эндемичных или иных видов, занесённых в приложения 1 и 2 Бернской конвенции;

2. Сохранение значительного числа таких видов или важных популяций одного или нескольких таких видов на территории с высоким видовым разнообразием;

3. Сохранение важного и/или репрезентативного участка местообитаний, находящихся под угрозой;

4. Сохранение выдающегося (уникального) участка отдельного типа местообитаний или группы местообитаний различных типов;

5. Сохранение важной территории для одного или нескольких мигрирующих видов;

6. Наличие иного существенного вклада в достижение целей Бернской конвенции.

Как можно заметить, 6-й критерий введён формально, в качестве «страховочного», 5-й касается некоторых животных, в основном – птиц. В основе выявления потенциальных участков сети Эмеральд лежат критерии 1 и 2, основанные на обитании приоритетных видов. Участки, соответствующие критериям 3 и 4 (репрезентативные и выдающиеся местообитания) практически всегда соответствуют также и критериям 1 и 2, в противном случае их репрезентативность и уникальность могла бы быть оспорена.

Основная проблема применения указанных критериев состоит в том, что перечни приоритетных видов и типов местообитаний, установленные Бернской конвенцией, существенно не совпадают с аналогичными приоритетами, установленными нормативно-правовыми актами Российской Федерации и субъектов Российской Федерации.

Рассмотрим эту проблему и возможности её решения на примере Московской области. Из числа видов, занесённых в приложения 1 и 2 к Бернской конвенции, в Московской области обитает, по нашим оценкам, не менее 13 видов растений, не менее 15 видов насекомых и более 130 видов позвоночных животных. При этом среди приоритетных видов Бернской конвенции отсутствует ряд видов, занесённых в Красную книгу Российской Федерации и обитающих на территории Московской области – как растения (касатик безлистный, рябчики шахматный и русский, ковыли перистый, красивейший и опушённолистный, полушники щетинистый и озёрный и др.), так и животные (стрекоза дозорщик-император, жужелица Менетрие, бронзовка гладкая, европейский хариус, большой кроншнеп, кулик-сорока, европейская белая куропатка и др.). Тем более, в число приоритетных видов Бернской конвенции не попали десятки видов, занесённых в Красную книгу Московской области. С другой стороны, многие приоритетные виды

Бернской конвенцией не нуждаются в специальных мерах охраны даже в густонаселённой Московской области. Например, к числу приоритетных для охраны видов птиц Бернской конвенцией отнесены не только действительно редкие и находящиеся под угрозой исчезновения, но и все виды отрядов совообразных, соколообразных, дятлообразных, семейств сорокопутовых, трясогузковых, синицевых, и ряд других видов, в Московской области многочисленных или обычных.

Обычность в России видов панъевропейского статуса в ряде случаев может быть аргументом в пользу целесообразности инвестиций в сохранение российской природы, учитывая её роль как едва ли не решающего фактора панъевропейской экологической стабильности. Что же касается формирования сети Эмеральд на основе установленных критериев, то здесь следует обратить внимание на то, что эти критерии предполагают не только наличие приоритетных объектов на той или иной территории, но и повышенное значение территории для сохранения таких объектов. Установление этого особо природоохранного значения как раз и позволяет адаптировать критерии к региону их применения. Показателем важности территории для сохранения тех или иных видов или сообществ мы считаем максимально возможное фактическое соответствие условий обитания естественным (географически обусловленным).

Для установления особого природоохранного значения территорий нередко используются сведения об обитании на той или иной территории экологически требовательных редких видов. При этом подразумевается, что из наличия условий для их обитания следует и наличие условий, подходящих для менее стенотопных видов, и таким образом можно говорить о высокой сохранности биоты в целом и, следовательно, благоприятных для неё экологических условиях. Однако такой подход нельзя признать во всех случаях корректным в связи с тем, что отдельные уязвимые виды могут обитать и в сильно изменённых условиях, когда приемлемая именно для них совокупность экологических условий сложилась за счёт взаимной компенсации отклонений отдельных показателей от оптимума.

Мы решаем эту проблему путём использования для индикации ценных территорий не одного, а комплекса уязвимых видов, занимающих в одном и том же сообществе принципиально различные экологические ниши. Поскольку у каждого из таких видов экологические требования к среде обитания существенно отличаются от экологических требований других видов, то и приемлемое для них сочетание отклонений экологических показателей от оптимума в нарушенном сообществе, также будет видоспецифично. Получается, что на территориях с существенным отклонением экологических условий от оптимальных приемлемая совокупность условий обитания стенотопных видов с разными экологическими требованиями могла бы сложиться, только если бы каждый экологический показатель принял одновременно несколько разных (специфических для каждого вида) значений в пределах одного местообитания, что физически невозможно. Таким образом, одновременно удовлетворять требованиям разнообразных редких уязвимых видов могут только условия, соответствующие оптимальному (малонарушенному)

состоянию природного сообщества, в котором они совместно обитают. Учитывая изложенное, в качестве признака особого природоохранного значения территории, состоящего в близости экологических условий к естественным, мы предлагаем рассматривать одновременное обитание разнообразных экологически требовательных редких видов, в том числе - видов, которые относятся к различным трофическим уровням, и популяции которых занимают территории разных иерархических уровней в пространственной структуре экосистемного покрова [Соболев, 1998]. Отметим, что в данном случае история данной территории не рассматривается в качестве критерия её близости к естественному (географически обусловленному) состоянию, но, с другой стороны, может быть весьма полезна для анализа причин неполного соответствия этому состоянию.

Если в качестве таких редких видов – индикаторов естественных экологических условий используются виды, подлежащие охране, то обоснование экологической значимости территории послужит одновременно и правовому обоснованию установления её особой охраны.

В качестве примера мы провели оценку соответствия ООПТ, расположенных на территории Московской области, критериям отнесения к сети Эмеральд, адаптированным при помощи применения указанного признака особого природоохранного значения территории. Не исключая наличия в Московской области и других территориях, соответствующих критериям отнесения к сети Эмеральд, мы можем констатировать, что им, во всяком случае, соответствуют Приокско-Террасный заповедник, национальный парк «Лосиный остров», госкомплекс «Завидово», группы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) регионального значения: граничащие между собой заказники «Большегридинский» и «Долина реки Поля с прилегающими лесами»; заказник «Верховое болото Раменское» и 4 связанных с ним ООПТ; заказники «Журавлиная родина», «Озеро Заболотское и его окрестности», «Туголянские озёра» и связанные с ними 5 ООПТ; граничащие между собой заказники «Кузьминский» и «Междуречье рек Б. Сестра и М. Сестра»; заказник «Лачужские озёра с прилегающим лесом» и 2 связанных с ним памятника природы; заказник «Озеро Сосновое с окрестностями» и 2 связанных с ним памятника природы; заказник «Остепнённые склоны долины Полосни» и 5 связанных с ним ООПТ, соединённых водоохранной зоной Полосни; заказник «Черустинский лес» и 4 связанных с ним ООПТ; отдельные заказники регионального значения - «Леса западной части Борщевского лесничества», «Люльковский комплексный», «Москворецкий пойменный», «Озеро Глубокое с прилегающими лесами», «Урочище Верёвкин бугор», «Хвойные леса в верховьях р. Москвы», «Цна» и, по-видимому, некоторые другие заказники и памятники природы регионального значения. Как видно из приведённого списка, некоторые ценные природные территория охраняются путём создания нескольких региональных ООПТ, экологически связанных и, как правило, граничащих между собой. Повышение природоохранного статуса перечисленных ООПТ будет способствовать сохранению приоритетных видов и других объектов Бернской конвенции в условиях, наиболее близких

к естественным в рассматриваемом регионе – Московской области. Признание международного значения перечисленных ООПТ повысит защищённость видов, подлежащих охране в соответствии с российским законодательством. В то же время, территории, не являющиеся местами обитания охраняемых в Московской области видов и не имеющие особого значения для охраны обитающих там видов панъевропейского значения, в список потенциальных участков сети Эмеральд не попали.

На указанных принципах, после обсуждения и согласования их с Секретариатом Бернской Конвенции, следует провести оценку и дать предложения по отнесению ценных природных территорий России к сети Эмеральд. Это позволит сформулировать на официальном уровне и в панъевропейской системе оценок высочайшую природоохранную значимость российских ООПТ. Одним из проектов панъевропейского масштаба может стать формирование трансграничных и трансконтинентальных макрокоридоров, связывающих природные массивы в России с природными территориями в других частях Северной Евразии, прежде всего – в Центральной и Западной Европе. Подобная инициатива станет реальным шагом к прекращению потерь биоразнообразия в нашем регионе. Осуществление её в рамках международного сотрудничества может создать основу постоянных международных инвестиций в сохранение российской природы. Осознание роли России как главного хранителя мирового природного наследия и гаранта глобального экологического благополучия должно стать важнейшим компонентом национальной идеи, объединяющей российское общество.

Литература

1. General guidelines for the development of the Pan-European Ecological Network // Nature and environment, № 107. Strasbourg, 2000. 50 pp.
2. Соболев Н.А. Особо охраняемые природные территории и охрана природы Подмосковья // Научные чтения, посвящённые памяти Н.Ф. Реймерса: Докл. 4-й конф. в связи с 850-летием г. Москвы. - М.: Изд-во МНЭПУ. 1998. - С. 26 - 56.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ГИЛЬДИИ ВИДОВ РОДА *SYMPETRUM* NEW. (*ODONATA*) В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Стаин В.Ю.

Научно-исследовательский институт геохимии биосферы Южного
федерального университета, Новороссийск
E-mail: pantala@mail.ru

На примере модельного водоема (вновь созданный гравийный карьер заполненный родниковыми и дождевыми водами) нами проводился мониторинг процесса формирования гильдии видов стрекоз рода *Sympetrum* New. Наблюдения велись в течение шести лет с 1996 по 2001 годы.

Рассматривались как количественные характеристики (наличие или отсутствие, относительная численность, плотность и встречаемость видов), так и качественные (сезонная, суточная, пространственная динамика, особенности этологии).

В модельном биотопе за все годы наблюдений отмечено восемь видов стрекоз: *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All., *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum tibiale* Ris., *Sympetrum vulgatum vulgatum* L., *Sympetrum striolatum striolatum* Charp., *Sympetrum fonscolombi* Sel., *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel.

Все перечисленные выше виды предпочитают стоячие или слабопроточные водоемы, с густой околоводной и водной растительностью. У исследованных видов выявлено 2 типа территорий: территории с одним самцом (индивидуальные) и территории с одним доминантным и несколькими субдоминантными самцами (общественные). Размер территории первого типа от 1,5 до 3 кв. м., она характерна для видов *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum vulgatum vulgatum* L., *Sympetrum striolatum striolatum* Charp., *Sympetrum fonscolombi* Sel., *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel. Территория второго типа имеет размеры от 6 до 14 кв. м., она типична для видов *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All., *Sympetrum tibiale* Ris.

По изменению активности на протяжении суток выделено 4 группы стрекоз: виды активные в утренние часы- *Sympetrum fonscolombi* Sel., *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel.; виды активные в середине дня- *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum striolatum striolatum* Charp.; виды активные вечером- *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All.; виды с пиком активности утром и вечером- *Sympetrum tibiale* Ris., *Sympetrum vulgatum vulgatum* L. Конкретные временные сроки пиков активности меняются по сезонам для видов, имеющих растянутые сроки лета и для всех видов в зависимости от

микrokлиматических условий конкретного местообитания. Конечно, эти изменения имеют пределы изменчивости и всегда вписываются в приведенные группы.

Все поведенческие акты изучаемой группы можно классифицировать в две группы: половую и неполовую активность, хотя первая характерна только для части популяции, так в ней могут присутствовать неполовозрелые особи. У видов *Sympetrum fonscolombi* Sel., *Sympetrum tibiale* Ris., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel., *Sympetrum vulgatum vulgatum* L., неполовозрелые особи не имеют собственных территорий и не совершают патрульных полетов. У остальных видов неполовозрелые особи после определенного времени проявляют территориальное поведение, которое однако носит эфемерный характер, т.к. время пребывания их на индивидуальной территории очень небольшое (менее 10% от времени общей активности), да и расположение самого индивидуального участка может меняться. Питание изучаемых видов продолжается на протяжении всего периода активности вида, за исключением времени половой активности. Интенсивность питания заметно выше у неполовозрелых особей.

Сведения о динамике появления видов на водоеме, их относительной численности и плотности представлены на рис. 1, 2.

Динамика относительной численности видов р. *Sympetrum* по годам (1992-1998 гг.)

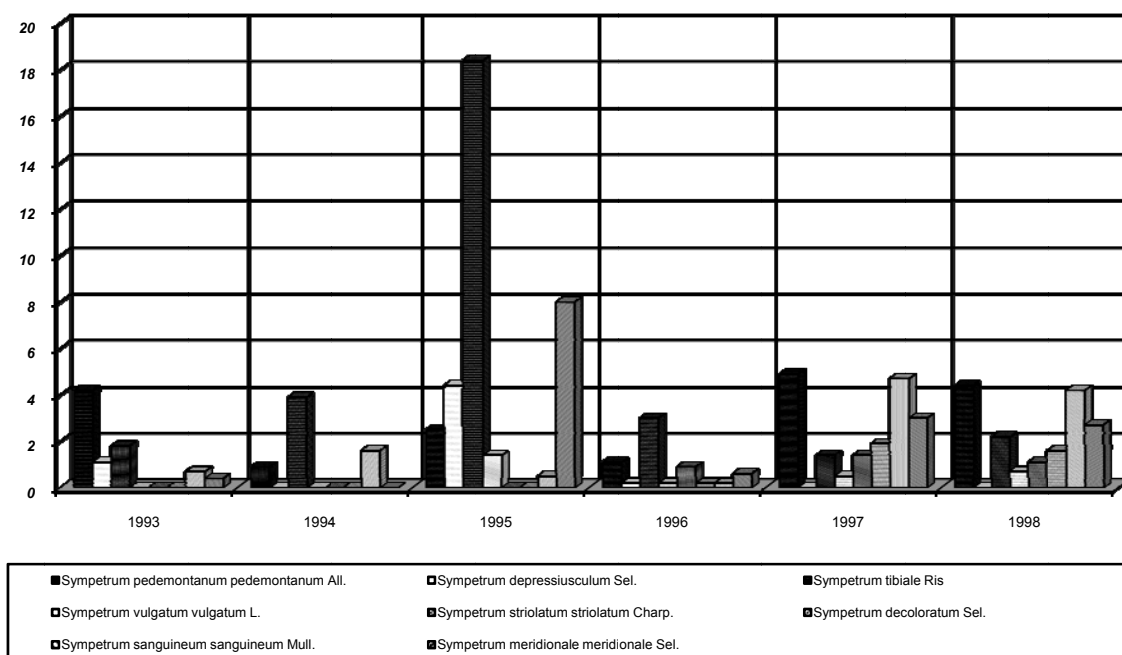


Рис. 1. Динамика относительной численности стрекоз рода *Sympetrum* New. модельного водоема

Колонизацию данного водоема начали с появления сразу пять видов-*Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All., *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum tibiale* Ris., *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel., что объясняется близостью водоемов с богатой фауной стрекоз. Первым появился *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All., который, учитывая данные по другим биотопам, следует признать видом-пионером (в рамках этого рода). Численность данного вида в начале колонизации сразу была большой, что позволило одномоментно занять ему все удобные микростации. Массовая колонизация позволила этому виду успешно противостоять конкуренции, со стороны другим видам появившимся позднее, что особенно заметно при анализе взаимодействия данного вида с *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull. и *Sympetrum meridionale meridionale* Sel., имеющих перекрывающиеся экологические ниши. Виды, предпочитающие непроточные водоемы и, соответственно оказавшиеся стационально более разобщенными, демонстрируют большую численность, плотность и встречаемость. Хотя и внутри этой пары видов - *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum tibiale* Ris., мы наблюдаем преобладание последнего вида над первым.

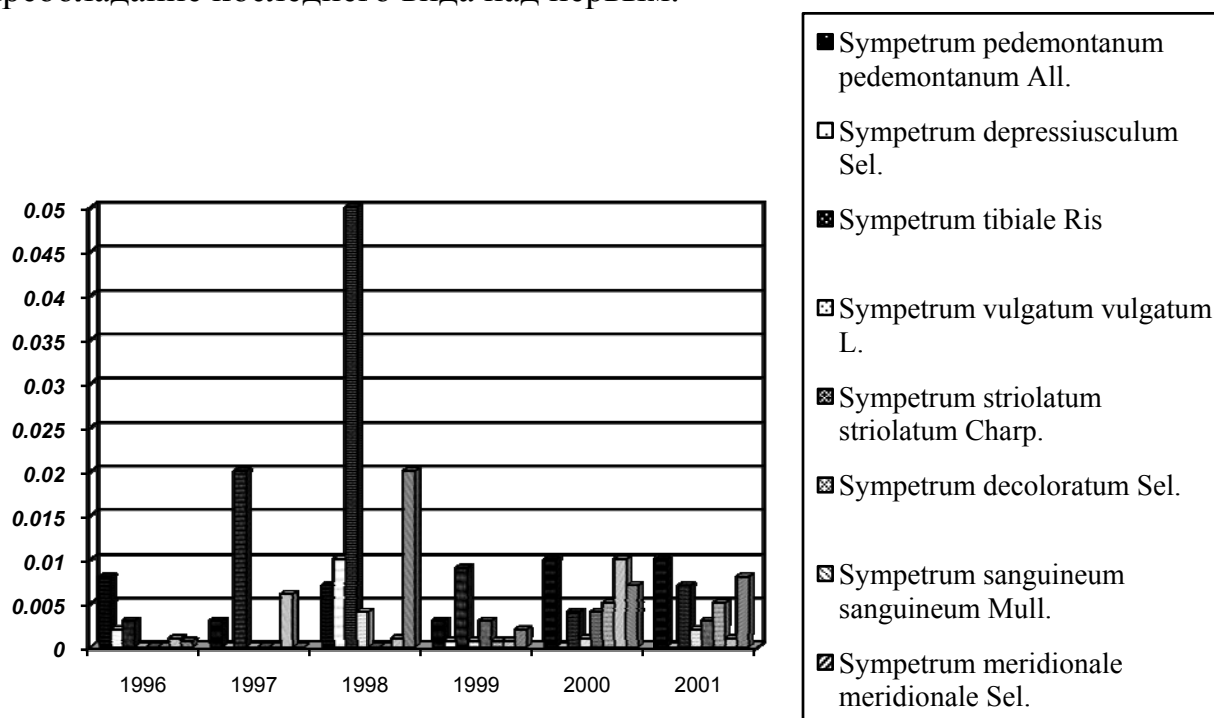


Рис.1. Динамика плотности стрекоз рода *Sympetrum* New. модельного водоема

В следующем году отмечены значительные изменения в одонатосообществе. На исследуемом водоеме обнаружено три вида-*Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All., *Sympetrum tibiale* Ris., *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull. В качестве возможного объяснения такой динамики числа видов следует рассмотреть взаимоотношения видов на

уровне личиночной стадии, т.к. ни один из видов не зимует на стадии имаго. Вероятно, довольно бедная, на данной стадии развития водоема, кормовая база, стала причиной жесткой внутривидовой конкуренции на уровне нимф, что в свою очередь вследствие вытеснения особей на границы экологической ниши привело к возрастанию межвидовой конкуренции.

Так как особи одного вида используют краевые ресурсы, по-видимому, не могут использовать их так же эффективно, как представители других видов, для которых эти ресурсы почти оптимальны, то области перекрывания ниш уменьшатся [1]. Следствием этого будет уменьшение размеров популяции обоих видов. В нашем случае это привело к резкому снижению численности (до уровня чрезвычайной редких и не учитываемых в сборах) двух видов- *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel. Снижение численности ранее самого многочисленного вида *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All. и повышение, до определенного уровня численности, вероятно, более конкурентоспособного на стадии личинки *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull., что является ярким подтверждением гипотезы диффузной конкуренции. В данной ситуации в наибольшем выигрыше оказался вид наиболее стационально разобщенный с указанными видами, а именно *Sympetrum tibiale* Ris., который в данных условиях и имел наибольшую численность и плотность на стадии имаго. Одинаковые значения встречаемости у *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All. и *Sympetrum tibiale* Ris., объясняется, тем что первый вид более северного происхождения и начало выплода, в отличие от более южного *Sympetrum tibiale* Ris. более растянуто, что и является причиной таких значений этого показателя. Причиной отсутствия миграции в данный биотоп видов из близлежащих водоемах является низкая численность в этот год видов р. *Sympetrum* на нем, что снизило внутривидовую конкуренцию и вызвало ослабление инстинкта «разлета».

На следующий сезон в модельном биотопе обнаруживается уже шесть видов - *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All., *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum tibiale* Ris., *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel., *Sympetrum vulgatum vulgatum* L.

Таким образом, к уже отмечавшимся видам прибавился *Sympetrum vulgatum vulgatum* L. Причем численность всех видов за исключением *Sympetrum meridionale meridionale* Sel., довольно резко повышается. Особенно ярко это проявляется на примере *Sympetrum tibiale* Ris., численность которого растет более чем в 4,5 раза. Объяснением этого служит увеличение кормовой базы водоема с одной стороны, а с другой стороны этот процесс является следствием диффузной конкуренции, которая сократила ширину ниши видов, что сделало возможным вселение новых видов и увеличение численности уже обитающих здесь видов.

В следующем году мы отмечаем уже восемь видов- *Sympetrum pedemontanum pedemontanum* All., *Sympetrum depressiusculum* Sel., *Sympetrum tibiale* Ris., *Sympetrum vulgatum vulgatum* L., *Sympetrum striolatum striolatum*

Charp., *Sympetrum decoloratum* Sel., *Sympetrum sanguineum sanguineum* Mull., *Sympetrum meridionale meridionale* Sel. Причем все обитавшие здесь виды и вновь появившиеся (*Sympetrum decoloratum* Sel., *Sympetrum striolatum striolatum* Charp.) имеют низкую численность. Данный факт, вероятно, объясняется сокращением кормовой базы вследствие высокой численности имаго и соответственно нимф в прошлом году и сокращением ширины ниши, которая вмещает меньшее число особей вида. Однако последнее влечет за собой увеличение видового разнообразия сообщества, хотя и при более низких значениях численности составляющих его видов.

Предпоследний сезон наблюдений подтверждает наши выводы. Количество видов сокращается на один (*Sympetrum depressiusculum* Sel.) за счет чего, а так же за счет увеличения кормовой базы вследствие ее меньшего выедания в прошлом году численность видов растет. И мы наблюдаем установление динамического равновесия между числом видов и количеством каждого вида, в соответствии с шириной и «жесткостью» его экологической ниши.

Последний год мониторинга дает вполне прогнозируемую картину. Наблюдает подтверждение тенденции стабилизации числа видов и численности каждого вида, что свидетельствует об установлении сукцессионального равновесия внутри данной гильдии.

Литература

1. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.

РЕПРОДУКТИВНАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ КАК ОТРАЖЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Суходольская Р. А., Козырева Е. А.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
E-mail: ra5suh@rambler.ru

Актуальность мониторинга биоты не вызывает сомнений. Проблема состоит в том, что в культурных ландшафтах все естественные экосистемы деформированы в той или иной степени антропогенным влиянием, то есть нет эталона, с которым можно было бы сравнивать наблюдаемую выборку, и делать заключение, насколько она стабильна, и, самое главное, насколько эта стабильность сохраниться в дальнейшем.

На практике достаточно примеров, когда высокая численность популяции в данном году и в данном месте на следующий сменяется глубокой депрессией, и, наоборот. Значит, надо проводить мониторинг ежегодно? По-видимому, целесообразнее разработать инструмент, который позволяет в данный момент оценить степень устойчивости популяции, а значит прогнозировать ее численность.

Таким инструментом является, на наш взгляд, репродуктивная структура популяции. Суть метода состоит в том, что одномоментно из популяции берется выборка, в ней просчитывается соотношение полов и особи анализируются по ряду признаков, причем самки и самцы в отдельности. Рабочая гипотеза, мировоззренческой основой которой является теория дихронной эволюции полов [1], заключается в том, что, если между самками и самцами наблюдается явная и большая разница по ряду признаков, если соотношение полов сдвинуто в пользу самцов, то структура популяции нестабильная, она испытывает негативное воздействие и можно прогнозировать снижение ее численности.

Предложенный метод апробируется на популяциях двух объектов, которые выбраны не случайно: это хищные жуки – жужелицы, которые регулируют численность вредных насекомых, то есть с практической точки зрения, безусловно, полезны, и колорадский жук – известный вредитель пасленовых.

Первый опыт наших исследований показал, что, действительно, в ряде случаев предположенная нами разнокачественность структуры самцов и самок, принадлежащих одной популяции, существует [2].

На втором этапе мы должны были смоделировать ситуацию так, чтобы проверить степень этой разницы в заведомо оптимальных и заведомо пессимальных условиях. С первого взгляда, кажется, что это - проще простого: взять выборку где –нибудь в зоне влияния промышленного загрязнения (это будут негативные условия) и сравнить ее с выборкой, скажем, из заповедника (это условия благоприятные). Но так можно рассуждать лишь априори. В литературе достаточно примеров, когда в импактных зонах популяции размножаются в течение долгого ряда поколений, то есть имеют стабильную структуру и успешны. Поэтому мы подходили к оценке местообитания исследуемых популяций с точки зрения

общебиологической: была привлечена теория ареала, когда его центр считается оптимальной средой обитания, а края – пессимальной.

Были построены карты ареала исследуемых видов. На рис. 1 представлена российская часть ареала исследуемых видов жужелиц с местами отбора проб. Для абсолютного большинства исследованных выборок характерна картина представленная на рис.2: на краю ареала соотношение полов сдвинуто в пользу самцов, в центре – соотношение полов 1:1. Проведенный многомерный анализ по комплексу морфометрических признаков показал, что разница между самками и самцами на краю ареала проявляется чаще и ярче, чем в популяциях того же вида, обитающих в центре.

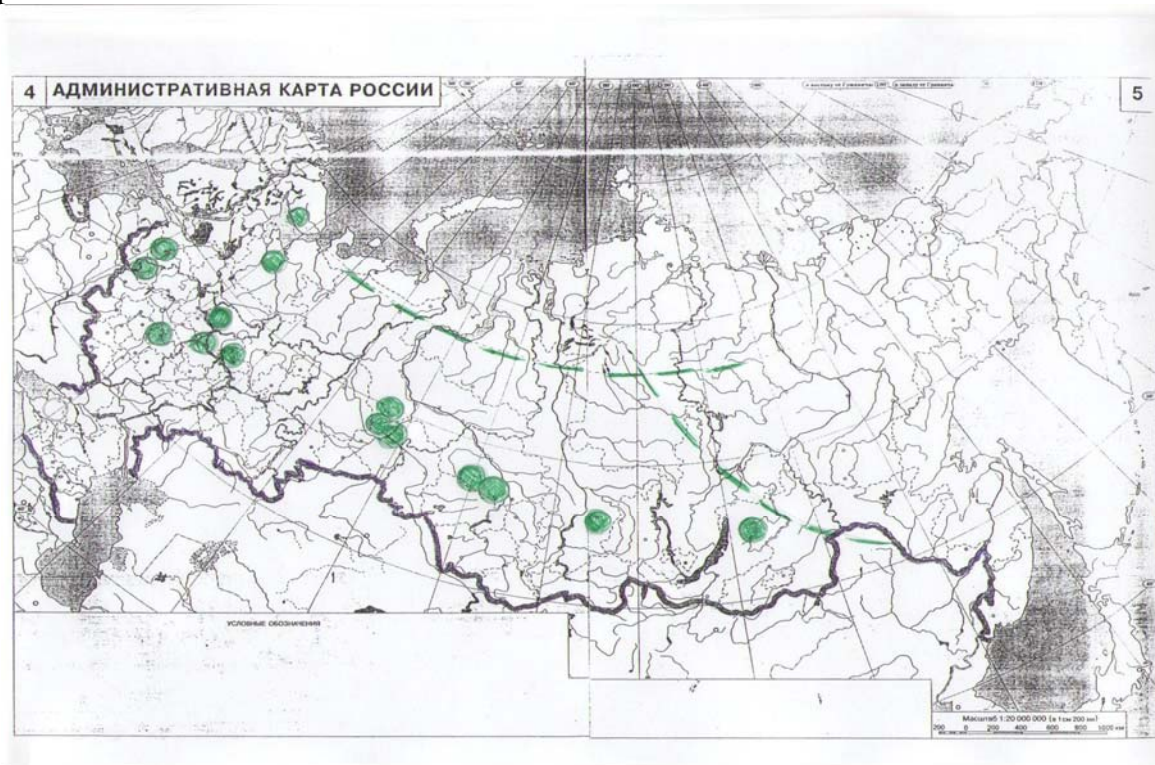


Рис. 1. Ареал *Carabus granulatus* в России

Для колорадского жука, благодаря его популярности, удалось построить несколько карт ареалов. В частности, это североамериканский континент, Западная Европа и Евразия. Мы вычислили, что скорость расширения ареала колорадского жука в Северной Америке составляла всего 30 км в год, в Западной Европе она увеличилась до 100. В 2004 году восточная граница ареала колорадского жука проходила по Уралу, а современная карта показывает, что его очаги появились уже на берегу Тихого океана. Таким образом, на нашем континенте ареал его продолжает формироваться и именно краевые популяции (это окрестности городов Томска, Кемерово, Иркутска) демонстрируют крайнюю степень неустойчивости, оцененную нашим инструментом – репродуктивной структурой популяции.

Метод использования репродуктивной структуры популяций как инструмента оценки их устойчивости был апробирован на городских популяциях жужелиц. Результаты не так однозначны, как в предыдущем блоке. В частности, нам удалось показать, что степень устойчивости городских популяций зависит от видовой принадлежности, однако нельзя

сказать, что город с его промышленностью, автотранспортом и другими антропогенными факторами влияет на жужелиц негативно [3].

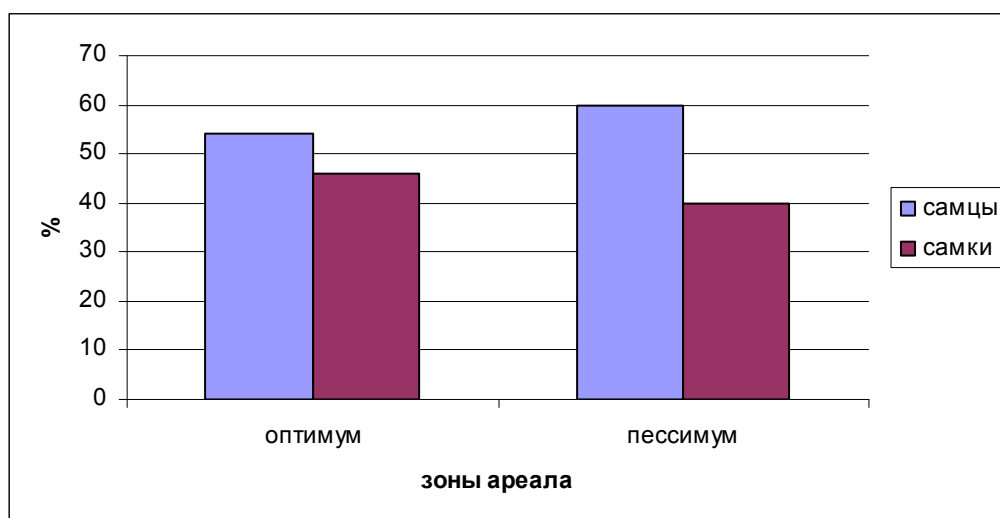


Рис. 2. Соотношение полов в популяциях жужелиц

По колорадскому жуку полученные данные свидетельствуют о том, что в Республике Татарстан все отловленные выборки (а их около 20, то есть проанализировано 2000 особей) принадлежат одной «расе», отличной от тех, что обитают на юге или востоке. Но внутри этой расы сформированы отдельные выборки, которые отличаются по степени устойчивости. Материал находится в камеральной и машинной обработке.

Если метод покажет свою действенность, то мы видим, по крайней мере, два аспекта его приложения:

- при мониторинге популяций достаточно делать одномоментную съемку для того, чтобы оценить состояние экосистемы и дать прогноз численности ее составляющих;

- применение химического способа борьбы с насекомыми – вредителями только тогда оправданно, когда популяция популяции их устойчивы; в противном случае численность их будет снижаться по внутрипопуляционным причинам; это позволит избежать экологически негативных последствий.

Литература

1. Геодакян В.А. Об эволюционной близорукости экологических концепций /В. А. Геодакян // Теория эволюции: наука или идеология? Труды XXV Люблинских чтений. Ценологические исследования. – 1998. - вып. 7. – С. 244 - 249.
2. Суходольская Р. А. Структура изменчивости в популяциях почвообитающих беспозвоночных при разной степени антропогенного воздействия/Р. А. Суходольская, Г. А. Тимофеева // В кн.: «Экология и биология почв», Ростов – на – Дону, 2006. С. 479 – 484.
3. Суходольская Р. А. Популяции жужелиц в условиях современного города /Р. А. Суходольская, Г. А. Тимофеева // Современное состояние и пути развития популяционной биологии. Материалы X Популяционного семинара, Ижевск, 2008. С. 423 – 425.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ЖУЖЕЛИЦ ПРИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Тимофеева Г. А., Савосин Н. И.

Институт экологии и недропользования АН РТ, Казань
ra5suh@rambler.ru

Жужелицы чутко реагируют на изменения среды существования и поэтому часто используются для оценки антропогенного воздействия на экосистемы различного масштаба [3]. Ряд работ посвящен изучению жужелиц, обитающих в урбоценозах, однако эти исследования выполнены на уровне сообществ. В нашей работе представляются данные, полученные в результате изучения жужелиц на популяционном уровне, поскольку показано, что именно популяция является элементарной единицей эволюции, а устойчивость вида, его реакция на комплекс условий существования, возможность эксплуатации и контроля численности отдельных видов целиком зависят от состояния популяций, их реакции на различные воздействия, способности сохраняться в условиях сложной и динамической среды.

Целью исследования была оценка состояния городских популяций жужелиц по их морфометрической и репродуктивной структуре. Морфометрические признаки часто отражают адаптивную стратегию популяций [1]. Репродуктивная структура популяций также свидетельствует об их «экологическом благополучии»: в суровых условиях среды соотношение полов сдвигается в пользу самцов, увеличивается размах их изменчивости, ярко проявляется половой диморфизм как по мерным, так и по фенетическим признакам [2].

Объектом изучения был вид жужелиц *Carabus aerugenosus*. Место исследования - город Кемерово, который для этого вида является центром ареала. Здесь он является субдоминантом, тяготея к лесным биоценозам. В ранее выполненной работе [5] было показано, что в целом выборка *Carabus aerugenosus*, взятая в Кемерово, отличается значительным микроэволюционным потенциалом судя по соотношению полов, сдвинутому в пользу самцов, их высокой изменчивости по мерным признакам и цветовому полиморфизму. В данном сообщении проанализированная выборка была разбита на несколько блоков, в зависимости от того, где были отловлены жуки – скверы, городские парки и газоны, жилые зоны, зона промышленной застройки, а также добавлен материал по жукам, отловленным в загородной зоне (с/о Октябрьский в 50 км от города).

Жуков отлавливали стандартно, ловушками Барбера в течение трех вегетационных сезонов, дифференцировали по полу и проводили индивидуальный обмер жуков по семи мерным признакам: длина надкрыльев – расстояние по шву от середины бортика до вершины, ширина левого и правого надкрылий – расстояние между соответствующим плечевым углом до середины бортика, длина переднеспинки – расстояние по средней линии от основания до вершины, ширина переднеспинки – ширина основания, длина головы – расстояние от шеи до верхней губы, расстояние

между глазами. Все результаты обработаны в стандартных статистических программах. В общей сложности проанализировано более 1500 особей. Были получены следующие результаты.

При анализе выборок без дифференциации их по полу выяснилось, что имеются статистически значимые различия в размерах жуков, обитающих в различных зонах. В парках и скверах, а также в промышленной зоне жуки самые мелкие и имеют наименьшие коэффициенты вариации мерных признаков. В селитебной зоне жуки крупнее, а вариабельность мерных признаков у них наибольшая по выборке. Самые крупные жуки обитают в загородной зоне, но изменчивость их несколько ниже, по сравнению с селитебной зоной, и выше, по сравнению с парками, скверами и зоной загрязнений. Таким образом, морфометрическая структура сходна в популяциях, обитающих в городских парках, скверах и зоне промышленной застройки, с одной стороны, и в селитебной зоне и загородом, с другой. Это подтвердил дискриминантный анализ, в результате которого упомянутые пары популяций попадают в один эллипс распределения.

Анализ репродуктивной структуры включал оценку соотношения полов, половой диморфизм (в нашем случае – разность значений мерных признаков между самками и самцами), дисперсию полов (отношение объема изменчивости по определенному признаку у самцов к таковому у самок). Соотношение полов в парках и промышленной зоне оптимально – равновесное – 1 : 1, половой диморфизм не выражен, дисперсия полов по большинству признаков меньше 1, то есть вариабельность самцов ниже вариабельности самок. Это говорит в пользу того, что популяции парков и промышленной зоны стабильны (рис.1).

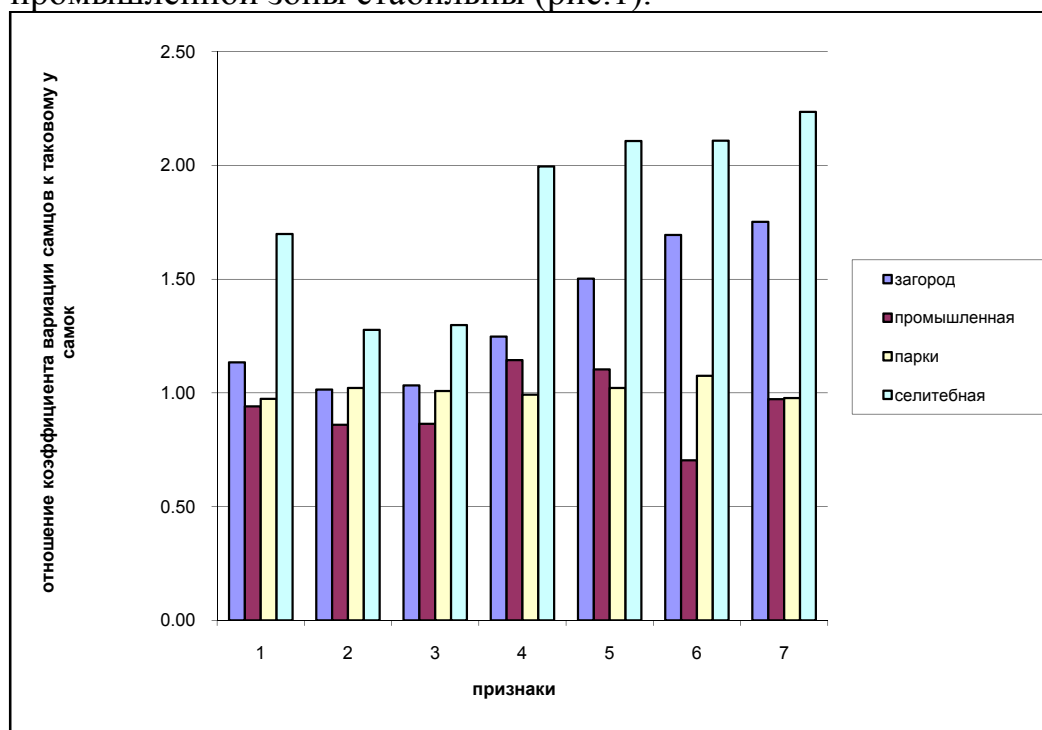


Рис. 1. Дисперсия полов в популяциях *C. aerugenosus*

По – видимому, обитание в городе адаптирует жуков к условиям урбанизации и они вырабатывают достаточный репродуктивный потенциал. Сходные результаты были получены при анализе структуры популяций другого вида карабид – *C. cancellatus* в г. Казани [4]. Сниженный размах изменчивости мерных признаков в этих популяциях говорит в пользу жесткого стабилизирующего отбора под влиянием урбанизации. На первый взгляд вызывает недоумение сходная картина морфометрической и репродуктивной структуры популяций *C. aerugenosus* в парках и промышленной зоне. Однако в ряде работ было показано, что загрязняющий эффект на почву наблюдается не в непосредственной близости к какому – либо источнику загрязнения, а в 5 – 15 км. Учитывая то, что исследованные биотопы в парках и промышленной зоне сходны и лесонасаждения последней мало подвержены рекреации, по – видимому, здесь складываются одинаковые условия обитания жужелиц, что отражается на их популяционной структуре.

В селитебной зоне и загородом соотношение полов в популяциях *C. aerugenosus* несколько сдвинуто в пользу самок, что говорит об достаточно стабильном состоянии этих популяций. Однако половой диморфизм по размерам жуков здесь выражен ярко, особенно в селитебной зоне. Дисперсия полов по большинству признаков больше 1, что говорит о большом объеме изменчивости в самцовой части популяции. Эти факты говорят в пользу того, что на эти популяции действуют возмущающие факторы и идет постоянный процесс адаптации к меняющимся условиям среды. В селитебной зоне это может быть постоянный пресс вытаптывания почвенного покрова, а загородом – влияние конкуренции и т.п. Различия в морфометрической структуре самок и самцов, взятых из разных зон городской застройки подтвердил дискриминантный анализ (рис. 2): расстояние Махаланобиса между самками и самцами в парковой зоне меньше, чем таковое – в селитебной.

Приведенные факты говорят о том, что структура популяций жужелиц, обитающих в городе и загородом различается, что является следствием урбанизации. Однако в пределах самого города, популяции, обитающие в парках, селитебной зоне и зоне промышленной застройки, имеют свои особенности структуры, что сказывается на их репродуктивном потенциале. Это следует иметь в виду, когда идет оценка динамики и прогноз численности какого – либо вида карабид в городской черте.

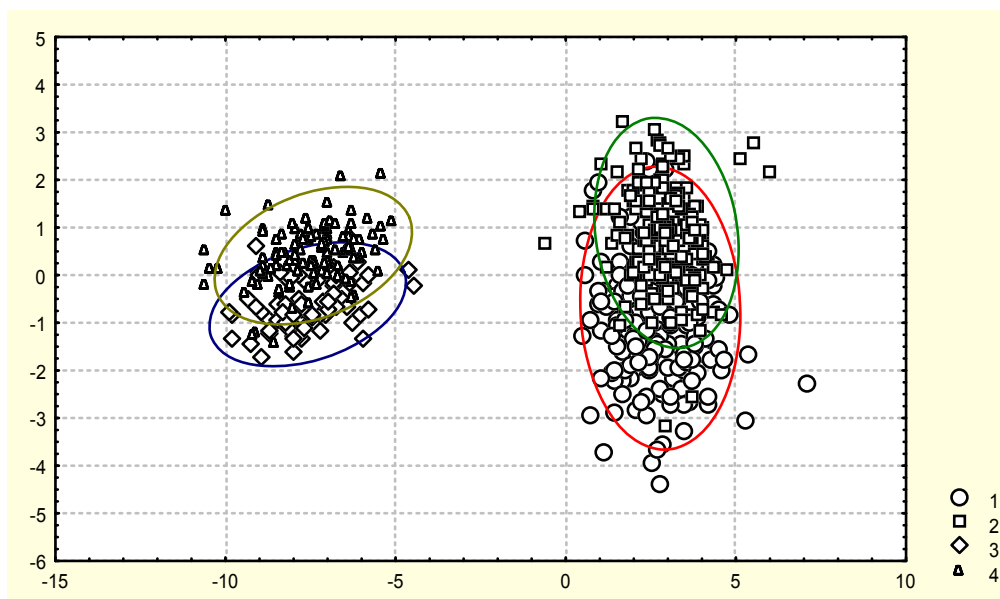


Рис. 2. Положение структурных элементов популяций *C. aerugenosus* в плоскости двух дискриминантных осей: 1 – самки в селитебной зоне, 2 – самцы в селитебной зоне, 3 – самки в парковой зоне, 4 – самцы в парковой зоне.

Литература

1. Бельская Е.А. Половая и фенотипическая структура популяции *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Coleoptera, Carabidae) в окрестностях среднеуральского медеплавильного завода / Е. А. Бельская // Популяции в пространстве и времени. - 2005. - С. 35
2. Геодакян В.А. Об эволюционной близорукости экологических концепций /В. А. Геодакян // Теория эволюции: наука или идеология? Труды XXV Люблинских чтений. Ценологические исследования. – 1998. - .вып. 7. – С. 244 - 249.
3. Савинов А. Б. Биомониторинг наземных экосистем по состоянию популяций жужелицы *Pterostichus niger* Schall. /А. Б. Савинов, К. К. Кюгерян //Чтения памяти профессора В. В. Стачинского. – 2000. - Вып. 3. - С. 248-251.
4. Суходольская Р. А. Особенности репродуктивной структуры городских популяций жужелиц (на примере г. Казань) / Р. А. Суходольская, Г. А. Тимофеева // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития. Мат – лы III международной научно – практической конференции. Ишим, 2008. С. 206 – 209.
5. Суходольская Р. А. Структура популяций жужелиц в разных частях ареала / Р. А. Суходольская, Н. И. Еремеева, Г. А. Тимофеева// Труды Кемеровского отделения русского энтомологического общества. Вып.6. Энтомологические исследования в Западной Сибири. Кемерово, 2008. С. 118 – 125.

К ИЗУЧЕНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЧЕРНИКИ (*VACCINIUM MYRTILLUS* L.)

Фардеева М.Б., Исламова Г.Р.

Казанский государственный университет, Казань

E-mail: orchis@inbox.ru, Marina.Fardeeva@ksu.ru

Один из наиболее сложных аспектов популяционной экологии – изучение пространственной структуры популяций растений. Пространственное размещение особей в ценопопуляции (ЦП) является важным показателем его устойчивости в сообществе. Ряд авторов считают групповое размещение признаком угнетенности вида в сообществе, а случайное, напротив – признаком процветания, обусловленное однородностью среды фитоценоза, т.е. благоприятными условиями произрастания. Контагиозное размещение – встречается часто, что вызвано гетерогенностью среды на всей площади фитоценоза. Однако, размещение растений изменяется со временем. Основная причина изменений заключается во взаимодействиях растений, прежде всего конкурентных, которые приводят к элиминации угнетенных особей и в динамике потенциальных возможностей особей обусловленных процессами онтогенеза, при этом даже при искусственном регулярном размещении особей одного вида с течением времени создаются предпосылки для образования скоплений. Многие авторы отмечают, что для некоторых видов деревьев характерно случайное или равномерное распределение в естественных фитоценозах [3].

Данная работа посвящена изучению популяционной организации *Vaccinium myrtillus* L. Для хвойно-широколиственных лесов северо-востока и северо-запада РТ, черника, является доминантным видом травяно-кустарничкового яруса. Исследования черники в основном связаны с изучением морфогенеза [6], онтогенеза [5], динамики плотности и проективного покрытия в различных условиях произрастания [4] и семенной продуктивности. Работ, посвященных анализу пространственной структуры черники практически не проводилось. Поэтому нам представлялось важным на основе собранного материала, используя различные методы анализа пространственной структуры выбрать более подходящие методы изучения пространственного распределения особей с учетом онтогенетических групп *V. myrtillus* в разных условиях произрастания и природопользования.

V. myrtillus – листопадный, симподиально нарастающий, вегетативно-подвижный кустарничек, на определенном этапе онтогенеза которого начинается вегетативное размножение, что затрудняет четко определять по наземной сфере происхождение надземного многолетнего побега – парциального куста, он может быть либо семенного, либо вегетативного происхождения. В результате основной счетной единицей популяционных исследований был парциальный куст. Согласно фитоценолотическому подходу счетная единица, представляющая собой центр воздействия на среду ценоза

может использоваться в популяционных исследованиях. Каждый парциальный куст имеет свое фитогенное поле, поэтому оказывает определенное воздействие на фитоценоз. Для определения онтогенетических групп использовались материалы Т.А. Полянской, Л.А. Жуковой [5], описавших онтогенез черники обыкновенной для рамет и генеты.

Для анализа популяционной структуры черники использовались следующие методы: *геоботанический* - закладывались площади размером 50x50 м (2500 м²), в каждом фитоценозе закладывались и картировалось по 3 трансекты размером 4x 25 м (100 м²) с максимальной, средней и минимальной плотностью, площади закладывались в заповедной зоне ВКГПБЗ и нарушенной пригородной рекреационной зоне – лесопарк «Лебяжье»; *экологический* - заключался в проведении анализа видового состава, по основным экологическим характеристикам, определении спектра эколого-ценотических групп и жизненных форм, отражающих состояние растительного сообщества; *популяционный* – в ценопопуляциях (ЦП) определялись основные популяционные характеристики вида: численность, плотность, возрастная структура и возрастной спектр, индексы возрастности, восстановления, замещения, эффективности. Исследования проводились в 2004-2006 гг.

Использовали 3 методических подхода – в 1-ом на карту заносили микрогруппировки, форму и размер скоплений черники, более или менее ограниченных в пространстве. В них закладывали по 5-10 площадок размером 1м², по 50 штук в каждом фитоценозе, также на карту заносились микрогруппировки брусники, мхов и разнотравья. Исследования проводились только в 2-х фитоценозах: сосняк с березой чернично-бруснично - мшистый с вейником в ВКГПБЗ, сосняк с березой чернично-вейниково-разнотравный в лесопарке, выбранные нами территории были сходны по основным фитоценотическим и экологическим условиям, но различны по характеру использования и степени антропогенного воздействия. Спектр эколого-ценотических групп растений показал, что в заповедной зоне (ВКГПЗ) преобладают бореальные и бореально-неморальные лесные виды, большое количество площади занято мхами; в рекреации доминируют лесо-луговые, луговые и сорные виды растений и редко отмечаются бореальные.

В данной работе акцентировали внимание на формообразовании, а также на соотношении формы, площади и периметра с численностью и возрастным составом. Особь черники нарастает радиально [6], поэтому скопления, должны иметь более или менее округлую форму, сильная изрезанность скоплений скорее указывает на нарушение морфоонтогенеза черники. По сравнению с заповедной зоной площади микрогруппировок в рекреации сокращаются, увеличивается их периметр и расстояние между ними, т.е. выражена фрагментарность и отмечена большая изрезанность. Средняя площадь микрогруппировок в ВКГПБЗ - 18,35 м², периметр – 15,25 м; в рекреации соответственно S - 16,6 м², P – 17,25 м, индекс кругообразности (чем выше значение индекса, тем ближе фигура к

кругообразной форме) для микрогруппировок ВКГПБЗ – 0,65, для рекреации – 0,51. По возрастному составу в заповедной зоне около 30% скоплений полночленные, 35% - представлены только генеративными, 35% - скопления, состоящие из генеративных и постгенеративных побегов. Разный онтогенетический спектр в ценопопуляционных локусах – микрогруппировках говорит об асинхронности их развития, что является механизмом устойчивости вида. Напротив, в рекреации 80% микрогруппировок представлены только генеративными парциальными кустами, часто одновозрастными и 20% - генеративными и постгенеративными. Средняя плотность для занимаемого ценопопуляцией пространства в ВКГПБЗ – 6,4 на 1 м² (при этом средняя площадь занимаемого пространства – 310,3 м²), соответственно в рекреации - 4,3 побега (площадь занимаемого пространства – 381,8 м²), численность парциальных кустов черники на эталонном участке, составляет 1993, в рекреации – 1634. Однако, материала для статистической обработки было недостаточно, исследования в этом направлении продолжаются.

На основе метода Н.М. Григорьевой и др. [1], заложили трансекты, по местам максимальной, средней и минимальной плотности черники, причем здесь картировались не только парциальные кусты черники, но и растущие рядом с ней парциальные кусты брусники и дерновины вейника лесного. В трансектах выделяли 3 более узкие трансекты 2x25 м, 3x25 м, и 4x25м, таким образом, определили теоретически 3 уровня агрегированности. Всего исследовали по 5 фитоценозов на каждом участке и заложили 30 трансект. Метод трансект позволяет дать количественную характеристику скоплений с основными параметрами: 1) средняя плотность особей в пределах скоплений (M_a); 2) протяженность скопления по трансекте (L_a); 3) дискретность скоплений (D), на основе этого построили графики и сводные таблицы. Показатель дискретности изменяется от 0 до 1, максимальной величины он достигает, когда плотность особей в промежутках между скоплениями достигает 0. Для оценки характера размещения парциальных кустов на трансекте использовали также коэффициент дисперсии Грейг-Смита [2].

Пространственное размещение характеризовалось как контагиозное, парциальные кусты везде имели групповое распределение: коэффициент дисперсии в среднем для агрегаций 1 уровня - $K_\sigma=4,3$; для агрегаций 2 порядка - $K_\sigma=10,5$; для агрегаций 3 порядка - $K_\sigma=10,2$. Во всех изученных фитоценозах (ВКГПБЗ) в агрегациях 1 уровня средняя протяженность (L_a) составляет 1,23 м, средняя плотность (M_a) – 19,8 особей, средний показатель дискретности (D) – 0, 94. В скоплениях со средней и минимальной плотностью промежутки и разрывы между скоплениями выражены сильнее. В агрегациях 2 уровня средняя протяженность (L_a) составляет 1,52 м, средняя плотность (M_a) – 42,2 особей, средний показатель дискретности (D) – 0, 86. Анализ изменения численности на трансектах разной площади и плотности показал, что только при максимальной плотности во всех фитоценозах у черники образуются 5-6 скоплений 3-уровня агрегирования. При средней и

особенно минимальной плотности подобных скоплений может 1-2. Остальные скопления могут носить характер только 2-х уровней агрегирования либо скопления только 1-го уровня, при этом большая часть трансекты занята содоминантным видом – брусникой обыкновенной, мхом или другим видом. Как правило, в трансектах шириной 4м (3 уровень агрегированности) с максимальной плотностью черники длина скоплений в фитоценозах варьирует от 2,25м до 2,7м, при этом количество особей здесь меняется от 95 до 142. На трансектах с минимальной плотностью эти показатели резко снижаются, длина скоплений меняется от 1,5м до 1,8м, а количество особей от 26 до 67, при этом возрастает длина промежутков. Возрастной спектр на всех трансектах и в агрегациях разных уровней имеет, как правило, правосторонний тип с преобладанием генеративных особей, что обусловлено наибольшей продолжительностью генеративного периода.

Анализ изменения численности и плотности на различных трансектах в разных фитоценозах показал, что наибольшая численность по трансектам наблюдается в сосняке с елью кислично-мшистом, по-видимому, здесь складываются наиболее благоприятные условия для произрастания черники обыкновенной. В меньшей степени благоприятными оказываются условия произрастания в сосняке с елью и липой кислично-осоковым, здесь показатели численности наименьшие, по-видимому, сказывается конкуренция со стороны осоки волосистой.

Третий метод анализа пространственной структуры ценопопуляций черники был проведен с помощью $K(r)$ функции Рипли (Ripley, 1976). Этот метод был предложен Рипли для характеристики точечных паттернов (point pattern, точечный рисунок) индивидов растений и их групп, у которых определены местоположения. Этот метод позволяет оценить распределение особей на разных масштабах. $K(r)$ показывает среднее число особей, находящихся на расстоянии r от любой случайно выбранной особи. Для вычисления значения функции вокруг каждой особи условно очерчивают круг радиуса r , центр которого задается координатами местоположения особи, затем подсчитывают число особей, находящихся внутри окружностей и делят полученную сумму на произведение площади картированной площадки на плотность особей, находящихся в центрах условных окружностей и плотность особей, попавших в окружности. Для анализа пространственных закономерностей между расположением двух классов особей (онтогенетические группы) используется кросс-функция Рипли. Для использования данного метода все парциальные кусты (условные особи) на трансектах картировались с учетом онтогенетических групп и заносились в электронную базу для построения карт и анализа пространственной структуры.

На основе использования K -функции Рипли и анализа взаимного расположения особей разных онтогенетических групп можно отметить следующее. Как в рекреационной, так и в заповедной зоне численность проростков и ювенильных особей незначительна, что по-видимому, вызвано

плохим семенным возобновлением и затрудняет проследить закономерности их пространственного распределения. Для черники обыкновенной, как и для большинства лесных видов при недостатке освещённости, недостатке почвенного довольствования, высокой конкуренции, наиболее характерно вегетативное размножение, что свидетельствует о механизме устойчивости популяции. Пространственное распределение особей без учета онтогенетических групп и взаимное расположение имматурных и виргинильных, имматурных, виргинильных и генеративных и только генеративных особей выявил три типа пространственного размещения. Пространственное распределение всегда носит контагиозный характер, как правило, формируются скопления разного радиуса - скопления с радиусом от 0,5м до 1м; скопления с радиусом от 3м до 4м; и скопления двух уровней, которые выявляют агрегации первого и второго порядка.

В целом можно сказать, что пространственно-возрастная структура черники обыкновенной, как в рекреационной, так и в заповедной зоне одинакова, характеризуется как контагиозная. Однако, в рекреационной зоне радиус скоплений меньше, иногда в два раза. Образование скоплений различных радиусов, либо различных уровней агрегированности обусловлены морфоонтогенезом черники обыкновенной, когда при вегетативном размножении формируются куртины разного возраста, разных размеров и числа парциальных кустов. Все использованные методы для анализа пространственно-возрастной структуры отражают те или иные особенности популяционной организации *V. myrtillus* и требуют дальнейшего продолжения.

Литература

1. Григорьева Н.М. Особенности пространственной структуры ценопопуляций некоторых видов растений/ Н.М.Григорьева, Л.Б. Заугольнова, О.В.Смирнова //Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения), Изд-во «Наука», М:-1977, С.20-36
2. Грейг-Смитт П. Количественная экология растений / П. Грейг-Смитт – М.: Мир, 1967. – 359с.
3. Ипатов В.С. Фитоценология / В.С.Ипатов, Л.А. Кирикова - СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 1997, 316 с.
4. Мазная Е.А. Сравнительная характеристика ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* в условиях длительного атмосферного загрязнения (Кольский полуостров) / Е.А. Мазная //Раст. Ресурсы-2003.-Т.39, вып. 4 - С. 36-47
5. Полянская Т.А. Онтогенез черники обыкновенной./Т.А Полянская, Л.А. Жукова, Э.В. Шестакова//Онтогенетический атлас лекарственных растений. – Йошкар-Ола -2000. Т.2, С. 51-61.
6. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений/И.Г. Серебряков – М.: Высшая школа -1962 – 377 с.
7. Ripley B. D. The second-order analysis of stationary point processes// Journal of Applied Probability. 1976. V. 13. P. 255-266.

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА ЖУЖЕЛИЦ (*COLEOPTERA, CARABIDAE*) ГОРОДА КАЗАНИ

Хабибуллина Н.Р.

Институт проблем экологии и недропользования при АН РТ, Казань
E-mail: Nelya-h@rambler.ru

Неотъемлемым компонентом хищной трофической группы почвообитающих беспозвоночных являются жуки семейства жужелиц. Новые данные по экологии карабид в городских территориях могут быть использованы в области экологического мониторинга состояния городских биоценозов, а также могут послужить основой для проведения мероприятий по улучшению экологической обстановки в городе [2].

Впервые в Казани проведено изучение комплекса мезофауны наземного и почвенного ярусов. В течении трех лет, с 2005 по 2007 гг., было обследовано 84 участка городского ландшафта в трех зонах, различающихся характером антропогенного пресса: промышленной, селитебной и рекреационной. В каждой из них исследовали газоны, лесополосы, места массового посещения и зеленые зоны вокруг домов. Объекты исследования собирались по стандартной методике почвенно-зоологических исследований: 16 проб (25*25 см), отлов герпетобионтов осуществлялся ловушками Барбера.

Целью работы было изучение фауны *Carabidae* в условиях внутригородских биотопов, выявление признаков нарушенности и устойчивости сообществ жужелиц под влиянием различной степени и характера антропогенной нагрузки. Сообщества жужелиц четко реагируют на различные степени рекреации изменением биотопического распределения и экологической структуры: появлением видов супердоминантов, сокращением обилия зоофагов, увеличением доли стратобионтов, наличием видов индикаторов рекреации [1, 4]. Собранный материал был проанализирован по вышеперечисленным характеристикам. В результате была выдвинута предварительная оценка изученных биотопов.

Видовой состав жужелиц г. Казань представлен 93 видами из 33 родов, среди которых наиболее часто встречающиеся: *Carabus*, *Eraphius*, *Trechus*, *Asaphidion*, *Bembidion*, *Poecilus*, *Pterostichus*, *Amara*, *Harpalus*. Из отдельных родов наиболее богаты видами: *Amara* - 18 видов, *Harpalus* – 16 видов, *Bembidion* и *Pterostichus* по 7 видов, *Poecilus* и *Calathus* по 5 видов. Среди встреченных видов, *Cicindela germanica* и *Carabus convexus*, занесены в Красную Книгу РТ. Установлено, что жужелицы являются важным компонентом герпетобия, составляя 58% от общего количества хищников герпетофауны.

При относительно высоком видовом разнообразии жужелиц в городе, численно доминирует 11 видов - это *Pterostichus melanarius* (12,4%), *Poecilus versicolor* (10,3%), *Harpalus rufipes* (9,5%), *C. cancellatus* (9,2%), *C.*

granulatus (5,6%), *Poecilus cupreus* (4,4%), *Bembidion properans* (4,1%), *Poecilus lepidus* (3,8%), *Harpalus serripes* (3,8%), *Amara aenea* (3,5%), *Pterostichus oblongopunctatus* (2,7%). Эти виды приспособлены к обитанию в антропогенно-нарушенных ценозах, являются положительными индикаторами рекреации [4].

Для урбоэкосистем характерно снижение уровня лесных видов, в городе преобладают виды открытых пространств и по обилию (52,4%) и по видовому разнообразию (36 видов). Исключение составляют парки и лесополосы промышленных зон. Лесные виды занимают несколько меньшую долю – 39% и представлены 19 видами. Среди трофических групп преобладают хищники и по видовому разнообразию (60,2%) и по обилию (70%), что может свидетельствовать в среднем по городу о достаточно благополучной экологической обстановке. Анализ ярусных группировок показал явное преобладание в биотопах стратобионтов (по видовому составу – 53,8%, по численному составу 55,9%), что также достаточно характерно для города. Исключением являются луга жилой зоны, где обитатели травянистого покрова составляют около 80%.

Мы рассмотрели распределение жужелиц по биотопическим предпочтениям в зависимости от типа биотопа и характера антропогенного воздействия.

Видовой состав карабидокомплекса газонов представлен 36 видами 16 родов. В промышленной зоне доминируют 5 видов жужелиц (таблица), три из которых являются супердоминантами (составляющими более 10%): *Carabus cancellatus*, *Poecilus versicolor*, *Harpalus serripes*, также *Amara aenea* и *Harpalus rufipes*. Группа доминирующих видов, населяющих газоны селитебной, включает 8 видов, помимо пяти вышеперечисленных это *C. granulatus*, *Bembidion properans*, *Pterostichus melanarius*.

Тем не менее, число видов жужелиц в промышленной зоне меньше, а динамическая плотность видов-доминантов и ее контраст в сравнении с видами низкой динамической плотностью – выше, чем в селитебной зоне. Следовательно, газоны промышленных зон испытывают большее давление антропогенного пресса и находятся в более напряженном состоянии, чем в жилой зоне.

В отношении биотопических преферендумов, в газонах промышленных зон преобладают, виды открытых пространств, составляющие 81,5%. Газоны жилой зоны содержат практически равное соотношение лесных и лугово-полевых видов (56,4 и 40,3% соответственно), что отражает разнообразие растительности.

По типу питания в промышленной зоне миксофитофаги и зоофаги имеют практически равное соотношение (50,8 и 49,2%), тогда как в селитебных зонах, зоофаги занимают немного большую долю (65,1%). В условиях города, с бедным растительным разнообразием наблюдается тенденция увеличения видов полифагов, способных при необходимости питаться и растительной пищей.

Анализ ярусных группировок карабид позволяет сделать вывод: в селитебной зоне значительно меньше доля геохортобионтов, специализированных обитателей травянистого яруса (25,3%), по сравнению с промышленными газонами, где данная группа составляет около половины карабидокомплекса (50,8%). Геохортобионты резко реагируют на рекреацию, поскольку вытаптывание и, возможно, бытовые отходы оказывают интенсивное негативное воздействие на растительный покров и герпетофауну.

Сообщества жужелиц лугов состоят из 34 видов 13 родов. Наибольшее видовое разнообразие выявилось в промышленной зоне – 21 вид. Комплекс доминирующих групп жужелиц в промышленной зоне: *B. properans*, *Calathus erratus*, *P. versicolor* и *H. Rufipes* (таблица). В зонах отдыха наибольшего обилия достигают *Poecilus lepidus* и *P. versicolor*, немного меньшую долю в группе доминантов данных биотопов занимают *Cicindela germanica*, *B. properans* и *Harpalus distinguendus*. Наибольшее разнообразие видов доминантов наблюдается на лугах жилых зон, это следующие 8 видов: *Calathus melanocephalus*, *Calathus erratus*, *P. melanarius*, *A. aenea*, *Amara ingénue*, *Curtonotus aulica*, *H. rufipes*, *Harpalus dispar*. Данный факт свидетельствует о неустойчивости структуры сообщества этих биоценозов.

По биотопической приуроченности во все трех зонах наблюдается характерное для данного типа биотопа преобладание видов открытых пространств. По типу питания луга жилой зоны выделяются резким падением численности хищников (18,4%), что оценивается как негативный признак.

В промышленных зонах и зонах отдыха, в сравнении с селитебными наблюдается большее разнообразие и численность стратобионтных видов, обитателей подстилки и скважин почвы, более устойчивых к рекреации. Для жужелиц, обитателей почвенного и травянистого ярусов (эпи- и геохортобионтов) в селитебной зоне наиболее оптимальны условия, здесь они преобладают (81,6%), достигая высокого разнообразия и обилия.

В исследованных 20 скверах и парках карабидофауна представлена 47 видами из 17 родов. Группа доминантов включает по 5 видов. В промышленной зоне было обнаружено 16 видов жужелиц, в рекреационной представлен практически весь видовой состав данной группы биотопов (46 видов), за исключением *Amara bifrons*.

Выявлено по два супердоминанта: в промышленной зоне - *C. cancellatus* и *P. melanarius*; в рекреационной - *P. melanarius* и *H. rufipes*, *P. lepidus*, *P. versicolor*, *H. affinis*.

Фауна жужелиц лесных насаждений представлена 45 видами из 17 родов. Наименьшее видовое разнообразие в промышленных зонах – 18 видов, в зонах отдыха – 23 вида, близ жилых домов – 37. Исходя из того, что биоразнообразие отражает не устойчивость экосистемы, а напряжённость взаимоотношений отдельных элементов её составляющих, которая прямо пропорциональна богатству разнообразия биоты [3], т.о. наибольшей

нагрузке подвержены лесополосы селитебных зон. В промышленных по обилию выделяются два вида супердоминанта: *Pterostichus oblongopunctatus* и *A. aenea* (18,3%), виды доминанты: *P. lepidus* (5,4%), *Platynus assimile* (11,8%), *Notiophilus palustris*, *P. melanarius*. В рекреационной зоне также два вида супердоминанта *Poecilus cupreus*, *P. versicolor* и пять видов доминантов: *C. cancellatus* и *C. granulatus*, *Pterostichus niger*, *P. Oblongopunctatus* и *P. melanarius*. В селитебной зоне семь доминирующих видов: *Bembidion biguttatum*, *B. properans*, *P. cupreus*, *P. versicolor*, *H. rufipes*, *P. oblongopunctatus* и *P. Melanarius* (таблица).

Таблица. Процентное соотношение доминантных видов карабид в различных типах биотопов

Виды	Газоны		Луга			Скверы и парки		Лесополосы		
	П	С	П	С	Р	П	Р	П	С	Р
<i>Cicindela germanica</i>	0,0	0,3	0,0	0,0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Carabus cancellatus</i>	15,4	11,5	0,0	0,0	0,0	31,8	2,6	1,1	4,8	6,2
<i>Carabus granulatus</i>	3,1	8,7	1,2	0,0	0,0	8,8	4,1	0,0	4,0	9,3
<i>Notiophilus palustris</i>	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,5	0,8	0,0
<i>Bembidion properans</i>	3,1	5,1	23,5	0,0	9,3	3,4	4,7	2,2	5,6	0,0
<i>Bembidion bipunctatum</i>	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Poecilus lepidus</i>	0,0	2,0	3,7	2,6	20,9	5,4	7,0	5,4	2,8	0,4
<i>Poecilus cupreus</i>	0,0	0,5	0,0	0,0	2,3	0,0	0,5	0,0	7,1	18,9
<i>Poecilus versicolor</i>	27,7	13,0	11,1	0,0	25,6	4,1	6,0	1,1	6,3	25,5
<i>Pterostichus niger</i>	0,0	1,0	1,2	0,0	2,3	1,4	4,7	0,0	0,4	10,0
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,4	1,3	30,1	11,5	6,9
<i>Pterostichus melanarius</i>	0,0	14,5	3,7	5,3	2,3	18,9	15,0	8,6	11,1	5,8
<i>Platynus assimile</i>	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,4	0,5	11,8	4,0	1,2
<i>Calathus erratus</i>	0,0	0,0	19,8	5,3	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,4
<i>Calathus melanocephalus</i>	0,0	1,8	0,0	5,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
<i>Amara aenea</i>	10,8	7,7	3,7	10,5	0,0	5,4	2,6	18,3	1,6	4,6
<i>Amara ingenua</i>	1,5	0,3	0,0	10,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,4	0,0
<i>Harpalus affinis</i>	1,5	2,0	3,7	0,0	0,0	3,4	5,7	0,0	1,6	0,0
<i>Harpalus distinguendus</i>	0,0	1,0	0,0	0,0	9,3	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
<i>Harpalus rufipes</i>	10,8	9,4	8,6	39,5	4,7	2,0	18,1	0,0	10,3	1,5
<i>Harpalus dispor</i>	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
<i>Harpalus serripes</i>	24,6	8,4	0,0	0,0	0,0	6,1	0,3	0,0	0,8	0,4
<i>Harpalus fuscicornis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Фауна жуелиц пяти исследованных лесных формаций близ кладбищ представлена 19 видами 10 родов. Комплекс доминантов включает 6 видов: *C. cancellatus* и *Poecilus cupreus* по 12%, *P. niger* (10,9%), *P. melanarius* (15,2%), *Harpalus distinguendus* (12%) и *Harpalus fuscicornis* (14,1%).

Наименьшая доля лесных видов наблюдается в лесопосадках селитебной зоны (12,7%), здесь преобладают виды открытых пространств (71%). Из

шести доминантов лесных насаждений жилой зоны только 2 являются лесными: *Pterostichus oblongopunctatus* и *P. melanarius*. Большое разнообразие видов доминантов с биотопической приуроченностью, несвойственной для биотопа может говорить о низкой степени озелененности, о сильном воздействии рекреации, напряженности и несформированности карабидокомплекса. Об этом же свидетельствует здесь и высокий процент стратобионтов (71%). В зонах отдыха относительно равное соотношение лугово-полевых и лесных видов (54,1 и 43,6% соответственно), эврибионты, практически отсутствуют. Низкое обилие геохортобионтов (12%) – возможно, следствие малой пригодности для жизни травянистого покрова в силу неизвестных причин. В лесополосах промышленных зон наблюдается незначительное преобладание лесных видов относительно видов открытых пространств (54,8 и 31,2%).

По нашему мнению, анализ карабидокомплекса по биотопической приуроченности может отражать интенсивность воздействия рекреации, степень озелененности и растительное разнообразие. Соотношение зоофагов и миксофитофагов – общую оценку состояния биотопа. Преобладание какой-либо ярусной группировки в сообществе жужелиц, может ответить на вопросы о нарушенности травянистого покрова, в результате различных факторов урбанизации.

Таким образом структура карабидокомплекса г. Казань свидетельствует о достаточно благополучной экологической обстановке в среднем по городу, однако отдельные биотопы по различным карабидологическим показателям дают противоречивые результаты, что говорит о необходимости включения дополнительных параметров для более однозначной оценки.

Литература

1. Жеребцов А. К. Определение начального этапа мониторинга с использованием жужелиц как модельной группы // Природное наследие России. Тольятти, 2004 а. С. 92 – 94.
2. Автаева Т.А. Влияние разных типов загрязнения почв на структуру населения жуков-жужелиц в условиях города Грозного. / автореф. На соискание уч.ст. канд.биол.наук // М.: 2006
3. Жеребцов А.К. Использование жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в качестве модельной группы в мониторинге состояния биологических систем // Труды Казанского отделения русского энтомологического общества. Т.1 - Казань, 2008
4. Якушкина М.Н. «Влияние рекреации на структуру и динамику населения жужелиц (Coleoptera.,Carabidae) лесных фитоценозов Среднего Поволжья /автореферат дис. на соискании ученой степени к.б.н.// М.2001.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СУКЦЕССИОННЫХ СТРАТЕГИЙ *ABIES SIBIRICA* Ledeb. И *QUERCUS ROBUR* L. В ПЕРИФЕРИИ АРЕАЛА

Хафизова А.Р., Шайхутдинова Г.А.
Казанский государственный университет, Казань
E-mail: shga@ksu.ru

Для организации мониторинга и разработки мер по поддержанию или восстановлению максимально возможного биоразнообразия необходимо развитие теоретических представлений о принципах организации климаксовых и сукцессивных экосистем [3]. Несмотря на значительное число работ, посвященных методологии и методам оценки климаксового и сукцессивного состояний лесных экосистем, в литературе отсутствует однозначная трактовка этих понятий, не выработаны четко критерии, по которым можно оценивать сукцессивное состояние конкретных экосистем и различать сукцессионные статусы и стратегии конкретных видов. Это особенно справедливо для азональных сообществ в условиях экотонных территорий, где в условиях специфических местообитаний могут формироваться региональные типы сукцессивных экосистем, виды в них могут обладать особым сукцессионным статусом, характеризующимся региональными особенностями стратегий.

По определению И.Б. Кучерова [1], сукцессионный статус вида определяется его местом и ролью в сукцессионной системе, с учетом также и места данного вида в совокупности рядов дигрессионных и восстановительных антропогенных смен. Подходы установления статуса вида заключаются в определении его следующих характеристик: в каких рядах смен (сериях) этот вид отмечен (с выделением наиболее для него типичных); на каких стадиях этих смен; в какой роли (фитоценотип).

На примере двух видов-лесообразователей, находящихся в Республике Татарстан на границах своих ареалов, была проведена оценка региональных особенностей их сукцессионных стратегий. В качестве исследуемых объектов выбраны *Abies sibirica* Ledeb. – пихта сибирская и *Quercus robur* L. – дуб черешчатый. Источником основного фактологического материала послужила база данных «Флора», поддерживаемая на кафедре общей экологии КГУ. Просмотрено и проанализировано около двух тысяч описаний, в которых отмечались исследуемые виды.

Все отобранные из базы описания первоначально были разбиты на четыре группы, в зависимости от природного региона Татарстана, в котором проводилось описание (Восточное и Западное Предкамье, Предволжье, Закамье). Так же при классификации описаний учитывались ярусы, в которых отмечался исследуемый вид: 1) только в древесном ярусе, 2) только в подлеске, 3) как в древесном ярусе, так и в подлеске, 4) участие в качестве проростков в травостое. Данные по доминирующим и детерминантным

видам древесного яруса и травостоя каждого описания обобщались в сводные ведомости. Названия растительным ассоциациям, по отмеченным доминантам и исследуемым видам, были даны с использованием материалов каталога фиторазнообразия РТ [2].

На основании обобщения данных сводных ведомостей построены динамические ряды сообществ в которых участвуют исследуемые виды. Ряды демонстрируют спектры сообществ, осваиваемых видом в условиях конкретных местообитаний природных регионов РТ: сообщества, в которых вид занимает в древостое позицию доминанта или содоминанта; сообщества, где вид теряет позицию доминирования в древесном ярусе; сообщества, в которых в древостое появляются и доминируют вторичные виды; сообщества, где вид отсутствует в древостое, но участвует в подлеске. Ряды также позволяют косвенно оценить способность особей вида проходить полный жизненный цикл за счет разделения выделенных типов сообществ на: сообщества, в которых присутствуют только зрелые особи исследуемых видов в древостое; сообщества с наличием только молодых особей видов в подросте и проростков в травянистом ярусе; сообщества, в образовании которых участвуют и молодые особи подроста и зрелые особи древостоя.

Согласно общей характеристике популяционной стратегии *Abies sibirica*, в основной части ареала вид проявляет себя как прогрессивный эдификатор первого яруса хвойных и смешанных лесов, сформированных елью, и образует два экотипа: на легких влажных почвах древнеаллювиальных речных террас и на элювиальных почвах водоразделов [4]. По Татарстану проходит южная граница ареала, охватывающая Восточное и Западное Предкамье и участок левобережья Камы в районе г. Набережные Челны (Челнинское лесничество ГПНП «Нижняя Кама»). Анализ региональных особенностей сукцессионной стратегии вида показал следующие результаты. *Abies sibirica* осваивает на территории республики двадцать четыре типа сообществ. Вид способен проходить полный жизненный цикл в сообществах всех основных групп формаций – экстрazonальных, интразональных и зональных. Характеристика стратегии вида как прогрессивного эдификатора первого яруса, способного проходить полный жизненный цикл, справедлива для южно-таежных темнохвойных формаций на северо-западе республики (Атнинский, Высокогорский муниципальные районы); кроме того, вид проявляет в РТ антропогенно-прогрессивную стратегию в составе длительнопроизводных послерубочных липняков и фрагментов темнохвойно-широколиственных сообществ, произрастающих на хорошо прогреваемых, используемых под выпас склонах, как на западе, так и на востоке Предкамья.

Quercus robur в основной части ареала (в зоне широколиственных лесов) определяется как устойчивый эдификатор первого яруса, но ближе к северной границе ареала на бедных и сухих почвах вид становится антропогенно-регрессивным ассектатором подлеска [4]. Территория Татарстана представляет собой северо-восточную часть ареала вида, который

встречается в республике во всех природных регионах. Анализ особенностей сукцессионной стратегии *Quercus robur* показал, что на территории РТ он осваивает около семидесяти типов сообществ. Наиболее типичными из них являются зональные липняки с дубом неморальнотравяные и дубравы с липой и участием широколиственных пород неморальнотравяные, иногда со степными видами. Также молодые особи дуба обычны в сосновых лесах, травостой которых образован смесью бореальных и неморальных видов. Таким образом, наибольший потенциал для возобновления дуб имеет на террасах рек в широколиственно-сосновых лесах и на поверхностях водоразделов в неморальнотравяных широколиственных лесах с элементами остепнения.

Стратегия *Quercus robur* в составе широколиственных лесов Татарстана существенно не отличается от таковой в пределах всего европейского ареала вида. Вид, действительно, выполняет одну из главных лесообразующих ролей и является устойчивым эдификатором первого яруса указанных сообществ. В составе хвойно-широколиственных лесов дуб проявляет себя как ассектатор (пациент) древесного яруса и подлеска, антропогенно-регрессивный, выпадающий в первую очередь из древесного яруса и сохраняясь в подлеске.

Литература

1. Кучеров И.Б. Сукцессионная система растительности и ее изучение. Проблема сукцессионного статуса вида / И.Б. Кучеров / Антропогенная динамика растительного покрова Арктики и Субарктики: принципы и методы изучения. Под ред. Б.А. Юрцева. Труды БИН РАН. – 1995. – вып. 15. – С. 115-136.
2. Рогова Т.В. Картографирование растительного покрова Республики Татарстан на ландшафтно-экологической основе / Т.В. Рогова, Г.А. Шайхутдинова / Вестник Татарстанского отделения Российской экологической академии. – 2002. – №3-4(13-14). – С. 11-23.
3. Смирнова О.В. Методологические подходы и методы оценки климаксового и сукцессионного состояния лесных экосистем (на примере Восточноевропейских лесов). / О.В. Смирнова / Лесоведение. – 2004. – №3. – С. 15-27.
4. Соколов С.Я. Ареалы деревьев и кустарников СССР. В трех томах / С.Я. Соколов, О.А. Связева, В.А. Кубли / Том 1. – Л.: Наука, 1977. – 164 с.

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОЗЕР г. КАЗАНИ

Шигапов И.С.¹, Мусин А.Г.², Мингазова Н.М.¹

¹ Казанский государственный университет, Казань

² Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Казань

E-mail: irshat0207@yandex.ru

Для процесса формирования и развития озер, как природных объектов, необходимо сочетание двух основных условий: наличие котловины и заполнение ее водой на длительное время. Следовательно, процесс формирования озер зависит, прежде всего, от геологических, гидрогеологических и климатических факторов, определяющих образование котловин озер и наличие у них устойчивого питания.

Исследования по выявлению физико-географических факторов, влияющих на формирование озер г. Казани, относящихся к типу малых озер, проводились на материалах инвентаризации водных объектов г. Казани за 2007г. В задачи исследования входили рассмотрение особенностей геологического, гидрогеологического строения, климатических условий и выявление степени их влияния на процесс формирования и развития озер г. Казани.

В качестве методических подходов использовались анализ распределения озер г. Казани различного происхождения по различным надпойменным террасам р. Волги, анализ различий между надпойменными террасами р. Волги в гранулометрическом составе аллювиальных отложений и условиях залегания подземных вод. Кроме того, был сделан анализ статистических данных метеорологических станций г. Казани и применен метод экстраполяции к частям города, для которых отсутствуют статистические метеорологические данные, проведенные с помощью к.г.н Верещагина М.А. (КГУ), за что выражаем ему искреннюю благодарность.

Особенности геологического строения территории г. Казани

Территория г. Казани расположена в восточной части Русской платформы, на левом берегу р. Волги на месте впадения в нее р. Казанки. Долина р. Казанки делит город на две части: на западную – правобережную и восточную – левобережную. Местность в районе города имеет общий уклон с севера и северо-востока на юг и юго-запад.

Геологическое строение территории оказывает влияние на протекание геоморфологических процессов и формирования озерных котловин. В частности особенности и свойства горных пород обуславливают развитие линейной и плоскостной эрозии, карста, суффозии и др. Кроме того, состав почвообразующих пород может влиять на минерализацию и химический состав воды близлежащих озер.

Одним из экзогенных процессов имеющих большое значение для процесса образования озерных котловин являются карстовые процессы. В пределах города выделяют две группы карстующихся пород. К первой группе относятся карбонатно-сульфатные породы сакмарского яруса (доломит, гипс, ангидрит), для которых характерно образование глубинных карстовых форм, при определенных условиях преобразующихся в воронки провального типа. Вторая группа – карбонатные породы нижеказанских отложений (доломит, известняк), для них характерны поверхностные карстовые и карстово-суффозионные формы с образованием карбонатной муки, последующее растворение которой приводит к образованию понижений в рельефе. Растворение напрямую зависит от агрессивности подземных вод, повышение которой в свою очередь связано с техногенным загрязнением территории. В северо-восточной части г. Казани проявляется задернованный карст, а для северной и юго-восточной частей города характерен глубинный карст, соответственно, в данных районах отмечается преобладание озер карстового и суффозионно-карстового происхождения.

Суффозионные процессы образования озерных котловин зависят от специфического гранулометрического состава слагающих пород. По всей территории г. Казани плотные горные породы покрыты мощными толщами песчано-глинистых древних и современных четвертичных образований, представленных аллювиальными отложениями рек Волга и Казанка. Аллювий всех четвертичных террас р. Волги содержит песчаные, супесчаные, глинистые, суглинистые и алевритовые породы и различаются между собой лишь гранулометрическим составом пород. На низкой микулинско-калининской террасе аллювий имеет наиболее однородный состав с преобладанием мелких фракций. С увеличением возраста террас усиливается разнородность гранулометрического состава. А ведь одним из необходимых условий суффозии является наличие в породе как крупных частиц, образующих неподвижный каркас, так и вымывающихся мелких.

Кроме того, особенностью высоких террас является наличие мощного (до 10-15 м) покрова лессовидных суглинков делювиально-пролювиального и солифлюкционного генезиса, с которыми связаны оползневые процессы и просадки [3]. Для отложений высоких террас характерна слоистость материала, в верхней части разреза проявляются признаки лессовидности и столбчатость. Вероятность суффозионных процессов на территории г. Казани повышается с возрастом террас, поэтому и протекание данных процессов наиболее характерно для высоких террас р. Волги, а, соответственно, и наличие там озер суффозионного происхождения (табл. 1).

Из таблицы 1 следует, что количество пойменных и старичных озер р. Волги уменьшается, а количество озер суффозионного и суффозионно-карстового происхождения увеличивается с увеличением возраста надпойменной террасы. При этом на данных террасах находится примерно равное количество озер искусственного происхождения.

Таблица 1. Распределение озер г. Казани различного генезиса по надпойменным террасам р. Волги

Надпойменная терраса р. Волги	Происхождение						
	Пойменное	Старичное	Старично-карстовое	Суффозионное	Суффозионно-карстовое	Карстовое	Искусственное
Микулинско-Калининская	54	5	4	3	3	0	8
Одинцовско-Московская	2	13	0	13	16	3	5
Лихвинско-Днепровская	4	0	0	13	3	0	9
Окская	0	1	0	8	1	0	6
Всего	60	19	4	37	23	3	28

Гидрогеологические условия территории г. Казани

На территории г. Казани отмечаются сложные гидрогеологические условия вследствие большой изменчивости мощности и структуры водоносных горизонтов при разнообразной гидрохимической обстановке, осложненной техногенной нагрузкой. Их особенности определяются, прежде всего, наличием палеодолины р. Волги, которая в северной части города имеет субширотное простираение, а на северо-востоке сливается с палеодолиной р. Казанки.

В долине р. Казанка верхнечетвертичные водоносные горизонты имеют местный напор (до 2-5 м) и повышенную минерализацию воды за счет сульфатов, поступающих из нижележащих водоносных комплексов. Воды обычно вскрываются на глубине 0,2-5 м [1].

Относительно неглубокое залегание, грунтовых вод на территории г. Казани, благоприятно для их влияния на химический состав и минерализацию вод озер. Колебания уровня грунтовых вод наиболее значительны в зоне влияния Куйбышевского водохранилища. С уменьшением возраста террасы увеличивается вероятность образования на них озер пойменного и старичного генезиса с гидрокарбонатными водами (табл.1). Таким образом, особенности залегания грунтовых вод определяют увеличение количества пойменных котловин с уменьшением возраста террасы.

Климатические условия, влияющие на формирование озер

Казань является крупным индустриальным центром. Под влиянием комплекса антропогенных факторов внутри города сложилась специфические климатические условия, которые заметно отличаются от климата окрестностей. Транспорт, промышленные предприятия, котельные, выбрасывают в атмосферу значительное количество пыли, сажи, различных газовых примесей, создавая над городом «шапку дыма», и все это

сопровождается выделением в атмосферу дополнительного тепла. Загрязнение снижает прозрачность воздуха, что ведет к уменьшению поступления прямой солнечной радиации и изменению радиационного режима.

Своеобразие климата Казани состоит не только в его отличии от климата ближайших окрестностей, но и в существовании микро- и мезомасштабных различий метеорологического режима внутри города. В результате анализа статистических данных нами выявлено, что в г. Казани существует два основных очага повышенных значений температуры воздуха. Первый из них находится на возвышенной части Вахитовского района (ул. Кремлевская и прилегающие к ней улицы), второй – в центральных кварталах, находящихся на возвышенных частях Московского и Кировского районов (перекресток Горьковского шоссе и ул. Восстания, ул. Декабристов). Иногда несколько менее выраженный по размерам и интенсивности очаг тепла выявляется в Советском районе (Советская площадь). Долина р. Казанки и выходящие к ней кварталы Ново-Савиновского района находятся в очаге холода. Второй очаг холода в г. Казани наблюдается в пониженных частях Приволжского и Вахитовского муниципальных районов, лежащих на низкой надпойменной террасе р. Волги.

Осадки, выпадающие на территории г. Казани, по их происхождению можно разделить на два типа. Первый тип – это осадки связанные с выносом атмосферной влаги атлантического происхождения, осадки этого типа выпадают на больших территориях, поэтому мезоклиматических различий по количеству осадков данного типа на территории г. Казани практически не имеется. Ко второму типу атмосферных осадков относятся осадки местного (летом – конвективного) происхождения, образующиеся в результате конвективных потоков. Основные мезоклиматические различия г. Казани по количеству осадков формируются, благодаря именно данному типу осадков. В результате анализа статистических данных по метеорологическим станциям [2] г. Казани (табл. 2), и применения метода экстраполяции, с достаточной степенью достоверности можно утверждать о том, что наименее орошаемыми атмосферными осадками являются те части города, в которых находятся очаги тепла, а наиболее орошаемыми – северные, западные и юго-восточные районы города.

Таблица 2.

Средние многолетние суммы осадков в г. Казани

Метеорологическая станция	Годовая сумма осадков, мм	Сумма осадков в теплый период, мм
Казань, опорная	478	358
Казань, университет	452	298
Казань, ГМС	460	323
Казань, «Сокол»	500	350

Выводы

1. Особенности геологического и гидрогеологического строения территории г. Казани определяют наличие озерных котловин карстового происхождения или образованных с участием карстовых процессов в северо-восточной, восточной и центральной частях города.

2. Количество пойменных и старичных озер р. Волги уменьшается, а количество озер суффозионного и суффозионно-карстового происхождения увеличивается с увеличением возраста надпойменной террасы р. Волги.

3. Климатические условия обеспечивают достаточное увлажнение территории города, оказывая влияние на гидрологический режим озер (наиболее увлажненной является северная часть г. Казани), но определяющего влияния на формирование и развитие озер не имеют.

Литература

1. Имамеев А.В. Подземные воды г. Казани / А.В. Имамеев, М.Е. Королев, В.Н. Соколов // Геологическое изучение земных недр Республики Татарстан. - Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2002. - с.58-66.
2. Климат Казани и его изменения в современный период. - Казань: Казанский государственный университет им. В.И.Ульянова-Ленина, 2006. - 216 с.
3. Экология города Казани - Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2005. - 576 с.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПИЯВОК ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Черная Л. В., Ковальчук Л. А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: kovalchuk@ipae.uran.ru

В природоохранной проблематике наиболее актуальны исследования, направленные на изучение и сохранение видового разнообразия животных в условиях антропогенного пресса.

С начала 18 века Урал является основным горнометаллургическим центром России. Экологические условия обитания здесь формирует развитый комплекс горнорудной, химической, металлургической и машиностроительной промышленности, для которых характерно масштабное и интенсивное воздействие на водный бассейн.

В водных экосистемах техногенному воздействию в наибольшей степени подвержены бентосные организмы (моллюски, ракообразные, хирономиды, пиявки и др.), поскольку концентратом значительного числа загрязнений в водной среде являются донные отложения. Роль пиявок, как кровососов, так и хищников в водных экосистемах различного типа весьма значительна, а их видовое разнообразие и численность могут служить дополнительными критериями экологического состояния водоемов.

Цель настоящего исследования – дать сравнительную характеристику количественного и качественного состава гирудофауны водоемов различного типа (реки, озера, пруды и водохранилища) естественных и антропогенно нарушенных ландшафтов Южного и Среднего Урала.

Для исследования были выбраны 14 водных объектов, расположенных на территории крупного промышленного центра города Екатеринбурга (река Исеть, озеро Шарташ; пруды Верх-Исетский, Нижне-Исетский, Калиновский) и других населенных пунктов Свердловской области (река Исеть в пос. Исток и в г. Арамил; река Пышма в пос. Садовый; река Сысерть в пос. Сысерть; озеро Таватуй в пос. Таватуй; пруды в г. Ревда, в пос. Сысерть, в пос. Черданцево; водохранилище в г. Верхний Тагил).

В качестве контрольных были исследованы 8 водоемов и водотоков, расположенных на не нарушенных антропогенном территориях: река Сулем и Сулемское водохранилище в Висимском биосферном заповеднике (Средний Урал), озера Большое Миассово, Малое Миассово, Большой Таткуль в Ильменском заповеднике (Южный Урал), а также верхние истоки реки Исеть (выше г. Екатеринбурга) и два водохранилища, испытывающих незначительную антропогенную нагрузку: Белоярское и Двуреченское (Средний Урал).

Сбор биологического материала проводился в период полевых сезонов (май-октябрь) 1999-2006 гг. в прибрежной части 22 вышеописанных водных объектов. Проведено 260 сборов и отловлено более 11 тысяч взрослых особей разных видов пиявок.

Использовали ручной сбор пиявок. Количественный учет проводили в водоемах, характеризующихся наибольшим скоплением основных видов, в первую декаду августа по методике, предложенной Мэнном [3]: подсчитывали количество пиявок отдельного вида, отловленных в течение одного часа на одном квадратном метре площади дна исследованного

водоема. При анализе всех сборов выявляли доминирующие виды, а также выражали в процентном соотношении количественный и качественный состав гирудофауны всех исследованных водоемов.

Результаты фаунистических исследований показали, что в водных объектах Среднего и Южного Урала обитает 11 видов пиявок, принадлежащих к 4 семействам:

I. Семейство плоские пиявки Glossiphoniidae Vaillant, 1890: *Protoclepsis tessulata* (O. F. Müller, 1774) – пиявка, паразитирующая на водоплавающих птицах; *Protoclepsis maculosa* (Rathke, 1862) – кровосос водоплавающих птиц; *Hemiclepsis marginata* (O. F. Müller, 1774) – кровосос рыб и земноводных; *Glossiphonia complanata* (L., 1758) – сосет кровь и соки моллюсков и личинок насекомых; *Glossiphonia concolor* (Apathy, 1888) – кровосос моллюсков и личинок насекомых; *Helobdella stagnalis* (L., 1758); хищник мелких беспозвоночных.

II. Семейство рыбы пиявки Ichtyobdellidae Leuckart, 1863: *Piscicola geometra* (L., 1758); паразитирует на рыбах.

III. Семейство челюстные пиявки Hirudinidae Whitman, 1886: *Haemopsis sanguisuga* (L., 1758); прожорливый хищник водных беспозвоночных и мелких позвоночных (головастики, мальки рыб). Ведет амфибиотический образ жизни.

IV. Семейство глоточные пиявки Erpobdellidae Blanchard, 1892: *Erpobdella octoculata* (L., 1758); *Erpobdella testacea* (Savigny, 1822); *Erpobdella nigricollis* (Brandes, 1900). Все три вида пиявок являются хищниками мелких беспозвоночных.

Сравнительный анализ показал, что фауна пиявок урбанизированных территорий беднее гирудофауны естественных ландшафтов и количественно и качественно (табл. 1 – 2).

Так, в водоемах городских агломераций обнаружено всего 7 видов пиявок на фоне низкой численности особей. Самыми распространенными видами пиявок на урбанизированных территориях являются хищные *Erpobdella octoculata* (в 14 водоемах) и *Helobdella stagnalis* (в 11 водоемах). Наиболее массовым видом в изучаемых водоемах оказалась *Erpobdella octoculata*, на ее долю приходится 39.7% от общего числа отловленных особей пиявок всех 7 видов, а на долю – *Helobdella stagnalis* 11.6%. Довольно обычна для фауны пиявок г. Екатеринбурга и других населенных пунктов кровосос моллюсков *Glossiphonia complanata* (6.7%). Хищная пиявка *Erpobdella nigricollis* доминирует по численности в естественных озерах (Таватуй и Шарташ), в остальных урбанизированных водных объектах она редка, как и хищные *Haemopsis sanguisuga*, *Erpobdella testacea* и кровосос моллюсков *Glossiphonia concolor*.

В целом во всех водоемах, расположенных на территории городов и поселков отмечена низкая численность всех видов пиявок: не более 10 особей на квадратный метр в час. Исключение составляют озеро Шарташ (79 особ./м²/час) и Верхнетагильское водохранилище (73 особ./м²/час), в которых обитают по 5 видов пиявок.

Следует отметить, что в водоемах урбанизированных ландшафтов наблюдается дефицит как высшей водной растительности, выполняющей роль субстрата для пиявок, так и различных групп гидробионтов, являющихся кормовой базой последних.

Напротив, исследованные водоемы, расположенные на территории заповедников и ненарушенных антропогенном территориях, характеризуется

богатым видовым разнообразием макрофитов и различных групп гидробионтов (ракообразные, личинки насекомых, моллюски, рыбы, земноводные) и водоплавающих птиц, что создает благоприятные условия для обитания 11 видов пиявок (табл. 2). Из таблицы видно, что наибольшее видовое разнообразие пиявок характерно для озер Ильменского заповедника – Большое Миассово и Малое Миассово, Большой Таткуль и для Белоярского водохранилища. Причем доминирующими и массовыми видами в данных водоемах выступают как хищники, так и кровососы. Так, в озерах Большое Миассово и Малое Миассово наиболее массовым видом пиявок является хищник *Erpobdella nigricollis*, а в озере Большой Таткуль доминирует паразит моллюсков *Glossiphonia concolor*. На фоне видового разнообразия водных беспозвоночных в озере Большой Таткуль отмечено большее количество моллюсков, чем в озерах Большое и Малое Миассово. Этот фактор и определяет, по-нашему мнению, различие в доминирующих видах пиявок исследованных озер. Хищная пиявка *Erpobdella nigricollis* преобладает по численности также в Сулемском водохранилище (Висимский заповедник), а кровососущая *Glossiphonia concolor* – в Двуреченском водохранилище. В остальных водоемах доминирует хищная пиявка *Erpobdella octoculata*. Процентное соотношение отловленных особей этих основных видов примерно одинаковое: *Erpobdella nigricollis* – 23.5%, *Glossiphonia concolor* – 21.7%, *Erpobdella octoculata* – 21.3%. Во всех водоемах, исследованных в качестве контроля отмечена довольно высокая численность основных видов пиявок (119-201 особ./м²/час).

Хищные пиявки *Haemopsis sanguisuga*, *Helobdella stagnalis*, *Erpobdella testacea* довольно распространенные виды в контрольных водных объектах, но значительно уступают по численности массовым видам пиявок. Кровососущие птичьих пиявки *Protoclepsis tessulata* и *Protoclepsis maculosa* довольно редки и немногочисленны для Урала. Редка в изучаемом регионе обыкновенная рыбья пиявка *Piscicola geometra*. Этот кровосос – типичный оксифил и очень чувствителен к химическим загрязнениям водной среды [2].

Наши исследования показали, что урбанизация оказывает пагубное влияние на видовой и численный состав фауны пиявок. В водоемах городов и других населенных пунктов выживают в основном хищные виды. Это происходит, скорее всего, вследствие вытеснения из водных экосистем урбанизированных территорий многих видов гидробионтов (моллюски, земноводные, рыбы – кормовая база для кровососущих видов) и высшей водной растительности, не способных к выживанию в условиях антропогенного пресса [1].

Литература

1. Вершинин В.Л. Амфибии и рептилии городской агломерации Екатеринбурга / В.Л. Вершинин // Экология города: [сб.ст.] / УрГУ им. А.М. Горького – Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, – 2006. – С. 108-119.
2. Лукин Е. И. Пиявки пресных и солоноватых водоемов / Е.И. Лукин // В серии: Фауна СССР. Пиявки. – Т.1. – Л.: Наука, 1976. – 484 с.
3. Mann K. H. The ecology of the British freshwater leeches / К.Н. Mann // Journ. Animal Ecol., 1955. – Т. 24. – № 1. – P. 98-119.

Видовой состав пиявок в водоемах, расположенных
на урбанизированных территориях Урала

водоемы	<i>Glossiphonia complanata</i>	<i>Glossiphonia aconcolor</i>	<i>Helobdella stagnalis</i>	<i>Eryobdella octoculata</i>	<i>Eryobdella nigrivittata</i>	<i>Eryobdella testacea</i>	<i>Haemopis sanguisuga</i>
р. Исеть (г. Екатеринбург)	+	—	+	+	+	—	+
р. Исеть (пос. Исток)	+	+	+	+	—	—	—
р. Исеть (г. Арамилы)	—	—	+	+	—	—	—
р. Сысерть (пос. Сысерть)	—	—	+	+	—	—	+
р. Пышма (пос. Садовый)	—	—	—	+	—	—	+
оз. Тавагуй (пос. Тавагуй)	+	—	+	+	+	—	—
оз. Шарташ (г. Екатеринбург)	+	—	+	+	+	+	—
пруд Верх-Исетский (г. Екатеринбург)	+	—	+	+	—	—	—
пруд Калиновский (г. Екатеринбург)	+	—	+	+	—	—	+
пруд Нижне-Исетский (г. Екатеринбург)	+	—	+	+	—	—	—
пруд Ревдинский (г. Ревда)	—	—	—	+	—	—	—
пруд Сысертский (пос. Сысерть)	+	—	+	+	—	—	—
пруд Черданцевский (пос. Черданцево)	+	—	—	+	—	—	—
вдхр. Верхнетагильское (г. Верхний Тагил)	+	—	+	+	+	—	+

Таблица 2.

Видовой состав пиявок в водоемах, расположенных на заповедных
и ненарушенных антропогенном территориях Урала

водоемы	<i>Glossiphonia complanata</i>	<i>Glossiphonia concolor</i>	<i>Helobdella stagnalis</i>	<i>Protocleipsis tessulata</i>	<i>Protocleipsis maculosa</i>	<i>Eryobdella octoculata</i>	<i>Eryobdella nigricollis</i>	<i>Eryobdella testacea</i>	<i>Piscicola geometra</i>	<i>Hemicleipsis marginata</i>	<i>Haemopis sanguisuga</i>
р. Исеть (верхние истоки)	+	+	+	—	—	+	+	+	+	—	+
вдхр. Белоярское (биофизическая станция ИЭРиЖ УрО РАН)	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+
—вдхр. Двуреченское (биостанция УрГУ)	+	+	+	—	—	+	+	—	—	—	+
вдхр. Сулемское (Висимский заповедник)	+	+	+	—	—	+	+	+	—	—	+
р. Сулем (Висимский заповедник)	+	+	+	—	—	+	+	+	—	+	+
оз. Большое Миассово (Ильменский заповедник)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
оз. Малое Миассово (Ильменский заповедник)	+	+	+	+	—	+	+	+	—	+	+
оз. Большой Таткуль (Ильменский заповедник)	+	+	+	—	+	+	+	+	—	+	+

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА ГРИБНОЙ БИОТЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ИСТОКИ КАЗАНКИ»

Ютина Г.А., Потанов К.О.

Казанский государственный университет, Казань

E-mail: galina-yurina@mail.ru

Особо охраняемые природные территории являются важнейшей формой территориальной охраны окружающей природной среды.

Памятник природы «Истоки Казанки» - это особо охраняемая природная территория регионального значения Республики Татарстан (Сурнарское лесничество, Арский лесхоз). Он образован в 1972 году (Постановление СМ ТАССР от 19 мая 1972 г. № 251, Постановление КМ РТ от 29 декабря 2005 г. № 644). Особенностью этого памятника природы является то, что сурнарские еловые и елово-пихтовые насаждения представляют собой ценные сообщества (кв. 71, 72, 83, 93, 94, 105, 114). Последовательная смена лесных насаждений в рельефе Сурнарского лесничества повторяет широтную зональность лесной зоны России [1].

Оценка биологического разнообразия отдельных групп организмов и их приуроченности к конкретным географическим, климатическим и биогеоэкологическим условиям относится к числу приоритетных направлений современной биологии. Изучение микобиоты, выявление редких видов грибов и мест их обитания необходимо для разработки мер по их охране и для экологического обоснования организации памятников природы, заказников и заповедников [2].

Грибы являются важнейшей составляющей частью природного комплекса лесных экосистем, а ксилотрофные или дереворазрушающие грибы – это ведущая группа организмов-редуцентов, определяющая скорость биологического круговорота углерода в биоценозе и контролирующая состав и структуру древостоя.

Целью нашей работы явилось изучение биоразнообразия биоты афиллофороидных грибов на территории памятника природы «Истоки Казанки». Были поставлены следующие задачи: определить видовой состав биоты, изучить трофическую структуру грибов и их приуроченность к различным древесным породам, выявить редкие виды.

Исследования проводились в летне-осенний период 2005 – 2008 г.г. на маршрутах и пробных площадях в темнохвойных лесах памятника природы (кв. 71, 72, 83).

В результате проведенных исследований выявлено 59 видов деревообитающих грибов, относящихся к 23 семействам и 14 порядкам. Наиболее широко представлены следующие семейства: *Coriolaceae* – 9 видов (15,2 %), *Fomitopsidaceae* – 6 видов (10,2 %), *Phaeolaceae* – 5 видов (8,5 %), *Schizophyllaceae* – 5 видов (8,5 %), остальные семейства представлены менее,

чем 5 видами. К крупным родам, насчитывающим 3-4 вида, относятся *Oligoporus* (4 вида), *Trametes* (4 вида), *Fomitopsis* (3 вида), *Stereum* (3 вида).

Список видового разнообразия деревообитающих грибов для памятника природы «Истоки Казанки» приводится впервые (табл.1). Видовые названия грибов даны согласно системе «Nordic macromycetes», 1997.

Таблица 1.

Распространение ксилотрофов в лесных биогеоценозах
памятника природы «Истоки Казанки»

Вид гриба	Обилие по шкале Гааса
<i>Antrodia serialis</i> (Fr.) Donk	2
<i>Auricularia mesenterica</i> (Dicks.) Pers.	1
<i>Bjerkandera adusta</i> (Fr.) P. Karst.	4
<i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.: Fr.) Pouzar	+
<i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. & Pouzar	+
<i>Coniophora olivacea</i> (Fr.) P. Karst.	2
<i>Coniophora puteana</i> (Schumach.) P. Karst.	1
<i>Corticium roseum</i> Pers.	1
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	2
<i>Cystostereum murrayi</i> (Berk. & M.A. Curtis) Pouzar	+
<i>Daedaleopsis confragosa</i> (Bolton: Fr.) Schroet.	2
<i>Daedaleopsis tricolor</i> (Pers.) Bond & Singer	1
<i>Datronia mollis</i> (Sommerf.: Fr.) Donk	1
<i>Fomes fomentarius</i> (Fr.) Fr.	3
<i>Fomitopsis cajanderi</i> (P. Karst.) Kotl. et Pouzar	+
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.: Fr.) P. Karst.	5
<i>Fomitopsis rosea</i> (Alb. & Schwein.: Fr.) P. Karst.	2
<i>Ganoderma lepciense</i> (Batsch) G.F. Atk.	3
<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	+
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulfen: Fr.) P. Karst.	3
<i>Gloeoporus taxicola</i> (Pers.: Fr.) Gilb. & Ryvarden.	+
<i>Hapalopilus nidulans</i> (Fr.) P. Karst.	1
<i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.	4
<i>Hydnum repandum</i> L.	2
<i>Hymenochaete mougeotii</i> (Fr.) Cooke	3
<i>Hymenochaete tabacina</i> (Sow.: Fr.) Lev.	1
<i>Inonotus rheades</i> (Pers.) Bondartsev & Singer	+
<i>Ischnoderma benzoinum</i> (Wahlenb.) P. Karst.	3
<i>Ischnoderma resinosum</i> (Schrad.) P. Karst.	+
<i>Lenzites betulina</i> (L.:Fr.) Fr.	1
<i>Meruliopsis corium</i> (Pers.: Fr.) Ginns	+
<i>Merulius tremellosus</i> Schrad.: Fr.	1
<i>Oligoporus caesius</i> (Schrad.: Fr.) Gilb. et Ryvarden	+
<i>Oligoporus fragilis</i> (Fr.) Gilb. et Ryvarden	2
<i>Oligoporus guttulatus</i> (Peck) Gilb. et Ryvarden	+
<i>Oligoporus stipticus</i> (Pers.: Fr.) .) Gilb. et Ryvarden	+
<i>Peniophora incarnate</i> (Pers.: Fr.) P. Karst.	+
<i>Perenniporia subacida</i> (Peck) Donk	1

<i>Phanerochaete sanguinea</i> (Fr.) Pouzar	+
<i>Phellinidium ferrugineofuscum</i> (P. Karst.)	+
<i>Phellinus hartigii</i> (Allesch. & Schnabl) Pat.	3
<i>Phlebia rufa</i> (Pers.: Fr.) M.P. Christ.	1
<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.: Fr.) Jülich	+
<i>Piptoporus betulinus</i> (Bull.) P. Karst.	1
<i>Polyporus melanopus</i> Schwarts & Fr.	1
<i>Pycnoporellus fulgens</i> (Fr.) Donk	3
<i>Pycnoporus cinnabarinus</i> (Jacq.: Fr.) P. Karst.	+
<i>Schizophyllum commune</i> Fr.: Fr.	2
<i>Scytinostroma galactinum</i> (Fr.) Donk	+
<i>Skeletocutis amorpha</i> (Fr.) Kotl. & Pouzar	+
<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.: Fr.) Gray.	2
<i>Stereum ostrea</i> (Blume & T. Nees: Fr.) Fr.	1
<i>Stereum sanguinolentum</i> (Alb. & Schw.: Fr.) Fr.	1
<i>Trametes gibbosa</i> (Pers.) Fr.	2
<i>Trametes hirsuta</i> (Wulfen.: Fr.) Pilat	1
<i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Gilb. & Ryvarden	+
<i>Trametes trogii</i> Berk.	+
<i>Trichaptum abietinum</i> (Pers.: Fr.) Ryvarden	5
<i>Trichaptum bifforme</i> (Fr.) Ryvarden	1

Примечание: 5 – грибы встречаются всюду; 4 – грибы встречаются во многих местах; 3 – грибы встречаются во многих местах неравномерно, рассеянно; 2 – грибы встречаются очень рассеянно; 1 – грибы встречаются единично; + – грибы встречаются только в одном месте.

Наиболее распространенными видами ксилотрофов являются: *Bjerkandera adusta*, *Fomitopsis pinicola*, *Heterobasidion annosum*, *Trichaptum abietinum*. Эти грибы встречаются с обилием 4-5 баллов, т.е. всюду или во многих местах (табл. 1). Комплекс вышеперечисленных ксилотрофитов лесных экосистем памятника природы является основным ядром дереворазрушающих грибов. Единично встречаются: *Climacocystis borealis*, *Chondrostereum purpureum*, *Cystostereum murrayi*, *Ganoderma lucidum*, *Gloeoporus taxicola*, *Inonotus rheades*, *Ischnoderma resinosum*, *Meruliopsis corium*, *Oligoporus caesius*, *Oligoporus guttulatus*, *Oligoporus stipticus*, *Peniophora incarnate*, всего 21 вид (табл. 1).

Средой обитания и питающим субстратом для ксилотрофных грибов является древесина. Наличие или отсутствие трофических предпочтений видов грибов можно установить только при выявлении особенностей развития видов на различных участках их ареалов. Поэтому сведения об особенностях трофической специализации ксилотрофных грибов из ранее не изученных в микологическом отношении районов, могут принести новые данные при определении фактически реализованной видом трофической ниши [4]. Между субстратом и живущими на нем грибами устанавливаются

тесные и сложные взаимоотношения. При анализе трофической структуры афиллофороидных грибов были выделены следующие трофические группы:

-сапротрофы - на влажной древесине, сухостое, на пнях, на мелких ветвях, опаде;

-паразиты - на живых деревьях.

Анализ проведенных исследований показал, что большинство грибов-ксилотрофов развивается на валеже - 50 видов; На сухостое отмечено – 9 видов; на валежных веточках, опаде - 5 вида; на пнях - 4 вида и на почве-1 вид. Все перечисленные трофические группы грибов относятся к сапротрофам. Что касается грибов-паразитов, развивающихся на живых деревьях, то таковых обнаружено не было. (рис. 1.)

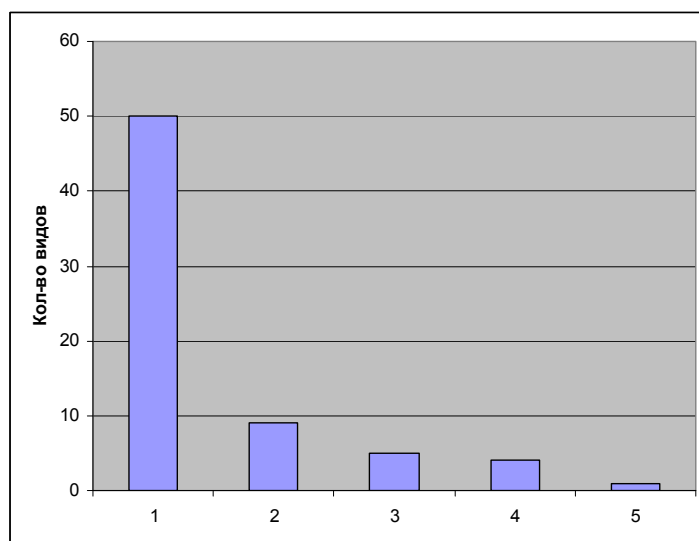


Рис. 1. Трофическая специализация афиллофороидных грибов.

По горизонтали: 1 – на валеже; 2 – на сухостое; 3 – на валежных веточках, опаде; 4 – на пнях; 5 – на почве.

В целом, анализируя спектр распределения афиллофороидных грибов по трофическим группам, можно отметить, что он соответствует общей закономерности распределения для всех лесных микобиот умеренного пояса.

Согласно широко распространенной научной гипотезе, совместное развитие грибов и древесных растений в процессе эволюции происходило по пути от всеядности до узкой специализации – преимущественному развитию грибов на древесине определенного вида или рода. Известно, что узко специализированные (стенотрофные) грибы, связанные с одним видом растения, а всеядные (эвритрофные) встречаются на многих видах древесных пород. Так, к истинным стенотрофам в районе исследований относятся: *Hymenochete mougeotii*, *Phellinus hartigii* (развивающихся только на пихте), *Lenzites betulina*, *Piptoporus betulinus* (развивающихся только на березе). К эвритрофным видам относятся: *Bjerkandera adusta*, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola*, *Perenniporia subacida*, *Schizophyllum commune*, *Oligoporus caesius*, *Oligoporus stipticus*, *Stereum hirsutum*, и другие виды.

В темнохвойных лесах памятника природы «Истоки Казанки» выявлено на березе – 19 видов; ильме – 1 вид, липе – 4 вида, ели – 20 видов; сосне – 5 видов, пихте – 24 вида; осине – 4 видов; рябине - 2 вида; иве – 2 вида; лещине – 2 вида. Наибольшее количество видов грибов отмечено на пихте и ели, основных древесных породах слагающих растительные сообщества района исследования.

Сопоставляя биоту грибов природного памятника «Истоки Казанки» с микофлорами других регионов необходимо отметить, что микофлора грибов исследуемого района является уникальной для территории Республики Татарстан и характерна для грибного комплекса горно-таежных лесов России с активными видами: *Fomitopsis cajanderi*, *Fomitopsis rosea*, *Gloeophyllum sepiarium*, *Gloeoporus taxicola*, *Hymenochaete mougeotii*, *Phellinidium ferrugineofuscus*, *Руснопореллус fulgens*, *Trichaptum abietinum*. Несмотря на огромную значимость доминирующих видов ксилотрофных грибов, как основных деструкторов древесины, не менее важна роль редких видов, они являются генетическим резервуаром, способным определить дальнейшую структуру микобиоты [4].

В лесных экосистемах исследуемого памятника природы нами было выявлено 14 видов редких грибов, 5 из них уже включены в Красную книгу Республики Татарстан [2006]: *Руснопорус cinnabarinus**, *Fomitopsis cajanderi*, *Fomitopsis rosea*, *Oligoporus caesius*, *Oligoporus guttulatus*, *Руснопореллус fulgens**, *Ganoderma lucidum**, *Hymenochaete mougeotii*, *Phellinus hartigii*, *Phellinidium ferrugineofuscum*, *Ischnoderma benzoinum*, *Ischnoderma resinsum**, *Perenniporia subacida*, *Gloeoporus taxicola**.

Литература

1. Государственный реестр особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан, Казань, 2007. 406 с..
2. Лосицкая В.М. Афиллофоровые грибы Республики Карелия. Автореф. дис... канд.биол. наук, Санкт-Петербург, 1999. 22 с.
3. Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины./В.А. Мухин. Екатеринбург: УИФ Наука,1993. 232 с.
4. Ставищенко И.В. Афиллофороидные грибы природного парка «Кондинские озера» (Западная Сибирь). /И.В. Ставищенко // Микология и фитопатология, 2007. Т. 41. Вып.2. С. 152-163.
5. Hansen L., Knudsen H., eds. Nordic Macromycetes Vol. 3: heterobasidioid, aphyllorphoroid and gastromycetoid Basidiomycetes. Copenhagen: Nordsvamp, 1997. 445 p.

Примечание: * отмечены виды, внесенные в Красную книгу Республики Татарстан (2006).

РАЗНООБРАЗИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООБЕНТОСА НА ТЕРРИТОРИИ САРАЛИНСКОГО УЧАСТКА ВКГПБЗ (КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ)

Яковлев В. А., Яковлева А.В., Мезикова Д.В.,
Казанский государственный университет, Казань
E-mail: Valery.Yakovlev@ksu.ru

Акватория Куйбышевского водохранилища в нижней части Волжского плеса р-не н.п. Саралы находится на территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ). Для выявления состава и оценки количественных показателей зообентоса 23.09.2003 г. и 17.09.2008 г. были отобраны пробы зообентоса с помощью дночерпателя Экмана-Берджа. Глубины в местах сбора материала находились в пределах 2.5-11.5 м. Грунты представлены в основном тонким илом.

Всего выявлено 22 вида, а также 7 таксонов рангом выше. Наиболее качественно богаты представители типов Annelida (6 - Oligochaeta, 1 - Polychaeta, 2 – Hirudinea) и Mollusca (8 - Bivalvia, 2 - Gastropoda), а также семейства Chironomidae (6 – Chironominae, 1 - Tanypodinae). Всего 7 видов относятся к чужеродным солоноватоводным видам Понто-Каспийского комплекса фауны. Это полихета *Hypania invalida*, брюхоногий моллюск *Lithoglyphus naticoides*, двустворчатые моллюски *Monodacna colorata*, *Dreissena bugensis* и *D. polymorpha*, ракообразные *Pterocuma sowinskyi* и *Dikerogammarus haemobaphes*. Если в 2003 г. было выявлено 20 таксонов, то в 2008 г. – 16 таксонов, в основном в результате сокращения разнообразия олигохет. В 2008 г. не обнаружена полихета *H. invalida* и *M. colorata*. Однако добавились 2 вида пиявок *Erpobdella nigricollis* и *Helobdella stagnalis*.

Наибольшая частота встречаемости в пробах, отобранных в 2003 г. наблюдалась у моллюсков *Pisidium* sp., *D. bugensis*, *D. polymorpha*, личинок хирономид рода *Chironomus*. В 2008 г. *D. bugensis*, встречался фактически во всех пробах. Несколько ему уступал моллюск *D. polymorpha*. Частота встречаемости моллюска *L. naticoides* и бокоплава *D. haemobaphes* составляла 50%.

В 2003 г. в группу доминирующих форм входили 2 вида вселенцев (*D. bugensis* и *D. polymorpha*), а также перловица (*Unio pictorum*), горошинки и личинки хирономид рода *Chironomus*. Дрейссены сохранили свое лидирующее положение и в 2008 г. К ним добавились еще 2 вида вселенцев – *L. naticoides* и *D. haemobaphes*. Лишь 1 вид – представитель аборигенной фауны олигохета *Limnodrilus claperedeanus* замыкал список 5 доминирующих форм (табл.).

Таким образом, наблюдается очевидная тенденция повышения роли чужеродных видов в донных сообществах, вклад местных видов в количественные показатели резко уменьшился за 5 лет.

Таблица 1.

Индекс доминирования, средняя численность (экз.м²) и биомасса (г/м²) доминирующих форм в зообентосе Саралинского участка ВКГПБЗ в 2003 и 2008 гг.

Таксон	ИД	N	B
2003 г.			
<i>Dreissena bugensis</i>	1493.4	1433.3	892.2
<i>Unio pictorum</i>	470.0	13.3	199.2
<i>Dreissena polymorpha</i>	113.0	146.7	5.1
<i>Pisidium</i> sp.	50.0	46.6	0.3
<i>Chironomus</i> sp.	15.4	20.0	0.1
2008 г.			
<i>Dreissena bugensis</i>	3371.9	3556.3	1136.9
<i>Dreissena polymorpha</i>	298.0	1073.2	12.9
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	179.2	297.7	12.8
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	46.6	101.8	0.9
<i>Limnodrilus claperedeanus</i>	23.4	47.0	0.2

О повышении роли чужеродных видов можно судить и по возрастанию их относительной численности и биомассы в зообентосе. Как видно на рис. наибольший вклад в численность в 2003 г. вносили чужеродный вид - двустворчатый моллюск *D. bugensis* (29.7%) и малощетинковые черви (24.0%). К 2008 г. резко повысилась доля *D. bugensis* (46.7%), как и другого вида дрейссен – *D. polymorpha* (27.2%), и прочих видов (18.7%), представленных также вселенцем – брюхоногим моллюском *L. naticoides* (12.9%).

Наибольшие величины биомассы в 2003 г. были у прочих видов (30.1%) из-за крупных размеров моллюсков-перловиц (27.4%), а также *D. bugensis* (29.3%) и личинок хирономид (12.6%). К 2008 г. резко возросла роль моллюсков *D. polymorpha* (49.5%) и *D. bugensis* (46.0%). Доля остальных систематических групп стала ничтожной (4.2%).

Таким образом, за 5 лет доля *D. polymorpha* в общей биомассе зообентоса повысилась более чем в 80 раз, а доля *L. naticoides* – около 7 и *D. bugensis* – 3 раза. Эта же тенденция была характерна для кумовых рачков и бокоплавов. Напротив, полихета *H. invalida*, относительно часто встречающаяся в 2003 г. не была обнаружена в 2008 г., малощетинковые черви также стали крайне редкими в пробах. Такие же направления наблюдались в динамике относительной численности отмеченных групп. В целом доля вселенцев или чужеродных видов в общих количественных показателях зообентоса повысилась по численности 1.8, а по биомассе – 3 раза соответственно.

Если *D. polymorpha* обитал в средней части Волги и в начале прошлого века, то *D. bugensis* впервые был обнаружен в Куйбышевском водохранилище лишь в 1992 г. [1] Чуть позже был выявлен моллюск *L. naticoides*.

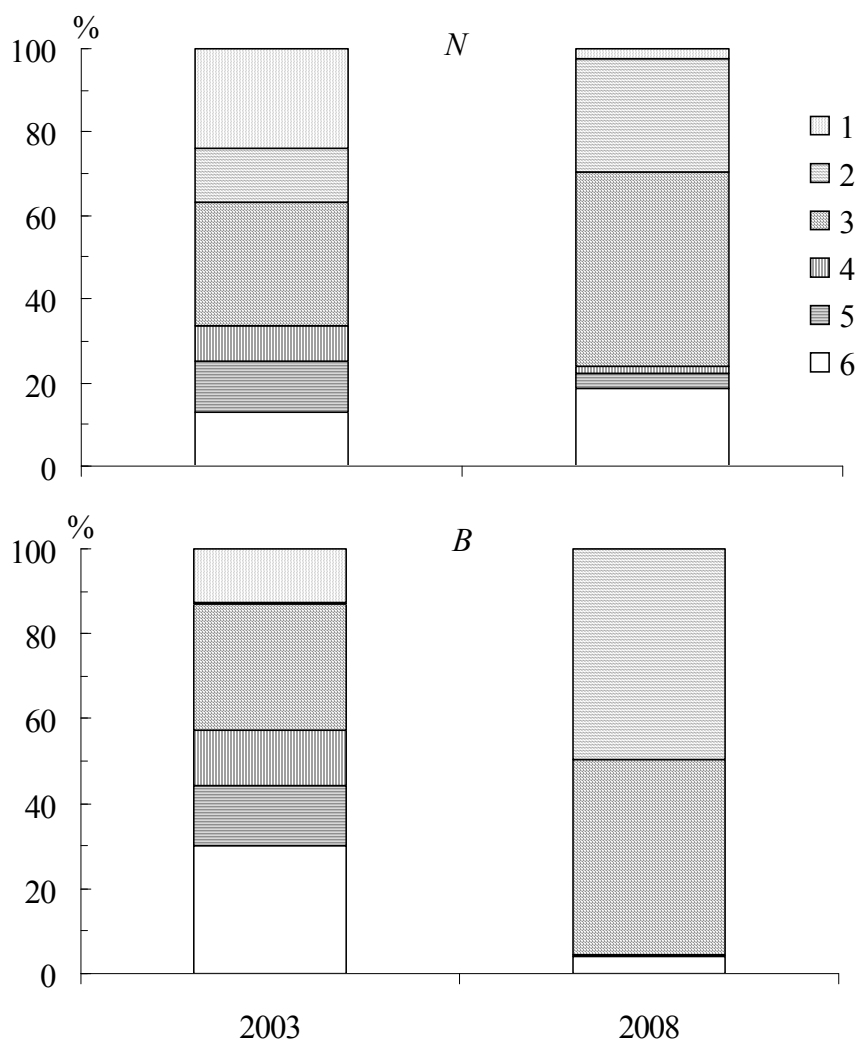


Рис. 1. Относительная численность и биомасса (%) основных систематических групп в зообентосе Саралинского участка в 2003 и 2008 гг.

Таким образом, в настоящее время в рассматриваемой акватории Куйбышевского водохранилища наблюдаются серьезные изменения структуры и количественных показателей зообентоса. Такие же явления характерны для всего водохранилища [2].

Литература

1. Антонов П.И. О вселении двустворчатого моллюска *Dreissena bugensis* (Andr.) в волжские водохранилища // Экологические проблемы бассейнов крупных рек: Тез. докл. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1993. С. 52-53.
2. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. 123 с.

СООБЩЕСТВА МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ ЗАРОСЛЕЙ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Яковлев В. А. 1, Ахметзянова Н. Ш. 2, Яковлева А.В. 1

1 Казанский государственный университет, Казань

2 Татарское отделение ФГНУ «ГосНИОРХ», Казань

E-mail: Valery.Yakovlev@ksu.ru

Обширные заросли высшей водной растительности характерны для мелководных участков равнинных водохранилищ, в которых формируются специфический комплекс фитофильной фауны или зоофитос [1]. На мелководьях Куйбышевского водохранилища наиболее обширны заросли рогоза узколистного (*Typha angustifolia*). Второй по обилию вид – тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), третье место занимает манник большой (*Glyceria maxima*).

Макрозоофитос формируют следующие экологические группы: зообентос, нейстон, плейстон, нектобентос, перифитон и минеры.

В настоящем сообщении рассматриваются состав и количественные показатели сообществ макробеспозвоночных 2-х участков, отличающихся между собой степенью защищенности от негативного действия ветра и волн, а также уровнем трофности. Участок 1 расположен в р-не пос. Победилово. Преобладают сильно заиленные глинисто-песчаные грунты с большим содержанием органических веществ. Изучали сообщества в 3-х типах биотопов: заросли рогоза узколистного, тростника обыкновенного и открытые (без растительности) мелководья. Участок 2 находится примерно 80 км ниже Казани на территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ). Он подвержен разрушительному действию ветра и волн; уровень трофности там существенно ниже. Грунт в зарослях - преимущественно песчано-илистый. Рядом на открытом (без зарослей) мелководье преобладают незначительно заиленные песчано-глинистые грунты

Пробы отбирали биоценометром, представляющим собой прямоугольную трубу размером 25x25x70 см (0.062 м²). С каждой из 3-х станций (ст. 1, 2, 3), расположенных поперек зоны зарослей (от берега к открытой акватории) отбирали по 1-2 пробы. Осенью, после того, как заросли оставались вне воды, отбор проб продолжали ниже зоны зарослей, на открытой акватории, на глубине 0.5-0.7 м (ст. 4).

В зависимости от срока покрытия зарослей водой отбор проб начинали в конце июня или начале июня. Завершали отбор в первую очередь на ст. 1 (июль), а на ст. 3, которая оставалась вне воды, - в последнюю очередь, в конце августа или в начале октября (2002-2003 гг.). Периодичность отбора на каждом участке – 1 раз в две недели [2].

Всего в зарослях рогоза на Участке 1 выявлено 120 таксонов макробеспозвоночных организмов, на Участке 2 - 139 таксонов соответственно. Заросли тростника на Участке 1 в 2002 г. Несущественно уступали рогозу (69 таксонов). Сравнение биотопов по среднему количеству таксонов в пробе показывает, что открытые биотопы примерно в 2-3 раза были качественно беднее (рис. 1).

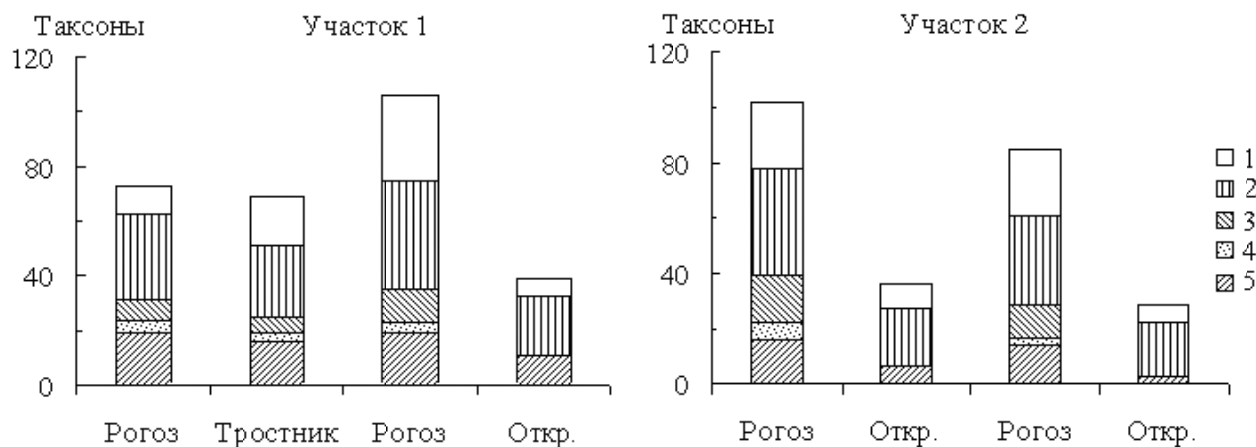


Рис. 1. Среднее количество выявленных таксонов (на 1 пробу) в различных биотопах двух участков мелководий Волжского плеса

Куйбышевского водохранилища:

1 – прочие, 2 – Diptera, 3 – Coleoptera, 4 – Hemiptera, 5 – Mollusca

Наибольшее число таксонов в зоофитосе характерны для хирономид, представленных главным образом личинками трибы Chironomini, и для брюхоногих моллюсков. Там также относительно разнообразна фауна полужесткокрылых, стрекоз, жуков и ряда групп двукрылых насекомых. Напротив, на открытом мелководье Участка 2 выявлено большее разнообразие ракообразных (бокоплав и рачок *Cyzicus tetracerus*).

Основу общей численности зоофитоса обоих участков формировали личинки хирономид, а биомассы - брюхоногие моллюски. Однако на открытом мелководье Участка 2 их суммарный вклад в биомассу составлял лишь 42%. Доминирующий комплекс зоофитоса зарослей рогоза и тростника состоял из фитофильных личинок хирономид (*Glyptotendipes glaucus*, *G. barbipes*), прибрежно-фитофильных моллюски (*Planorbis planorbis*, *Bythinia tentaculata*). Однако на Участке 2 в эту группу входил двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha* (табл. 1).

Открытые (без зарослей) мелководья обоих участков существенно различались по составу доминирующих таксонов. Если на Участке 1 доминировали пелофильные личинки *Chironomus* f.l. *semireductus*, *Glyptotendipes paripes* и брюхоногий моллюск-вселенец *Lithoglyphus naticoides*, то на Участке 2 – вселенцы - двустворчатый моллюск *Monodacna colorata* и бокоплав *Dikerogammarus haemobaphes*.

Таблица 1.

Средняя численность (N , экз./м²), биомасса (B , г/м²) и частота встречаемости (%) доминирующих форм макробеспозвоночных в различных биотопах двух участков мелководий Волжского плеса Куйбышевского водохранилища

Таксон	Участок 1			Участок 2		
	N	B	%	N	B	%
Рогоз узколистный						
<i>Glyptotendipes glaucus</i>	236.6	1.4	68.8	369.0	2.5	66.1
<i>Planorbis planorbis</i>	162.2	2.2	81.3	26.5	0.5	28.6
<i>Bythinia tentaculata</i>	51.7	3.7	68.8	13.8	0.8	33.9
<i>Dreissena polymorpha</i>	10.8	>0.1	25.0	224.5	2.9	32.1
Тростник обыкновенный						
<i>Glyptotendipes glaucus</i>	300.0	1.8	80.0	-	-	-
<i>Bythinia tentaculata</i>	121.3	12.5	80.0	-	-	-
<i>Glyptotendipes barbipes</i>	53.3	5.0	60.0	-	-	-
Открытая литораль						
<i>Chironomus f.l.semireductus</i>	300.0	1.8	80.0	20.0	0.2	17.0
<i>Glyptotendipes paripes</i>	290.3	1.4	56.3	68.0	>0.1	19.1
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	139.1	16.3	87.5	0.7	>0.1	2.1
<i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i>	29.2	0.1	81.3	30.5	0.1	55.3
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	0	0	0	17.3	0.2	31.9
<i>Monodacna colorata</i>	0	0	0	8.0	0.4	21.3

Примечание. Для каждого биотопа приведены по 3 доминирующие формы, выделенные на основе индекса доминирования; прочерк – данный биотоп не обследован.

Как видно в табл. 2 наибольшая численность зоофитоса наблюдалась оба года на ст. 3, расположенной в зарослях ближе к открытой воде. Такая же закономерность была характерной и для общей биомассы и среднего количества таксонов в одной пробе.

Таблица 2.

Средняя численность зоофитоса в зарослях рогоза двух участков мелководий Куйбышевского водохранилища (2002, 2003 гг.)

Участок	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3
2002 г.			
1	456.1	768.0	1233.0
2	858.7	1403.2	2949.3
2003 г.			
1	595.3	861.7	2385.3
2	372.8	938.3	2568.0

Прибрежная часть зарослей (Ст. 1) обычно обсыхает в середине или к концу июля, в период, когда зоофитос не успевает развиваться в полной

мере. Ст. 3 обсыхает обычно лишь с конца августа по сентябрь, и там скапливаются организмы, мигрировавшие со станций 1 и 2. Затем фитофильные организмы мигрируют из зоны зарослей при понижении уровня воды и присоединяются к комплексу пелофильных форм. Благодаря поступлению органического вещества из зоны растительности там достигаются высокие количественные показатели. Этим объясняется выявление наибольшей суммарной численности (3434.8 экз./м²) и биомасса (93.5 г/м²) беспозвоночных на открытых мелководьях, образовавшихся ниже пояса зарослей макрофитов в период осенней сработки уровня воды в водохранилище (конец августа – начало сентября) на Участке 1. В таких сообществах доминирующий комплекс образуют эвритопные личинки хирономид *Chironomus* sp. и *G. paripes* и моллюски рода *Valvata* и *D. polymorpha*. На Участке 2 количественные показатели сообществ ниже зоны зарослей в тот период были намного ниже, чем на Участке 1 (6 раз по численности и 9.8 раза по биомассе). Эти факты можно объяснить тем, что при осенней сработке уровня воды из-за пологости дна мелководий Участка 2 образуется обширная обсушенная зона, благодаря чему беспозвоночные не успевают мигрировать и погибают.

Таким образом, практически по всем показателям сообщества открытой (без зарослей) мелководий Участка 2 (ВКГПБЗ) существенно уступают Участку 1 (пос. Победилово), что объясняется относительно высоким трофическим статусом и, главное, защищенностью залива на Участке 1 от неблагоприятного для прибрежной фауны действия ветра и волн.

Заросли высшей водной растительности представляют собой особо благоприятные биотопы для водных животных, повышая во многом биоразнообразие водной фауны на мелководьях, а также способствуя улучшению качества воды и кормовой базы водоемов. равнинного типа имеют большое значение как благоприятные для фитофильных гидробионтов биотопы, обеспечивающие богатые кормовые ресурсы, убежище от хищников и разрушительной ветровой и волновой деятельности, как место нереста рыб и участка, где происходит интенсивные процессы самоочищения

Исследования выполнены при финансовой поддержке фонда VolkswagenStiftung, Федеративная Республика Германия.

Литература

1. Зимбалева Л.Н. Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ. Киев: Наук. Думка., 1981. 216 с.
2. Influence of Water Level Fluctuation on *Typha*-dominated Littoral Communities of the Kuybyshev Water Reservoir (Tatarstan Republic, Russia) (I/77 616). Final report. Ulm-Kazan: Ulm and Kazan universities. 119 p.

СТЕПИ КЛАССА *FESTUCO-BROMETEA* В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Ямалов С.М., Баянов А.В., Абдуллина А.Р.
Башкирский государственный университет, Уфа
E-mail: geobotanika@rambler.ru

На Южном Урале степные экосистемы связаны с лесостепной и степной зонами Предуралья и Зауралья [1]. Степи на территории Республики Башкортостан в XX веке были повсеместно распаханы. Наибольшая распаханность (72-74%) характерна для северной, северо-восточной и южной лесостепи. Средняя – для степной зоны Предуралья и Зауралья (50-68%). Из-за низкого удельного веса пастбищ, оставшиеся участки либо подвергались интенсивному выпасу и трансформировались в малопродуктивные сообщества, либо сохранились фрагментарно на вершинах и склонах хребтов. На сегодняшний день актуальными являются работы по инвентаризации сохранившихся элементов степной растительности региона с целью разработки мер по их охране [3,4].

Изученность степной растительности Южного Урала остается слабой и не дает представление о современном разнообразии степных сообществ региона. Настоящее исследование опирается на массив геоботанических данных, содержащий более 1000 геоботанических описаний, выполненных с 1986 по 2008 гг. Геоботаническим обследованием охвачены лесостепные и степные районы Башкирского Предуралья, горно-лесной зоны и Башкирского Предуралья. Синтаксономический анализ выполнен по методу Браун-Бланке с использованием программного пакета TURBOVEG [5]. Авторы на данном этапе обработки воздержались от выделения ассоциаций.

Исследование показало, что степной тип растительности класса *Festuco-Brometea* на Южном Урале дифференцируются на два главных подтипа – луговые (порядок *Festucetalia valesiacaе*) и настоящие степи (порядок *Helictotricho-Stipetalia*), из которых первый является ведущим компонентом растительного покрова лесостепной зоны, второй представляет настоящие степи заволжско-казахстанского типа характерные только для южных районов степной зоны. Синтаксономический анализ выявил перекрытие комбинаций этих порядков, в результате чего виды настоящих степей, такие как *Helictotrichon desertorum*, *Potentilla humifusa*, *Carex supina*, *Euphorbia subcordata* и др. являются фоновыми для всех сообществ. Поэтому в качестве дифференцирующих выступают виды порядка *Festucetalia valesiacaе* (*Amoria monatana*, *Plantago urvillei*, *Adonis vernalis*, *Inula hirta*), которые центрированы только в богаторазнотравных луговых степях.

Общее разнообразие степей изученной территории представлено 9 типами сообществ, 4 из которых представляют зональную растительность из состава луговых и настоящих степей, остальные – петрофитные, кальцифитные и кустарниковые их варианты. К зональным вариантам степей отнесены сообщества с преобладанием *Stipa zalesskii*, *Stipa lessingiana*, *Stipa pennata* и *Stipa pulcherrima*. Особенным экстразональным типом степной растительности на Южном Урале являются степи горно-лесной зоны, которые отличаются присутствием группы лесо-опушечных видов (табл.1).

Таблица 1.

Сокращенная дифференцирующая таблица сообществ класса
Festuco-Brometea в Республике Башкортостан

Синтаксон	1	2*	3	4	5*	6*	7*	8	9
Число описаний	45	26	113	33	105	64	181	134	95
<i>Stipa lessingiana</i>	V	r	.	.	.	.	+	r	r
<i>Stipa zalesskii</i>	II	V	III	+	V	.	II	IV	II
<i>Aconogonon alpinum</i>	.	I	V	II	II	II	r	I	I
<i>Silene repens</i>	.	.	V	r	+	I	.	r	I
<i>Steris viscaria</i>	.	+	IV	r	+	I	.	r	+
<i>Amygdalus nana</i>	.	I	.	IV	I	I	+	r	r
<i>Cerasus fruticosa</i>	.	.	I	IV	I	+	+	r	+
<i>Stipa pennata</i>	.	.	V	II	IV	V	III	I	II
<i>Stipa pulcherrima</i>	+	.	.	.	+	r	IV	r	r
<i>Orostachys spinosa</i>	.	+	.	.	.	.	.	V	.
<i>Centaurea sibirica</i>	.	.	II	.	r	+	II	r	IV
Петрофитные союзы									
<i>Onosma simplicissima</i>	I	II	II	.	III	II	IV	II	III
<i>Echinops ritrodes</i>	I	III	III	.	III	I	IV	IV	IV
<i>Aster alpinus</i>	.	I	IV	.	III	II	I	III	III
<i>Cerastium arvense</i>	.	+	IV	.	II	+	r	III	III
<i>Alyssum tortuosum</i>	+	I	IV	.	II	+	II	IV	III
<i>Allium rubens</i>	.	I	II	.	+	+	II	IV	III
<i>Koeleria sclerophylla</i>	.	I	r	.	I	r	II	IV	III
<i>Dianthus acicularis</i>	.	.	+	.	+	r	I	IV	III
Диагностические виды порядка <i>Festucetalia valesiacaе</i> и класса <i>Festuco-Brometea</i>									
<i>Galium verum</i>	II	V	V	IV	V	V	II	III	III
<i>Stipa capillata</i>	IV	III	I	+	III	II	IV	III	III
<i>Veronica spicata</i>	.	I	V	II	IV	IV	III	IV	IV
<i>Fragaria viridis</i>	.	+	II	IV	IV	V	II	r	+
<i>Phleum phleoides</i>	.	II	III	+	IV	V	II	II	+
<i>Filipendula vulgaris</i>	.	II	V	III	V	V	III	I	I
<i>Seseli libanotis</i>	+	II	IV	III	IV	IV	II	II	I
<i>Inula hirta</i>	.	II	r	+	V	IV	III	+	r
<i>Plantago urvillei</i>	+	II	.	.	IV	IV	II	r	r
Диагностические виды порядка <i>Helictotricho-Stipetalia</i>									
<i>Helictotrichon desertorum</i>	I	IV	IV	+	IV	II	IV	III	III
<i>Caragana frutex</i>	IV	III	IV	V	IV	II	IV	III	III
<i>Carex supina</i>	II	III	IV	+	IV	II	II	III	II
<i>Euphorbia subcordata</i>	II	II	II	r	II	II	III	IV	II
<i>Festuca pseudovina</i>	III	IV	.	III	IV	IV	IV	IV	II
<i>Potentilla humifusa</i>	I	IV	V	.	IV	III	II	IV	III
<i>Salvia stepposa</i>	II	II	.	+	V	III	IV	+	II

Диагностические виды порядка *Arrhenatheretalia* и класса *Molinio-Arrhenatheretea*

<i>Elytrigia repens</i>	I	.	II	II	III	IV	III	r	I
<i>Achillea millefolium</i>	.	r	III	III	III	III	II	r	+

Диагностические виды класса *Trifolio-Geranietea*

<i>Origanum vulgare</i>	.	.	II	II	I	III	I	.	+
<i>Veronica teucrium</i>	.	r	.	+	I	III	r	.	.

Примечание. * - зональные варианты степей.

1 – бедноразнотравные тырсово-ковыльковые степи с преобладанием *Stipa lessingiana*

2 – бедноразнотравные степи с преобладанием *Stipa zalesskii* и *Helictotrichon desertorum*

3 – экстразональные степи горно-лесной зоны

4 – кустарниковые степи

5 – богаторазнотравные степи с преобладанием *Stipa zalesskii* и *Stipa pennata*

6 – луговые степи с преобладанием *Stipa pennata* и лугово-степного разнотравья

7 – степи с преобладанием *Stipa pulcherrima*

8 – петрофитные степи Башкирского Зауралья с участием *Orostachys spinosa*

9 – петрофитные степи Башкирского Предуралья с участием *Centaurea sibirica*

Из всех описанных типов степей Республики Башкортостан в полной мере охраняются только степи со *Stipa pulcherrima* на территории национального парка «Аслы-Куль» и экстразональные степи горно-лесной зоны на территории Башкирского государственного природного заповедника. Для охраны остальных степных сообществ необходимо создание ряда новых ООПТ. Наиболее ценными объектами для охраны являются степи Башкирского Зауралья, которые являются наименее деградированными среди всех описанных типов степных сообществ и содержат много редких и нуждающихся в охране видов таких как: *Koeleria sclerophylla*, *Minuartia krascheninnikovii*, *Stipa dasyphylla*, *Stipa pulcherrima*, *Stipa zalesskii* и др. занесенные в Красные книги России и Республики Башкортостан [2].

Литература

1. Жудова П.П. Геоботаническое районирование Баш. АССР. Уфа. 1966.- 124 с.
2. Красная книга Республики Башкортостан. Т.1. Редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений. Уфа: Китап, 2001. 280 с.
3. Миркин Б.М., Соломещ А.И., Дистанов Ю.Я., Мулдашев А.А. Охрана растительности Башкортостана: проблемы, принципы, современное состояние, перспективы // Вестн. Акад. наук РБ, Т.3. № 1. 1998. 15 с.
4. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. Уфа, 2006. 414 с.
5. Hennekens S.M. TURBO(VEG). Software package for input processing and presentation of phytosociological data USER'S guide // IBN-DLO Wageningen et university of Lancaster. 1995. 70 p.

СОДЕРЖАНИЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ермолаев О.П., Мухарамова С.С., Савельев А.А., Пилюгин А.Г., Чижикова Н.А., Бубнов Ю.П., Гаязов А.И., Яушева С.Р. Создание первой очереди геоинформационной системы «Природопользование» в рамках системы «Электронное правительство Республики Татарстан».....	5
Бабкин А.В. Методология долгосрочного прогнозирования местного стока вод Республики Татарстан	10
Бадриев И.Б., Задворнов О.А., Исмагилов Л.Н., Скворцов Э.В. Математическое моделирование процессов заводнения месторождений нефти.....	15
Баянов И.М. Численное моделирование движения облака аэрозоля в приземном слое атмосферы.....	20
Габдуллин В.М., Семакина А.В., Шкляев М.Е. Оценка состояния атмосферного воздуха Удмуртской республики	25
Гильфанов А.К., Зарипов Ш.Х., Маклаков Д.В. Характеристики тонкостенного пробоотборника в низкоскоростном потоке	29
Гончарова Г.С., Храмченков М.Г. Массоперенос в агрегированных неоднородно уплотненных пористых средах.....	33
Зарипов Ш.Х. Применение CFD пакетов для моделирования распространения загрязнений в воздушных и водных средах	38
Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Григориади А.С., Онегова Т.С. Моделирование процессов биоремедиации нефтезагрязненных почв.....	40
Константинова Ю.М., Савельев А.А., Девятова Н.Ф., Жданова Г.Н. Метеорологические аспекты формирования высоких уровней загрязнения воздуха в городах.....	44
Костерин А.В., Софинская О.А. Математическое моделирование деградации тридекана в условиях различной влажности почвы	47

Костерина Е.А., Бабич Л.А. Моделирование распространения загрязнения в вертикальной почвенной колонке с учетом сорбции и метод обработки результатов экспериментов	52
Линник В.Г., Савельев А.А. Моделирование структуры поля радионуклидного загрязнения в полесских ландшафтах брянской области ...	57
Литовский В.В. О роли и общности закономерностей действия «малых факторов» в геоэкологии и экономике: информационно-вероятностный подход.....	62
Малов П.В., Поташев К.А. Математическая модель очистки почв от углеводородного загрязнителя с применением биосорбционного комплекса	67
Мельникова Е.Б. Оценка состояния среды обитания и особенностей развития рыб на основе анализа регрессионного уравнения соотношения «вес-длина»	72
Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г. Автоматизированное дешифрирование элементов земного покрова по космическим снимкам LANDSAT с использованием программы ECOGNITION	75
Рычко О.К. Методологические модели формирования региональной системы мониторинга агрометеорологических условий и агроклиматических ресурсов в аридных сельскохозяйственных ландшафтах	80
Рычков С.Л., Шатров А.А., Шварц К.Г. Математическое моделирование процессов переноса аэрозолей в атмосфере.....	84
Скворцов Э.В., Суючева Д.Т. Управление потоком загрязненных подземных вод с помощью скважин	89
Тептин Г.М., Зинин Д.П., Хуторова О.Г. Моделирование распространения антропогенных выбросов промышленных предприятий в районе г. Казани.....	93
Токарев И.В., Хорхордин И.Л., Горев В.В., Козелков А.С., Глазунов В.А., Полищук С.Н., Панов А.И., Горев И.В. Численное моделирование переноса радионуклидов с учетом многоступенчатого распада при решении задач гидрогеоэкологии	96

Уланова Н.Г., Логофет Д.О. Новый подход в моделировании популяционной динамики видов-доминантов в ходе ранних стадий сукцессии после вырубки ельников южной тайги..... 98

Чижикова Н.А., Назарова Т.И., Рогова Т.В., Савельев А.А. Влияние пространственной генерализации, качественной и количественной информации на результаты ординации 102

Шварц К.Г., Шкляев В.А. Моделирование переноса примеси в атмосфере при наличии мощного источника тепла..... 106

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Горшков Ю.А. Экологическая сеть ООПТ региона: развитие, опыт управления 110

Абдуллин Ш.Р., Вахмянина А.А. Особенности распределения цианобактерий и водорослей в Аскинской пещере (Республика Башкортостан) 115

Артюшкина А.С., Шайхутдинова Г.А., Чижикова Н.А. Информативность таксационных показателей в индикации состава и динамики лесного покрова по данным Landsat..... 119

Асфандиярова Л.З. Характеристика альгофлоры посевов трав северо-восточной лесостепной зоны Предуралья Республики Башкортостан..... 123

Ахмедьянов Д. И. Характеристика почвенных альгоценозов сельскохозяйственных экосистем Баймакского Района РБ..... 124

Аюпов А.С. Динамика населения курообразных Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника..... 127

Байтмирова Е.А. Эколого-геохимические исследования на территории Среднего Урала..... 130

Бедова П.В. Некоторые результаты изучения популяции *Dreissena polymorpha* (Pallas,1771) в реке Малая Кокшага (РМЭ)..... 135

Бекмансуров М.В., Рыбакова А.Н. К классификации сосновых лесов ГПЗ «Большая Кокшага» 140

Бессолицына Е.П. Концептуальные и методологические проблемы сохранения биоразнообразия в Байкальском регионе.....	144
Бузмаков С.А. Разработка сети региональных особо охраняемых природных территорий	149
Варламова М.А. Исследование декоративных многолетников местной флоры для использования их в зелёном строительстве на примере <i>Dictamnus gymnostylis</i>	153
Верещак Е.В. Изменчивость морфологических признаков <i>Dianthus acicularis</i> Fisch.ex Ledeb	158
Гатина Е.Л. Сохранение разнообразия растительности в зоне южнотаежных пихтово-еловых лесов (на примере Пермского края).....	161
Глушко С.Г. Оценка устойчивости лесов в изменяющихся условиях природной среды	166
Голубятников Л. Л. Влияние климатических изменений на растительный покров регионов России	171
Горбунов М.Ю, Уманская М.В. Экологические особенности фототрофного сообщества металимниона в стратифицированных озерах....	176
Гордиенко С.Г. Обоснование для включения некоторых видов чешуекрылых в Красную Книгу Республики Татарстан	181
Горелов В.К. О пользе и вреде акклиматизации	185
Горшков Д.Ю. Оценка влияния средообразующей деятельности бобра на некоторые гидрологические показатели малых водотоков Республики Татарстан.....	189
Дробот В.И., Дробот А.В. Структура зоопланктонных сообществ некоторых водоемов заповедника «Большая Кокшага»	194
Зайцев А.А. Методические основы проведения экологической оценки ООПТ регионального значения на примере Пермского края	199
Ивлиев В. Г. Многолетние изменения численности птиц как индикатор состояния окружающей среды.....	203
Игошева Н. И. Динамика структуры популяций <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz в Свердловской области.....	206

Ильина В.Н. Динамика популяций редких копеечников под влиянием различных видов хозяйственной эксплуатации степных сообществ.....	211
Керженцев А.С., Шульженко Ю.В. Возобновимый ресурсный потенциал экорегиона.....	216
Ковальчук Л.А. Охрана биоразнообразия и устойчивое развитие экосистем. Эколого-физиологические методы исследования.....	221
Корнилова Т.И. Экономический кризис и проблемы экологии	226
Мингазова Н.М., Деревенская О.Ю., Палагушкина О.В., Дбар Р.С., Ахатова В.М., Набеева Э.Г. Гидробиологическая характеристика карстовых водных объектов Абхазии	231
Муравьёва А.С., Барсуков П.А. Физиолого-биохимические адаптации выживания популяций растений рода <i>Amaranthus</i> на севере Среднего Поволжья.....	235
Назарчук М.К. Экологический каркас региона – основа сохранения биоразнообразия.....	238
Николаева Н.В., Нестерков А.В. Состав и обилие тлей (<i>Homoptera, Aphidoidea</i>) в травостое на территориях с разным уровнем воздействия выбросов медеплавильного завода.....	242
Павлов А.В., Замалетдинов Р.И., Кузьмина Е. И., Хайрутдинов И.З. Особенности роста озерной лягушки (<i>Rana ridibunda</i>) и прыткой ящерицы (<i>Lacerta agilis</i>) в условиях городской среды.....	247
Подшивалина В.Н., Терентьева А.А. Сравнительная оценка состояния малых озер методами биоиндикации (на примере карстовых озер Чувашской Республики).....	251
Постарнак Ю.А. О необходимости создания сети особо охраняемых природных территорий для сохранения сообществ редкого вида России <i>Pinus pityusa</i> Stev.	256
Постарнак Ю.А., Литвинская С.А. О необходимости сохранения растительных сообществ литоральных экосистем Вербяной косы	261
Прохоров В.Е., Старцева В.В. Многолетняя динамика флоры города Казани	264

Пустовалова Л.А., Никонова Н.Н., Ерохина О.В. Сравнительный анализ фиторазнообразия западного и восточного склонов Урала (на примере ООПТ)	269
Рогова Т.В., Прохоров В.Е., Шафигуллина Н.Р., Бакин О.В. Материалы к видовому разнообразию галофильных сообществ на северной границе распространения.....	274
Саидова Н.В., Любарский Е.Л. Семенная продуктивность <i>Adonis vernalis</i> L. В разных условиях РТ	278
Северов Ю.А., Сайфуллин Р.Р., Шакирова Ф.М. Половая структура и возраст полового созревания синца центральной части Куйбышевского водохранилища.	282
Семенова Н.М. Основные направления и принципы развития и реорганизации сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Омской области	285
Соболев Н.А. Методы адаптации общеевропейских критериев оценки биоразнообразия к российским условиям (на примере сети Эмеральд).....	290
Стаин В.Ю. Особенности формирования и поддержания стабильности гильдии видов рода <i>Sympetrum</i> New. (<i>Odonata</i>) в условиях степной зоны Центрального Кавказа	295
Суходольская Р. А., Козырева Е. А. Репродуктивная структура популяций как отражение среды обитания	300
Тимофеева Г. А., Савосин Н. И. Структура популяций жуужелиц при разной степени антропогенного воздействия	303
Фардеева М.Б., Исламова Г.Р. К изучению пространственной структуры черники (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	307
Хабибуллина Н.Р. Структура сообщества жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) города Казани.....	312
Хафизова А.Р., Шайхутдинова Г.А. Основные черты сукцессионных стратегий <i>Abies sibirica</i> Ledeb. и <i>Quercus robur</i> L. в периферии ареала	317
Шигапов И.С., Мусин А.Г., Мингазова Н.М. Физико-географические факторы формирования озер г. Казани.....	320

Черная Л. В., Ковальчук Л. А. Видовое разнообразие пиявок естественных и антропогенно нарушенных ландшафтов Уральского региона.....	325
Юпина Г.А., Потапов К.О. Видовое разнообразие и структура грибной биоты лесных экосистем памятника природы «Истоки Казанки» ..	330
Яковлев В. А., Яковлева А.В., Мезикова Д.В. Разнообразие и количественные показатели зообентоса на территории Саралинского участка ВКГПБЗ (Куйбышевское водохранилище)	335
Яковлев В. А., Ахметзянова Н. Ш., Яковлева А.В. Сообщества макробеспозвоночных организмов зарослей высшей водной растительности Куйбышевского водохранилища	338
Ямалов С.М., Баянов А.В., Абдуллина А.Р. Степи класса Festuco-Brometea в Республике Башкортостан	342

**ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И УСТОЙЧИВОЕ
РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ:
НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Том III

**Моделирование в охране окружающей среды.
Общая экология и охрана биоразнообразия.**

Ответственные редакторы:

проф. Сироткин В.В.,
проф. Рогова Т.В.

Издательско-полиграфическая фирма «Бриг»

г. Казань, ул. Академическая, д.2.

Тел./факс: (843) 537-91-63

Отпечатано в ООО «Багира»

420021, г. Казань, ул. Сайдашева, д. 12

тел. 260-44-40, 278-98-96

Заказ № 132 от 29.04.2009 г.

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 22.

Бумага 65 г. Печать ризографическая.

Тираж 200 экз