

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ИШИМА

© 2010 А.Ю. Левых, Г.Г. Пузынина, А.В. Ермолаева, О.С. Козловцева

Ишимский государственный педагогический институт имени П.П. Ершова

Поступила в редакцию 01.10.2010

В статье приводятся результаты исследования современного состояния наземных и водных экосистем г. Ишима. В качестве биоиндикаторов использованы *Taraxacum officinale*, *Pinus sylvestris*, *Apodemus agrarius*, *Euglenoidea*.

Ключевые слова: биоиндикация, популяция, загрязнение, экосистема, сапробность

В связи с высокой антропогенной нагрузкой на наземные и водные объекты урбанизированных территорий наблюдается прогрессирующее ухудшение их экологического состояния, ведущее к упрощению структуры и снижению устойчивости биоценозов. Актуальность данного исследования связана с фундаментальной задачей – изучением и сохранением биологического разнообразия, являющегося основой устойчивого и стабильного развития социума, и с прикладной задачей – оценкой экологического состояния наземных и водных экосистем урбанизированной территории г. Ишима по индикационным признакам наземной и пресноводной флоры и фауны. Полученные результаты могут послужить основой для перспективного прогнозирования качества воздуха и пресных вод в зависимости от направленности развивающихся антропогенных процессов, для разработки необходимых мероприятий по охране окружающей среды г. Ишима и его пригородов, для оптимизации мест расположения основных хозяйственных объектов, для принятия управленческих решений относительно природных ресурсов г. Ишима.

**Цель исследования:** изучение состояния наземных и водных экосистем г. Ишима методами эколого-биологического анализа.

Город Ишим расположен на Транссибирской железнодорожной магистрали и перекрестке автодорог федерального значения и играет важную роль в социально-экономической сфере соседних регионов. Площадь г. Ишима – 4616 га, автодорог федерального значения и играет важную

роль в социально-экономической сфере соседних регионов. Площадь г. Ишима – 4616 га, население – 61,9 тыс. человек. Основными источниками загрязнения в городе являются транспорт и промышленность. Промышленные предприятия и транспортная сеть города располагаются, в общем, равномерно. Поэтому при любом направлении ветра какая-либо часть города оказывается под шлейфом загрязнений. В тоже время ни одна часть города не получает одновременно суммарного воздействия от всех источников загрязнений. В последние 2 года состояние приземного слоя воздуха на центральной улице города – ул. Карла Маркса ухудшилось вследствие сплошной вырубке древесных насаждений в связи со строительством ливневой канализации. Водные объекты города загрязняются сточными водами, находящимися в контакте с городскими почвами, свалками. Отмечаются случаи нарушения водохозяйственных зон и нарушения гидрологического режима.

**Материалы и методы исследований.** Для оценки состояния наземно-воздушной среды г. Ишима применили метод биотестирования с помощью одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*). Анализировали морфологические признаки семян одуванчика, которые в процессе созревания больше, чем другие части растения накапливают токсические вещества, влияющие на индивидуальное развитие. Сбор семян производили в лесопарке «Берёзовая роща», на городском пляже (река Ишим), в районе мясокомбината, на пересечении двух центральных улиц – Карла Маркса и Артиллерийской, машиностроительного завода, железнодорожного моста, завода железобетонных изделий (ЖБИ), на ул. Большая, испытывающих разные антропогенные нагрузки. Сбор плодов одуванчика осуществляли в период массового плодоношения в мае 2009 г. Для оценки выборочных показателей собирали плоды в корзинках (по 500 с каждой пробной площади), измеряли их длину и ширину с точностью до 0,1 мм. Для оценки жизнеспособности определяли всхожесть семян до 9 дня (1000 семян из каждой популяции).

*Левых Алёна Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и методики её преподавания. E-mail: aljurlev@mail.ru*

*Пузынина Галина Георгиевна, кандидат биологических наук, профессор кафедры биологии и методики её преподавания*

*Ермолаева Анна Владимировна, ассистент кафедры биологии и методики её преподавания. E-mail: anuta\_8608@mail.ru*

*Козловцева Ольга Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, географии и методик их преподавания. E-mail: ok-007@mail.ru*

Наряду с биотестированием провели оценку состояния наземно-воздушной среды методом биоиндикации по хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Для этого с деревьев в возрасте 8-10 лет собирали хвою второго года жизни. С 4 участков на центральной улице К. Маркса исследовали по 200 хвоинок. При выборе участков руководствовались присутствием на них *Pinus sylvestris*, которая произрастает на территории города единично или небольшими группами (по 2-3 дерева). В каждой выборке учитывали процент хвоинок с повреждениями (некрозами и усыханиями) и определяли среднюю длину хвои. В качестве контроля использовали сопоставимую выборку хвои *Pinus sylvestris* с территории памятника природы Синицинский бор, расположенного в 16 км от г. Ишима.

Для выявления интегрированного воздействия факторов урбанизации на эпигенетические процессы методами фенетического анализа изучили изменчивость рисунка надкрылий в разных локальных популяциях клопа-солдатика (*Pirrhocoris apterus*) [1]. Всего обследовали 300 особей из 6 районов г. Ишима (машиностроительный завод, свалка на выезде, Берёзовая роща, пересечение улиц К. Маркса и Артиллерийской, городской пляж, мясокомбинат).

Для оценки стабильности развития мелких млекопитающих провели фенетическое исследование 170 черепов полевой мыши (*Apodemus agrarius*) из 4 местообитаний: лесопарка «Народный парк», садового товарищества «Дорожник», территории, прилегающей к аэродрому ДОСААФ за пределами города на правом берегу реки Ишим, окрестностей с. Синицино Ишимского района (в качестве контроля). Популяционные группировки полевой мыши из Народного парка (юго-западная окраина города) и садового товарищества «Дорожник» (северо-восточная окраина города) изолированы друг от друга значительным расстоянием и сложной

городской инфраструктурой. Народный парк отделён от выборки с «аэродрома» рекой Ишим. В работе использовали методику фенетического анализа мелких млекопитающих, предложенную в [2].

Для оценки состояния водных объектов провели эколого-фаунистическое исследование эвгленовых жгутиконосцев (*Euglenoidea*) с применением общепринятых методов отбора и микроскопического исследования протозоологического материала [3, 5]. Определение видовой принадлежности выявленных форм проводилось на живом материале по описаниям, содержащимся в литературе [6, 7]. Сапробность исследованных участков водотока определяли по относительной численности и индикаторной значимости видов в соответствии с таблицами В. Сладечека [8]. Полученные результаты обработали общепринятыми биометрическими методами [4].

**Результаты и обсуждение.** Анализ морфологических признаков одуванчиков из разных районов города показал, что достоверно более низкие, чем в контроле ( $p > 0,01$ ) средние показатели ширины и длины семян одуванчика и высокие коэффициенты их вариации наблюдаются в выборках растений из популяций в районах: мясокомбината, ул. Большой и моста через железнодорожное полотно в районе улицы Артиллерийской (табл. 1). Уменьшение параметров морфологических признаков и их высокая изменчивость свидетельствуют о неблагоприятной экологической ситуации в этих районах. Наиболее неблагоприятная обстановка наблюдается в районе мясокомбината, где кроме собственного производства источниками загрязнения служат расположенные рядом 2 автозаправочные станции, автобусный парк и автомагистраль, поддерживающие высокий уровень выхлопных газов и обуславливающие непосредственное загрязнение почв горюче-смазочными материалами.

**Таблица 1.** Морфометрические показатели *Taraxacum officinale* в выборках из разных районов исследования

Место сбора	Ширина ( $x \pm S_x$ )	CV	Место сбора	Длина ( $x \pm S_x$ )	CV
мясокомбинат	0,76±0,3	40,97	мясокомбинат	2,18±0,01	7,33
перекресток ул. К.Маркса и ул. Артиллерийской	0,98±0,01	12,91	перекресток ул. К.Маркса и ул. Артиллерийской	2,61±0,01	5,32
горпарк	0,98±0,01	12,27	горпарк	2,61±0,01	5,90
ж/д мост	1,11±0,01	14,82	ж/д мост	2,19±0,01	12,68
ул. Большая	1,14±0,01	12,67	ул. Большая	2,17±0,01	4,06
з-д ЖБИ	1,19 ±0,01	13,07	з-д ЖБИ	2,84±0,01	4,03
Машзавод	1,34±0,02	16,28	Машзавод	2,24±0,02	6,43
пляж	1,36±0,03	12,98	пляж	3,90±0,01	5,30

В районе моста растения находятся под действием загрязнителей как железнодорожного, так и автомобильного транспорта. На ул. Большой неблагоприятная экологическая обстановка

обусловлена, вероятно, большой несанкционированной свалкой, организованной жителями района. В соответствии с экспериментальными данными несколько лучше экологическая ситуация в

районе городского парка, машиностроительного завода, завода ЖБИ и на перекрестке улиц К. Маркса – Артиллерийской (в период проведения экспериментальной работы ул. К. Маркса была закрыта в связи с дорожно-ремонтными работами). Эти данные согласуются с результатами изучения всхожести семян одуванчика. Нулевая всхожесть семян отмечена в выборке с ул. Большой (табл. 2). Достоверно наиболее высокая всхожесть семян отмечена в выборке с городского пляжа ( $p > 0,01$ ), а наиболее низкая отмечена в выборках из окрестностей мясокомбината, железнодорожного моста. Таким образом, увеличение антропогенной нагрузки на экосистему приводит к повышению фенотипической изменчивости и коэффициентов вариации морфологических признаков, вероятно, носит адаптивный характер. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии антропогенных факторов на эпигенез одуванчика.

**Таблица 2.** Всхожесть семян *Taraxacum officinale* в выборках из разных районов исследования

Место сбора	3-й день	7-й день	9-й день
мясокомбинат	-	20,3	50,0
мост	2,2	43,0	51,2
ул. Большая	-	-	-
Машзавод	-	28,0	52,1
ЖБИ	15,0	52,0	75,4
перекрёсток	1,2	36,1	79,6
парк	0,5	32,5	80,8
пляж	0,5	58,0	82,5
контроль	21,0	60,1	86,3

Биоиндикационный анализ *Pinus sylvestris* указывает на значительное содержание загрязняющих веществ в почве и атмосферном воздухе на центральной улице г. Ишима. Наибольший процент повреждённых хвоинок сосны обыкновенной выявлен в пробе, собранной по ул. К. Маркса, 49а (табл. 3). Степень повреждения хвоинок в указанной пробе сопоставима с повреждениями, наблюдающимися в крупных промышленных городах – Челябинске, Екатеринбург, Новосибирске. Относительно высок процент повреждённых хвоинок в пробе, собранной на дворовой территории дома № 57. Можно предположить, что группы сосен по ул. К. Маркса, 49а и 57, испытывают неблагоприятное воздействие расположенных вблизи комбината хлебопродуктов и железной дороги, а проба № 3 ещё и прямое влияние автомагистрали. Относительно низкий, сопоставимый с контролем (12%) уровень повреждения хвоинок в пробах 1 и 2 можно объяснить отсутствием потока автотранспорта на соответствующих участках в течение всего летнего периода 2009 г. из-за перекрытия улицы в связи с дорожными работами.

**Таблица 3.** Характеристика хвои сосен, произрастающих по ул. К. Маркса

Адрес	Средняя длина иглы (см±0,2 см)	Иглы с повреждениями	
		Всего	(%)
сквер им. Ленина	7,7	30	15
ул. К.Маркса, 1	6,7	27	13,5
ул. К. Маркса, 49а	7,0	150	75
ул. К. Маркса, 57	6,3	80	43,5

Анализ меланистической окраски надкрыльев клопа-солдатика в разных локальных популяциях г. Ишима выявил широкий спектр фенотипической изменчивости этого признака. Большая вариативность фенотипов характерна для популяции машиностроительного завода по черному верхнему пятну А-8, для популяции свалки по нижнему красному пятну Д-9, в других популяциях вариативность несколько ниже. Вероятно, различные загрязнители, а также особенности микроклимата в разных районах города обуславливают своеобразие эпигенетических процессов и, соответственно, специфику фенотипической структуры каждой локальной популяционной группы клопа-солдатика. Так, фен D-16 обнаружен в популяции машиностроительного завода, а фен А-11 – на пересечении улиц К. Маркса и Артиллерийской, Т-3 – в локальной популяции Берёзовой рощи, D-7 – на пересечении улиц К. Маркса и Артиллерийской. Возможно, это объясняется тем, что в каждой популяции господствующим является один какой-то загрязнитель. Следовательно, выявленные фены могут служить маркером для определения групп загрязнителей. Следует отметить, что частота фенотипов по каждому элементу рисунка в анализируемых популяциях различна. Особенно широк разброс по частоте фенотипов А и D.

Высокая вариативность и частота фенотипов, наблюдаемая в локальных популяциях возле мясокомбината, свалки, на пересечении улиц К. Маркса и Артиллерийской свидетельствует о менее благоприятной экологической обстановке в этих районах. Полученные данные указывают на то, что популяции клопа-солдатика четко реагируют на антропогенное загрязнение среды, в группировках клопа-солдатика, подвергающихся действию химических и биологических загрязнителей, возникает следующее: повышается изменчивость, учащается число встречаемости редких фенотипов, связанных с фрагментацией основных или появлением дополнительных элементов соответствующих участков покровов тела. Описанная дифференциация состояния популяции повышает их пластичность и целостность.

Изучение эпигенетического полиморфизма полевой мыши (*Apodemus agrarius*) по 16 метрическим признакам черепа показало, что каждая популяционная группа имеет своеобразную фенотипическую структуру. Специфика проявляется

как в отсутствии, или наличии отдельных фенотипов, так и в распределении их частот. В тоже время наиболее фенетически, а, следовательно, и эпигенетически, сходны популяционные группировки из Народного парка и Дорожника, расположенные в черте города. Учитывая, что в настоящее время они изолированы сложной пространственной структурой города и расстоянием, а также обитают в разных микроклиматических и микробиотопических условиях можно предположить, что выявленное эпигенетическое сходство отражает общность происхождения городской популяции мышей и влияние сходных факторов урбанизированной среды, а также поддерживается за счёт слабого потока генов через промежуточные внутривидовые группы особей.

Обращает на себя внимание тот факт, что выборка полевой мыши с «аэродрома», пространственно смежная с выборкой Народного парка, отделённая от неё только рекой и автомагистралью, по распределению частот фенотипов ближе к синицинской, чем ко всем городским выборкам. Учитывая контрастность биотопов в окр. д. Синицино на территории реликтового соснового бора и в окр. г. Ишима, можно предположить, что между популяционными группами мышей, обитающими в районе аэродрома и в окр. с. Синицино существует слабый поток генов, например, через обмен мигрантами, или скрещивание с животными из промежуточных группировок. Возможно, река и проходящая через мост автомагистраль обеспечивают достаточно жёсткую изоляцию между городскими и загородными поселениями мышей. Статистическое сравнение показало, что между выборками полевой мыши из Народного парка и Дорожника нет достоверных различий ни по одному признаку. Выборки из Дорожника и «аэродрома» статистически значимо различаются по частотам 3 фенотипов: FPodu; FPrme и FBsme. Выборки из Народного парка и «аэродрома» достоверно отличаются по частотам 2 фенотипов: FPrme и FBsme. Меньшая эпигенетическая дифференциация последних может быть обусловлена их более длительной исторической связью, а также нарушением времени от времени изолирующих пространственных барьеров. Не исключено также, что поток мигрантов существует постоянно, и тогда дифференциация сравниваемых популяционных групп поддерживается за счёт их приспособления к разным биотопическим условиям.

Объединённая ишимская популяционная группировка *Apodemus agrarius* достоверно отличается от синицинской по 4 фенотипам: FPrme, FePas, FHgsi, FMtdu. FPodu. Набор перечисленных фенотипов отличается от того, по которому различаются подразделения ишимской популяции и указывает на специфику фенетической структуры синицинской популяционной группы. Несмотря на выявленные межгрупповые различия по частотам фенотипов, между всеми исследованными

выборками имеется некоторое сходство, что может быть обусловлено приспособлением к единому комплексу факторов среды в пределах одной физико-географической зоны – северной лесостепи. Например, во всех выборках высока встречаемость фенотипа FHgsi, и наоборот очень низка частота фенотипа FMtan. Следовательно, выявленная в городской популяции полевой мыши эпигенетическая изменчивость в общем не выходит за рамки сложившейся видовой нормы реакции, и, вероятно, влияние факторов урбанизации не превышает критического для живых систем уровня.

В результате протистологического исследования в пробах из реки Ишим и озера Чертовое обнаружено 23 вида фототрофных эвгленовых жгутиконосцев, относящихся к 5 родам. По видовому разнообразию лидирует род – *Euglena* – 11 видов. По 5 видов включают рода *Trachelomonas* и *Phacus*. Роды *Lepocinclis* и *Monomorphina* представлены 1 видом каждый. Фауна эвгленовых жгутиконосцев р. Ишим представлена 16 видами, что составляет 69,6% от общего числа видов. Наибольший вклад в эвгленофауну р. Ишим вносит род *Euglena*, представленный 8 видами. Численно же в пробах доминируют виды *Phacus pleuronectes*, *Phacus acuminatus*, *Monomorphina pyrum*. Остальные виды в пробах встречаются редко.

Среди обнаруженных нами видов 1 вид характеризует олигосапробную зону, что составляет 6,3%, 6 видов – β-мезосапробную зону (37,5%), 2 вида – β-α- мезосапробную зону (12,5%) и 5 видов – α-мезосапробную зону (31,3%). Из соотношения видов, характеризующихся разной индикаторной значимостью видно, что в пробах из р. Ишим доминируют β-мезосапробные виды. Однако по индексу сапробности р. Ишим является α-мезосапробным водоёмом (табл. 4). В пробах из озера Чертовое выявлено 17 видов эвгленид, что составило 74% от общего числа видов. По видовому разнообразию здесь также лидирует род *Euglena*, представленный 10 видами. Доминантами по относительной численности выступают виды: *Euglena proxima*, *Trachelomonas hispida*, *Tr. oblonga*. Большая часть видов эвгленид озера Чертовое (58,8%) характеризует β-мезосапробную зону, 23,5% видов – α-мезосапробную зону и 11,8% видов являются индикаторами олигосапробной зоны. Однако по значению индекса сапробности данный водоём относится к α-мезосапробной зоне.

Таким образом, обследованные водоёмы характеризуются значительным уровнем органического загрязнения. Высокий уровень насыщения органическими веществами воды озера Чертовое, вероятно, обусловлен аллохтонным загрязнением вследствие хозяйственной деятельности человека, поскольку из-за слабого развития водной макрофитной растительности и бедности сообществ макробеспозвоночных животных поступление в этот водоём автохтонного

органического вещества незначительно. Высокая сапробность исследованного участка р. Ишим обусловлена, вероятно, поступлением и аллохтонной, и автохтонной органики вследствие обмеления реки и разрастания макрофитной растительности.

**Таблица 4.** Характеристика хвой сосен, произрастающих по ул. Карла Маркса

	р. Ишим	оз. Чертовое
индекс сапробности, S	3,4	3,0
зона загрязнения водоема по сапробности	α-мезосапробная	α-мезосапробная

#### Выводы:

1. Исследованные популяции животных и растений характеризуются высокой вариабельностью морфологических признаков, уровень которой положительно коррелирует с величиной антропогенной нагрузки.

2. Совокупное воздействие нескольких источников загрязнения приводит к уменьшению размеров, увеличению числа повреждений морфологических признаков и снижению всхожести семян у растений.

3. Выявлен высокий уровень эпигенетического полиморфизма в городских популяциях животных, который отражает специфику условий развития, и соответственно, характера загрязнения, но не превышает критического значения.

4. Обследованные водоёмы г. Ишима характеризуются значительным уровнем органического

загрязнения, обусловленного, главным образом, хозяйственной деятельностью человека.

5. Результаты предварительных исследований свидетельствуют о необходимости систематического мониторинга за качеством окружающей среды города, включающего не только экологические, но и генетические исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Батлуцкая, И.В. Фенетический подход к изучению изменчивости рисунка надкрыльев клопа-солдатика (*Pirrhocorus artemus*) в Белгородской области // Фенетика природных популяций: материалы IV Всесоюзного фенетического совещания. Борок, ноябрь, 1990. С. 16-18.
2. Васильев, А.Г. Эпигенетические основы фенетики: на пути к популяционной мерономии. – Екатеринбург: Академкнига, 2005. 640 с.
3. Жадин, В.И. Методика изучения донной фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных / Жизнь пресных вод. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 279-382.
4. Лакин, Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. 343 с.
5. Лихачев, С.Ф. Методика эколого-фаунистических исследований протистов на примере эвгленовых / Методология и методика естественных наук. – Омск, ОмИПКРО: Изд. ОмГПУ, 1997. С. 111-127.
6. Лихачев, С.Ф. Атлас эвгленовых жгутиконосцев водоемов Омской области и Северного Казахстана. – Омск: ОмГПУ, 1999. 160 с.
7. Попова, Т.Г. Эвгленовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. – М.: Сов. наука, 1955. 282 с.
8. Sládeček, V. Sistem of water qualiti from biological point of view // Ergebnisse der Limnologie. Stuttgart, 1973. P. 212-218.

## MONITORING OF ECOSYSTEMS CONDITION AT TERRITORY OF ISHIM TOWN

© 2010 A.Yu. Levykh, G.G. Puzynina, A.V. Yermolaev, O.S. Kozlovitseva

Ishim State Pedagogical Institute named after P.P. Ershov

In article results of research the modern condition of ground and aquatic ecosystems of Ishim are brought. As bioindicators are used *Taraxacum officinale*, *Pinus sylvestris*, *Apodemus agrarius*, *Euglenoidea*.

Key words: *bioindication*, *population*, *pollution*, *ecosystem*, *saprobity*

*Alyona Levykh, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Biology and Technique of its Teaching. E-mail: aljurlev@mail.ru*

*Galina Puzynina, Candidate of Biology, Professor at the Department of Biology and Technique of its Teaching*

*Anna Ermolaeva, Assistant at the Department of Biology and Technique of its Teaching. E-mail: anuta\_8608@mail.ru*

*Olga Kozlovitseva, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Ecology, Geography and Technique of their Teaching. E-mail: ok-007@mail.ru*