

## ГЕНОУРБАНОЛОГИЯ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

© 2011 В.М. Макеева<sup>1</sup>, А.В. Смуров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Музей земледения и <sup>2</sup>Экоцентр Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 24.05.2011

Дано методологическое обоснование геноурбанонологии – нового научного направления (синтез популяционной генетики и системной экологии). С позиций системного подхода сформулированы эколого-генетические принципы сохранения основного возобновимого ресурса биосферы – биоразнообразия. Методологическое обоснование позволяет ставить задачей геноурбанонологии познание генетических параметров и закономерностей сохранения устойчивости и восстановления экосистем антропогенных и особенно урбанизированных ландшафтов.

Ключевые слова: *геноурбанонология, биоразнообразие, популяция, генофонд, экосистема*

Важнейшей особенностью современной цивилизации признана урбанизация планеты. В настоящее время урбанизированные ландшафты занимают более 60% территории Земли. Урбанизация, приводя к глобальной трансформации природных ландшафтов, стала одним из самых мощных факторов антропогенного воздействия на биосферу. Разнообразии живых организмов, которое очерчивает биосферу, является главным возобновимым ресурсом человечества. Одним из основных воздействий урбанизации на природные сообщества организмов стала фрагментация ландшафта. Следствием глобальной фрагментации является масштабный процесс распада ареалов видов на отдельные мелкие изоляты (инсуляризация), в которых происходит резкое необратимое уменьшение разнообразия генофонда, неизбежно ведущее к вымиранию популяций видов [1]. Разнообразие генофонда природных популяций видов является важнейшим условием существования всего многообразия видов на Земле [2]. Оно является важнейшей характеристикой экосистем.

Впервые генофонд охарактеризован в качестве природного ресурса А.С. Серебровским в 1928 г. [3], предложившим этот термин: «... в лице генофонда мы имеем такое же национальное богатство, как в лице запасов нефти, запасов золота, угля, скрытых в наших недрах». В условиях масштабной фрагментации ландшафта научная организация охраны биоразнообразия должна базироваться на сохранении главного ресурса жизни – генофонда с учетом генетических процессов, происходящих в естественных популяциях животных под воздействием человека. Такой подход характерен для нового научного направления – геноурбанонологии, возникшего в синтезе популяционной генетики и системной

экологии. Геноурбанонология была разработана на основе многолетних (с 1975 г.) исследований динамики генофонда популяций модельных объектов (животных), обитающих в условиях антропогенной фрагментации ландшафта Москвы и Подмосковья. Серия работ по оценке состояния генофонда, прогнозу и восстановлению популяций заложила основы геноурбанонологии [4-10]. В настоящей работе дается представление о геноурбанонологии как методологической основе сохранения биологических ресурсов.

**Материал и методы исследования.** Материал – созданная впервые в России и в мире система городского эколого-генетического мониторинга популяций модельных видов животных – состоит из 36 популяций, из них 21 популяция из особо охраняемых природных территорий (ООПТ) г. Москвы. 15 популяций животных были собраны в 5 пунктах Северо-Западного Подмосковья, Новгородской и Калужской областях. Всего исследовано более 30000 раковин моллюсков и более 9000 методом электрофореза (1975-2005 гг.), из них около 3000 улиток – по 13 полиморфным изоферментным локусам (2002-2003 гг.). Исследовано 554 лягушки по 7 полиморфным локусам, 21 аллелю. Модельные объекты: для исследования использованы один вид наземного моллюска (кустарниковая улитка *Bradybaena fruticum* (Mull.) и 2 вида бурых лягушек (остромордая *Rana arvalis* Nills. и травяная *R. temporaria* L.). Методики оценки состояния генофонда, оценки генетического разнообразия популяций расчет прогноза и длительности существования популяций подробно изложены в статьях [4, 5, 9, 10].

**Результаты и обсуждение.** Проведенная оценка состояния генофонда выявила резкое обеднение (до 70%) разнообразия генофонда около 80% городских популяций модельных видов животных, по сравнению с эталонными природными [5, 6]. Более 50% видов животных, обитающих на ООПТ г. Москвы занесено в Красную книгу [11]. Дан прогноз длительности существования популяций животных в парках г. Москвы: 60% популяций вымрет в ближайшие 100-150 лет, из них 33% – в

Макеева Вера Михайловна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: vmmakeeva@yandex.ru

Смуров Андрей Валерьевич, доктор биологических наук, директор. E-mail: smr@mes.msu.ru

ближайшие 25-40 лет. Менее 20% популяций имеют шанс на длительное существование (более 500 лет) [7-10]. Эти исследования показали, что традиционный подход к охране биоразнообразия, связанный с выделением заповедных территорий (парков, заказников и других ООПТ), в условиях фрагментированного ландшафта недостаточен для обеспечения устойчивого сохранения биоразнообразия, являющегося основой устойчивости городских экосистем. Это связано с резким изменением состояния генофонда охраняемых мелких изолированных городских популяций, происходящем вследствие отрицательных генетических процессов – дрейфа генов и инбридинга.

Геноурбанонология учитывает [4-8] структурно-функциональное состояние экосистем на популяционно-генетическом уровне их организации и те необратимые изменения генофонда, которые возникли в результате антропогенной фрагментации ландшафта. Позволяет эффективно и экономически выгодно восстановить генетический фундамент экосистем, используя эколого-генетический подход к охране биоразнообразия антропогенных экосистем, включающий диагностику состояния экосистем (прогноз и оценку состояния генофонда) и генетические методы восстановления (оздоровления) генофонда ключевых и исчезающих видов охраняемых экосистем [7-10]. Задача геноурбанонологии состоит в познании генетических параметров и закономерностей сохранения устойчивости и восстановления экосистем антропогенных и, особенно, урбанизированных ландшафтов.

Главным методом определения параметров устойчивости генофонда городских популяций является сравнительная оценка состояния генофонда городских и эталонных природных популяций по одним и тем же локусам различных полиморфных признаков. Это позволяет оценить степень отклонения генетических параметров антропогенных экосистем от природных (эталонных), дать прогноз степени их устойчивости и наметить стратегию их стабилизации и восстановления. Методологическое обоснование геноурбанонологии – это системный подход к решению проблем сохранения биоразнообразия. Оно является основанием для постановки задач геноурбанонологии, т.е. для постановки вопроса о генетических параметрах и механизмах поддержания гомеостаза антропогенно-измененных экосистем, что и составляет суть нового направления – геноурбанонологии. Иерархическая структура биосферы имеет следующий вид [12-14]: биосфера ↔ биогеосистема ↔ экосистема ↔ вид ↔ популяция ↔ организм. Поэтому связь между антропогенным преобразованием генетической структуры популяций и деградацией биосферы можно представить в виде схемы (рис. 1).

Очевидно, что уменьшение генетической изменчивости популяций и видов ведет к ослаблению их гомеостаза и устойчивости и вымиранию, что приводит к ослаблению механизма поддержания гомеостаза экосистем биосферы, базирующегося на разнообразии видов. Это процесс является основой механизма исчезновения видов в антропогенных ландшафтах Земли. Процесс исчезновения популяций и видов идет повсеместно с большой

скоростью и носит массовый характер, что ведет к истощению генетического ресурса жизни. Современное представление о системной организации биосферы является базой для формулировки эколого-генетических принципов устойчивого сохранения биоразнообразия.

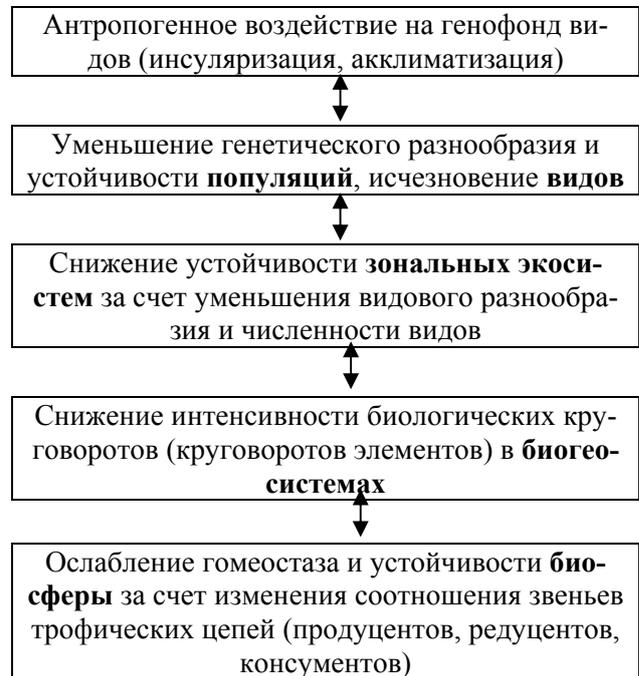


Рис. 1. Схема связи между изменением генетической структуры популяций и деградацией экосистем биосферы

Эколого-генетические принципы сохранения биоразнообразия (в том числе и животных), имеющие методологической основой фундаментальные принципы охраны природы, составлены с учетом экосистемного и популяционно-генетического уровня охраны [15, 2] с нашими модификациями [7, 8, 16], учитывающими специфику антропогенных экосистем суши и водных экосистем, подверженных антропогенному воздействию):

1) принцип всеобщей связи (прямой и обратной) иерархических уровней в природных и антропогенных наземных и водных экосистемах и взаимодействия всех природных элементов;

2) принцип разнообразия структурных элементов на всех уровнях исторически сложившейся структурно-функциональной организации природных и антропогенных экосистем биосферы: экосистемном, видовом, популяционно-генетическом (включая генное разнообразие как основу для адаптации популяций);

3) принцип потенциальной полезности каждого компонента на всех иерархических уровнях организации природных и антропогенных экосистем, в том числе на популяционно-генетическом уровне (многообразие полиморфных локусов и разнообразие аллелей как необходимое условие адаптации и будущей преадаптации генофонда популяций антропогенных экосистем суши и водных экосистем).

Главным условием соблюдения эколого-генетических принципов охраны животных является

сохранение определенной минимальной численности, которая могла бы обеспечить минимальную утрату генетического разнообразия. Эколого-генетические принципы лежат в основе разработанных эколого-генетической концепции и стратегии сохранения биоразнообразия урбанизированных ландшафтов. Стратегия включает не только пассивную территориальную охрану, но и активное восстановление генофонда популяций деградирующего биоразнообразия.

**Выводы:** методологическая база является основанием для практического развития геноурбанонологии, т.е. внедрения в практику идей, принципов и методов поддержания устойчивости деградирующих популяций и охраняемых экосистем урбанизированных ландшафтов. Оно было осуществлено в результате практической реализации государственной целевой программы по сохранению биоразнообразия г. Москвы (2002-2003 гг.), что явилось подтверждением действенности геноурбанонологии. Несомненно, что роль этого направления будет все более возрастать, так как в будущем человечество будет населять почти исключительно урбанизированные ландшафты. Геноурбанонология является реальной базой для сохранения и восстановления биологических ресурсов урбанизированных ландшафтов, но и любых антропогенно измененных сообществ и экосистем, в том числе водных. Принципы, методы и подходы, разработанные в рамках этого направления, необходимо учитывать при планировании работ по преобразованию ландшафтов, освоению и рациональному использованию биологических ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Макеева, В.М.* Судьба диких животных в городе: теория неизбежности их вымирания. Материалы второй научно-практической конференции «Животные в городе» 15-17 апреля 2002 г. – М.: ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова. 2003. С. 7-9.
2. *Алтухов, Ю.П.* Генетические процессы в популяциях: Учебное пособие. 3-е издание, переработанное и доп. – М.: ИКЦ Академкнига, 2003. 431 с.
3. *Серебровский, А.С.* Генетический анализ домашних кур горцев дагестана // Эксперим. биология. Сер. А. 1927. Т.3. №1/2. С. 62-146.
4. *Макеева, В.М.* О целесообразности выделения геноурбанонологии в качестве самостоятельного научного направления // Сб. трудов VII Международной научной конференции «Новые идеи в науках о Земле». – М.: Изд-во МГРИ. 2005. Т. 4. С. 28.
5. *Макеева, В.М.* Оценка состояния генофонда природных популяций беспозвоночных животных в условиях фрагментированного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере кустарниковой улитки, *Bradybaena fruticum* (Mull.) / *В.М. Макеева, М.М. Белоконов, О.П. Малюченко* // Генетика. 2005. № 11. С. 1495-1510.
6. *Макеева, В.М.* Оценка состояние генофонда природных популяций позвоночных животных в условиях фрагментированного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере бурых лягушек) / *В.М. Макеева, М.М. Белоконов, О.П. Малюченко, О.А. Леонтьева* // Генетика. 2006. Т. 42, №4. С. 1-15.
7. *Макеева, В.М.* Эколого-генетические основы охраны животных антропогенных экосистем (на примере Москвы и Подмосковья): автореферат дисс... докт. биол. наук. – М., 2008. 47 с.
8. *Макеева, В.М.* Эколого-генетический подход к охране животных антропогенных экосистем (на примере модельных видов в Москве и Подмосковье) / *В.М. Макеева, М.М. Белоконов, А.В. Смуров*. – М.: МГУ. 2011. 153 с.
9. *Макеева, В.М.* Эколого-генетический подход к охране биоразнообразия антропогенных экосистем / *В.М. Макеева, А.В. Смуров* // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Том 12, № 1(6). С. 14101-1406.
10. *Макеева, В.М.* Эколого-генетическая диагностика состояния и методы восстановления популяций животных городских особо охраняемых природных территорий (на примере модельных видов в городе Москве) / *В.М. Макеева, А.В. Смуров* // Научные ведомости Белгородского университета. Серия Естественные науки. 2011. № 3(98). Вып. 14. С. 104-110.
11. Красная книга города Москвы. – М.: АБФ. 2001. 610 с.
12. *Макеева, В.М.* Экосистемный подход к изучению животного мира природных зон / *В.М. Макеева, М.И. Непоклонова, Д.В. Панфилов*. – М.: Изд-во МГУ, 1994. 80 с.
13. *Смуров, А.В.* Основы экологической диагностики. Биологические и информационные аспекты. – М.: Ойкос, 2003. 188 с.
14. *Федоров, В.Д.* Изменения в природных биологических системах. – М., 2004. 366 с.
15. *Банников, А.Г.* Охрана природы / *А.Г. Банников, А.К. Рустамов*. – М.: Колос. 1977. 208 с.
16. *Макеева, В.М.* Эколого-генетические принципы сохранения разнообразия и численности животных антропогенных экосистем (на примере модельных видов в Москве и Подмосковье) / *В.М. Макеева, А.В. Смуров* // Сборник трудов 3-ей Международной научно-практической конференции «Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России» (19-20 февраля 2009 г.). – М., 2009. С. 58-61.

## GENOURBANOLOGY AS THE METHODOLOGICAL BASIS OF BIOLOGICAL RESOURCES PRESERVATION

© 2011 V.M. Makeeva<sup>1</sup>, A.V. Smurov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museum of Soil Science and <sup>2</sup>Ecocenter of Moscow State University

The methodological substantiation of genourbanology – new scientific direction (synthesis of population genetics and system ecology) is given. From positions of system approach ecological-genetic principles of preservation the main renewable resource of biosphere – biodiversity are formulated. The methodological substantiation allows to put a problem of genourbanology as knowledge of genetic parameters and laws of preservation stability and restoration the ecosystems of the anthropogenous and especially urbanized landscapes.

Key words: *genourbanology, biodiversity, population, genofund, ecosystem*