

Экология и Образование

**Экологическая политика
Санкт-Петербурга**

**Экология и экономика
в системе ограничений
экологической безопасности**

**Рабочий-эколог:
от теории к практике**

**Экологическая направленность
в полевых практиках студентов**

**Профессиональная ориентация
школьников в области
окружающей среды**



мышленно-селитебной части города, предполагаемых к ликвидации и перебазированию.

Недра. Минерально-сырьевые ресурсы

- Утверждение границ и регламентов трех поясов зоны санитарной охраны месторождения подземных вод «Полюстрово».

- Формирование сети скважин для резервного водоснабжения города на период чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

- Экологическое недропользование месторождениями подземных вод: Смолячково, Молодежное, Серово, Рощинское, Зеленогорское, Репинское, Солнечное, Ижорское, Гражданское, Долинное, Корчино.

- Защита подземных вод от поверхностного загрязнения на территории города.

- Установление зон санитарной охраны источников водоснабжения.

- Учет при функционально-планировочной организации территории сохранения лесов и верховых болот на участках интенсивной гидравлической связи поверхностных и подземных вод.

В Законе о Генеральном плане, впервые за всю историю разработки гене-



ральных планов города, первыми тремя пунктами прописаны следующие важнейшие стратегические установки:

1. Укоренение экологической культуры в индивидуальном и общественном сознании как высшего приоритета в иерархии жизненных ценностей человека.

2. Повышение уровня экологического образования и воспитания людей.

3. Свободное участие граждан и их

объединений в осуществлении природоохранной деятельности.

Завершая данную статью, авторы хотят обратить особое внимание на основную цель разработки Генерального плана Санкт-Петербурга – обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности настоящего и будущих поколений жителей города, воспроизводство природных ресурсов, сохранение биосферы.

Проблема биологических инвазий



М.И. Орлова

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Зоологический институт Российской академии наук

А.Ф. Алимов

Доктор биологических наук, заведующий лабораторией, академик Российской академии наук,
Зоологический институт Российской академии наук

С начала жизни на Земле происходило естественное расселение видов. С появлением и развитием человечества со времен неолита процессы расселения ускорились и продолжают ускоряться. Индуцированные или преднамеренно осуществляемые человеком переносы видов растений, животных и микроорганизмов в несвойственные

им ранее регионы через географические барьеры получили название «**биологические инвазии**». Влияние таких видов, называемых *вселенцами*, *чужеродными*, *экзотическими*, *интродуцентами* или *инвазионными* на популяции местных (аборигенных) видов, экосистем в целом, а в конечном итоге и на хозяйственную деятельность са-

мого человека не просто возрастает с течением времени. Как следует из совместного отчета ЮНЕСКО и других всемирных организаций о состоянии экосистем Земного шара в период с 2001 по 2005 год (www.millenniumassessment.org), наиболее выражено это влияние в тех наземных ландшафтах и водных объектах, которые уже трансформи-

рованы под влиянием человека. В частности, таковы внутренние водоемы, эстуарии, прибрежные зоны морей. Основной причиной антропогенного изменения естественных экосистем в XX–XXI столетиях в большинстве регионов планеты послужили рост народонаселения и повышение уровня технической вооруженности. В известной мере инвазии являются платой за глобализацию экономики и технический прогресс, преобразование экосистем в высокопродуктивные агроценозы, промышленные ландшафты, регулирование стока рек для производства электроэнергии и создание межбассейновых водных путей для интенсификации грузоперевозок, то есть в конечном итоге за то, что составляет материальную основу повседневной жизни.

Что мы знаем о биологических инвазиях?

Современные масштабы антропогенного расселения видов вполне сопоставимы с эвтрофикацией и загрязнением. Применительно к морской среде загрязнение это «антропогенное выведение в окружающую морскую среду, прямо или косвенно, субстанций или энергии, в результате которого возникают такие отрицательные последствия, как ущерб животным и растительным ресурсам, угроза здоровью людей, помеха человеческой деятельности, в том числе рыболовству, ухудшение качества используемой воды и уменьшение эстетической привлекательности» (GESAMPT, 1991, с. 13). Это определение справедливо для всех экосистем, и поэтому не случайно использование в отдельных случаях понятия «биологическое загрязнение» (Elliot, 2003) для характеристики отрицательных последствий биологических инвазий. Три классических примера подобного рода – инвазии европейского дикого кролика, двустворчатого моллюска-обрастателя дрейссены и хищного гребневика-мнемиопсиса – приведены в Таблице 1.

По инициативе Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского Научного центра Российской академии наук в 2004–2006 гг. начаты работы по разработке и налаживанию мониторинга «биологического загряз-

нения» в акваториях Финского залива, прилежащих к Санкт-Петербургу. В ходе апробации системы получены предварительные сведения о наиболее важных водных видах-вселенцах. Финский залив в последние несколько десятилетий стал водоемом-реципиентом (реципиент – объект, куда произошло вселение) для значительного числа чужеродных видов, из самых разных районов Земного шара, таких как пресноводные и солоноватоводные водоемы понто-каспийского региона, прибрежные воды северной Америки, водоемы Сибири и Дальнего Востока, Новая Зеландия.

По счастью, далеко не все инвазии приводят к исчезновению аборигенных видов, заметной перестройке экосистем и прямому и опосредованному экономическому ущербу. В среднем не более 10% состоявшихся инвазий (т.е. достигших стадии натурализации (см. ниже) могут иметь, но не обязательно имеют, отрицательные последствия (Williamson, 1996). Так, среди более чем 30 обнаруженных в восточной части Финского залива водных чужеродных видов, к условно вредным могут быть отнесены только 3 (пonto-каспийские, двустворчатый моллюск дрейссена (таблица 1) и ветвистоусый хищный планктонный рачок *Cercopagis pengoi*, амурский ротан-головешка (*Percottus glenii*), рыба из сем. Eleotridae, вселенная, как предполагается (персональное сообщение проф. Л.А. Кудерского), аквариумистами-любителями).

Многие виды сельскохозяйственных животных и культурных растений, объектов аквакультуры акклиматизированы, то есть расселены преднамеренно. Акклиматизантами, например, являются культивируемые в нашей стране представители семейства пасленовых, и в их числе картофель. О целях и масштабах акклиматизаций в водных экосистемах бывшего Советского Союза можно получить представление из фундаментального труда А.Ф. Карпевич (1975). Инвазии большинства видов, не принося до поры ни ощутимого вреда, ни какой-либо пользы протекают незаметно, а их наличие в экосистемах выявляется только в ходе специальных исследований, мониторинговых наблюдений, учебных занятий, иногда, натуралистами-любителями, рыбаками, садоводами, отдыхающими.

Широкое распространение чуже-

родных видов и их разнообразное влияние на состояние природных ресурсов и хозяйственную деятельность человека, хорошо датированные акклиматизационные мероприятия, способствовали развитию исследований этого явления, которое по сути своей является моделью для изучения естественного расселения видов, отличаясь от него скоростью, способами первичных заносов и предпосылками. Современный период изучения биологических инвазий, начавшийся в 1960-е годы с выходом в свет книги Ч. Элтона (1958 г. на языке оригинала, в 1960 г. в русском переводе) можно охарактеризовать как переходный от описания фактов вселений к анализу их предпосылок, механизмов и последствий. В качестве современного обобщения накопленных знаний на русском языке можно порекомендовать читателю книгу «Биологические инвазии...», 2004» под редакцией А.Ф. Алимова и Н.Г. Богуцкой.

В сводках, посвященных инвазиям (Elton, 1958; Hengeveld, 1989; Williamson, 1996) в качестве важных предпосылок рассматриваются антропогенные изменения окружающей среды в экосистемах – потенциальных реципиентах, а из естественных причин – потепление климата. Не последнюю роль в успехе инвазии играет присутствие в экосистемах ранее вселившихся чужеродных видов, которые, преобразуя освоенные местообитания или меняя видовой состав сообществ, тем самым создают благоприятные условия для натурализации новых пришельцев (Ricciardi, 2001). К числу таких видов относится и дрейссена (таблица 1). Для понимания закономерностей инвазионного процесса и составления прогнозов важно знать свойства инвазионных видов, способствующие успеху их расселения. Как правило, эти виды устойчивы к неблагоприятным воздействиям окружающей среды, экологически пластичны, конкурентоспособны, имеют расселительные или покоящиеся стадии в жизненном цикле, могут размножаться бесполом путем или вегетативно. Фундаментальными для успеха инвазии считают генетические свойства инокуляционной (от inoculum – прививочный материал) популяции вселенца, которые определяются числом, источником и периодичностью заноса особей-родоначальников (или рекру-

Таблица 1. Примеры биологических инвазий в наземные и водные экосистемы

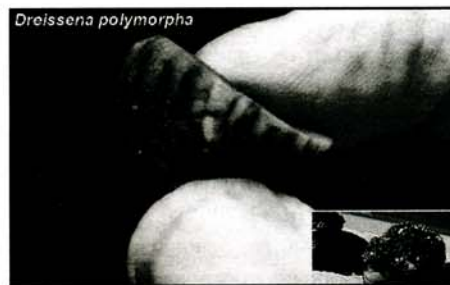
Характеристика	Дикий кролик	Дрейссена*	Мнемипсис**
Краткое таксономическое описание и внешний вид	Тип: Chordata Класс: Mammalia Отряд: Lagomorpha Вид: <i>Oryctolagus cuniculus</i>	Тип: Mollusca Класс: Bivalvia Отряд: Cardiiiformes Вид: <i>Dreissena polymorpha</i>	Тип: Stenophora Класс: Tentaculata Отряд: Lobata Вид: <i>Mnemiopsis leidyi</i>
Источник первичного заноса	Европа	Низовья рек понто-каспийской области	Атлантическое побережье северной Америки
Регионы-реципиенты	О. Тасмания (1788), Австралия (1858)	Северная Европа (19 век по наст. время), Северная Америка (1980-е)	Черное Азовское (1980-е), Каспийское моря (2000)
Способ первичной интродукции	Акклиматизация (разведение с целью охоты)	Судоходство	Судоходство
Основные предпосылки успеха инвазии	1. Высокая скорость размножения и роста, устойчивость к болезням. 2. Наличие в регионе-реципиенте пищевых ресурсов, отсутствие естественных врагов (хищников и конкурентов)	1. Высокая скорость роста и размножения; устойчивость к неблагоприятным воздействиям, наличие расселительной стадии. 2. Трансформация экосистем вдоль транспортных коридоров; мезотрофно-эвтрофные условия в водоемах-реципиентах; наличие гидротехнических сооружений; изменения климата	1. Высокая скорость роста и размножения; устойчивость к пониженной солености и колебаниям температуры; наличие приспособлений к выживанию потомства. 2. Наличие пищевых ресурсов в водоемах-реципиентах, отсутствие естественных врагов.
Убытки и основные последствия инвазии	Убытки: 600 млн \$ в год (XIX-XX век). Последствия: разрушение ландшафтов и снижение видового разнообразия местной флоры и фауны.	Убытки: США, район Великих Американских озер – 4 млрд \$ в год (1990–2000). Последствия: снижение видового разнообразия местных моллюсков; перестройка сообществ и изменение качества воды, создание условий, способствующих новым инвазиям, формирование обрастаний.	Убытки: Черное море – 180–350 млрд \$ в год (1989–1991). Последствия: снижение видового разнообразия и другие перестройки сообществ, ухудшение качества воды, разрушение рыбного промысла.
Контроль и результат	1950-е: использование возбудителя миксоматоза (временное снижение численности); 1990-е: использование калицивируса	Защита гидротехнических сооружений с регулярным использованием физических и химических методов (снижение численности после обработки); использование моллюскоядных рыб (отсутствие эффекта)	Стихийное вселение гребневика – берое (<i>beroe ovata</i>) (снижение численности мнемипсиса, восстановление рыбного промысла)

* изображение опубликовано на сайте www.GreatLakesEducation.org;

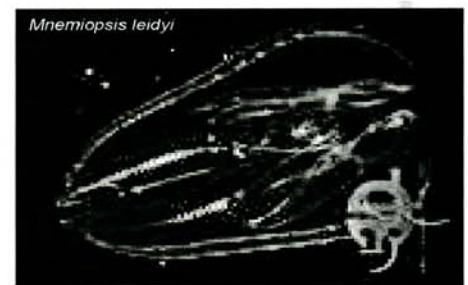
** на www.imagequest.com.

тов при акклиматизационных мероприятиях), а также стохастическими и селективными факторами, которые влияют на сохранение и воспроизведение конкретных генотипов в области инвазии (Williamson, 1996; Lee, 2002).

Важной частью современных исследований является изучение распространения и натурализации чужеродного вида. Непосредственная транспортировка особей вида из одного региона в другой происходит разными способами, и из них все большее значение приобретает судоходство. Только с балластными водами и в сообществах обрастаний корпусов судов, эксплуатируемых на трансокеанских и внутриконтинентальных грузовых маршрутах, переносится до 3000 видов ежедневно (Carlton, 1996). Большое значение имеют устойчивые инвазионные коридоры, по которым осуществ-



ляется многократный занос достаточного числа особей-родоначальников, обеспечивающий необходимые размер и генетическое разнообразие инвазионной популяции. Например, одним из основных инвазионных коридоров для расселения понто-каспийских видов в восточную Балтику, включая акваторию Финского залива, прилегающие к Санкт-Петербургу и Ленинградской области, и далее на запад служит Волго-Балтийский глубоководный



путь, связывающий понто-каспийские водоемы (Черное, Азовское, Каспийское моря и низовья впадающих в них рек) с Балтикой и Белым морем через систему каналов и каскад Волжских водохранилищ. Основным способом транспортировки организмов, действующий на протяжении этого инвазионного коридора, – межбассейновое грузовое судоходство. Более 40% зарегистрированных вселенцев из числа беспозвоночных животных в восточной части

Финского залива ведут свое происхождение из водоемов понто-каспийской области, и считается, что занесены с судоходством. Большой Порт Санкт-Петербурга в последние годы вошел в число 15 крупнейших портов мира, здесь перегружается 66% контейнерных грузов Российской Федерации, перевозимых морским транспортом для целей международной торговли и тенденция к росту грузооборота остается устойчивой (Усанов, 2006). Финский залив – это не только регион Балтики, характеризующийся высокой интенсивностью хозяйственной деятельности, его характерной особенностью является еще и значительная пространственно-временная изменчивость гидрометеорологических и гидрохимических факторов и, следовательно, в этой экосистеме имеется широкий спектр условий для натурализации вселенцев, ведущих свое происхождение из различных районов Земного шара и занесенных с судоходством.

Инвазионный процесс, независимо от того, как была осуществлена сама интродукция (занос), протекает в несколько стадий. Среди них наиболее важной является стадия натурализации (De Candolle, 1855), характеризующаяся образованием в экосистеме-реципиенте устойчивых популяций вселенца, то есть способных за счет размножения поддерживать свою численность на постоянном уровне или уровне, достаточном для освоения других доступных местообитаний в пределах данной экосистемы. Изучение статистики заносов и натурализаций показало, что лишь около 10% заносов завершаются натурализацией видов (Williamson, 1996). На этой и последующих стадиях процесс приобретает необратимый характер, а вид обнаруживается в экосистеме в заметных количествах. Как правило, только после натурализации и последующего расселения вредного вида в регионе-доноре, проблема становится очевидной и начинается проведение мероприятий по снижению численности (контроль). Эти мероприятия редко приводят к полному уничтожению популяции вселенца, но позволяют в случае удачно подобранных и спланированных относительно недорогих мер (обычно физическая или химическая защита) поддерживать его численность на приемлемо низком уровне. Иногда, впрочем, стихийно, как в слу-

чае с мнемипсисом (таблица 1), или в результате осуществления работ по биологическому контролю (например, использование насекомых-паразитов в борьбе с насекомыми-вредителями сельскохозяйственных культур (Биологические инвазии..., 2004) катастрофических последствий состоявшейся инвазии удается избежать или существенно смягчить их, не прибегая к химическим средствам (например, пестицидам).

Можно ли предсказать биологические инвазии?

Некоторые авторы подвергают сомнению возможность надежного прогноза (Hengeveld, 1989; Williamson, 1996; Миркин, Наумова, 2001). По мнению других, быстрое развитие количественных методов изучения инвазионного процесса и его моделирования позволяет выработать критерии оценки будущего успеха инвазии и будет способствовать предсказанию его возможных последствий и поиску путей предупреждения новых заносов (Kolar, Lodge, 2001). Важные с практической точки зрения прогностические исследования направлены на выявление потенциальных видов-вселенцев и исследование тех их свойств, которые способствуют успешному прохождению всех стадий инвазионного процесса, а также на изучение условий в экосистеме потенциальном-реципиенте для оценки ее восприимчивости к инвазиям этих видов. Большое значение для успешного прогноза имеют сведения о скорости и направлении географического распространения потенциальных вселенцев, эффективных способах и инвазионных коридорах для заноса, сведения о других одновременно расселяющихся видах (Hewitt, Huxel, 2002).

В 2004–2006 гг., основываясь на ранее сделанных прогнозах о возможных новых вселениях в Балтийское море и Финский залив (Николаев, 1979, Gollasch, Leppakoski, 1999, Орлова и др., 1999) и новых сведениях о биологических инвазиях на протяжении основных инвазионных Европейских коридоров, Зоологическим институтом Российской академии наук были проведены специальные исследования состава фауны и флоры Российской части Финского залива, направленные на выявление новых видов-вселенцев. В результате было обнаружено 10 новых видов, при-

чем 6 из них были предсказаны ранее. Среди новых находок потенциальную угрозу для состояния местной прибрежной фауны может представлять североамериканский хищный рачок-бокоплав *Gammarus tigrinus*. Как показано современными исследованиями, основанными на изучении структуры ДНК, *G. tigrinus* – это комплекс видов, обладающих высокой скоростью размножения, устойчивостью к неблагоприятным воздействиям внешней среды, и разные представители этого комплекса способны в случае натурализации в короткое время колонизировать как пресные, так и солоноватые участки водоема-реципиента (Kelly et al., 2006). Нельзя исключить в ближайшее время обнаружение в солоноватоводной зоне Финского залива другого нежелательного вселенца – *Mytilopsis leucophaeata*, двустворчатого моллюска центрально-американского происхождения, который в 2004 г. был обнаружен в Финляндии на атомной электростанции в Ловиизе (Laine et al., 2006), Митилопсис как и дрейссена – обрастатель гидротехнических сооружений, он более устойчив, чем дрейссена, к биоцидным обработкам (Rajagopal et al., 2002) и, будучи солоноватоводным, способен освоить акватории залива в районе ЛАЭС. Таким образом, сказанное свидетельствует о возможности и необходимости проведения прогностических исследований уже сейчас для ведения поисковых мониторинговых наблюдений, оповещения заинтересованных сторон и планирования своевременных превентивных мер.

Можно ли предотвратить биологические инвазии?

Основные стратегические направления решения проблемы вселенцев, рекомендуемые Конвенцией по биологическому разнообразию (www.biodiv.org) могут быть подразделены на две группы: ориентированные на борьбу с уже натурализовавшимися видами (сюда относятся и упоминавшийся выше контроль за их численностью, осуществляемый различными способами) и ориентированные на предупреждение заносов и на раннее выявление первичных очагов инвазии с целью уничтожения самих очагов или сдерживания распространения нежелательных видов из этих очагов. Второй путь, являющийся по сути профилактикой, для своего успеха предполагает

координацию усилий государственных, административных и законодательных органов для полного исключения любых заносов и (или) налаживание регионального и государственного мониторинга чужеродных видов, прогностических исследований для разработки превентивных мер и способов уничтожения первичных очагов инвазий, в случаях, когда это возможно. Одним из способов снижения риска водных инвазий является контроль и управление балластными водами и осадками судов. В случае ратификации Россией обновленной Конвенции по балластным водам (http://www.imo.org/Conventions/mainframe.asp?topic_id=867), направленной, прежде всего на исключение новых заносов с судоходством потребуются создание структур, осуществляющих механическую очистку и обеззараживание балласта, проведение инспекций и других рекомендованных Конвенцией мероприятий, разработка специального законодательства.

Вместе с тем, как показывает опыт зарубежных стран, не только федеральные и глобальные программы, разработка и действие которых возможны в лишь в перспективе, но и реальная, повседневная просветительская работа, ориентированная на различные категории населения (руководители предприятий и инженерно-технический персонал, садоводы, школьники среднего, младшего и старшего возраста, студенты небиологических специальностей вузов, туристы, аквариумисты, любители спортивного лова и охоты и т.д.) может уже сейчас способствовать формированию системы раннего выявления первичных очагов вселений и предупреждению неконтролируемых интродукций, например объектов аквариумистики и хортикультуры (от *hortus* = садовое растение; область растениеводства, связанная, в том числе, с разведением чужеродных и генетически модифицированных декоративных растений, созданием на их основе искусственных ландшафтов). Общественные инициативы могут быть поддержаны финансово из региональных и международных некоммерческих источников, осуществляться в форме образовательных (www.GreatLakesEducation.org) и любительских исследовательских (www.gardening.cornell.edu) программ различного уровня сложности. Большое значение отводится средствам массовой информации (научно-популярные

передачи) и интернет. Интерактивные разделы регулярно обновляемых интернет-порталов, посвященных биологическим инвазиям, позволяют произвести регистрацию новой находки непосредственно в сети или сообщить о ней по указанному адресу (http://www.sgnis.org/kids/bookem/bookem_Lucky.html). Налаженная просветительская работа по всем упомянутым направлениям и организация специальных пунктов по осмотру и обработке частных маломерных плавсредств позволили успешно сдерживать расселение дрейссены в водоемах Ирландии (www.alienspecies.ie). Мы не исключаем, что при должной работе с населением распространения ротана-головешки в водоемах Европейской части России, включая Ленинградскую область, могло бы и не произойти....

Можно констатировать, что, по-видимому, никогда ни один вид кроме *Homo sapiens* не способствовал расселению такого множества других видов, создавая подходящие для них антропогенные ландшафты через разрушение естественных биоценозов, загрязнение среды, вырубку, перевыпаса, пожаров и др., снимая действие географических барьеров, ограничивающих естественное распространение большинства видов. С точки зрения межвидовых отношений велика роль человека как хищника (охота, рыболовство и т.д.) и мутуалиста (разведение домашних животных, культурных растений и др., которые, в свою очередь, оказывают заметное влияние на природную среду) (мутуализм: от *mutual* = взаимный; взаимовыгодные отношения между организмами). Процветают также виды-комменсалы человека (от *com mensa* – делить трапезу; взаимоотношения между организмами, при которых один постоянно или временно живет за счет другого не причиняя ему вреда), очень большое значение приобретают антропохоры (обычно о видах растений (сорняки), распространяемых человеком непреднамеренно), синантропы (виды, обитающие вблизи человека, зависящие от его преднамеренной или непреднамеренной деятельности). Наконец, под воздействием человека идет ускоренное формообразование (селекция одомашненных животных и культурных растений и создание новых локальных рас, пород, сортов и т.д., появление новых сорняков и вреди-

телей, формирование устойчивости к пестицидам и инсектицидам).

При существующих темпах и условиях развития человечества, проблема антропогенного расселения видов не утратит в обозримом будущем своей актуальности и, по-видимому, основные усилия в ближайшие десятилетия должны быть направлены на развитие прогностических исследований и разработку мер предупреждения будущих инвазий, в том числе и в направлении совершенствования экологического образования и воспитания различных категорий населения.

Литература

Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. /под ред. А.Ф. Алимова и Н.Г. Богучкой. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 436 с.

Карпевич А.Ф. *Теория и практика акклиматизации водных организмов.* – М.: Наука, 1975. – 431 с.

Миркин Б.М., Наумова Л.Г. *Адвентивизация растительности: инвазивные виды и инвазибильность сообществ. Успехи современной биологии.* – 2001. – Т. 121, № 6. – с. 550–562

Николаев И.И. *Последствия непредвиденного антропогенного расселения водной фауны и флоры.* / Экологическое прогнозирование / под ред. Смирнова Н.Н. – М.: Наука. – с. 76–93.

Орлова М.И., Панов В.Е., Крылов П.И., Телеш И.В., Хлебович В.В. *Изменения в планктонных и донных сообществах восточной части Финского залива Балтийского моря в связи с биологическими инвазиями.* // Труды Зоологического института РАН. – 1999. – Т. 279. С. 305–325

Усанов Б.П. *Международные транспортные коридоры и проблемы экологии. Сб. тезисов VI Международного экологического форума «День Балтийского моря» 21–23 марта 2006 г., Россия, Санкт-Петербург.* – 2006. – с. 125–130

Элтон Ч. *Экология нашествий животных и растений.* – М.: Иностранная литература, 1960. – 230 с.

Carlton J.T. *Patterns, process and prediction in marine invasion ecology. Biology and Conservation.* – 1996. – Vol 78. – pp.97–106

De Candolle A. *Geographie Botanique Raisonnee.* – Paris, 1855. – Vol. 1–2. – 1365 p.

Elliot M. *Biological pollution and biological pollutants – an increasing cause for concern. Marine Pollution Bulletin.* – 2003. – Vol. 46. – pp. 275–280

GESAMPT. *The work of the joint group*

of experts of the scientific aspects of marine pollution. *EC Fisheries Cooperation Bulletin*. – 1991. – Vol. 4, № 4. – pp. 13–15

Gollasch S, Leppakoski E. Initial risk assessment of alien species in nordic coastal waters, Nord, 1999. – Copenhagen, 1999. – Vol. 8. – 245 p.

Hengeveld R. Dynamics of biological invasions. London: Chapman and Hall, 1989. – 176 p.

Hewitt C.L., Huxel G.R. Invasion success and community resistance in single and multiply species invasion models: do the model support the conclusion? *Biological Invasions*. – 2002. – Vol. 4. – pp. 263–271

Kelly D.W., Muirhead J.R., Heath D.D.,

McIsaac H.J. Contrasting patterns in genetic diversity following multiply invasions of fresh and brackish waters. *Molecular Ecology*, 2006. – Vol. 15. – pp. 36–41

Kolar C.S., Lodge D.M. Progress in invasion biology: Predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution*. – 2001. – Vol. 16. – pp. 199–204

Laine O.A., Mattila J., Lehicoinen A. First record of the brackish water dreissenid bivalve *Mytilopsis leucophaeata* in the Northern Baltic Sea. *Aquatic Invasions*, 2006. – Vol. 1. – pp. 38–41

Lee C.E. Evolutionary genetics of invasive species. *Trends in Ecology and Evolution*. 2002. – Vol. 17. – pp. 386–391

Rajagopal S., van der Gaag, van der Velde, Jenner H.A. Control of brackishwater fouling mussel *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad), with sodium hypochlorite. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. – 2002. – Vol. 43. – pp. 296–300

Ricciardi A. Facilitative interactions among aquatic invaders: «invasion meltdown» occurring in the Great Lakes? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2001. Vol. 58. – pp. 2513–2525

Williamson M. Biological invasions. Population and community biology series. – London: Chapman and Hall, 1996. – Vol. 15. – p. 244

Экологическая генетика и генетическая токсикология



С.Г. Инге-Вечтомов

Доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кафедрой генетики и селекции Санкт-Петербургского государственного университета

Экология и генетика – самые популярные разделы биологии в наше время. Их чаще всего упоминают средства массовой информации, поскольку успехи генетики и проблемы экологии непосредственно затрагивают интересы большинства людей. При этом о существовании экологической генетики многие даже не подозревают.

Что же такое экологическая генетика и чем она занимается? Это словосочетание появилось в первой половине XX в., но как направление науки экологическая генетика стала активно развиваться с конца прошлого века. Начнем с определений. Экология – наука о взаимодействии организмов с окружающей средой и с другими организмами, составляющими неотъемлемую часть этой среды. Экологические отношения между организмами разных видов – основа, на которой строится вся система биосферы нашей планеты.

Генетика – наука о наследственности и изменчивости, универсальных свойствах всех живых существ. Эта наука исследует генетические процессы – процессы, ответственные за

хранение, воспроизведение и действие генов, определяющих наследственные свойства организмов. Гены воспроизводятся из поколения в поколение. Благодаря этому организмы разных видов сохраняют свои характерные свойства. Это – наследственность. Гены воспроизводятся точно, но не безошибочно. «Ошибки» воспроизведения генов – мутации – создают наследуемое разнообразие – изменчивость внутри видов. Несколько упрощая ситуацию, можно утверждать, что внутривидовая изменчивость служит материалом для естественного отбора, формирующего новые виды в процессе эволюции.

Экологические отношения организмов с окружающей средой и друг с другом влияют и на генетические процессы. В то же время характер экологических отношений предопределен генетически. Экологическая генетика изучает взаимовлияние экологических отношений и генетических процессов. С одной стороны, она исследует наследственное определение, или генетический контроль отношений между организмами и средой обитания. С дру-

гой стороны – исследует влияние экологических отношений, влияние среды обитания на генетические процессы: воспроизведение и действие генов. Эта наука имеет фундаментальное значение, дополняя и обогащая современную теорию эволюции. Она раскрывает наследственные механизмы, лежащие в основе взаимодействия организмов в экосистемах, исследует закономерности эволюции экосистем и биосферы в целом.

Вместе с тем, экологическая генетика одновременно и прикладная наука. Она находит применение во всех тех областях человеческой деятельности, в которых мы стремимся влиять на свойства организмов (в том числе и на наследственные свойства), изменяя условия существования организмов. Это и сельское хозяйство с его агрономией и зоотехнией. Разные сорта растений и разные породы животных по-разному реагируют на условия выращивания, на те или иные химические воздействия, применяемые в агрономии и ветеринарии. Это и область биологической защиты сельскохозяйственных расте-