

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

А. П. ГУСЕВ, Н. С. ШПИЛЕВСКАЯ

ЭКОЛОГИЯ ИНВАЗИЙ

Практическое пособие

для магистрантов специальности
1-33 80 01 «Геоэкология»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2019

УДК 581.524.2(076)
ББК 20.1я73+28.083я73
Г962

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук В. В. Копытков;
кандидат биологических наук О. В. Ковалева

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Гусев, А. П.

Г962 Экология инвазий : практическое пособие / А. П. Гусев,
Н. С. Шпилевская ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины.
– Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2019. – 40 с.
ISBN 978-985-577-510-3

Практическое пособие включает тематику занятий, пояснительный материал, задания и вопросы для самоконтроля, литературу по дисциплине «Экология инвазий». Рассмотрены общие сведения и терминология, описаны экологические катастрофы и проблемы, вызванные инвазиями, приводятся наиболее опасные инвазивные виды растений и животных, геоэкологическая оценка инвазий чужеродных видов.

Адресовано магистрантам специальности 1-33 80 01 «Геоэкология».

УДК 581.524.2(076)
ББК 20.1я73+28.083я73

ISBN 978-985-577-510-3

© Гусев А. П., Шпилевская Н. С., 2019
© Учреждение образования «Гомельский
государственный университет
имени Франциска Скорины», 2019

Оглавление

Предисловие.....	4
Тема 1. Инвазии чужеродных видов: общие сведения и терминология.....	5
Тема 2. Экологические катастрофы, вызванные инвазиями в доисторическое, новое и новейшее время.....	10
Тема 3. Инвазивные виды растений и животных, создающие экологические проблемы.....	20
Тема 4. Геоэкологическая оценка инвазий чужеродных видов....	28
Литература.....	36
Приложение А. Справочные материалы.....	38

Предисловие

Внедрение (инвазия) агрессивных чужеродных видов является в настоящее время значительной частью глобальных природных изменений и часто ведет к существенным потерям биологического разнообразия, иногда это внедрение может наносить значительный экономический ущерб и даже представлять опасность для здоровья людей. Число крупных экологических катастроф, вызванных инвазиями чужеродных видов, постоянно растет. Пока еще не существует универсальных способов остановить агрессивные виды (Виноградова и др., 2009).

Экономический ущерб от биологических инвазий колоссален – сотни миллиардов долларов в год. Инвазивные виды вызывают серьезные экологические последствия, нанося существенный вред экосистемам, которые могут быть изменены вплоть до полного исчезновения природных видов, наибольшей угрозе подвергаются редкие и эндемичные виды. Тонкое, но потенциально более серьезное воздействие чужеродных видов – это возможность гибридизации с природными видами. При внедрении чужеродных видов может меняться функционирование эволюционно сформировавшихся экосистем, что, в конечном счете, может привести к дестабилизации биотических систем. В предельной ситуации в результате внедрения нового вида в ход первичных или вторичных сукцессий можно ожидать широкомасштабную блокировку сукцессионной динамики экосистемного покрова в целом (Шварц, 2004).

Воздействие каждого инвазивного вида трудно предсказуемо ввиду множества связанных с ним параметров: 1) конкурируют с местными (аборигенными видами); 2) упрощают структуру природных сообществ и экосистем; 3) выполняют роль новых растений-хозяев для различных паразитов и возбудителей заболеваний; 4) гибридизируют с аборигенными видами; 5) вытесняют аборигенные виды из естественных сообществ и экосистем (Виноградова и др., 2009).

Инвазивные виды часто выступают в роли биологических загрязнителей и могут угрожать экологической безопасности страны (<http://www.sevin.ru/invasive>).

Данное практическое пособие включает тематику занятий, пояснительный материал, задания и вопросы для самоконтроля, литературу по дисциплине «Экология инвазий».

Адресовано магистрантам специальности 1-33 80 01 «Геоэкология».

Тема 1

Инвазии чужеродных видов: общие сведения и терминология

Процесс глобализации, развитие международной торговли и туризма привели к неожиданному результату: представители чужеродной фауны и флоры начали вторгаться на новые территории, обитатели которых часто оказываются не в состоянии противостоять пришельцам. Результатом этого часто являются эпидемии, исчезновение местных видов животных, птиц, насекомых и растений, а также деградация экосистем, формирование специфических геоэкосистем (Гусев, 2016; 2017).

Впервые о наличии этой проблемы указал британский эколог Чарльз Элтон, который в 1958 году опубликовал книгу «Экология нашествий животных и растений» (The Ecology of Invasions by Animals and Plants, 1958). Ч. Элтон также пришел к выводу, что растения, животные, насекомые и другие организмы-«агрессоры» могут действовать «совместно» с человеком или без его участия, но в тех случаях, когда в их распространении человек вольно или невольно помогает, биологические «агрессоры» действуют намного более успешно.

Инвазия (вселение, вторжение, внедрение) (invasion) – активное распространение чужеродного вида (после его проникновения и обоснования); результат преодоления видовым барьеров, связанных с распространением потомства и внедрением в местные полуестественные или естественные сообщества.

Интродукция (внеареальное расселение) (importation, introduction) – введение видов полезных организмов (растений или животных) в какую-либо местность, в которой они ранее не обитали. Иногда под интродукцией понимают также и случайный занос любых чужеродных для данной территории видов (Richardson et al., 2000). Инвазия полезных организмов для целей регулирования численности вредителя представляет собой суть классического биологического метода защиты растений и применяется чаще в отношении адвентивных вредителей.

Как указывается в коллективной монографии «Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах» (2004), к инвазиям в широком смысле относят миграцию и вселение видов в результате: а) естественного расширения ареала по типу диффузии; б) квазиестественных перемещений, связанных с флуктуациями численности и климатическими изменениями; в) антропогенных изменений абиотических факторов окружающей среды, вызывающих изменения границ ареала; г) предна-

меренной интродукции и реинтродукции полезных для хозяйства организмов; д) случайных заносов разного характера.

Кроме того, термин «инвазия» используется в более узком смысле для обозначения экспансии, т. е. быстрого, взрывоподобного, агрессивного расселения чужеродного вида на новой для него территории.

Термин «интродукция» обозначает расселение, преднамеренно вызванное действиями человека. К интродукции относятся: перемещения без разведения и перемещение для разведения ценных для человека видов, а также преднамеренный выпуск объектов разведения без утилитарных целей.

Объектом инвазии является вид-вселенец. Разделение на «местный», или «аборигенный», вид и «неаборигенный», или «чужеродный», часто очень сложно или условно. Такое разделение может быть ошибочным, если основано на неверной интерпретации палеонтологических данных. В качестве отличительных критериев адвентивных (чужеродных) видов (alien species) выдвигают следующие: вид приурочен только к вторичным местообитаниям; вид не был найден на данной территории ранее; вид не был найден в археологических раскопках на данной территории; на данной территории нет близкородственных видов; вид не проходит весь жизненный цикл; местонахождение удалено от основного ареала; основным фактором распространения является человек. Каждый из этих критериев по отдельности не может являться достаточным основанием для отнесения вида к чужеродным.

Инвазивными (инвазионными) видами будут такие чужеродные виды, которые агрессивно расселяются по новой для них территории. Под термином «invasive alien species» понимают чужеродные виды, расселение которых имеет отрицательные последствия. Такие виды составляют небольшую долю от всех чужеродных видов. Согласно «правилу 10 %» только 10 % чужеродных видов могут успешно натурализоваться и только 10 % из них могут быть отнесены к «вредным», т. е. способным наносить какой-либо ущерб здоровью человека, хозяйству, местным экосистемам.

Как указано в работе «Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах», критерий инвазивности должен быть не качественный («вредный» или «полезный»), а количественный (комплексная оценка пользы и вреда данного вида для здоровья человека, хозяйства, природных экосистем).

Инвайдер – вид-захватчик.

Инвазивность – способность чужеродного вида к инвазии.

Инвазибельность – уязвимость местообитания (сообщества, экосистемы, ландшафта) к инвазиям чужеродных видов; величина, обратная сопротивляемости к инвазиям.

Инвазионное давление – термин, в относительных понятиях (высокое, низкое, среднее) характеризующий частоту инвазий в данный тип сообществ чужеродных организмов. Например, лес подвергается слабому инвазионному давлению, агробиоценоз закрытого грунта – сильному, и т. д.

Инвазионный (экологический) взрыв – чрезвычайно быстрое размножение и распространение какого-либо заносного вида, приводящее к резкой перестройке в экосистеме.

Инвазионный коридор (транзитный путь) – постоянная или продолжительная связь между *регионом-донором* и *регионом-реципиентом*, в результате чего из первого во второй осуществляется перенос чужеродных видов.

Существуют следующие гипотезы, объясняющие успех развития чужеродных растений, внедряющихся в естественные сообщества (Hierro et al., 2005):

1) чужеродные виды не имеют естественных врагов, которые контролируют рост их популяций (Элтон, 1960);

2) у чужеродных видов быстро изменяются генетические признаки, связанные с давлением естественного отбора в новых условиях среды;

3) чужеродные виды приспособлены к типу и интенсивности нарушений природной флоры, которые являются новыми для аборигенных видов (Baker, 1974);

4) чужеродные виды используют ресурсы, неиспользуемые аборигенными видами (Элтон, 1960);

5) чужеродные виды могут воздействовать на виды естественных популяций биохимическими методами (Bais et al., 2003);

6) чужеродные виды образуют гибриды с аборигенными, в результате чего возникает новый вид, способный к дальнейшей экспансии, а иногда и к вытеснению родительских видов;

7) многовидовые сообщества более стойки к вторжению чужеродных видов, чем маловидовые (Элтон, 1960);

8) подверженность инвазиям природных сообществ зависит от числа вторгающихся в них чужеродных видов (Williamson, 1996).

Катастрофические инвазии чужеродных видов, наносящие экологический вред местным экосистемам, в социальной экологии получили названия **«экологический империализм»**. Такой термин используется профессором Техасского университета А. У. Кросби (2008). Например, в его фундаментальной работе «Экологический империализм: трансатлантическая миграция западных европейцев как биологический феномен» А. Кросби рассматривает вторжение европейского комплекса организмов (а – люди; б – животные, тесно связанные

с людьми – как полезные домашние животные, так и вредные паразиты; в – патогенные микроорганизмы, вызывающие болезни человека; г – растения-сорняки) в Америку и Австралию. Этот комплекс (А. Кросби называет его экосистемой, но правильнее будет использовать термин биоценоз), упрощенный за счет перевозки через океан, но отточенный тысячами лет борьбы за выживание в уникальной среде, которая формировалась в Европе с неолита. А. Кросби цитирует маори: «Как клевер истребил папоротник, а европейская собака маорийскую собаку, как маорийская крыса была уничтожена европейской крысой, так и наш народ будет постепенно вытеснен и уничтожен европейцами».

Перевезенный по частям через океан европейский биоценоз осваивался в близких по климату условиях и преобразовывал целые ландшафты. В ходе этого процесса вымирали как отдельные виды животных и растений, так и целые биомы. Местные американские, австралийские и прочие природные и антропогенные ландшафты замещались европеоидными антропогенными ландшафтами.

Для растений разработаны несколько классификаций чужеродных видов (Приложение А, таблица А1).

По времени заноса выделяют:

– **археофиты** – виды, появившиеся до 16 века (т. е. до Великих географических открытий);

– **неофиты** (или кенофиты) – виды, появившиеся после 16 века.

По способу заноса различают:

– **ксенофиты** – виды, занесенные случайно;

– **эргазиофиты** – виды, занесенные преднамеренно;

– **ксеноэргазиофиты** – виды, имеющие неясный сценарий появления в данном районе.

По степени натурализации различают:

– **эфмерофиты** – виды, флуктуирующие в локальных местобитаниях;

– **колонофиты** – виды, прочно закрепившиеся в новых местобитаниях, но не выходящие за их пределы;

– **эпикофиты** – виды, распространенные в нарушенных местобитаниях;

– **агриофиты** – виды, внедряющиеся в естественные (природные или полуприродные) экосистемы.

Инвазивные виды, которые изменяют характер, состояние, облик и сущность экосистем на значительной площади, называют **трансформерами** (Richardson, 2000, Richardson, Pyšek, 2012). Трансформер (Transformers) – термин исключительно экологический, поэтому сами

трансформеры по смыслу ближе всего к эдификаторам или ключевым видам. Термин «ключевой вид» более универсален, так как применим и для растений, и для животных.

Растения относят к трансформерам по экономическим соображениям, хотя в некоторых случаях их влияние может быть и выгодным. Выделяют отдельные категории видов-трансформеров: 1) чрезмерные потребители ресурсов (воды, света, кислорода); 2) доноры ресурсов (азота); 3) виды, влияющие на выжигание растительности (способствующие пожарам и препятствующие пожарам); 4) закрепители песчаных почв; 5) виды, способствующие эрозионным процессам; 6) закрепители прибрежных дюн; 7) аккумуляторы опада и вредных веществ; 8) аккумуляторы солей (Richardson et al., 2000).

Черная книга (black list) – список чужеродных видов растений и животных, которые требуют первоочередного изучения и мониторинга в целях предотвращения биологических инвазий. Такие списки составляют как для целых государств, так и для отдельных регионов.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какие виды относят к чужеродным?
- 2 Какие виды относят к инвазивным?
- 3 Какие могут быть причины успешности вторжения чужеродных видов?
- 4 Что подразумевается под термином «экологический империализм»?
- 5 Что такое инвазибельность?
- 6 Что такое инвазия и интродукция?
- 7 Приведите классификации чужеродных видов.
- 8 Чем отличаются археофиты и неофиты?
- 9 Чем отличаются виды-трансформеры?

Задания

1 Укажите чужеродные виды растений, наблюдаемые в вашей местности. Классифицируйте их по времени и способу заноса, по степени натурализации (используйте Приложение А, таблицу А2).

2 Укажите чужеродные виды-трансформеры, наблюдаемые в вашей местности. Дайте характеристику выявленных видов-трансформеров (используйте публикации в научных рецензируемых журналах).

Тема 2

Экологические катастрофы, вызванные инвазиями в доисторическое, новое и новейшее время

Экологические катастрофы, вызванные вторжением чужеродных видов на какую-либо территорию, неоднократно случались в истории биосферы еще до появления человека. Одно из крупнейших событий такого рода – коллизия биот (т. е. столкновение биот, формировавшихся длительное время изолированно друг от друга) Северной и Южной Америк в плиоцене.

Южноамериканская биота существовала в изоляции около 30 миллионов лет – после того как в палеогене в результате движения литосферных плит распался суперконтинент Гондвана. В плиоцене тектонические процессы привели к образованию Панамского перешейка, который воссоединил Северную и Южную Америки. Пик миграции приходился на конец плиоцена – около 3 миллионов лет назад. В Южную Америку пробрались кролики, белки, еноты, медведи, волки, куницы, выдры, пумы, скунсы, олени (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вторжение североамериканской биоты в Южную Америку (по Симпсону, 1983)

Североамериканские плацентарные хищники (кошачьи, псовые, медведи) и фитофаги (хоботные и настоящие копытные) выбили из экологических ниш своих южноамериканских сумчатых (и не только) аналогов. Кроме того, в Южную Америку перебрались членистоногие, земноводные, пресмыкающиеся и рыбы. Из южноамериканской фауны в Северную Америку пришли и закрепились только опоссум, дикобраз и броненосец. В результате в Южной Америке вымерли все местные копытные, большая часть сумчатых и значительная часть птиц.

Инвазия кроманьонца (человека разумного) в плейстоцене и голоцене вызвала экологическую катастрофу мирового масштаба.

Распространение по миру кроманьонца коррелирует с массовым вымиранием мегафауны – крупных животных (рисунок 2). Вымирание мегафауны, т. е. исчерпание пищевых ресурсов, вызвало кризис в человеческих популяциях и способствовало переходу к новым технологиям – земледелию и скотоводству.

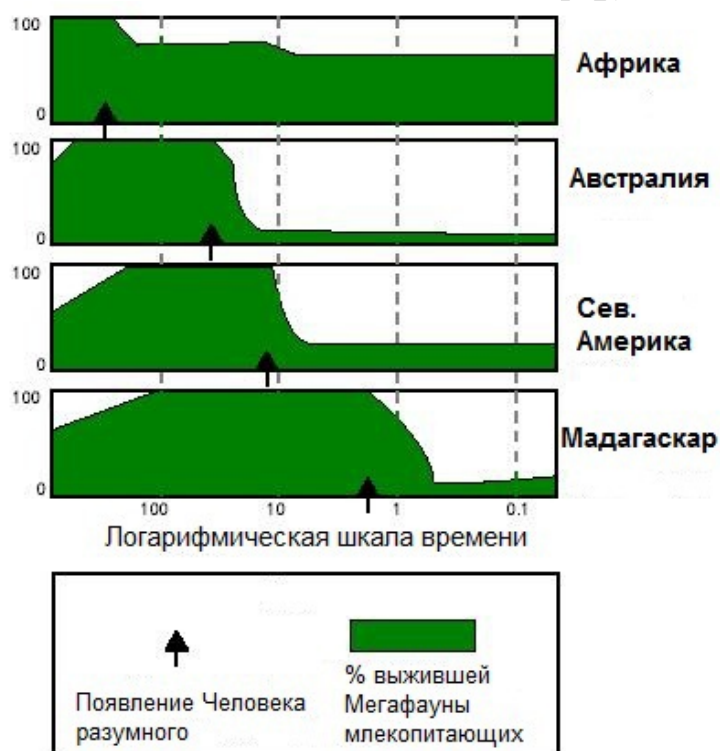


Рисунок 2 – Вымирание мегафауны в плейстоцене и голоцене

Так, в конце плейстоцена – начале голоцена в Голарктике вымерли все животные более 1 тонны весом – слоны, носороги, мегатерии и т. д. Полностью вымерли или отступили на юг, в Эфиопскую и Восточную области, многие крупные копытные (полорогие, жирафы, бегемоты).

Массовое вымирание в Северной и Южной Америке приходится на период 12–5 тысяч лет назад. Вымерли 4 вида мамонтов, 3 вида мастодонтов, 3 вида верблюдов, лошадь, гигантские наземные ленивцы (мегатерии), гигантские броненосцы (глиптодонты), саблезубые кошки. Всего в Новом Свете вымерло около 130 видов, из которых три четверти – мегафауна. Пик вымирания приходился на период 12–10 тысяч лет и совпал с массовым заселением территории человеком.

Заселение Австралии началось 40–45 тысяч лет назад (древнейшие остатки человека, обнаруженного на территории Австралии, датируются 40 тысяч лет назад). И после этого массовое вымирание постигло мегафауну Австралии. Как пишет Флэнери (1990), сочетание аридизации климата, охотничьих талантов аборигенов, выжигания ими лесов и беззащитности непуганых зверей не оставили последним никаких шансов.

Причем вымирание австралийской мегафауны происходило в течение относительно короткого времени – нескольких тысяч лет. По оценкам исчезло 85 % всех крупных животных.

Самым крупным представителем австралийской мегафауны был дипротодон. Дипротодон – травоядное животное высотой в холке 2 метра, в длину – 3 метра, весом более 2,5 тонн. Считается крупнейшим из известных сумчатых. Питался листьями деревьев, кустарников, травой. Местообитания – редколесья и саванны. На рисунке 3 изображена реконструкция событий, отраженных в палеонтологической летописи Австралии. В верхней части – смены растительности; в средней части – время существования дипротодонов; в нижней – появление человека.

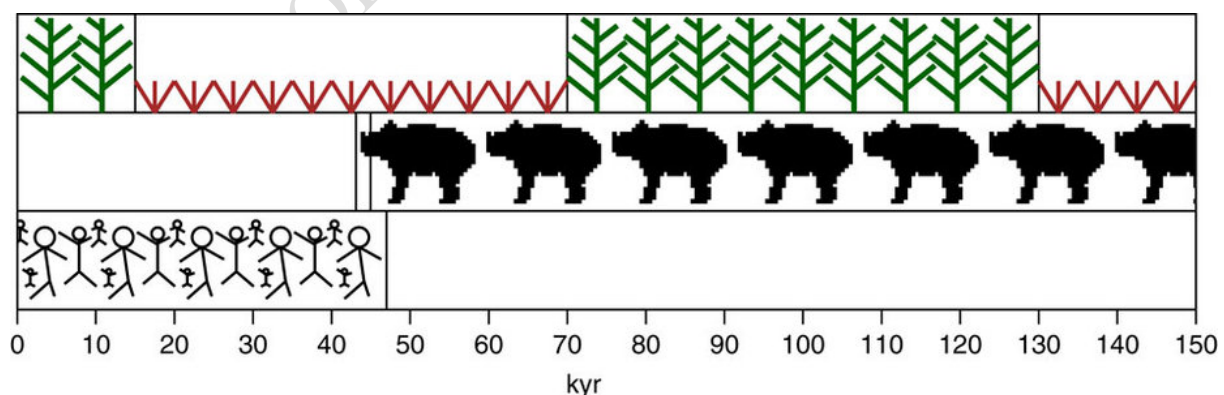


Рисунок 3 – Инвазия человека и вымирание дипротодона в Австралии

Австралийская мегафауна, наряду с растительноядными гигантами, включала крупных хищников. Даже если аборигены не могли справиться, например, со львом, то все равно своей деятельностью подрывали его кормовую базу. Крупнейшим хищником Австралии

считается сумчатый лев (*Thylacoleo carnifex*). Тилаколев существовал продолжительное время в течение четвертичного периода и вымер около 40 тысяч лет назад. Обнаружены его наскальные изображения, сделанные древними людьми. Тилаколев достигал в длину 1,5 метра и 0,7 метра в холке, имел вес более 100 килограмм (до 150 килограмм). Это был крепкостроенный сумчатый хищник с хорошо развитой мускулатурой, вооруженный когтями и клыками. Еще один вымерший хищник австралийской мегафауны – мегалания. Мегалания – крупнейшая из наземных ящериц (семейство варанов – *Varanidae*). Длина этого животного 4,5–9 метров, масса – от 300 килограмм до 2 тонн. Монстр бегал по саваннам Австралии в течение четвертичного периода (от 1,6 миллионов) и охотился на крупных растительноядных животных (не брезговал также падалью и мелкой живностью). Мегалания вымерла около 40 тысяч лет назад.

С точки зрения межвидовых отношений человек выступает как конструктор-аменсал (формирование антропогенных ландшафтов, разрушение природной среды, загрязнение, пожары, перевыпас и прочих), хищник (охота, рыболовство), мутуалист (разведение домашних животных, выращивание культурных растений). Благодаря человеку широко распространяются антропохорные и синантропные виды. Под влиянием деятельности человека идет ускоренное формообразование – селекция domestификатов, появление новых сорняков и вредителей и прочих. Все перечисленные аспекты так или иначе способствуют инвазионным процессам.

Глобальный масштаб проблема экологических последствий перемешивания флоры и фауны приобрела в эпоху Великих географических открытий. Из Европы на завоевание других континентов отправилось более 60 миллионов человек, и сейчас за пределами Европы живет не менее 250 миллионов европейцев. Они завоевали Северную Америку, часть Южной Америки, Австралию, Новую Зеландию «демографически» («демографическое завоевание»). Другие места европейцы захватили экономически и технологически, но демографически были сами поглощены местным населением – Мексика, Бразилия, Индия, Нигерия и др.

Популяционные взрывы европейцев совпадали с популяционными катастрофами аборигенов. Ч. Дарвин писал: «...куда бы ни ступила нога европейца, смерть начинает преследовать туземцев...».

По модели А. Кросби европейский комплекс организмов, обусловивший преобразование экосистем Северной и Южной Америки, Австралии, Океании, включает:

- а) людей;

б) животных, тесно связанных с людьми – как полезные домашние животные, так и зловредные паразиты;

в) патогенные микроорганизмы, вызывающие болезни человека;

г) растения-сорняки.

Демографическое завоевание предопределялось триумфальным распространением европейских технологий сельского хозяйства, которое является ведущим фактором формирования антропогенных ландшафтов. Огромные территории лесов и саванн были трансформированы в европеизированный антропогенный ландшафт благодаря земледелию и скотоводству. На первом этапе новые территории заполнялись европейскими животными, многие из которых дичали и становились компонентом природных экосистем. Уже к 1600 году гигантские стада одичавших лошадей и быков паслись в степях и саваннах Америки. Леса востока Северной Америки населили одичавшие свиньи, собаки.

В Австралии первые поселенцы привезли домашний скот в конце 18 века. К 1836 году только овцы достигли численности в миллион голов. На протяжении всего 20 века поголовье овец Австралии было наибольшим в мире. В конце 20 века оно составляло 170 миллионов голов. На 1 человека – 8–9 овец.

В 1788 году завезли кроликов (*Oryctolagus cuniculus*). В середине 19 века кроликов выпустили на волю. Распространение кроликов по Австралии в 1860-е годы стало примером самого быстрого распространения вида млекопитающих в истории. В 1950 году насчитывалось около 600 миллионов кроликов. Затем против них было использовано биологическое оружие – специально выведенный вирус миксомы. Популяция сократилась до 100 миллионов. Но кролики выработали генетическую сопротивляемость к вирусу – и численность стала восстанавливаться. Люди продолжили совершенствовать биологическое оружие, а кролики – приспособляться. Кроличья армия подорвала пищевые ресурсы местных видов, выела деревья в садах и лесах, спровоцировала эрозию почв и даже опустынивание.

Из Евразии в Австралию были завезены верблюды, которые стали здесь использоваться в пустынных районах (около 20 тысяч в 1920-х годах). В течение 20 века популяция верблюдов одичала и размножилась до миллиона голов. Дикие верблюды вытаптывают посевы, выедают овечьи пастбища, разрушают водопроводы и даже здания.

Еще один вид, встроившийся в экосистемы Австралии, – динго – одичавший потомок домашней собаки, прибывшей в Австралию из Азии 4–6 тысяч лет назад. Один из возможных прародителей – китайские домашние собаки. Предполагается, что динго, став самым главным хищником Австралии, оказала влияние на вымирание местной

фауны. Разведение овец дало динго новый кормовой ресурс и вызвало рост популяции. Против динго применяли ружья, капканы, загоны, яды. Пришлось в конце 19 века строить «великую австралийскую стену», ограждающую пастбища. Позже оказалось, что овцы составляют только 7 % от рациона динго, а остальное – кенгуру, крысы, мыши, опоссумы, барсуки (т. е. преимущественно местная фауна). И если динго истребить, то кенгуру резко размножатся, что негативно отразится на овцеводстве. То есть динго контролирует численность популяций растительноядных животных в трансформированных экосистемах Австралии. Кроме того, оказалось, что динго контролируют даже кроликов, а кролики для Австралии... еще хуже динго.

Кроме «полезных» животных с человеком прибывали «вредные», например, крысы. В новых мирах крысы также быстро размножились и расселились, вытесняя из «крысиной» экологической ниши аборигенов.

Как отмечает А. Кросби, ни один из европейских мигрантов не достиг такого колоссального успеха в заморских странах, как патогенные микроорганизмы. Везде, где селились европейцы, привезенные микроорганизмы порождали среди местного населения катастрофические эпидемии оспы, кори, тифа и т. д. (рисунок 4).



Рисунок 4 – Эпидемия оспы, завезенной из Европы в Северную Америку

Даже в 20 веке можно найти примеры опасных инвазий переносчиков болезней в Новый Свет из Старого. Так, в 1929 году самолетом в Бразилию из Африки были занесены несколько особей африканского малярийного комара (*Anopheles gambiae*). В течение нескольких лет этот инвайдер полностью распространился на десятки километров. В конце 1930-х годов на расстоянии около 300 километров

от первоначальной высадки вспыхнула тяжелейшая эпидемия малярии – заболели сотни тысяч, умерло около 12 тысяч человек. Целые сельскохозяйственные районы были парализованы (рисунок 5).

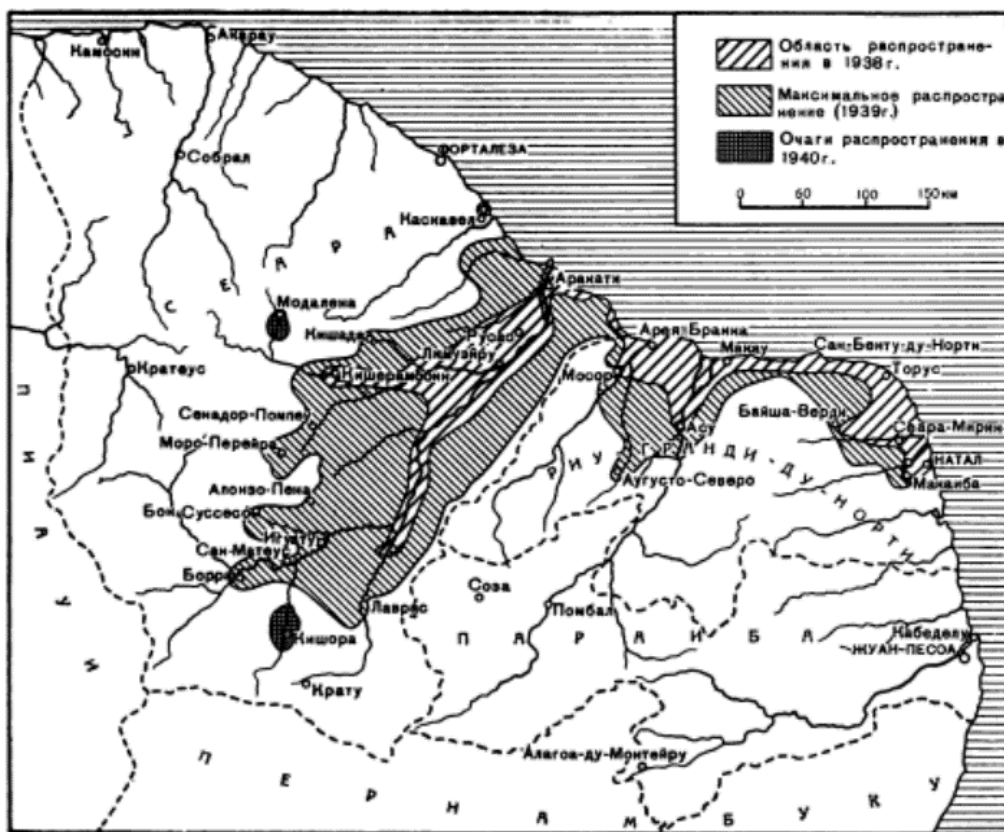


Рисунок 5 – Распространение африканского малярийного комара в Бразилии (цит. по Ч. Элтону, 1960)

Четвертый компонент – растения. Европейские растения продвигались вместе с первыми поселенцами, иногда даже опережая их (рисунок 6). Так, мятлик луговой распространился в умеренном поясе Северной Америки так быстро, что считался местным растением. Уже к 19 веку европейские травы радикально поменяли состав степных сообществ южноамериканской пампы.

Кроме европейских видов, к процессу завоевания Нового Света подключились африканские. Вместе с чернокожими рабами из Африки были завезены африканские растения – *Hyperhenia ruta*, *Panicum maximum*, *Brachiaria mutica* и другие. Приживанию и распространению этих злаков благоприятствовала разрушительная деятельность европейского домашнего скота. Африканские злаки вытесняли местные и образовывали травяной покров североамериканских саванн. Этот процесс иногда называют «африканизацией» саванн Северной Америки.

Люди, домашние животные, патогенные микроорганизмы, растения из Старого Света захватывали новые страны часто в симбиозе друг с другом. Так, фермеры со своим скотом, нарушая местный растительный покров (вырубая леса, распахивая почву), способствовали вторжению европейских растений. Микроорганизмы истребляли туземцев, открывали дорогу фермерам, освобождали для них земли и т. д.



Рисунок 6 – Один из наиболее агрессивных видов – подорожник большой, который индейцы назвали «нога англичанина»

Особенно уязвимы к нашествиям чужеродных видов острова. Новая Зеландия – пример острова, почти вся фауна которого так или иначе завезена человеком (рисунок 7), причем более половины – из Европы.

Остров Пасхи подвергся антропогенному преобразованию, в котором немалую роль играли привезенные полинезийцами крысы. Из 25 или более видов ранее гнездившихся морских птиц 24 больше не водятся на самом острове, а из 6 видов наземных птиц исчезло 6. Размножившиеся крысы также практически уничтожили способность древесной растительности возобновляться. Остров лишился своего лесного покрова. В настоящее время флора представлена видами, большая часть которых интродуцирована с других островов Океании, Южной Америки, Австралии и Европы (австралийская *Acacia melanoxylon*, плантации хлебного дерева, посадки коксовой пальмы и проч.).

Островной архипелаг Чатем был заселен людьми только в 13 веке – полинезийцами-мориори, приплывшими сюда с Новой Зеландии (около 2 тысяч человек). Люди привезли с собой огонь и крыс. Лесные экосистемы островов были полностью преобразованы. Интенсив-

ная охота привела к истреблению нескольких эндемичных видов птиц – попугая чатемского нестора (*Nestor chathamensis*), чатемской лысухи (*Fulica chathamensis*), чатемского пастушка (*Cabalus modestus*), хохлатого пингвина (*Eudyptes*). Предполагается, что всего вымерло около 1/3 местных видов. Численность оставшихся видов упала до угрожающе низкого уровня.

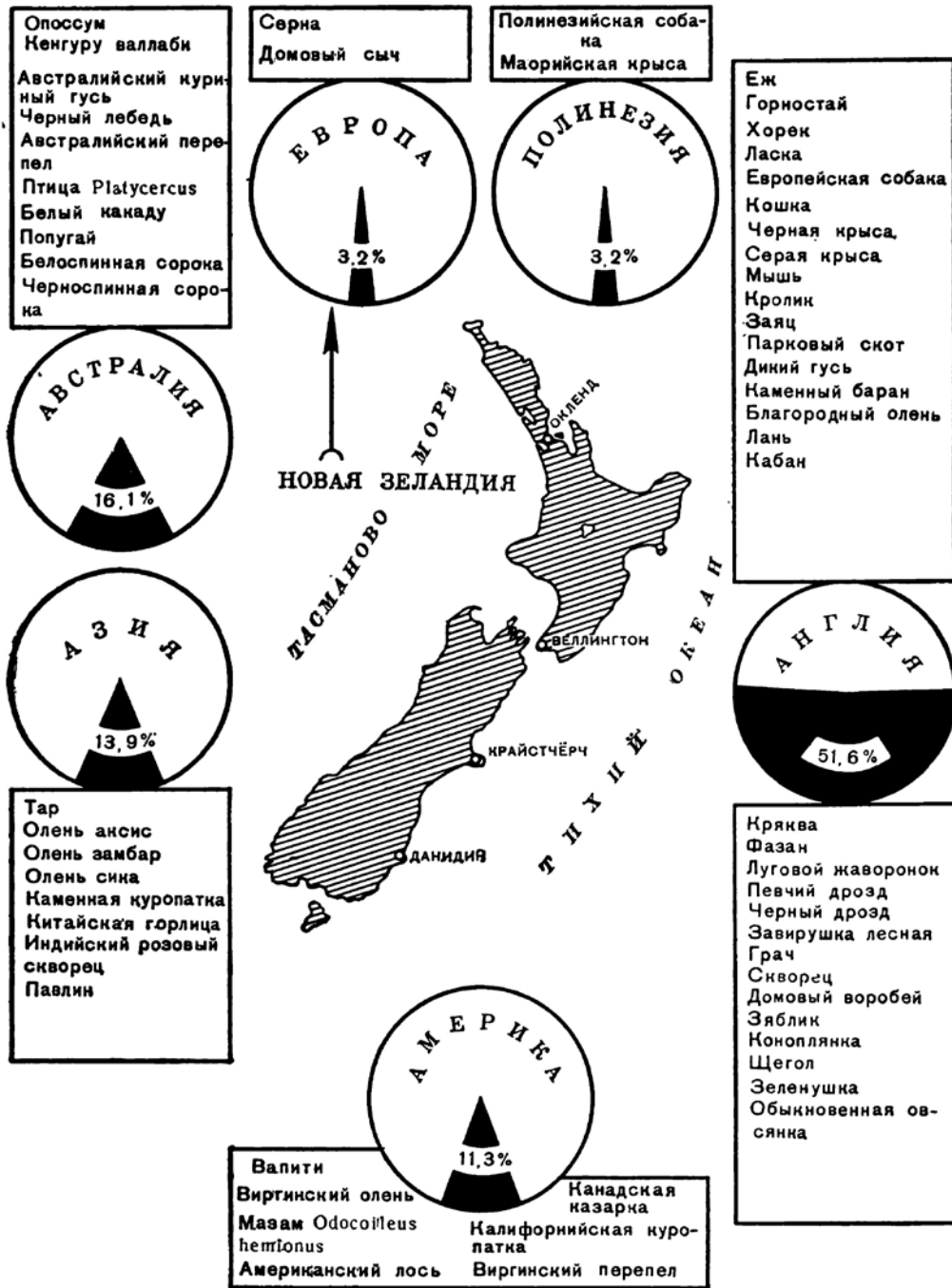


Рисунок 7 – Чужеродная фауна, акклиматизировавшаяся в Новой Зеландии (цит. по Ч. Элтону, 1960)

Рассматривая многочисленные примеры вторжения тех или иных элементов европейского биоценоза в туземные экосистемы, можно заметить, что экологические последствия этого вторжения сильно варьируют. В одних случаях такое вторжение приводило к почти полной деградации местных экосистем и замене их антропогенными модификациями, в других – европейские элементы заменяли некоторые туземные, а общая структура экосистем при этом сохранялась. Примером первой группы может являться обезлесивание островов.

Вредоносное воздействие европейских элементов на американские или австралийские экосистемы является частным случаем более широкой проблемы – воздействия любых чужеродных видов на местные экосистемы: американских на европейские и африканские, азиатских на африканские и т. д.

Широкомасштабные последствия, вплоть до изменения целых ландшафтов, имели инвазии некоторых особо выдающихся видов животных и растений – колорадский жук, водный гиацинт, борщевик сосновского, гребневик мнemiопсис и другие.

Вопросы для самоконтроля

1 Назовите примеры экологических катастроф, вызванных коллизиями биот разных материков в доисторическое время.

2 Назовите примеры экологических катастроф, вызванных инвазиями чужеродных видов, при освоении европейцами Америки.

3 Назовите примеры экологических катастроф, вызванных инвазиями чужеродных видов, при освоении европейцами Австралии.

4 Назовите примеры экологических катастроф, вызванных инвазиями чужеродных видов, при заселении людьми Океании.

Тема 3

Инвазивные виды растений и животных, создающие экологические проблемы

Колорадский жук, или колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata*) – насекомое из отряда жесткокрылых, семейства листоедов. Жук и его личинки питаются листьями растений семейства пасленовых: картофель, сладкий перец, томат, физалис, баклажан. Соответственно широкое культивирование человеком этих растений обусловило гигантский масштаб инвазии колорадского жука по всему миру. Естественный ареал колорадского жука ограничивался Сонорской зоогеографической областью на северо-востоке Мексики. В 19 веке начинается его распространение по районам выращивания картофеля. Он становится главным вредителем в штатах Колорадо, Омаха, Небраска, Миссисипи и др. К 1871 году волна инвазии дошла до берегов Атлантического океана. В 1876 году он появляется в Германии. В 1930-е годы – во Франции, Англии, Бельгии, в Восточной Европе. Одним из факторов высокой инвазивности колорадского жука является его способность размножаться с огромной скоростью: одна самка откладывает около 700 яиц, за лето успевает расплодиться в среднем 3 поколения, т. е. к осени – 800 миллионов особей.

Североамериканская ондатра (*Ondatra zibethica*) или мускусная крыса – млекопитающее подсемейства полевок отряда грызунов. Естественный ареал обитания ондатры – Северная Америка (от Аляски и Лабрадора до Техаса). Появилась на территории Австро-Венгрии в 1905 году, куда были привезены 5 особей. За счет интродукции американская ондатра распространилась в умеренном поясе Евразии (рисунок 8). В России ареал ондатры охватывает лесную и лесостепные зоны. Ее численность достигает многих миллионов особей. Кроме полезных качеств (это важный промысловый зверь) ондатра имеет негативные – наносит ущерб сельскому хозяйству, уничтожает водную и прибрежную растительность, разрушает оросительные системы, является носителем не менее 10 природно-очаговых заболеваний (в том числе паратифа и туляремии). Так, в Западной Европе ондатра – один из главных вредителей (разрушает берега каналов, прудов, плотины, дамбы).



Рисунок 8 – Распространение американской ондатры в Евразии (цит. по Ч. Элтону, 1960)

Водяной гиацинт (*Eichhornia crassipes*) считается одним из наиболее опасных инвазивных видов растений (Kateregga, Sterner, 2007; Villamagna, Murphy, 2010). Родина этого водного растения – Южная Америка (Амазония). Водяной гиацинт, или эйхорния, характеризуется быстрым ростом, способен мигрировать на большие расстояния, имеет высокую продуктивность (1 растение дает более 3 000 семян в год) и может существовать в широком диапазоне экологических условий. Семена сохраняют всхожесть в течение 20 лет. Заселяет прибрежные области, мелководья. Успешное вторжение гиацинта в Африку объясняется отсутствием здесь естественных врагов. В конце 20 века распространился на крупных озерах – Танганьика и Виктория. Сейчас практически все крупные реки и озера Африки испытывают нашествие этого южноамериканского вида. Инвазия этого растения в Африке наносит ущерб в десятки миллионов долларов в год. В Европе водяной гиацинт отмечен на Азорских островах и на Корсике. Единично – в Бельгии, Чехии, Венгрии, Нидерландах, Румынии. Серьезный риск инвазии водного гиацинта – в Испании и Португалии. В Азии водяной гиацинт захватил Меконг, Брахмапутру и другие реки. Вызвал серьезные экологические и социально-экономические проблемы в южном Китае. В Северной Америке гиацинт является серьезной проблемой в Мексике, в Калифорнии (дельта реки Сан-Хоакин).

Негативные последствия инвазии водяного гиацинта:

1 Угроза биоразнообразию: водяной гиацинт агрессивно вытесняет все другие виды растений, отрицательно воздействует на фитопланктон, подрывает кормовую базу рыб.

2 Кислородное голодание и снижение качества воды: водяной гиацинт вызывает падение уровня свободного кислорода в воде, ускоряет процесс эвтрофикации, цветения воды, что, в свою очередь, ухудшает качество воды.

3 Ухудшение санитарно-гигиенической и паразитарной обстановки: водяной гиацинт способствует размножению организмов, вредных для здоровья человека – малярийных комаров, улиток, являющихся переносчиками шистосомоза, возбудителей холеры.

4 Блокировка водных коммуникаций, нанесение вреда сельскому хозяйству, рыболовству, рекреации и гидроэлектроэнергетике: водяной гиацинт блокирует водные пути, забивает водопроводные трубы, каналы и т. д. Отмечен ущерб рисоводству в юго-восточной Азии. Блокировка ирригационных каналов приводит к наводнениям (Африка, Азия). Отмечены случаи сбоев энергосистем из-за воздействия водяного гиацинта на гидроэлектростанции (например, на озере Виктория).

Рейнунтрия японская (*Reynoutria japonica* Houtt.) – многолетнее травянистое растение с мощным подземным корневищем и многочисленными стеблями, высотой 1–3 метра. Размножается как вегетативно, так и семенами. Отличается скоростью роста: в благоприятных условиях может расти со скоростью 10–30 сантиметров в сутки. Данный вид негативно воздействует на другие растения, создавая плотные заросли и затенение. Местные виды в таких зарослях отсутствуют, т. е. резко снижается флористическое разнообразие. В городах *Reynoutria japonica* может разрушать асфальтовое покрытие, повреждать фундаменты и легкие постройки, гидротехнические сооружения. Так, заросли *Reynoutria japonica* на строительной площадке увеличивают стоимость подготовки к строительству на 10 %. Например, известно, что при строительстве автомобильной площадки крупный супермаркет потратил 600 тысяч долларов на уничтожение зарослей *Reynoutria japonica* (цит. по Виноградова и др. 2009).

Амброзия полынолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – однолетнее растение высотой 20–150 сантиметров и со стержневым корнем, проникающим на глубину до 4 метров. Плодовитость – до 100 тысяч семян с одного растения. Жизнеспособность семян в почве – 40 лет. Родина – Северная Америка. Завезена в Европу в 19 веке. На территории России появилась в начале 20 века и распространилась во всех районах с периодом вегетации более 150 дней. В настоящее вре-

мя *Ambrosia artemisiifolia* L. распространена почти по всей Евразии, в Южной Америке, в Африке, в Австралии. Амброзия наносит значительный ущерб сельскому хозяйству (засоряет все культуры, особенно зерновые и пропашные; на засоренных полях резко падает производительность сельскохозяйственной техники, ухудшается качество полевых работ и затрудняется уборка урожая) и животноводству (на лугах и пастбищах амброзия вытесняет ценные кормовые травы, что ведет к снижению качества сена за счет содержания в её листьях горьких эфирных масел). Создает угрозу для здоровья людей (пыльца амброзии вызывает массовые аллергические заболевания органов дыхания и глаз) и биологическому разнообразию (за счет высокой продуктивности и жизнеспособности может вытеснять местные виды растений).

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) – это гигантское растение, достигающее в высоту 2–3 метра с крупными листьями (длиной 85–125 сантиметров и шириной 110–150 сантиметров) и цветами (диаметром до 75 сантиметров). Долгое время борщевик Сосновского считался перспективной кормовой культурой. Его урожаи зеленой массы были больше, чем у кукурузы и клевера. Борщевик Сосновского выделяет токсичный сок, содержащий фотосенсибилизирующие соединения. При прикосновении к человеческой коже и под воздействием ультрафиолетового излучения эти соединения вызывают ожоги. Ожог может проявиться уже через 15 минут после контакта с растением. Через сутки кожа краснеет, под ней скапливается большое количество жидкости, затем в течение трех суток идет воспалительная реакция с образованием пузырей. Приблизительно через неделю на пораженных участках появляется гиперпигментация (необычное потемнение кожи), которая сохраняется в течение нескольких месяцев. Если образовавшиеся пузыри не вскрывать, то они держатся 2–3 недели, затем постепенно рассасываются, оставляя бурые пятна. При попадании инфекции пузыри превращаются в гнойники с последующим образованием долго не заживающих ран.

С 1990-х годов началось победоносное наступление борщевика на сельскохозяйственные ландшафты и выявилась крупная экологическая проблема: из-за быстрого развития популяций, борщевик вытесняет другие растения и сохраняет доминирующую позицию на захваченных территориях длительное время. Этому способствуют ряд его биологических и экологических свойств:

- произрастание ранней весной до появления другой растительности;
- относительно низкая смертность молодых растений;

- быстрый рост, способность вытеснять другие растения;
- постоянный процент растений, которые цветут и обеспечивают семена;
- способность растений отложить цветение в неподходящих условиях (до тех пор, пока необходимые условия не возникнут);
- раннее цветение, которое позволяет семенам полностью вызреть;
- способность к самоопылению, результатом которого являются полноценные семена;
- большая плодовитость, позволяющая одному растению начать экспансию;
- большое количество семян в семенном банке, а также семена, которые сохраняются больше одного года;
- очень высокий процент произрастающих семян, независимо от того, где эти семена вызрели;
- быстрое расселение семян с помощью ветра.

Борщевик может разрастаться на заброшенных полях и других антропогенных экотопах, обычных для рудеральных растений (пустоши, залежи, обочины дорог, берега водоемов, лесные поляны и т. п.). Популяции борщевика Сосновского местами образуют насаждения различной плотности, площадью от нескольких квадратных метров до нескольких гектаров.

Американская белая бабочка (*Hyphantria cunea*) – бабочка из семейства Медведицы (*Arctiinae*). Является карантинным вредителем плодовых культур. Естественный ареал – Северная Америка (от Канады до Мексики). С 1940-х годов обнаружена в Европе и на Дальнем Востоке, с 1990-х годов – в Средней Азии. Американская белая бабочка повреждает свыше 250 видов кормовых растений (шелковница, клен американский, яблоня, бузина, груша, айва, вяз, черешня, грецкий орех и другие). Гусеницы этой бабочки вызывают дефолиацию древесной растительности, ослабление и гибель древостоев. Наносят серьезный ущерб сельскому хозяйству. Кроме того, гусеницы вызывают аллергические реакции у человека. В связи с широким спектром пищи и высокой плодовитостью представляет большую опасность.

Атлантический гребневик мнемсионсис (*Mnemiopsis leidy*) – медузоподобный организм размером 3–5 сантиметра. Естественный ареал – атлантическое побережье Северной Америки. В 1982 году впервые был обнаружен в Черном море (предположительно попал с балластными водами). Он быстро размножился и через несколько лет его общая биомасса уже составляла 1 миллиард тонн. Общая численность зоопланктона

сократилась в 2–2,5 раза, донных беспозвоночных – в 2–10 раз, что отразилась на рыбном населении. В результате инвазии гребневика промысел рыб в Черном море сократился в 6–7 раз, а по некоторым промысловым рыбам (хамса) – в 20 раз. Годовой ущерб от падения добычи рыбы составляет 200 миллионов долларов, а от простаивания рыбного флота, рыбзаводов и другой инфраструктуры отрасли – 500 миллионов долларов. В 1999 году гребневик мнемниопсис проник в Каспийское море, где также подорвал кормовую базу рыб, вызвал резкое снижение видового разнообразия планктонных беспозвоночных, разрушил пищевые цепи в морских экосистемах.

Элодея канадская (*Elodea canadensis* Michaux), или «водяная чума» – двудомное многолетнее растение, обитающее на дне пресноводных водоемов. Естественный ареал – Северная Америка. В Европу попала в начале 19 века с древесиной. В 1840-х годах была обнаружена в водоемах Англии, в 1870-х годах – в водоемах континентальной Европы. В конце 19 века – в водоемах Западной Сибири, а в 1960-х годах – Восточной Сибири. За счет высокой экологической пластичности и широкого экологического диапазона элодея заселяет разнообразные пресноводные водоемы – большие и малые реки, пруды, озера, карьеры, каналы и т. д. Может обитать в олиготрофных, мезотрофных и эвтрофных водах. Является трансформером, способным формировать плотные заросли и вытеснять аборигенные виды. Заросли элодеи мешают судоходству, вызывают снижение продуктивности водоемов, вредят рыбному хозяйству.

Золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) – многолетнее растение (корневищный гемикриптофит), высотой 70–210 сантиметров. Характеризуется высокой плодовитостью – более 10 тысяч семян на одном генеративном побеге. Естественный ареал расположен в Северной Америке. Интродуцирован в Европу в 17 веке. В качестве дичающего растения отмечается с 19 века (в России – с первой половины 20 века). Типичные местообитания – обочины автомобильных и железных дорог, заброшенные поля, опушки лесов, берега водоемов. *Solidago canadensis* является трансформером, т. е. способен преобразовывать природные экосистемы. Может образовывать густые заросли с плотностью более 300 побегов на 1 м². Предполагается, что корни золотарника вырабатывают вещества, которые подавляют рост других растений. Плохо поедается домашними животными (Чёрная книга..., 2009).

Так, на юго-востоке Беларуси золотарник канадский оказывает мощное воздействие на биологическое разнообразие (Гусев, Шпилевская, 2017). В таблице 1 приведены результаты 2 серий геоботаниче-

ских наблюдений на 7 ключевых участках. Видно, как изменились показатели видового разнообразия – сводное число видов растений по всем пробным площадкам ключевого участка и число видов на 100 м². Число видов снизилось на всех ключевых участках – в 1,2–2,8 раза. Наибольшее снижение числа видов наблюдается на 2-м участке – с 28 до 10 видов. Видовое богатство здесь уменьшилось с 14,0 до 4,6 видов на 100 м² (в 3 раза). Тогда как за рассматриваемый интервал времени проективное покрытие *Solidago canadensis* на этом участке увеличилось с 8,0 до 94,0 %.

Таблица 1 – Изменения биоразнообразия под воздействием вторжения *Solidago canadensis*

Экотоп	Число видов растений	Видовое богатство, видов на 100 м ²	Покрытие <i>Solidago canadensis</i> , %
1 Пахотные земли, выведенные из оборота	26*	12,0	0,4
	20**	9,6	52,0
2 Пахотные земли, выведенные из оборота	28	14,0	8,0
	10	4,6	94,0
3 Пахотные земли, выведенные из оборота	32	12,0	0
	22	10,2	34,0
4 Пахотные земли, выведенные из оборота	23	13,5	2,8
	20	10,4	25,0
5 Земли, нарушенные при строительстве	31	18,8	1,2
	26	12,0	28,0
6 Земли, нарушенные при строительстве	41	11,4	0
	21	8,4	82,0
7 Отработанный карьер по добыче песков	48	13,0	3,1
	23	10,2	40,0
<i>Примечание:</i> * – 2005–2006 годы; ** – 2015–2017 годы			

Полученные результаты показывают, что в условиях зоны широколиственных лесов вторжение *Solidago canadensis* оказывает влияние на разные аспекты биоразнообразия – на видовое разнообразие (снижается число видов растений, видовое богатство), на ценоотическое разнообразие (снижается число синтаксонов растительности, гетерогенная мозаика растительных сообществ стремится к гомогенному растительному покрову из *Solidago canadensis*); на сукцессионное

разнообразии (в ландшафте имеет место тенденция к пространственному доминированию фитоценозов, представляющих только одну стадию сукцессии).

Задания

1 Используя литературные источники, дайте характеристику факторов, обуславливающих высокую инвазивность калифорнийской щитовки (*Quadraspidiotus perniciosus*). Систематизируйте экологические последствия инвазии данного вида.

2 Используя литературные источники, дайте характеристику факторов, обуславливающих высокую инвазивность клена ясенелистного (*Acer negundo*). Систематизируйте экологические последствия инвазии данного вида.

3 Используя литературные источники, дайте характеристику факторов, обуславливающих высокую инвазивность череды олиственной (*Bidens frondosa*). Систематизируйте экологические последствия инвазии данного вида.

4 Используя литературные источники, дайте характеристику факторов, обуславливающих высокую инвазивность элодеи канадской (*Elodea canadensis*). Систематизируйте экологические последствия инвазии данного вида.

5 Используя литературные источники, дайте характеристику факторов, обуславливающих высокую инвазивность циклахены дурнишниковидной (*Cyclachaena xanthiifolia*). Систематизируйте экологические последствия инвазии данного вида.

6 Используя литературные источники, дайте характеристику факторов, обуславливающих высокую инвазивность ячменя гривастого (*Hordeum jubatum*). Систематизируйте экологические последствия инвазии данного вида.

7 Используя литературные источники, дайте характеристику факторов, обуславливающих высокую инвазивность американской норки (*Neovison vison*). Систематизируйте экологические последствия инвазии данного вида.

Тема 4

Геоэкологическая оценка инвазий чужеродных видов

Для изучения возникновения и распространения экологических проблем и ситуаций разработан специальный научный подход – экодиагностика. Под экодиагностикой понимается географический анализ экологических ситуаций, направленный на выявление и изучение признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние окружающей человека среды, экосистем и ландшафтов, а также разработка методов и средств обнаружения, предупреждения и ликвидации негативных экологических явлений и процессов (Кочуров, 1997, 1999, Егоренков, Кочуров, 2005).

Экодиагностика развивается в рамках геоэкологии и занимается разработкой целостной системы принципов пространственного анализа экологических проблем и ситуаций, причин их возникновения, особенностей распространения, их классификацией и картографированием, а также определением путей решений экологических проблем (Кочуров, 1997).

По Б. И. Кочурову (1999) экологическая ситуация – это пространственно-временное сочетание различных, в том числе позитивных и негативных с точки зрения проживания и состояния человека условий и факторов, создающих определенную экологическую обстановку на территории разной степени благополучия или неблагополучия. Оценка экологических ситуаций основана на анализе территориальных сочетаний экологических проблем.

Оценка экологических ситуаций, разрабатываемая в геоэкологии, охватывает различные региональные и глобальные экологические проблемы: химическое загрязнение атмосферы, истощение природных ресурсов, деградация почв, снижение биологического разнообразия и т. д. (Кочуров, 1997, 2003; Егоренков, Кочуров, 2005). В то же время мало внимания уделяется такой важной экологической проблеме, как инвазии чужеродных видов растений и животных. Тогда как имеется целый спектр экологических угроз от инвазий чужеродных видов:

- снижение продуктивности популяций и экосистем;
- снижение биоразнообразия экосистем;
- прямой ущерб предприятиям (энергетика, сельское хозяйство);
- межвидовая гибридизация и трансгенные переносы;

- перенос паразитарных и инфекционных заболеваний;
- подавление или вытеснение аборигенных видов;
- угрозы здоровью населения;
- трансформация флористических и фаунистических комплексов и экосистем в целом.

Геоэкологическая оценка инвазий чужеродных видов – это оценка негативных изменений в природных и природно-антропогенных системах, вызванных данным процессом.

Наибольшее значение для формирования той или иной экологической обстановки имеют чужеродные виды-трансформеры, которые способны изменять целые экосистемы и даже ландшафты.

Чужеродные виды могут воздействовать:

- а) на человеческое население;
- б) на хозяйство и технические системы;
- в) на полуприродные и природные системы.

Предлагается следующая классификация воздействий чужеродных видов-трансформеров и их последствий:

1. Воздействие на человеческое население (санитарно-гигиенические последствия):

- поллинозы (*Ambrosia artemisiifolia*, *Cyclachaena xanthiifolia*);
- ожоги кожных покровов (*Heracleum sosnowskyi*).

2. Воздействие на хозяйство и антропогенные системы:

- засорение посевов культурных растений, подавление культурных растений – снижение урожайности (*Ambrosia artemisiifolia*, *Cyclachaena xanthiifolia*);

- засорение пастбищ – снижение качества сена и выпасов (*Ambrosia artemisiifolia*);

- перенос заболеваний и вредителей культурных растений – являются хозяевами насекомых, вирусов, нематод (*Conyza canadensis*, *Eichhornia crassipes*);

- нарушение функционирования технических систем (*Reynoutria japonica* – разрушение асфальта, повреждение фундаментов зданий; *Eichhornia crassipes* – гидротехнических систем).

3. Воздействие на полуприродные и природные экосистемы:

- снижение видового разнообразия (*Reynoutria japonica*, *Eichhornia crassipes*);

- рост пожароопасности (*Bromus tectorum*);

- подавление и вытеснение местных видов (*Heracleum sosnowskyi*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Impatiens glandulifera*, *Acer negundo*);

– ингибирование восстановительных сукцессий и, как следствие, изменение типа растительности (*Myrica faya*, *Celastrus orbiculatus*).

Выделяются 4 степени напряженности (остроты) экологической ситуации, связанной с инвазиями чужеродных видов (таблица 2).

Таблица 2 – Экологические ситуации, связанные с инвазиями чужеродных видов трансформеров

Показатель	Острота экологической ситуации			
	Норма	Риск	Кризис	Бедствие
Негативное влияние на здоровье населения	0	1	2	3
Негативное влияние на сельское хозяйство	0	1	2	3
Нарушение функционирования технических систем	0	1	2	3
Негативное влияние на полуприродные и природные системы	0	1	2	3

В баллах оценивается негативное воздействие чужеродных видов на здоровье населения, сельское хозяйство, технические системы, полуприродные и природные экосистемы.

Предлагается следующая оценка (в баллах):

0 – негативное влияние отсутствует;

1 – слабое влияние (единичные случаи поллинозов, локальное засорение посевов и пастбищ, формирование сообществ видов-трансформеров в рудеральных местообитаниях);

2 – выраженный эффект (повышение частоты поллинозов над фоновым уровнем, снижение урожайности сельскохозяйственных культур, вторжение видов-трансформеров в природные экосистемы);

3 – значительное влияние (массовые поражения населения поллинозами, существенный экономический ущерб, повсеместное распространение видов-трансформеров, их доминирование в различных экосистемах, неблагоприятная смена типов растительности – обезлесивание, опустынивание).

Оценка выполняется в пределах какой-либо территории, ландшафтной или административной территориальной единицы (рисунок 9).

В зависимости от размера территории, имеющейся информации, экономико-географических и физико-географических особенностей

количественные критерии оценки могут различаться. Для общего случая можно использовать критерии, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Количественные показатели оценки остроты экологической ситуации, связанной с инвазиями чужеродных видов трансформеров

Показатель	Острота экологической ситуации			
	Норма	Риск	Кризис	Бедствие
Встречаемость чужеродных видов-трансформеров, % от общего числа пробных площадок	<20	20-50	50-80	>80
Проективное покрытие чужеродных видов-трансформеров, % от общей площади	<5	5-25	25-50	>50
Снижение видового разнообразия, % относительно фона	<25	25-50	50-100	>100
Засоренность агроценозов чужеродными видами, % относительно фона	<20	20-50	50-80	>80
Задержка восстановительных процессов, % от общей площади	<5	5-25	25-50	>50
Увеличение заболеваемости населения поллинозами, % относительно фона	<5	5-25	25-50	>50

Оценку адвентизации растительного покрова можно проводить на локальном и ландшафтном уровнях.

Критерии оценки локального уровня (объект – фация, биогеоценоз, фитоценоз):

- доля чужеродных видов, % от общего числа видов;
- доля чужеродных видов, % от общего проективного покрытия;
- доля чужеродных видов деревьев, % от общего числа видов деревьев;
- доля чужеродных видов деревьев, % от общей численности подроста.
- Критериями оценки на ландшафтном уровне выступают:
 - площадь, захваченная чужеродными трансформерами (км² или %);
 - встречаемость видов-трансформеров (% от общего числа пробных площадок или ключевых участков в пределах территориальной единицы);

– средние (минимальные и максимальные) значения показателей адвентизации по серии пробных площадок или ключевых участков в пределах территориальной единицы.



Рисунок 9 – Карта-схема адвентизации растительного покрова южной окраины города Гомеля (доля чужеродных видов, % от общего числа видов)

Адвентизация растительного покрова может служить индикатором экологического состояния ландшафта: зоны с высокой адвентизацией и высокой концентрацией инвазионных видов указывают на значительное снижение устойчивости природных экосистем, трансформацию режима функционирования, являются признаком нарушения экологического равновесия.

Геоэкологическая оценка риска инвазий должна учитывать инвазибельность природных, полуприродных и антропогенных экосистем. Высокая инвазибельность обуславливает высокую степень риска инвазий на данной территории. Высокоинвазибельные экосистемы являются «слабыми звеньями», через которые чужеродные виды-трансформеры могут проникать в новые для них ландшафты.

Факторы инвазибельности зависят от масштаба (Приложение А, таблица А3). На ландшафтном и локальном уровнях важным фактором является землепользование. В общем случае оценка инвазибельности природных и антропогенных экосистем может осуществляться по комплексу критериев: 1 – тип современного землепользования; 2 – окружающий ландшафт; 3 – история землепользования; 4 – наличие источников семян (радиус разлета – до 100 метров); 5 – наличие путей поступления (железные и автомобильные дороги, пересекающие ареал). Пример – в таблице 4.

Таблица 4 – Критерии оценки инвазивности экосистем

Показатель	Степень инвазивности			
	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Преобладающие экотопы	Леса, болота	Луга, кустарники	Пашни, огороды, сады	Свалки, пустыри, залежи
Окружающий ландшафт	Лесной	Пастбище, сенокос	Пашня	Селитебный, городской
Предшествующее землепользование	Лесное хозяйство	Пастбище, сенокос	Пашня	Селитебный, городской
Наличие путей поступления	Нет	Дороги местного значения	Дороги регионального значения	Дороги республиканского значения

Задания

1 Используя данные из таблицы 5, оцените остроту экологической ситуации, вызванной вторжением видами рода *Ambrosia*. Используйте количественные показатели из таблицы 2. Опишите последствия вторжения для отраслей хозяйства и населения. Дайте сравнительный анализ экологической ситуации по районам.

Таблица 5 – Показатели инвазии *Ambrosia*

Показатель	Район				
	1	2	3	4	5
Встречаемость видов <i>Ambrosia</i> , %	15,6	33,5	1,5	51,5	21,5
Проективное покрытие видов <i>Ambrosia</i> , % от общей площади	1,8	12,1	0,5	26,8	10,7
Засоренность агроценозов <i>Ambrosia</i> , %	10,5	40,7	5,7	55,1	25,6
Увеличение заболеваемости населения поллинозами, % относительно фона	5,1	12,1	0	26,1	11,9

2 Используя данные из таблицы 6, оцените инвазибельность экосистем в 4 районах. В каком из районов наибольший риск инвазий чужеродных видов? В каком из районов наименьший риск инвазий чужеродных видов? Как, по вашему мнению, влияют на инвазибельность экосистемы лесистость и распаханность окружающего ландшафта? Как влияет на инвазибельность экосистем плотность железных и автомобильных дорог в окружающем ландшафте?

Таблица 6 – Факторы инвазибельности экосистем

Показатель	Район			
	1	2	3	4
Лесистость, %	50,0	30,0	10,0	68,0
Распаханность, %	30,0	60,0	70,0	10,0
Плотность железных дорог, км/км ²	30	70	100	20
Плотность автомобильных дорог, км/1 000 км ²	150	400	100	80

3 Используя таблицу 7, дайте оценку адвентизации флоры Евразии, Северной Америки, Южной Америки, Африки, Австралии. Отобразите результаты в виде диаграммы.

4 Используя таблицу 7, сравните адвентизацию флоры островов и материков. Отобразите результаты в виде диаграммы.

5 Используя таблицу 7, выясните зависимость адвентизации флоры от плотности населения и степени урбанизации.

Таблица 7 – Адвентизация флоры мира (высшие растения)

Материки		Острова	
Район	% чужеродных видов	Район	% чужеродных видов
1	2	3	4
Европа	6,9	Гренландия	16,8
Польша	10,9	Британские о-ва	42,9
Франция	9,9	Ньюфаундленд	24,4
Чехия	7,8	Санта-Круз	32,2
Германия	11,6	Канарские о-ва	35,2
Финляндия	16,5	Бермудские о-ва	64,7
Канада	22,3	Багамские о-ва	18,2
Британская Колумбия	21,2	Куба	6,1

Окончание таблицы 7

1	2	3	4
Онтарио	28,1	Пуэрто-Рико	11,5
Нью-Йорк	35,8	Гавайские о-ва	43,8
Миссури	24,8	Гуам	36,1
Калифорния	17,5	Родригес	69,8
Флорида	20,1	Тристан-да-Кунья	67,2
Техас	9,9	Новая Зеландия	39,9
Область Монте-Видео	17,6	о-ва Окленд	17,9
Область Буэнос-Айрес	21,1	Фолклендские о-ва	33,7
Виктория	30,1	Лорд-Хау	45,6

Вопросы для самоконтроля

1 В чем заключается геоэкологическая оценка инвазий чужеродных видов?

2 Приведите классификацию воздействий чужеродных видов и их последствий.

3 Приведите примеры воздействия чужеродных видов на здоровье населения.

4 Перечислите показатели оценки остроты экологической ситуации, связанной с инвазиями чужеродных видов.

Литература

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

2 Виноградова, Ю. К. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России) / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М. : ГЕОС, 2009. – 494 с.

3 Гусев, А. П. Воздействие инвазии золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) на восстановительную сукцессию на залежах (юго-восток Беларуси) / А. П. Гусев // Российский журнал биологических инвазий. – 2015. – № 1. – С. 10–16.

4 Гусев, А. П. Геоэкология : геоэкологические аспекты природно-антропогенных геосистем : практическое руководство / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – 41 с.

5 Гусев, А. П. Чужеродные виды-трансформеры как причина блокировки восстановительных процессов (на примере юго-востока Беларуси) / А. П. Гусев // Российский журнал прикладной экологии. – 2016. – № 3. – С. 10–14.

6 Гусев, А. П. Геоэкология: геоэкологические аспекты неблагоприятных и опасных природных и антропогенных процессов и явлений : практическое руководство / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 47 с.

7 Гусев А. П. Воздействие вторжения золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.) на растительное биоразнообразие в условиях ландшафтов Беларуси / А. П. Гусев, Н. С. Шпилевская // Биосфера. – 2017. – № 4. – С. 300–305.

8 Дзебуадзе, Ю. Ю. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований / Ю. Ю. Дзебуадзе // Российский журнал биологических инвазий. – 2014. – № 1. – С. 2–8.

9 Егоренков, Л. И. Геоэкология : учебное пособие / Л. И. Егоренков, Б. И. Кочуров. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 320 с.

10 Кочуров, Б. И. География экологических ситуаций (экодиагностика территории) / Б. И. Кочуров. – М. : ИГ РАН, 1997. – 131 с.

11 Кочуров, Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территорий / Б. И. Кочуров. – Смоленск : Маджента, 2003. – 500 с.

12 Кросби, А. Экологический империализм: трансатлантическая миграция западных европейцев как феномен истории / А. Кросби // Человек и природа: экологическая история. – Санкт-Петербург : Алетейя, 2008. – С. 161–180.

- 13 Миркин, Б. М. Наука о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Уфа : Гилем, 1998. – 412 с.
- 14 Симпсон, Дж. Великолепная изоляция. История млекопитающих Южной Америки / Дж. Симпсон. – М. : Мир, 1983. – 256 с.
- 15 Шварц, Е. А. Сохранение биоразнообразия: сообщества и экосистемы / Е. А. Шварц. – М. : Т-во научных знаний КМК, 2004. – 112 с.
- 16 Элтон, Ч. Экология нашествий животных и растений / Ч. Элтон. – М. : Издательство иностранной литературы, 1960. – 227 с.
- 17 Alpert, P. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants / P. Alpert, E. Bone, C. Holzapfel // *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*. – 2000. – Vol. 3. – P. 52–66.
- 18 A hierarchical framework for integrating invasibility experiments incorporating different factors and spatial scales / A. Milbau, J. C. Stout, B. J. Graae, I. Nijs // *Biological Invasions*. – 2009. – Vol. 11. – P. 941–950.
- 19 Lonsdale, W. M. Global pattern of plant invasion and the concept of invisibility / W. M. Lonsdale // *Ecology*. – 1999. – Vol. 80. – P. 1522–1536.
- 20 Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions / D. M. Richardson, P. Pyšek, M. Rejmanek, M. G. Barbour, F. D. Panetta, C. J. West // *Diversity and distribution*. – 2000. – Vol. 6. – P. 93–107.
- 21 Richardson, D. M. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns / D. M. Richardson, P. Pyšek // *New Phytologist*. – 2012. – Vol. 196. – P. 383–396.

Приложение А

(обязательное)

Справочные материалы

Таблица А1 – Принципы классификации чужеродных видов растений

Термин	Определение	Синоним в зарубежной науке
1. Время заноса		
Археофиты	Виды, занесенные до открытия Америки (до 1492 года)	Archaeophytes
Неофиты	Виды, занесенные после 1492 года	Neophytes
2. Способ заноса		
Ксенофиты	Непреднамеренно занесенные виды	–
Ксеноэргазиофиты	Растения, культивируемые в других регионах, случайно занесенные в данный регион	–
Эргазиофиты	Виды, введенные в культуру на данной территории, а после распространившиеся в других местообитаниях – природных, рудеральных и т.д.	–
3. Степень натурализации		
Эфемерофиты	Виды, отмеченные в местах заноса в течение нескольких лет, но не размножающиеся и исчезнувшие	Casual alien plants
Колонофиты	Виды, способные возобновляться, но локализованные только в местах заноса	Naturalized plants
Эпекофиты	Виды, которые распространяются в одном или нескольких типах антропогенных местообитаний	Invasive plants
Агриофиты	Виды, внедрившиеся как в антропогенные, так и в природные сообщества и местообитания	Transformers

Таблица А2 – Характеристика чужеродных видов растений на территории Беларуси по степени натурализации и инвазивному статусу

Вид	Степень натурализации	Инвазивный статус
<i>Acer negundo</i>	агриофит	трансформер
<i>Acorus calamus</i>	агриофит	трансформер
<i>Amaranthus albus</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Amaranthus retroflexus</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Anisantha tectorum</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Atriplex tatarica</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Bidens frondosa</i>	агриофит	трансформер
<i>Chamomilla suaveolens</i>	агриофит	трансформер
<i>Conyza canadensis</i>	агриофит	трансформер
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Echinocystis lobata</i>	агриофит	трансформер
<i>Elodea canadensis</i>	агриофит	трансформер
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	колонофит	натурализовавшийся
<i>Galinsoga ciliata</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Galinsoga parviflora</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Helianthus tuberosus</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	агриофит	трансформер
<i>Impatiens glandulifera</i>	агриофит	трансформер
<i>Impatiens parviflora</i>	агриофит	трансформер
<i>Lupinus polyphyllus</i>	агриофит	трансформер
<i>Oenothera biennis</i>	агриофит	трансформер
<i>Robinia pseudoacacia</i>	агриофит	трансформер
<i>Solidago canadensis</i>	агриофит	трансформер
<i>Solidago gigantea</i>	эпекофит	инвазивный
<i>Xanthoxalis fontana</i>	эпекофит	инвазивный

Таблица А3 – Факторы, определяющие инвазительность экосистем

Фактор	Пространственный масштаб			
	Региональный 10^2-10^3 км	Ландшафтный 10^0-10^2 км	Локальный 1–10 км	Экотоп <1 км
Климат (глобальный и региональный)	+*	+	-	-
Рельеф	+	+	+	-
Ландшафтная структура	+	+	+	-
Землепользование	+	+	+	+
Тип почв (содержание гумуса, влажность, рН, механический состав)	-**	-	+	+
Нарушения, в том числе антропогенные	-	-	+	+
Биотические вза- имодействия (животные, бак- терии, грибы, другие растения)	-	-	+	+
Доступные ресурсы	-	-	-	+
Микроклимат	-	-	-	+
<i>Примечания:</i>				
1 – * влияет;				
2 – ** не влияет или влияет очень слабо				

Производственно-практическое издание

ГУСЕВ Андрей Петрович
ШПИЛЕВСКАЯ Наталья Станиславовна

ЭКОЛОГИЯ ИНВАЗИЙ

Практическое пособие

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 14.03.2019. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,56
Уч.-изд. л. 2, 8. Тираж 25 экз. Заказ 107.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

