

---

---

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ В ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А.Л. Суздалева<sup>1</sup>, В.Н. Безносков<sup>2</sup>, С.В. Горюнова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

*ул. Красноказарменная, 14, Москва, Россия, 111250*

<sup>2</sup> Лаборатория экологических исследований ООО «Альфамед 2000»

*ул. Большая Ордынка, 7, Москва, Россия, 113036*

<sup>3</sup> Московский городской педагогический университет

*2-й Сельскохозяйственный проезд, 4, Москва, Россия, 129226*

Показано, что в настоящее время основной причиной увеличения количества биологических инвазий является техногенез окружающей среды. Для обозначения этих явлений предложен термин «техногенная инвазия». Описаны экологические механизмы основных видов техногенных инвазий.

**Ключевые слова:** техногенная инвазия, природно-техническая система, биотический техногенез, биотехносфера, инвайдер, технобиота.

Природно-техническая система (ПТС) — это совокупность природных, природно-техногенных и техногенных объектов, условия существования которых взаимозависимы и взаимообусловлены. Становление человеческой цивилизации сопровождалось постепенным увеличением экологической роли ПТС и занимаемого ими пространства. На современном этапе вся биосфера в целом превращается в ПТС планетарного масштаба — в так называемую «биотехносферу», состояние которой зависит от глобальных последствий производственной деятельности человека, например, от парникового эффекта.

Условия существования организмов в ПТС отличаются от естественных. Ареал распространения и численность многих видов под воздействием техногенеза сокращаются. Вместе с тем обширный комплекс разнообразных организмов в результате техногенеза смог расселиться в новые районы. Условия для развития некоторых видов в ПТС оказались даже более благоприятными, чем в естественной среде, например, благодаря отсутствию конкурентов и хищников, а также формированию новых, легкодоступных пищевых ресурсов, возникающих в результате выращивания сельскохозяйственных культур или образования свалок пищевых отходов на урбанизированных территориях. Большинство ПТС представляют собой объекты, в которые могут вселиться и найти условия для своего массового развития новые, ранее не встречавшиеся в этой экосистеме виды организмов.

В экологии проникновение и последующее развитие в каком-то регионе нового, ранее не обитавшего здесь вида обозначают термином «биологическая инвазия». Еще в самых первых работах, посвященных систематическому изучению этих явлений, под этим понятием подразумевался комплекс разнородных про-

цессов — от самостоятельного, без участия человека, расселения организмов до целенаправленной интродукции хозяйственно-ценных видов [9]. Однако наиболее значимые последствия, причем не только экологические, но и экономические, имели неконтролируемые инвазии, происходящие в ходе различных форм человеческой деятельности (транспортных перевозок, создания гидротехнических систем, соединяющих водные бассейны и др.). В связи с этим представляется целесообразным использование для их обозначения специального термина — «техногенная инвазия», под которым подразумевается инвазия, происходящая благодаря осуществлению человеческой деятельности с применением техники, но не являющаяся целенаправленным мероприятием по вселению организма в новые для него местообитания.

Виды-вселенцы, или «инвайдеры», развиваясь в новых местообитаниях и вытесняя аборигенов, разрушают существовавшие биоценозы. По этой причине инвазиям нередко сопутствует снижение таксономического разнообразия [2]. Некоторые из инвайдеров становятся вредителями сельского хозяйства, создают биологические помехи при эксплуатации технического оборудования. Наносимый такими видами экономический ущерб достигает огромных масштабов. Так, вселение в водоемы США двустворчатого моллюска дрейссены, являющегося массовым видом-образателем в системах водоснабжения, нанесло убытки, составляющие несколько сот миллионов долларов.

В 1982 году в Черном море впервые был обнаружен медузоподобный организм размером от 3 до 5 см — атлантический гребневик мнемипсис. Он очень быстро размножился, и уже через несколько лет его общая биомасса в море достигала 1 млрд т. Питается гребневик зоопланктоном, поэтому в силу своей массовости превратился в серьезного пищевого конкурента планктоноядных рыб. Поедая икринок и личинки рыб из толщи воды, он становится не только пищевым конкурентом, но и хищником по отношению к рыбам, резко сокращая их численность. В результате международный промысел рыб, который в Черном море в 1985—1988 гг. составлял 600—700 тыс. т, в 1990 г. упал до 100 тыс. т. Особенно сильно (в 20 раз) сократилась добыча основной промысловой рыбы — хамсы. Создалась критическая экологическая ситуация, вызвавшая крупный экономический ущерб. По оценкам экспертов ФАО (международная организация, ведущая вопросы продовольствия и сельского хозяйства), годовой ущерб от падения добычи рыбы в Черном море составляет 200 млн долл. США, а от простоя рыбного флота, рыбзаводов, рыбпортов и другой инфраструктуры отрасли — еще 500 млн долл. США в год. Семнадцать лет спустя, в 1999 г., появление гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) явилось катастрофичным для всей экосистемы Каспийского моря: расселившись практически по всей акватории, он подорвал кормовую базу рыб, вызвал резкое снижение видового разнообразия планктонных беспозвоночных, что нарушило все пищевые цепи водоема и резко отразилось на численности сельдевых рыб.

Инвайдеры могут представлять опасность в санитарно-эпидемиологическом, ветеринарно-санитарном и фитосанитарном планах, вызывая заболевания человека, животных и растений или являясь их переносчиками. По этим причинам неконтролируемые инвазии рассматриваются как негативные явления.

Экономический и экологический ущерб, наносимый биологическими инвазиями, обуславливает необходимость различных мер по их предотвращению. Так, в 2004 г. была принята «Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими», в 2012 г. к ней присоединилась Российская Федерация. Однако предлагаемые меры в большинстве своем носят «карантинный» или «дезинфекционный» характер: это либо создание дополнительных преград для потенциальных инвайдеров, либо профилактические меры, направленные на уничтожение таких организмов на путях возможного их распространения.

Объективная оценка результатов инвазии требует анализа всех ее последствий. Это касается не только возможного экологического эффекта, но и воздействия на условия эксплуатации ресурсов окружающей среды. Поэтому мы рассматриваем явление техногенной инвазии не как процесс проникновения организма в новое местообитание, а как значимый фактор техногенного воздействия, приводящий к трансформации окружающей среды. Это явление можно рассматривать как особый вид техногенеза среды — «биотический техногенез» [6]. Вместе с тем именно благодаря техногенезу среды создаются местообитания, пригодные для инвайдеров. Примером является все расширяющееся расселение синантропных видов и синантропизация видов, ранее не обитавших в осваиваемых человеком участках. Таким образом, процессы техногенных инвазий и характер техногенеза окружающей среды тесно взаимосвязаны.

Техногенная инвазия в природной среде и техногенная инвазия в ПТС имеют ряд важных различий.

В природной среде техногенная инвазия обычно происходит как преодоление вселенцем с помощью человека физико-географических барьеров, которые Л.А. Зенкевич [3] назвал «импедитные преграды» (букв. непроходимые). Внедрение нового вида-вселенца в экосистему в той или иной мере вызывает нарушение ее структуры, сложившейся в процессе естественной эволюции.

Техногенная инвазия в ПТС — это внедрение нового вида в уже преобразованную человеком среду. Биота этой среды сложилась и существует в условиях техногенеза. Иными словами, это «техногенный процесс, происходящий на фоне техногенеза». Его результат можно обозначить как «вторичный биотический техногенез», т.е. вселение нового вида в сообщества, которые сами являются продуктом «первичного биотического техногенеза», в ходе которого изначально существовавшая на данном участке биота уже подверглась изменениям. Так, насекомые-вредители сельского хозяйства распространяются в агробиоценозах, возникших на месте уничтоженных естественных экосистем и являющихся разновидностью ПТС. Подобные случаи неправомерно рассматривать как распространение вида-вселенца в форме «внедрения» или «замещения». Это один из аспектов процесса формирования специфической биоты конкретной ПТС. Для ее обозначения можно предложить термин «технобиота». В качестве ее разновидностей можно выделить «урбобиоту» — биоту урбосистем, «агробиоту» — биоту агросистем и «культуробиоту» — биоту резортов, т.е. природно-антропогенных объектов, используемых в рекреационных целях [5]. Превращение биосферы в биотехносферу неминуемо повлечет хотя и постепенное, но повсеместное пре-

вращение природной биоты в технобиоту. Сохранение биоразнообразия в этих условиях возможно лишь на основе управления процессом техногенеза [8].

Неконтролируемые изменения технобиоты представляют собой не меньшую опасность, чем техногенные инвазии в природной среде. Они могут не только нанести значительный экономический ущерб, но и вызвать нежелательное изменение экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки. Инвайдеры, создающие биопомехи в работе технических средств, могут сформировать условия для аварий на опасных производственных объектах [6].

По характеру экологического механизма среди техногенных инвазий можно выделить несколько отдельных видов.

*Трансимпедитные техногенные инвазии*, заключающиеся в транспортировке видов-вселенцев с помощью технических средств через непреодолимые (импедитные) преграды.

*Базисно-трофические техногенные инвазии*, имеющие двухступенчатый экологический механизм. Сначала искусственно создается кормовая база для будущего инвайдера. Именно этот фактор и обуславливает возможность последующей инвазии. До этого распространение вида-вселенца ограничивалось не импедитными преградами, а отсутствием необходимых пищевых ресурсов за пределами его ареала. Примером таких инвайдеров является перелетная саранча, мигрирующая далеко за пределы своего ареала по посевам сельскохозяйственных культур.

*Креативно-биотопические техногенные инвазии* происходят при искусственном создании комплекса условий, пригодных для массового развития какого-то организма. В отличие от предшествующего вида инвазий пищевые ресурсы в данном случае играют второстепенную роль. На первое место выходят иные факторы, например тепловое загрязнение среды, являющееся необходимым условием техногенных инвазий термофильных организмов [1].

*Техноклиматические инвазии* связаны с парниковым эффектом, способствующим расширению ареалов некоторых видов. Очевидно, что техногенными инвазиями подобные явления можно считать только в случае принятия точки зрения, согласно которой наблюдающиеся глобальные климатические тренды являются продуктом техногенеза, а обширные участки окружающей среды, условия которых в результате данных процессов претерпели значительные изменения, — участками глобальной ПТС — биотехносферы.

*Техногенная стимуляция патогенных организмов* — особый вид инвазии, заключающийся в создании в ПТС условий для распространения возбудителей заболеваний человека, животных и растений. Образование людских поселений и накопление в окружающей среде продуктов жизнедеятельности всегда являлось фактором ухудшения санитарно-эпидемиологической обстановки. Патогенные организмы, развивающиеся в подобных условиях, можно рассматривать как компоненты урбобиоты, а их распространение по цепи взаимосвязанных урбосистем — как особый вид техногенных инвазий. Сюда же можно отнести и явление «вторичного роста патогенных микроорганизмов», т.е. их размножение вне организма-хозяина в условиях техногенного подогрева среды, например, в водоемах-охладителях АЭС [4; 7]. Аналогичные явления наблюдаются и при эксплуатации

градирен, когда с потоками теплого влажного воздуха из них в атмосферу поступают аэрозоли с болезнетворными микроорганизмами. Еще большую опасность в этом плане представляют собой объекты микробиологического производства.

Анализ многообразия видов техногенных инвазий приводит к заключению, что меры по их профилактике должны определяться их экологическими механизмами. Доминирующие в настоящее время «карантинный» и «дезинфекционный» подходы к решению проблемы могут быть результативными только при профилактике трансимпедитных инвазий. Для предотвращения распространения стремительно растущего списка инвайдеров, расселение которых наносит ощутимый экологический и экономический ущерб, необходим более широкий взгляд на проблему. Нежелательные базисно-трофические, креативно-биотопические, техноклиматические инвазии, а также техногенную стимуляцию патогенных организмов можно предотвратить лишь на основе разработки методов контроля и управления состоянием природно-технических систем, в которых инвайдеры находят благоприятные условия для своего массового развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Безносков В.Н., Суздалева А.Л.* Экзотические виды фитобентоса и зообентоса водоемов-охладителей АЭС как биоиндикаторы теплового загрязнения // Вестник МГУ. Серия 16 «Биология». 2001. № 3. С. 27—31.
- [2] Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / под ред. А.Ф. Алимова, Н.Г. Богущкой. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004..
- [3] *Зенкевич Л.А.* Об акклиматизации в Каспийском море новых кормовых (для рыб) беспозвоночных и теоретические к ней предпосылки // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1940. Т. 39. Вып. 1. С. 18—30.
- [4] *Суздалева А.Л.* Развитие условно-патогенных микроорганизмов в районах сброса подогретых вод атомных электростанций // Гигиена и санитария. 2001. № 4. С. 15—17.
- [5] *Суздалева А.Л., Безносков В.Н.* Резортология: предмет изучения, востребованность и основополагающие принципы // Экология и развитие общества. 2012. № 1(3). С. 23—27.
- [6] *Суздалева А.Л., Горюнова С.В.* Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ЭНЕРГИЯ, 2014.
- [7] *Суздалева А.Л., Горюнова С.В., Безносков В.Н., Побединский Н.А.* Проблема санитарно-микробиологического состояния термальных вод при использовании их в сельском хозяйстве // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Сельское хозяйство». 1999. № 5. С. 34—38.
- [8] *Федоров М.П., Суздалева А.Л.* Экологическая оптимизация гидроэнергетики как альтернативная стратегия охраны окружающей среды // Гидротехническое строительство. 2014. № 3. С. 10—15.
- [9] *Elton C.S.* The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen, 1958. 181 p.

## BIOLOGICAL INVASIONS IN NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS

A.L. Suzdaleva<sup>1</sup>, V.N. Beznosov<sup>2</sup>, S.V. Goryunova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The national research university "Moscow power engineering Institute"

*Krasnokasarmennaya street, 14, Moscow, Russia, 111250*

<sup>2</sup>Moscow City Teachers' Training University

*2nd Sel'skokhozyaystvenny Proezd, 4, Moscow, Russia, 129226*

<sup>3</sup>Laboratory of ecological research OOO "Alfamed 2000"

*Bolshaya Ordinka street, 7, Moscow, Russia, 113036*

It is shown that currently technogenesis of environment is the main cause of increase in the number of biological invasions. To refer to these phenomena the term "technogenic invasion" is suggested. Ecological mechanisms of main types of technological invasions are described.

**Key words:** technogenic invasion, natural-technical system, biotic technogenesis, biotechnosphere, invading species, tehno-biota.

### REFERENCES

- [1] Beznosov V.N., Suzdaleva A.L. Jekzoticheskie vidy fitobentosa i zoobentosa vodoemov-ohladiatelyh AJeS kak bioindikatory teplovogo zagryaznenija [Exotic species of phytobenthos and zoobenthos NPP cooling ponds as a bio-indicators of thermal pollution]. Vestnik MGU. Serija 16 Biologija. [MSU Herald. Series 16 Biology]. 2001. № 3. pp. 27—31]
- [2] Biologicheskie invazii v vodnyh i nazemnyh jekosistemah / Pod red. A.F. Alimova, N.G. Boguckoj. [Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems / under the editorship of. A.F. Alimov Bogutskaya N.G.]. M.: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK. [M.: Association of scientific publications KMK]. 2004
- [3] Zenkevich L.A. Ob akklimatizacii v Kaspijskom more novyh kormovyh (dlja ryb) bespozvonochnyh i teoreticheskie k nej predposylki [About acclimatization in the Caspian Sea new fodder (for the fish) invertebrates and theoretical background to it]. Bjul. MOIP. Otd. biol. [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Dep-t. of biology]. 1940, t. 39, Vol. 1, pp. 18—30.
- [4] Suzdaleva A.L. Razvitie uslovno-patogennyh mikroorganizmov v rajonah sbrosa podogretyh vod atomnyh jelektrostantsij [The development of opportunistic pathogens in areas of heated water nuclear power plants discharge.] Gigiena i sanitarija [Hygiene and sanitation]. 2001. № 4. pp. 15—17.
- [5] Suzdaleva A.L., Beznosov V.N. Rezortologija: predmet izuchenija, vostrebovannost' i osnovopolagajushhie principy [Rezortology: subject matter, relevance and fundamental principles]. Jekologija i razvitie obshhestva. [Ecology and society]. 2012. № 1 (3). pp. 23—27.
- [6] Suzdaleva A.L., Gorjunova S.V. Tehnogenez i degradacija poverhnostnyh vodnyh obektov [Technogenesis and degradation of surface water bodies]. M.: OOO ID «JeNERGIJa», [Publishing House Ltd. «ENERGY»] 2014.
- [7] Suzdaleva A.L., Gorjunova S.V., Beznosov V.N., Pobedinskij N.A. Problema sanitarno-mikrobiologicheskogo sostojanija termal'nyh vod pri ispol'zovanii ih v sel'skom hozjajstve [The problem of sanitary and microbiological state of the thermal waters at their use in agriculture]. Vestnik Rossijskogo un-ta druzhby narodov. Ser. Sel'skoe hozjajstvo. [Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Agriculture series.]. 1999, № 5, pp. 34—38.
- [8] Fedorov M.P., Suzdaleva A.L. Jekologicheskaja optimizacija gidrojenergetiki kak al'ternativnaja strategija ohrany okruzhajushhej sredy [Ecological optimization of hydropower as an alternative strategy for environmental protection]. Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo [Hydraulic engineering.]. 2014. № 3. pp. 10—15.
- [9] Elton C.S. The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen, 1958.