

**MAIN PROPERTIES OF TECHNOGENEOUSLY SALTED SOILS
OF FLOOD-LAD ECOSYSTEMS IN WESTERN SIBERIA**

¹JSC TomskNIPIneft,
Tomsk, Russia,
nsmvsh@mail.ru

²National Research Tomsk State University,
Tomsk, Russia

Abstract. The article identifies and describes the trends in the spread of technogenic halogenesis processes on alluvial and podzolic soils. Soil salinization, which occurs in a humid climate, can be considered a superimposed soil-forming process, which forms an additional risk of development in soils of an accompanying solonchak process.

Key words: technogenic halogenesis, halophytes, ecological properties, remediation.

УДК 597. 551. 4

Ю. И. ОХРЕМЕНКО, Е. С. ГАЙДУЧЕНКО

**ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ СОМИКА АМЕРИКАНСКОГО
(*AMEIURUS NEBULOSUS* (LE SUEUR, 1819))
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГЕНА COI
В ПОПУЛЯЦИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО И ПРИОБРЕТЕННОГО АРЕАЛА**

ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»,
г. Минск, Республика Беларусь,
okhremenko.yulia@yandex.by

Анализ общего генетического разнообразия показал высокий уровень гаплотипического разнообразия в естественном ареале ($Hd=0,758\pm 0,112$) и низкий уровень в приобретенном ареале ($Hd=0,282\pm 0,142$), в том числе в Беларуси ($Hd=0,071\pm 0,047$), несмотря на достаточное количество проанализированных образцов.

Ключевые слова: сомик американский, чужеродный вид, естественный ареал, приобретенный ареал, ген COI, гаплотипическое разнообразие, нуклеотидное разнообразие.

Естественным ареалом обитания сомика американского *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819), является Северная Америка (от юга Канады до штатов Флориды и Миссисипи) [2, 5].

Этот чужеродный вид был интродуцирован в водоемы многих стран Европы, Азии, Южной Америки, а также в островные государства Гавайи и Новую Зеландию для разведения и спортивного рыболовства [4]. Впервые на территории Беларуси был зарегистрирован в 1935 году в отдельных озерах бассейна рек Зап. Буг и Припять [7]. В настоящее время обитает в большинстве водоемов Брестской области, отмечается в отдельных водоемах Гродненской и Минской областей [8].

Изучение биологии и экологии данного вида чужеродных рыб крайне важно для прогнозирования экологических последствий его заселения в новые места обитания. Одним из основных путей инвазии сомика американского является непреднамеренная интродукция. Уровень генетической варибельности между инвазионными и аборигенными популяциями сомика американского позволит выявить пути и векторы дальнейшего распространения вида [6].

Секвенирование провели в ЦКП «Геном» ГНУ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» на 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems). Анализ результатов секвенирования, редактирование, выравнивание последовательностей и построение филогенетических деревьев проводили в пакетах программ MEGAX. Филогенетическое дерево было построено при помощи метода максимального правдоподобия (ML), модель Tamura-Nei. В качестве внешней группы для филогенетического анализа был выбран представитель рода *Ameiurus*: *Ameiurus melas* (номер в Genbank KX 909407. 1). Анализ внутригруппового генетического разнообразия проводили в программе DnaSP6. Парсимониальные сети гаплотипов строили в программе PopArt [3].

Результаты и их обсуждение. В ходе работы было проанализировано 90 образцов: 56 получены авторами статьи (Беларусь), 37 взяты из международной базы данных GenBank (последовательности гена COI с длиной 708 п. н). В ходе анализа было обнаружено 8 гаплотипов митохондриального гена COI, из них 3 в Беларуси (рисунок 1).

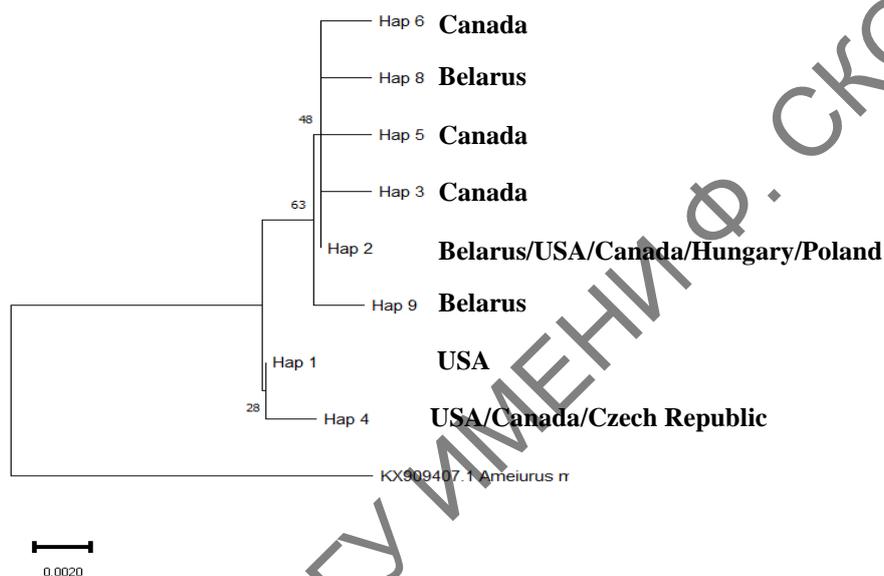


Рисунок 1 – Филогенетическое дерево обнаруженных гаплотипов последовательностей гена COI сомика американского, построенное методом максимального правдоподобия ML

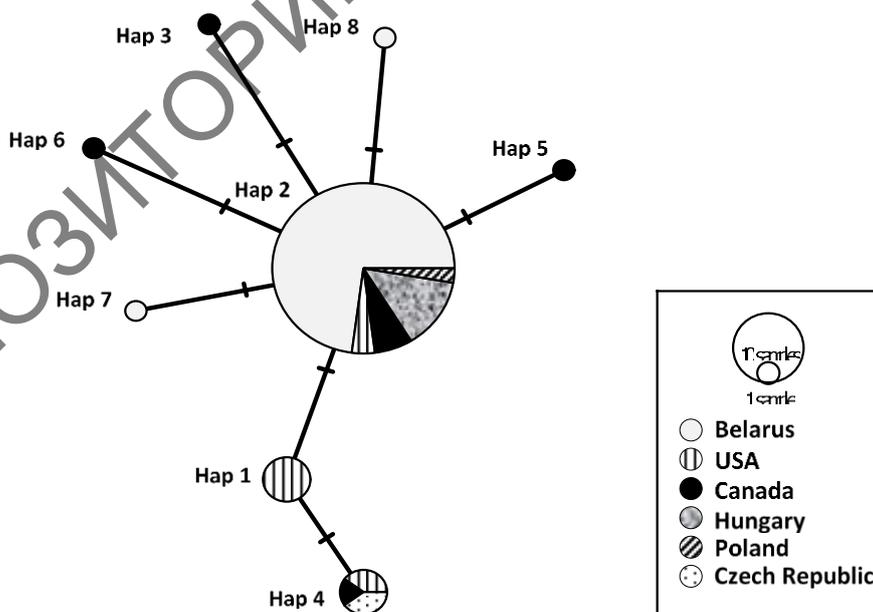


Рисунок 2 – Медианная сеть гаплотипов гена COI сомика американского

Анализ филогенетического дерева, построенного на основании последовательностей гена COI, показал, что практически все образцы, полученные нами, образуют единый кластер с образцами из Канады, Венгрии, Польши и США.

Распределение гаплотипов и частота их встречаемости представлены на медианной сети гаплотипов (рисунок 2). Анализ медианной сети гаплотипов сомика американского предположительно показывает наличие одного гаплотипа основателя (H1). Данный гаплотип является наиболее распространенным и широко как на территории Беларуси, так и в системе Великих озер (Канада и США), Венгрии и Польше. От данного гаплотипа H1 посредством одной мутации образовались последующие 6 гаплотипов: 2 из них представлены образцами из Беларуси (оз. Ореховское, Малоритский район и оз. Каташи, Кобринский район); 4 гаплотипа из Канады (система Великих озер, оз. Онтарио и озера в провинции Квебек, Канада).

Для определения генетического разнообразия все проанализированные образцы были разделены на 3 группы: 1) образцы из приобретенного ареала – Беларусь; 2) образцы из приобретенного ареала – Венгрия, Польша и Чехия; 3) образцы из естественного ареала – система Великих озер (США и Канада). Для каждой группы были рассчитаны показатели генетического разнообразия (таблица 2).

Таблица 2 – Данные генетического разнообразия сомика американского по гену COI

<i>Ameiurus nebulosus</i>	N	S	H	Hd	π	k
Беларусь	56	2	3	0,071±0,047	0,00013	0,071
Венгрия, Польша и Чехия	15	2	2	0,248±0,131	0,00091	0,495
Система Великих озер (США и Канада)	20	5	6	0,768±0,062	0,00212	1,158

Примечание: N – число последовательностей; S – число вариабельных сайтов; H – число гаплотипов; Hd – гаплотипическое разнообразие; π – нуклеотидное разнообразие; k – среднее число нуклеотидных различий

Анализ общего генетического разнообразия по гену COI показал высокий уровень гаплотипического (Hd=0,758±0,112) и низкий уровень нуклеотидного (0,00212) разнообразия в естественном ареале. Такие показатели характерны для стабильных и генетически целостных популяций, которые расширяют свою среду обитания с высокой величиной эффективного числа основателей.

Для популяций приобретенного ареала, анализ показал низкий уровень как гаплотипического (Hd=0,248±0,131), так и нуклеотидного (0,00091) разнообразия, в том числе и для образцов из Беларуси (Hd= 0,071±0,047 и π =0,071 соответственно). К потере генетического разнообразия, «эффекту основателя» или «бутылочного горлышка», как правило приводит проникновение вида на новую территорию путем скачкообразного расселения посредством человека.

На основании сравнения уровня генетической вариабельности сомика американского в приобретенном (Беларусь) и естественном (система Великих озер, США) ареале можно с высокой долей вероятности предполагать, что его проникновение на территорию Беларуси произошло путем случайных интродукций с первоначальным вселением наиболее распространенного древнего предкового гаплотипа H1, от которого впоследствии образовались новые гаплотипы.

Список литературы

- 1 Ivanova, N. V. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding / N. V. Ivanova [et al.] // Molecular Ecology Notes. – 2007. – 7 (4). – P. 544–548.
- 2 Kottelat, M. Handbook of European freshwater fishes / M. Kottelat, J. Freyhof // Publications Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany. – 2007. – 646 pp.
- 3 Leigh, J. W. PopART: Full-feature software for haplotype network construction / J. W. Leigh, D. Bryant // Methods Ecological Evolution. – Vol. 6. – P. 1110–1116.

4 Rutkayová, J. Ameiurus melas (black bullhead): morphological characteristics of new introduced species and its comparison with Ameiurus nebulosus (brown bullhead) / J. Rutkayová [et al.]. // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2013. – Vol. 23. – P. 51–68.

5 Scott, W. B. Freshwater fisher of Canada. Channel catfish, Ictalurus punctatus (Rafinesque) / W. B. Scott, E. I. Grossman // Bull. Fish. res. board Canada. – 1973. – N 184. – P. 604–610.

6 Williamson M. Biological Invasions. USA: Springer Science & Business Media, 1996. – 244 p.

7 Макушок, М. Е. Карликовый сомик, его хозяйственное значение и биологические особенности / М. Е. Макушок. – Минск : Академия наук БССР, 1951. – 64 с.

8 Охременко, Ю. И. Сведения о распространении инвазивного вида рыб американского сомика *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819) в водоемах Беларуси / Ю. И. Охременко, Е. С. Гайдученко // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / М-во образования Респ. Беларусь, ГрГУ им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природ. Ресурсов и охраны окр. среды ; редкол. : А. Е. Караевский (гл. ред.), Г. Г. Юхневич, И. М. Колесник. – Гродно : ГрГУ, 2021. – С. 43–44.

Yu. I. Okhremenko, H. S. Gajduchenko

GENETIC POLYMORPHISM OF THE COI GENE IN POPULATIONS OF THE BROWN BULLHEAD (*AMEIURUS NEBULOSUS* (LE SUEUR, 1819))

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Republic of Belarus, okhremenko.yulia@yandex.by

Abstract. The analysis of the total genetic diversity showed a high level of haplotypic diversity in the native range ($Hd=0.758\pm 0.112$) and a low level in the non-native range ($Hd=0.282\pm 0.142$), including in Belarus ($Hd=0.071\pm 0.047$), despite a sufficient number of analyzed samples.

Keywords: brown bullhead, alien species, native range, non-native range, COI gene, haplotypic diversity, nucleotide diversity.

УДК 502. 5:502. 6

Д. Г. ПОДРУБНЫЙ¹, К. В. КОРНЕВ²

ПРИМЕНЕНИЕ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОГО ОКРУГА БАЛАШИХА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», г. Москва, Российская Федерация, *podrubniy@yandex.ru*

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, *kostya.kornev2004@gmail.com*

В работе рассмотрено применение ретроспективного анализа космоснимков при изучении геоэкологических особенностей зеленой инфраструктуры городского округа Балашиха Московской области. По результатам анализа сделаны выводы по формированию городской среды, а также построена ретроспективная картосхема. Анализ позволил выявить геоэкологические особенности изменения зеленой инфраструктуры, сделать прогноз по ее изменениям на ближайшие годы.