

**ПОПУЛЯЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ НАСЕЛЕННЯ
ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДАНИМИ ПРИЗВИЩ**

В. Шуба^{1,2}, Л. Атраментова¹

*¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
пл. Свободи, 4, Харків 61022, Україна*

*²Харківський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр
вул. Ковтуна, 34, Харків 61191, Україна
e-mail: shubavladislav@gmail.com*

Генетична структура популяції визначає її адаптивність, що відображується на рівні здоров'я, а також на культурному й інтелектуальному потенціалі населення. Мета даного дослідження – визначити показники, які характеризують генетичну структуру популяцій Запорізької області. Протягом багатовікової історії Запорізький край був перехрестям культур, що зробило цю область однією з найбільш строкатих як етнічно, так і генетично. Для поглиблення уявлень про стан українського генофонду за допомогою прізвищ ми отримали загальнозначущі показники, що характеризують популяції Запорізької області різного ієрархічного рівня. Для цього використали метод опису генетичної структури популяції за допомогою прізвищ, згідно з пропозицією I. Bartai. У дослідженні використано список прізвищ жителів Запорізької області станом на 2001–2005 роки. Проаналізовано двадцять окремих районних популяцій, популяцію міста Запоріжжя та загальну обласну популяцію. Отримані результати свідчать про значний діапазон варіацій показників структурної організації районних популяцій. Основний показник – індекс ізонімії (I) – коливається в межах від 3,6 до 19,0 ($\times 10^{-4}$). Коефіцієнт інбридингу (F_{st}) має значення від 8,9 до 47,6 ($\times 10^{-5}$), показник міграції (v) варіює в межах 213,0–1168,6 (10^{-4}), показник різноманіття (a) коливається від 5,5 до 28,8 ($\times 10^2$), а показник ентропії (H) становить від 10,1 до 12,9. Надлишковість прізвищ (R) також має значні коливання – від 17,2 до 27,4. У деяких населених пунктах зафіксовано скупчення носіїв одного прізвища, що може бути пояснене ефектом засновника. Показники ізонімії, інбридингу та міграції у районних популяціях значно перевищують аналогічні показники обласної популяції, що свідчить про особливості генетичної структури на місцевому рівні. Найнижчі рівні ізонімії спостерігаємо в районах із високою туристичною і транзитною активністю, що може свідчити про вплив зовнішніх факторів на генетичну різноманітність. Ці дані надають цінну інформацію для подальших досліджень у галузі популяційної генетики та можуть бути використані для розробки стратегій збереження генетичного і культурного різноманіття в країні.

Ключові слова: генетична структура українських популяцій, прізвища

Запорізька область, розташована на півдні України, займає площу 27 183 км². Ця територія здавна приваблювала різні племена і народи. Тут проживали скіфи, сармати, готи, хозари, печеніги, половці, татари. У XV–XVIII ст. ці землі стали центром формування Запорозької Січі – унікального козацького державного утворення із власними традиціями та культурою. У XVIII ст. після приєднання до Російської імперії сюди переселялися українці, росіяни, греки, болгар, німці, євреї та інші народи. Кожна етнічна група привносила свої звичаї, мову, релігію, а також гени. Особливо інтенсивні міграційні процеси на території

Запорізької області мали місце у 30-ті роки XX ст., коли внаслідок індустріалізації, яка супроводжувалася переміщенням робочої сили з різних регіонів багатонаціонального СРСР, відбувалась інтенсивна урбанізація населених пунктів. Друга світова війна та повоєнні роки також вплинули на етнічний склад Запоріжжя через евакуацію, депортацію та переселення народів [1]. Таким чином, протягом багатовікової історії Запорізький край був перехрестям культур, що зробило цю область однією з найбільш строкатих як етнічно, так і генетично.

Системні генетико-демографічні дослідження в Україні, що тривали з кінця XX ст. [10–14, 19, 20], були ускладнені війною, яку в 2014 р. розпочала Росія. Воєнні дії унеможливили збирання зразків ДНК в антропологічних експедиціях і спонукали до пошуку інших можливостей для вивчення українських популяцій. Було вирішено використати заміники генів, роль яких виконують прізвища, що вже більш ніж 50 років застосовуються в генетичних дослідженнях народів світу й отримали назву квазігенетичні маркери [16–18, 21]. Використання прізвищ як заміників генів має надійне підґрунтя. Цими роботами було доведено зв'язок прізвищ з біологічними маркерами, такими як групи крові та гаплогрупи Y хромосоми, що дає змогу використовувати їх для опису структури популяцій і процесів, які в них відбуваються. Під генетичною структурою популяції розуміють характеристики її гетерогенності й систему схрещувань (шлюбів у людини). Гетерогенність у випадку прізвищ – це їхнє різноманіття. Оскільки в європейській традиції успадкування прізвищ відбувається за патрілінійним типом, то адекватною є модель зчепленого з Y хромосомою віртуального поліалельного локусу з кількістю алелів, що дорівнює числу прізвищ.

Головне питання, що виникає під час використання прізвищ як заміників генів, стосується того, наскільки вони відображують біологічні характеристики своїх носіїв. Молекулярно-генетичними дослідженнями доведено зв'язок прізвищ з гаплогрупами Y хромосоми [22]. Дослідження, проведені в Україні, виявили зв'язок між матрицями розподілу українських прізвищ з розподілом груп крові систем ABO і резус ($r = 0,60$), а також з гаплогрупами Y хромосоми ($r = 0,59$) [7].

Філологи вказують на особливо велику різноманітність українських прізвищ, порівняно з прізвищами інших народів [9]. За кількістю прізвищ населення України на початку XXI ст. займало друге місце у світі після США [4]. Це свідчить про високу спроможність українських прізвищ маркувати генетичні лінії.

Для поглиблення уявлень про стан українського генофонду за допомогою прізвищ отримано загальнозначущі показники, що характеризують популяції Запорізької області різного ієрархічного рівня.

Матеріали та методи

У дослідженні використано список прізвищ жителів Запорізької області станом на 2001–2005 роки, отриманий кафедрою генетики і цитології біологічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна за Договором про наукове співробітництво.

Для аналізу генетичної структури популяції за даними прізвищ використовували метод, розроблений I. Barrai et al. [15]. Показник ізонімії визначали як: $I_r = \sum q^2$, де q – частота прізвища. Випадкова компонента інбридингу F_{ST} визначалась як $F_{ST} = \sum q^2/4$. Показник різноманітності розраховано за формулою $\alpha = Nv/(1-v)$, індекс міграції – за формулою $v = (1 - I_r)/(I_r(N-1))$, де N – кількість носіїв прізвищ. Показник розподілу прізвищ H розраховано за формулами $H = -\sum q \log_2 q$ і $H_0 = \log_2 N$, де q – частоти прізвищ; N – кількість осіб. Показник надмірності розподілу прізвищ R розраховано за формулою $R = 100(1 - H/H_0)$. Розрахунки виконано в програмі MS Excel.

Результати і їхнє обговорення

Структура популяцій

Генетична структура популяції визначає її адаптивність, що відображується на рівні здоров'я, культурному й інтелектуальному потенціалі населення. У класичному варіанті генетична гетерогенність являє собою кількість алелів з їхніми частотами, а тип схрещування описують термінами панміксія та інбридинг/аутбридинг. Якщо роль маркерів як інструменту популяційно-генетичних досліджень виконують прізвища, то інформацію про структуру популяції отримують, враховуючи асоціацію прізвищ з біологічними маркерами, серед яких найчастіше використовують білковий і різні варіанти ДНК-поліморфізму.

Людським популяціям властива складна структура. Популяційно-генетичні показники мають найбільше інформаційне навантаження і найточніше прогностичне значення в елементарних популяціях, якими в Україні є група селищ, об'єднаних у сільраду [2].

Різноманіття

Багата історія Запорізької області відображена в різноманітті прізвищ, кількість яких у досліджуваний період налічувала 144 325. Показник різноманіття для загальної популяції має максимальне значення і становить $a = 39,5 \times 10^2$. У популяції обласного центру – міста Запоріжжя – показник різноманіття дорівнює $37,8 \times 10^2$. Таким чином, у популяції обласного центру, який займає 1,23 % території області, скупчене 95,7 % прізвищового різноманіття області.

У районних популяціях число прізвищ менше і варіює в широких межах: від 2333 у Великобережівському районі до 22 954 у Бердянському, тобто з різницею на рівні порядку. Екстремальні значення показника a припадають на ті ж самі райони та становлять відповідно $5,5 \times 10^2$ і $28,8 \times 10^2$ (табл. 1). Між чисельністю населення та кількістю прізвищ є зв'язок, що описується коефіцієнтом кореляції $r = 0,95$.

Таблиця 1

Генетичні характеристики популяцій Запорізької області

Популяції	N	S	$I \times 10^{-4}$	$F_{st} \times 10^{-5}$	$v \times 10^{-4}$	$a \times 10^2$	H	R
Запорізька область	1748150	144325	2,53	6,34	22,56	39,53	14,39	30,62
м. Запоріжжя	879395	89101	2,65	6,64	42,83	37,83	14,11	28,54
Райони								
Бердянський	130845	22954	3,55	8,87	215,45	28,81	12,79	23,69
Василівський	69076	13529	6,79	16,98	212,99	15,03	12,18	24,21
Великобережівський	9824	2333	19,02	47,56	534,15	5,54	10,10	23,83
Веселівський	23319	5944	5,81	14,52	737,93	18,58	11,64	19,75
Вільнянський	43298	10399	4,84	12,10	477,12	21,69	12,24	20,54
Гуляйпільський	36210	5777	12,71	31,79	216,93	8,03	10,99	27,43
Запорізький	46799	11477	5,35	13,38	399,18	19,46	12,28	20,84
Кам'янсько-Дніпровський	86577	19148	3,81	9,53	302,88	27,04	12,87	21,54
Куйбишевський	28738	5047	9,39	23,47	370,35	11,05	11,08	25,22
Мелітопольський	45430	11140	4,20	10,50	523,64	25,10	12,41	19,82
Михайлівський	30303	6874	6,83	17,07	483,01	15,38	11,61	21,99
Новомиколаївський	20327	4906	7,63	19,08	644,20	14,00	11,30	21,02
Оріхівський	53257	9324	6,75	16,87	278,14	15,24	11,79	24,90
Пологівський	45758	7363	9,91	24,76	220,41	10,31	11,28	27,15
Приазовський	34393	6664	6,52	16,29	445,83	16,05	11,58	23,17
Приморський	38647	7580	6,79	16,98	380,81	15,30	11,68	23,35
Розівський	11976	3847	7,14	17,85	1168,63	15,85	11,21	17,23
Токмацький	58637	11471	6,22	15,56	273,80	16,51	12,08	23,74
Чернігівський	23224	4501	12,47	31,18	344,81	8,29	10,82	25,41
Якимівський	32117	8413	4,62	11,55	673,93	23,21	12,10	19,16

Примітки: N – кількість носіїв прізвищ, S – кількість прізвищ, I – показник ізонімії, F_{st} – випадкова компонента інбридингу, v – індекс міграції, a – показник різноманітності прізвищ, H – показник ентропії розподілу прізвищ, R – показник надмірності розподілу прізвищ

Ізонімія

Індекс ізонімії є базовим показником. Його інформаційно-біологічний сенс полягає у ймовірності двох осіб бути носіями одного прізвища. Для загальної популяції Запорізької області він має найменше значення: $I = 2,53 \times 10^{-4}$. У міській популяції Запоріжжя його значення трохи більше — $2,65 \times 10^{-4}$. У районних популяціях цей показник коливається від $3,6 \times 10^{-4}$ у Бердянському районі до $19,0 \times 10^{-4}$ у Великобере́зівському.

Індекс ізонімії має практичне значення, оскільки він вказує на важливий прогностичний показник – коефіцієнт інбридингу, який використовують під час складання медико-генетичних прогнозів щодо спадкових захворювань, у системі генетичного контролю яких наявні рецесивні гени.

Структура шлюбів

Тип шлюбу враховує ступінь спорідненості подружжя, що тим чи іншим чином впливає на адаптивність нащадків. Під час оцінки генетичних ризиків зазвичай враховують імовірність кровної спорідненості чоловіка та жінки. Під час оцінки прізвищ постає питання, ким є носії однакових прізвищ – родичами чи однофамільцями. В. Sykes et al. довели, що носії однакових прізвищ, які генеалогічно є родичами, мають ту ж саму Y гаплогрупу [22]. Особливо тісний зв'язок між гаплогрупою притаманний рідкісним прізвищам. Зважаючи на поліфілетичне походження прізвищ, зроблено висновок, що шлюби між носіями однакових прізвищ у середньому є більш інбредними, ніж шлюби між носіями різних прізвищ.

Статистично випадкову схожість прізвищ у подружньої пари розглядаємо як випадковий інбридинг. Його значення в обласній популяції становить $F_{st} = 6,34 \times 10^{-5}$, у міській – трохи вище. У контексті сказаного уваги потребують Великобере́зівський, Гуляйпільський і Чернігівський райони з найбільшими значеннями коефіцієнта інбридингу. Хоча розраховане значення показників інбридингу в обласній і міській популяціях мале, слід звернути увагу на те, що обласна популяція розподілена на локальності районного типу, які, у свою чергу, складаються з елементарних популяцій. Тому низьке значення коефіцієнта інбридингу в міській запорізькій популяції слід сприймати без зайвого оптимізму. Популяції мегаполісів не є територіально розподіленими, але населення великих міст розподіляється за соціальними ознаками: професією, рівнем освіти, конфесією, етнічною приналежністю. Такий розподіл також може призводити до ефектів інбридингу [11–14]. Структура популяції відображається також на показнику надмірності розподілу прізвищ R , який визначає ступінь відхилення розподілу в частотах прізвищ від рівної пропорції та обчислюється за допомогою показника ентропії розподілу прізвищ H .

Генетико-демографічні процеси

Генетичні процеси змінюють структуру популяції, що позначається на частотах алелів, системі схрещувань, унаслідок чого популяція переходить на інший рівень адаптації.

Ефект засновника

Розподіл індексу ізонімії в межах області (рис. 1) свідчить про відсутність чіткого географічного спрямування, яке спостерігали на рівні обласних популяцій: з південного сходу до північного заходу [6]. Мозаїчний розподіл популяційних показників у межах області можна пояснити ефектом засновника, який спостерігали також в інших областях [3, 5, 8].



Рис. 1. Розподіл показників ізонімії в районних популяціях Запорізької області (світлі зони відповідають низьким значенням показника, темні – високим, *** – Запоріжжя)

Аналіз популяції Великоберезівського району з особливо високим значенням показника ізонімії виявив значну кількість осіб з однаковими прізвищами Бойко та Супрун. Прізвище Бойко мали 1,56 % (143 з 9145) жителів села Велика Білозерка, а прізвище Супрун – 1,07 % (98 з 9145) жителів цього села. Водночас частота цих прізвищ у Запорізькій області становить відповідно 0,23 % і 0,053 %, а загалом в Україні – 0,025 % і 0,003 %.

Міграція

Найпотужнішим процесом у сучасних людських популяціях є міграція. Показник міграції v вказує на ступінь змін у популяційній структурі під впливом потоку мігрантів. В обласній популяції $v = 22,6 \times 10^{-4}$, у місті Запоріжжі – $42,8 \times 10^{-4}$. У районних популяціях показник v значно вищий, він коливається від $213,0 \times 10^{-4}$ у Василівському районі до $1168,6 \times 10^{-4}$ у Розівському. Це свідчить про значно меншу стійкість нечисленних популяцій щодо збереження їхньої структури під напливом мігрантів.

Будь-які соціальні та господарчі перетворення в суспільстві призводять до демографічних зсувів, впливаючи на популяційну структуру й обумовлюючи її адаптивність. У 2014 р. на сході України посилювалися міграційні процеси, а з 24 лютого 2022 р. міграція набула катастрофічного масштабу. Відцентрова міграція – еміграція – призводить до депопуляції, а якщо потік мігрантів етнічно чи соціально диференційований, то наслідки нагадують природний добір. У генетиці одиницею часу є покоління, яке у людей становить приблизно 22 роки. Порівняння нових даних, які будуть отримані за

першої ж можливості, з результатами цього дослідження дадуть змогу оцінити масштаби генетичних змін, що відбуваються зараз. Це допоможе оцінити адаптивність населення та намітити заходи для зменшення негативних впливів на генофонд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко О. Д. Історія України. К.: Академвидав, 2018. 720 с.
2. Вількер А. Л. Генетико-демографічні процеси в популяціях малих міст та сіл східної України: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.15 – генетика. Харків, 2001. 23 с.
3. Горпинченко М. Ю., Атраментова Л. О. Популяційно-генетичний аналіз населення Закарпатської області за даними прізвищ // Фактори експериментальної еволюції організмів. 2019. Т. 25. С. 44–48.
4. Горпинченко М. Ю., Атраментова Л. О. Популяційно-генетичні характеристики населення України, отримані з використанням прізвищ // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. біол. 2015. Т. 1. С. 68–72.
5. Горпинченко М. Ю., Атраментова Л. О. Показник «індекс місця» для локальних популяцій районного рівня (на прикладі Одеської області) // Фактори експериментальної еволюції організмів. 2016. Т. 18. С. 227–230.
6. Горпинченко М. Ю. Можливість використання українських прізвищ в якості квазігенетичних маркерів в популяційно-генетичному аналізі населення України: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.15 – генетика. Харків, 2020. 28 с.
7. Горпинченко М. Ю., Буркова В. В., Утєвська О. М. та ін. Українські прізвища як квазігенетичні маркери. Асоціація з групами крові та гаплогрупами Y-хромосоми // Вісн. Харків. ун-ту. Сер. біол. 2015. Т. 25. С. 101–109.
8. Горпинченко М. Ю., Утєвська О. М., Атраментова Л. О. Значення показника індекс місця прізвища при вивченні українських популяцій // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2015. Т. 70. С. 74–81.
9. Редько Ю. К. Сучасні українські прізвища. К.: Наукова думка, 1966, 214 с.
10. Atramentova L., Filiptsova O., Mukhin V. et al. Genetic demography of Ukrainian urban populations in the 1990s: ethnic geographic characteristics of migration in the Donetsk population // Genetika. 2002. Vol. 38. P. 1189–1195.
11. Atramentova L., Filiptsova O., Mukhin V. Genetic demographic processes in Ukrainian urban populations in the 1990s: the marriage structure of the Donetsk population // Genetika. 2000. Vol. 36. N 1. P. 81–87.
12. Atramentova L., Filiptsova O., Osipenko S. Genetic demography of Ukrainian urban populations in the 1990s: Ethnicity and birthplaces of migrants to the Poltava population // Genetika. 2002. Vol. 38. P. 1082–1087.
13. Atramentova L., Meshcheryakova I. Genetic demographic parameters of the marriage structure of the Yevpatoria population // Genetika. 2007. Vol. 43. P. 315–322.
14. Atramentova L., Filiptsova O. The genetic demography of Ukrainian urban populations in the 1990s: the marriage structure of the Kharkov population // Genetika. 1998. Vol. 34. N 8. P. 941–946.
15. Barrai I., Formica G., Scapoli C. et al. Microevolution in Ferrara: Isonymy 1890–1990 // Ann. Hum. Biol. 1992. Vol. 19. N 4. P. 371–385.
16. Barrai I., Rodriguez-Larralde A., Manni F. et al. Isolation by language and isolation by distance in Belgium // Ann. Hum. Biol. 2004. Vol. 68. N 1. P. 1–16.
17. Carrieri A., Sans M., Dipierri J. E. et al. The structure and migration patterns of the population of Uruguay through isonymy // J. Biosoc. Sci. 2020. Vol. 52. N 2. P. 300–314.
18. Dipierri J., Rodríguez-Larralde A., Barrai I. et al. Random inbreeding, isonymy, and population isolates in Argentina // J. Community Genet. 2014. P. 241–248.

19. Jeong C., Krause J., Lukianova E. et al. The genetic history of admixture across inner Eurasia // *Nat. Ecol. Evol.* 2019. Vol. 3.6 P. 966–976.
20. Pagani L., Lawson D. J., Jagoda E. et al. Genomic analyses inform on migration events during the peopling of Eurasia // *Nature*. 2016. Vol. 538.7624. P. 238–242.
21. Scapoli C., Mamolini E., Carrieri A. et al. Surnames in Western Europe: A comparison of the subcontinental populations through isonymy // *Theor. Popul. Biol.* 2007. Vol. 71. N 1 P. 37–48.
22. Sykes B., Irven I. Surnames and the Y chromosome // *Am. J. Hum. Genet.* 2000. Vol. 66. N 4. P. 1417–1419.

Стаття надійшла до редакції 05.06.24

доопрацьована 10.07.24

прийнята до друку 05.09.24

POPULATION GENETIC ANALYSIS OF THE POPULATION OF ZAPORIZHZHIA REGION BASED ON SURNAME DATA

V. Shuba^{1,2}, L. Atramentova¹

¹*V. N. Karazin Kharkiv National University*

4, Svobody Sq., Kharkiv 61022, Ukraine

²*Kharkiv Scientific Research Forensic Centre of MIA*

34, Kovtun St., Kharkiv 61191, Ukraine

e-mail: shubavladislav@gmail.com

The genetic structure of a population determines its adaptability, which is reflected in the population's health, cultural, and intellectual potential. This study aimed to determine the indicators that characterize the genetic structure of populations in the Zaporizhzhia oblast. Throughout its centuries, the Zaporizhzhia oblast has been a crossroads of cultures, making it one of the most ethnically and genetically diverse areas. Surname-based indicators were obtained to characterise populations of the Zaporizhzhia oblast at various hierarchical levels to deepen the understanding of the state of the Ukrainian gene pool. The method used was the description of the genetic structure of the population through surnames, as proposed by I. Barraï. The study used a list of surnames of residents of the Zaporizhzhia oblast from 2001 to 2005. Twenty separate district populations, the city of Zaporizhzhia, and the overall regional population were analysed. The results indicate a significant range of variation in the structural organization of district populations. The main indicator, the isonymy index (I), ranges from 3.6 to 19.0 ($\times 10^{-4}$). The inbreeding coefficient (F_{ST}) varies from 8.9 to 47.6 ($\times 10^{-5}$), the migration rate (v) ranges from 213.0 to 1168.6 (10^{-4}), the diversity index (a) ranges from 5.5 to 28.8 ($\times 10^2$), and the entropy index (H) is between 10.1 and 12.9. The surname redundancy (R) also fluctuates significantly from 17.2 to 27.4. In some settlements, individuals with the same surname are clustered, which the founder effect can explain. The indicators of isonymy, inbreeding, and migration in district populations significantly exceed those of the regional population, indicating the specific genetic structure at the local level. The lowest levels of isonymy are observed in districts with high tourist and transit activity, which may indicate the influence of external factors on genetic diversity. This data provides valuable insights for further studies in population genetics and can be used to develop strategies for preserving genetic and cultural diversity in the country.

Keywords: genetic structure of Ukrainian populations, surnames