

## ДО ПИТАННЯ ЩОДО СПОСОБІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ КЛІТИН ТА СЕКРЕТІВ КАНАЛАМИ Й ПРОТОКАМИ СТАТЕВИХ ОРГАНІВ

В. М. МАКСИМ'ЮК<sup>1</sup>, Г. М. СЕДЛО<sup>1</sup>, Г. В. МАКСИМ'ЮК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН (Оброшине, Україна)

<sup>2</sup>Львівський національний медичний університет МОЗ України імені Д. Галицького (Львів, Україна)

<https://orcid.org/0000-0001-6280-8214> – В. М. Максим'юк

<https://orcid.org/0000-0002-3314-337x> – Г. М. Седіло

<https://orcid.org/0000-0001-9561-238> – Г. В. Максим'юк

[hanna.maksymjuk@gmail.com](mailto:hanna.maksymjuk@gmail.com)

За результатами аналізу експериментально виявлених у фракціях водних екстрактів (ФВЕ) тканин статевих органів, сперми і матково-вагінального слизу неоднакових (контрольно-верзно різних) співвідношень параметрів концентрації (гомеостаз) іонів лужних металів ( $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ), маси і вмісту органічних і неорганічних речовин запропоновано гіпотезу щодо можливості існування зв'язку осмотичного тиску складових відкритих і закритих систем типу "середовище – клітина (речовина)" з пасивним і/або активним переміщенням статевих клітин (спермій, яйцеклітина) каналами й протоками органів самців (бугай) і самок (корова). Однак слід зазначити, що дана гіпотеза потребує дискусійного обговорення і експериментального підтвердження.

**Ключові слова:** бугай, корова, статеві органи, сперма, матково-вагінальний слиз, розподіл і співвідношення складових компонентів

## ON THE QUESTION OF WAYS OF MOVEMENT CELLS AND SECRETS BY CHANNEL CHANNELS AND DUCTS

V. M. Maksym'yuk<sup>1</sup>, G. M. Sedilo<sup>1</sup>, H. V. Maksim'yuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agriculture of the Carpathian region NAAS (Obroshyne, Ukraine)

<sup>2</sup>Lviv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine named after D. Halytsky (Lviv, Ukraine)

According to the results of analysis of experimentally detected in the fractions of aqueous extracts (FVE) tissues of the genitals, semen and uterine-vaginal mucus of different (controversially different) ratios of parameters of concentration (homeostasis) of alkali metal ions ( $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ), mass and content of organic and inorganic substances, the hypothesis of the possibility of the existence of a link between the osmotic pressure of the components of open and closed systems such as "environment – cell (substance)" with passive and/or active movement of germ cells (spermium, egg) channels and ducts of male (bull) and female (cow). However, it should be noted that this hypothesis needs to be discussed and experimentally confirmed.

**Keywords:** bulls, cows, genitals, semen, uterine-vaginal mucus, distribution and ratio of components

## К ВОПРОСУ О СПОСОБАХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КЛЕТОК И СЕКРЕТОВ КАНАЛАМИ И ПРОТОКАМИ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ

В. М. Максим'юк<sup>1</sup>, Г. М. Седіло<sup>1</sup>, Г. В. Максим'юк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН (Оброшине, Україна)

<sup>2</sup>Львівський національний медичний університет МОЗ України імені Д. Галицького (Львів, Україна)

*По результатам анализа экспериментально обнаруженных во фракциях водных экстрактов (ФВЕ) тканей половых органов, спермы и маточно-вагинальной слизи неодинаковых (контроверзно разных) соотношений параметров концентрации (гомеостаза) ионов щелочных металлов ( $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ), массы и содержания органических и неорганических веществ предложено гипотезу о возможности существования связи осмотического давления компонентов открытых и закрытых систем типа "среда – клетка (вещество)" с пассивным и/или активным перемещением половых клеток (спермий, яйцеклетка) каналами и протоками органов самцов (бык) и самок (корова). Однако следует отметить, что данная гипотеза требует дискуссионного обсуждения и экспериментального подтверждения.*

**Ключевые слова:** быки, коровы, половые органы, сперма, маточно-вагинальная слизь, распределение и соотношение составных компонентов

**Вступ.** На питання щодо ініціації (стимул) запуску програми фізико-біохімічного процесу переміщення статевих клітин (спермії, яйцеклітини) і секретів (спермальна плазма, матково-вагінальний слиз) каналами й протоками органів самців і самок сучасна наука ще до цього часу немає однозначної відповіді [2, 3, 19].

З одного боку вчені стверджують, що переміщення сперміїв системою каналів статевих органів самця забезпечує властива їм здатність до самостійного руху. Стимулом цього способу переміщення є виділена реакціями дихання, гліколізу і розпаду АТФ енергія (41–2846 кДж), яка забезпечує механічну роботу скоротливого білка фібрил хвоста статевої клітини [1, 2, 16, 18, 21–23]. З іншого боку його пов'язують з реакцією сперміїв на дію властивостей складових середовища матково-вагінального слизу, або їх здатності до реотаксису. Стимулом такого способу переміщення є різниця електричних зарядів акросоми й цитоплазматичної мембрани сперміїв та зарядів досоційованих іонів неорганічних і органічних речовин матково-вагінального слизу [3, 7, 8, 16–21, 24–26, 28, 29, 31].

Виконані нами експериментальні дослідження [4–6, 9–17, 27], базову мету яких спрямували на встановлення особливостей динаміки ліміту співвідношень (гомеостаз) концентрації (IC:1), маси (Im:1), вмісту (Ic:1) складових біологічних систем типу "середовище – клітина (речовина)" свідчать, що, залежно від сили (ступеня) захисного і/або шкодочинного впливу екзо- (умови етапів ТКС) та ендогенних (норма, патологія) факторів, "реакція-відповідь" клітини на їх дію – контроверзно інша. Відхилення ліміту співвідношень концентрації (IC:1) іонів лужних металів від рівноважного стану системи мають і плюсові (+1–117:1), і мінусові (-1–9:1) значення, що в 13 разів менше (див. табл. 4).

**Матеріали і методи.** Зважаючи на наведені вище обставини результати виконаних досліджень ілюструємо даними аналізу виявлених особливостей співвідношень параметрів концентрацій  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  досліджуваних зразків, а саме: ФВЕ тканин статевих органів бугаїв і корів; сперми бугаїв; матково-вагінального слизу корів. Відмінність параметрів концентрації визначено методом полуменевої фотометрії [12, 15]; маси і вмісту органічних та неорганічних речовин гравіметричним методом, за вимогами методик [12, 30].

Аналіз результатів досліджень представлено середньоарифметичною величиною (M) та межами відхилень її мінімальних (min) і максимальних (max) значень.

#### **Результати та обговорення.**

**1. Концентрація іонів.** Визначені параметри концентрації  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  (табл. 1) свідчать, що середній показник ліміту мінімальних і максимальних величин, різниця яких між тканинами статевих органів бугая (яєчко, міхурцева залоза) і корови (яйник) формує оптимальні умови ефективного перебігу сперміє-, ово- і плазмогенних процесів та забезпечує переміщення й накопичення продуктів генерації у відповідних органах (бугай: яєчко → ампула сім'япроводу ← простата; корова: яйник → яйцепровід, матка, піхва) – різний.

В усіх випадках рівень концентрації  $Ca^{2+}$  (9–14 проти 5–8 мМ),  $K^+$  (139–91 проти 46–23 мМ) і  $Na^+$  (256–215 проти 175–74 мМ) тканин сім'япроводу бугая і піхви корови менший, ніж тканин генеративних органів. З цього приводу доцільно також наголосити на тому,

що середній показник концентрації  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  свіжоотриманих зразків еякульованої сперми, базовою функцією спермів якої є запліднення яйцеклітини, менший, ніж ФВЕ тканин органів, які здійснюють генерацію і транспорт синтезованих ними секретів.

### 1. Параметри концентрації іонів у ФВЕ тканин і секретів (M, lim)

Об'єкт і предмет досліджень					
Стать	Іони	Яєчко→*	→Сім'япровід →ампула	*←Простата	Сперма
Бугай	$\text{Ca}^{2+}$	9 8–10	5 4–6	9 8–10	7 3–11
	$\text{K}^+$	139 98–180	46 41–51	139 98–180	36 25–47
	$\text{Na}^+$	256 232–280	175 154–196	256 232–280	81 64–98
Функції		Генеративна (спермігенна)	Транспортна	Генеративна (плазмогенна)	Запліднення
Яйник→*			→яйцепровід→ матка, → піхва	Матково-вагінальний слиз	
Корова	$\text{Ca}^{2+}$	14 12–16	8 6–10	6 3–9	
	$\text{K}^+$	91 72–110	23 21–25	48 34–62	
	$\text{Na}^+$	215 180–250	74 72–76	700 500–900	
Функції		Генеративна (овогенна)	Транспортна	Запліднення	

*Примітка.* (→, ←) стрілками позначено вектор руху клітин і секретів від органу до органу.

Винятком з наведеного є лише концентрація  $\text{Ca}^{2+}$ . Її середня величина (7 мМ) у спермі на  $\pm 2$  пункти інша, ніж у ФВЕ тканин яєчка (9 мМ), міхурцевої (простата) залози (9 мМ) і сім'япроводу (5 мМ).

**2. Співвідношення концентрації іонів.** Співвідношення концентрації однойменних пар іонів (табл. 2) бінарної системи типу “сперма – матково-вагінальний слиз”, за винятком пар  $\text{K}^+:\text{K}^+$  (0,8:1) і  $\text{Na}^+:\text{Na}^+$  (0,12:1), більші ніж 1:1.

### 2. Співвідношення концентрації пар іонів у ФВЕ тканин і секретів

Об'єкти і предмет досліджень		Співвідношення концентрації (однойменні пари, M; IC:1)		
Стать	Вектор руху	$\text{Ca}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+:\text{K}^+$	$\text{Na}^+:\text{Na}^+$
Бугай	Яєчко → сім'япровід	9:5 = 1,8:1	139:46 = 3:1	256:175 = 1,5:1
	Простата → сім'япровід	9:5 = 1,8:1	139:46 = 3:1	256:175 = 1,5:1
Корова	Яйник → піхва	14:8 = 1,8:1	91:23 = 4:1	215:74 = 2,9:1
Система: “сперма – слиз”		7:6 = 1,2:1	36:48 = 0,8:1	81:700 = 0,12:1
Різнойменні пари, M; IC:1		$\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+:\text{K}^+$
Бугай	Яєчко → сім'япровід	256:5 = 51:1	139:5 = 28:1	256:46 = 5,6:1
	Простата → сім'япровід	256:5 = 51:1	139:5 = 28:1	256:46 = 5,6:1
Корова	Яйник → піхва	215:8 = 27:1	91:8 = 11:1	215:23 = 9,3:1
Сперма		81:7 = 12:1	36:7 = 5:1	81:36 = 2,3:1
Матково-вагінальний слиз		700:6 = 117:1	48:6 = 8:1	700:48 = 14,6:1
Система: “сперма – слиз”		1:6 = 13,5:1	36:6 = 6:1	81:48 = 1,7:1

Слід також зазначити, що процеси генерації та переміщення статевих продуктів бугая і корови відбуваються за умов у яких співвідношення концентрації однойменних пар ФВЕ тканин статевих органів не виходять за межу 2–4:1. Однак величина співвідношень концентрації різнойменних пар та ширина ліміту її мінімальних і максимальних значень – суттєво інші ( $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+:\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+:\text{K}^+$ ). Якщо ширина ліміту співвідношень  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  становить 27–51:1,  $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  – 11–28:1, то  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  – 6–9:1.

Відмінність ліміту співвідношень концентрації різнойменних пар іонів характерна також параметрам сперми (12–2:1) і матково-вагінального слизу (117–8:1). Але, якщо для зразків сперми середній показник співвідношень концентрації іонів наведеного ряду пар  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (12:1) >  $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (5:1) >  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  (2:1), то для зразків матково-вагінального слизу –  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (117:1) >  $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (8:1) >  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  (15:1). Середній показник ряду співвідношень концентрації різнойменних пар бінарної системи “сперма – матково-вагінальний слиз”  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (14:1) >  $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (6:1) >  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  (2:1) майже подібний до ряду сперми  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (12:1) >  $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (5:1) >  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  (2:1), але він значно інший, ніж ряд матково-вагінального слизу –  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (117:1) >  $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (8:1) >  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  (15:1).

**3. Коефіцієнт співвідношень концентрації іонів.** Виявлену відмінність показників ще більш наглядно представляє частка (або коефіцієнт  $[K_{IC}]$  співвідношень концентрації  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  тканин і секретів статевих органів), який отримано від поділу співвідношень концентрації між парами іонів  $[K_{IC} = IC_1:IC_2]$ . Його зведено до цілого числа величину представлено таблицями 3 і 4.

Спираючись на уже давно відкриті властивості водних розчинів хімічних сполук (Сванте Арреніус, 1859–1927 рр.), а саме: здатність іонів і молекул переміщатися із середовища з високою концентрацією у середовище з низькою та збереження (чи зміщення) її динамічної рівноваги, яку забезпечують відповідні параметри температури і тиску (принцип Ле Шательє), можна припустити, що створений різницею лімітів концентрації іонів між середовищем паренхіми генеративних органів та тканин сім'я- і яйцепроводу осмотичний тиск (за законом Вант-Гоффа,  $P = CRT$ ) закритої системи типу “середовище – клітина (речовина)” може бути причиною (стимулом) вектора ( $\leftrightarrow$ ) переміщення секретів, спермій та яйцеклітин каналами й протоками органів самців і самок.

**4. Іони тканин статевих органів.** Наведені (табл. 3) результати досліджень свідчать, що процес переміщення статевих продуктів бугая з тканин ячок у сім'япровід (сформовані спермії та синтезовані біологічно-активні органічні й неорганічні речовини спермальної плазми) забезпечують умови, за яких коефіцієнт співвідношень концентрації однойменних пар іонів в 2–3 рази більший, ніж тканин сім'япроводу.

**3. Відмінності коефіцієнта співвідношень концентрації іонів між тканинами статевих органів бугая і корови (M, K<sub>IC</sub>)**

Об'єкти і предмет досліджень				
Стать	Пари іонів	Ячко →* (придаток→сім'япровід)	Простата → (сім'япровід)	Яйник → (яйцепровід → матка → піхва)
Коефіцієнт співвідношень концентрації однойменних іонів				
Бугай	$\text{Ca}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$	+2	+2	–
	$\text{K}^+:\text{K}^+$	+3	+3	–
	$\text{Na}^+:\text{Na}^+$	+2	+4	–
Корова	$\text{Ca}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$	–	–	+2
	$\text{K}^+:\text{K}^+$	–	–	+4
	$\text{Na}^+:\text{Na}^+$	–	–	+3
Коефіцієнт співвідношень концентрації різнойменних іонів				
Бугай	$\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$	+51	+51	–
	$\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$	+28	+28	–
	$\text{Na}^+:\text{K}^+$	+6	+6	–
Корова	$\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$	–	–	+27
	$\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$	–	–	+11
	$\text{Na}^+:\text{K}^+$	–	–	+9

*Примітка.* →\* – вектор переміщення статевих клітин і секретів.

За напрям переміщення статевих продуктів (складові спермальної плазми) з простати у сім'япровід відповідають подібні умови. Але, якщо показники коефіцієнта співвідношень концентрацій  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{K}^+$  – співпадають (2–3 проти 2–3), то для концентрацій  $\text{Na}^+$  між середовищем паренхіми простати і тканин сім'япроводу він в 2 рази більший (4 проти 2).

Процес переміщення яйцеклітин і секретів матково-вагінального слизу каналами й протоками системи статевих органів корови відбувається за дещо інших умов. Так, якщо коефіцієнт співвідношень концентрацій  $\text{Ca}^{2+}$  між середовищами паренхіми яєчка, простати і тканин сім'япроводу (бугай) та яйника і піхви (корова) – однаковий (2 проти 2), то  $\text{K}^+$  у середовищі паренхіми яйника (4) на одиницю більший, ніж у простаті (3) і яєчку (3). Однак співвідношення  $\text{Na}^+$  у яйнику (3) на одиницю менші, ніж у простаті (4), але у яєчку (2) – на 2 одиниці більші. Отже, наведені відмінності коефіцієнта співвідношень концентрацій однойменних пар іонів між середовищами водних екстрактів тканин статевих органів бугая і корови свідчать про те, що його величина може бути або більшою (+1,3–1,5), або меншою (–0,75) за одиницю ( $> 1,0 <$ ).

Якщо процес переміщення клітин та секретів бугая і корови між середовищами тканин статевих органів забезпечує коефіцієнт співвідношень концентрації однойменних пар іонів,  $\text{Iim}$  відмінності якого становить 2–4 одиниці, то ширина його мінімальних і максимальних величин різнойменних пар становить 6–51 (бугай) і 9–27 одиниць (корова), що в 3–13 і 5–7 разів більше. З цього приводу слід зазначити, що в усіх випадках ширину й величину параметрів межі змін представлено рядом у якому коефіцієнт співвідношень  $\text{Na}^+:\text{K}^+$  (6–9)  $< \text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (11–28)  $< \text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (27–51).

**5. Іони секретів статевих органів.** Кінцевою ланкою процесу природного чи штучного осіменіння є позитивний або негативний вплив умов середовища матково-вагінального слизу на спермії, а саме: фізико-біохімічний стан його складових і введеної у піхву сперми забезпечує активне переміщення сперміїв каналами й протоками статевих органів самки та penetрацію і запліднення яйцеклітини.

Результати, які наведено в таблиці 4, свідчать про те, що особливості гомеостазу параметрів концентрації однойменних пар іонів у піхві корови характеризують неоднаково різні величини коефіцієнта її розподілу між складовими бінарної системи типу “сперма – матково-вагінальний слиз”.

#### 4. Відмінності коефіцієнта співвідношень концентрації іонів статевих секретів бугая й корови (M)

Об'єкти, предмет досліджень, коефіцієнт співвідношень концентрації іонів ( $K_{IC}$ )				
Вектор переміщення сперміїв	Секрети статевих органів	Однойменні пари іонів		
		$\text{Ca}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+:\text{K}^+$	$\text{Na}^+:\text{Na}^+$
Піхва → яйцепровід (спермії → яйцеклітина)	Система: “сперма – матково-вагінальний слиз”	+1	–1	–9
	Різнойменні пари іонів	$\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+:\text{K}^+$
	Система: “сперма – матково-вагінальний слиз”	+14	+6	+2
	Сперма	+12	+5	+2
	Матково-вагінальний слиз	+117	+8	+15

Відмінність співвідношень концентрації однойменної пари  $\text{Ca}^{2+}:\text{Ca}^{2+}$  (+1) виражено знаком плюс, але  $\text{K}^+:\text{K}^+$  (–1) і  $\text{Na}^+:\text{Na}^+$  (–9) знаком мінус. Тобто, це означає, що на момент змішування секретів сперми з секретами матково-вагінального слизу коефіцієнт співвідношень концентрацій  $\text{Ca}^{2+}$  на вказану величину більший, але  $\text{K}^+$  і  $\text{Na}^+$  менший.

Цілковито іншу ситуацію ілюструють коефіцієнти співвідношень концентрації різнойменних пар іонів. В обох рядах усіх пар іонів спермальної плазми співвідношення  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (+12)  $> \text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (+5)  $> \text{Na}^+:\text{K}^+$  (+2) і матково-вагінального слизу –  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$  (+14)  $> \text{K}^+:\text{Ca}^{2+}$  (+6)  $> \text{Na}^+:\text{K}^+$  (+2) менші. При цьому слід зазначити, що за незначної різниці (1–2) коефіцієнти співвідношень концентрації різнойменних пар у спермії подібні до показників бінарної системи типу “сперма – матково-вагінальний слиз”. Однак слід вказати і на те, що відмінність параметрів концентрації у середовищі секретів матково-вагінального слизу ( $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+} = 117$

проти 12,  $K^+:Ca^{2+} - 8$  проти 5,  $Na^+:K^+ - 15$  проти 2) виражено в 2–10 разів більшою величиною та іншим порядком розміщення пар, а саме:  $Na^+:Ca^{2+} > Na^+:K^+ > K^+:Ca^{2+}$ .

**Висновки.** Визначені відмінності рівнів концентрації  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  у ФВЕ тканин, секретах сперми і матково-вагінального слизу свідчать про те, що у біологічних системах типу “середовище – клітина (речовина)”, залежно від особливостей їх біохімічного складу, ліміти мінімальних і максимальних величин коефіцієнта співвідношень концентрацій одно- та різноіменних пар іонів мають знак плюс (+1–117 –  $Ca^{2+}:Ca^{2+}$ ,  $Na^+:Ca^{2+}$ ,  $K^+:Ca^{2+}$ ,  $Na^+:K^+$ ), або мінус (-1–9 –  $K^+:K^+$ ,  $Na^+:Na^+$ ). Це наводить на думку, що створена складовими їх середовищ різниця осмотичного тиску має зв’язок з пасивним і/або активним переміщенням спермальної плазми і сперміїв та матково-вагінального слизу і яйцеклітин каналами й протоками статевих органів.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Студенцов А. П., Шипилов В. С., Никитин В. Я., Миролюбов М. Г., Субботина Л. Г. Акушерство, гинекология и биотехнология размножения животных. Москва : Колос, 2005. 512 с.
2. Яблонський В. А., Хомин С. П., Калиновський Г. М., Харута Г. Г., Харенко М. І., Завірюха В. І., Любецький В. Й. Ветеринарне акушерство, гінекологія і біотехнологія тварин з основами андрології. Вінниця : Нова книга, 2006. 592 с.
3. Денисенко С. В., Дарий А. С., Кононенко М. И., Зерова-Любимова Т. Э. Генетика репродукции. Клиника проблем планирования семьи. Киев : Ферзь-ТА, 2008. 650 с.
4. Максимюк Г. В., Воробець З. Д., Лаповець Л. Є., Седіло Г. М., Максимюк В. М. Гомеостаз іонів лужних металів статевих органів ссавців : монографія. Львів : СПОЛОМ, 2018. 84 с.
5. Максимюк Г., Воробець З., Лаповець Л., Першин О. Дія моно- і полікомпонентних розріджувачів сперми на гомеостаз  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  відкритих систем. *Вісник Львівського університету*. Серія : Біологічна. 2014. Вип. 65. С. 355–363.
6. Максим’юк В. М. Левицька Л. Г., Сушко О. Б., Савельєва М. С., Максимюк Г. В. Іони солей лужних металів тканин системи Organa Genitalia Masculina. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2013. № 109, ч. I. С. 189–196.
7. Ліннік Т. П. Фізико-хімічні фактори кріопшкоджень і кріозахисту сперматозоїдів півнів у циклі низькотемпературного кріоконсервування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.20 «Біотехнологія». Харків, 2003. 36 с.
8. Лобченко С. Ф., Волощук В. М., Лобченко В. О. Дослідження дії додаткової кількості катіонів кальцію у середовищі на життєвість сперматозоїдів кнуря поза організмом. *Свинарство*. 2013. Вип. 62. С. 128–132.
9. Максимюк А. В., Воробець З. Д. Механизм адаптации сперматозоидов к действию условий криоконсервации спермы. *Universum : Химия и биология : электрон. научн. журн*. 2014. № 7 (7). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/1430> (дата обращения: 15.02.2021).
10. Максим’юк В. М. Іони макроелементів у спермі бугаїв. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Проблеми фізіології і патології відтворення тварин. 2000. Вип. 22. С. 156–161.
11. Максимюк Г. В. Вміст і співвідношення  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  у тканинах Organa Genitalia Scrotum Bovina. *Біологічні студії (Studia Biologica)*. 2010. Т. 4, № 2. С. 91–96.
12. Максимюк Г. В., Воробець З. Д., Максим’юк В. М. Етапи контролю вектора змін гомеостазу складових системи “середовище-клітина (речовина)” : метод. рек. Львів, 2019. 27 с.
13. Максимюк Г. В., Воробець З. Д., Максим’юк В. М. Зв’язок концентрацій сперматозоїдів та іонів солей лужних металів у спермі. *Вісник Дніпропетровського університету*. Серія : Біологія. Медицина. 2012. Вип. 3, т. 1. С. 44–53.
14. Максимюк Г. В., Бойко М. І., Воробець Д. З. Особливості транспорту іонів  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  у чоловічій спермі високої і низької якості. *Практична медицина*. 2003. Т. 9, № 4. С. 86–89.

15. Максимюк Г. В., Максим'юк В. М. Стандартизована методика визначення концентрації і переміщеної кількості  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  у системі “клітина-середовище”. *Фізика живого*. 2011. Т. 19, № 1. С. 10–15.
16. Профиров Я., Иванов Н., Попова П. Ролята на плазмената мембрана в распределението на калий, натрий и калций в спермата от коч при дълбоко замразяване. *Ветеринарномедицинские науки*. 1986, № 3. С. 73–77.
17. Седіло Г. М., Башенко М. І., Максимюк Г. В. [та ін.] Сперма, сперматозоїди, відтворювальна здатність : метод. розробка. Львів, 2015. 134 с.
18. Darszon F., Nishigaki T., Beltran C., Treviño Claudia L. Calcium channels in the development, maturation, and function of spermatozoa. *Physiol. Rev.* 2011. V. 91, № 4. P. 1105–1355.
19. Reid Andrew T., Redgrove Kate, Aitken R John, Nixon Brett. Cellular mechanisms regulating sperm-egg interaction. *Asian J. Androl.* 2011. V. 13, № 1. P. 88–96.
20. De Jonge C., Barratt C. The sperm cell. Production, maturation, fertilisation and regeneration. Cambridge, UK : Cambridge University Press, 2006. 355 p.
21. Shamim Akhter, Bushra Allah Rakha, Razia Iqbal, and Muhammad Sajjad Ansari. Effects of bovine serum albumin on motility, plasmalemma, viability and chromatin integrity of buffalo bull spermatozoa. *Pakistan J. Zool.* 2014. V. 46, № 1. P. 115–120.
22. El-Harairy M., Zeidan A. Effect of some cryoprotectants or their combinations on sperm motility and enzymatic activity in post-thawed semen of Friesian bulls. *J. Agric. Sci.* 2010. V. 2. P. 71–80.
23. Thomas E. Schmid, Patrick G. Grant, Francesco Marchetti, Rosana H. Weldon, Brenda Eskenazi. Elemental composition of human semen is associated with motility and genomic sperm defects among older men. *Hum. Reprod.* 2013. V. 28, № 1. P. 274–282.
24. Gaballero J., Frenette G., Sullivan R. Post testicular sperm maturation changes in the bull: important role of the epididymosomes and prostasomes. *Vet. Med. Int.* 2010. V. 2. P. 1–13.
25. Larsson F. et al. Ion transport in sperm signaling. *Dev. Biol.* 2001. V. 240, № 1. P. 1–14.
26. Jiwakanon J. Seminal plasma did not influence the presence of transforming growth factor- $\beta$ 1, interleukin-10 and interleukin-6 in porcine follicles shortly after insemination. *Vet. Scand.* 2013. V. 2, № 3. P. 55–66.
27. Maksymyuk H., Vorobets Z., Maksymyuk V. The level of proinflammatory and antiinflammatory cytokines in sperm plasma of fertile and infertile men. *Health Problems of Civilization*. 2015. V. 9, № 4. P. 21–25.
28. Martinez P., Camacho J., Correa C. Motility and functional state of the membrane of caprine capacitated spermatozoa under different chemical agents. *J. Vet. Med.* 2012. V. 2. P. 98–103.
29. Víctor Torres-Flores, Giovanni Picazo-Juárez, Yadira Hernández-Rueda, Alberto Darszon, Marco T. González-Martínez. Torres-Flores V. Sodium influx induced by external calcium chelation decreases human sperm motility. *Hum. Reprod.* 2011. V. 26, № 10. P. 2626–2635.
30. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 5<sup>th</sup> ed. Geneva, 2010. 271 p.
31. Yoshida K., Shida K., Sakamoto A.  $\text{Ca}^{2+}$  influx via plasma membrane  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase mediates chemotaxis in ascidian sperm. *Sci. Rep.* 2018. № 8. 16622. DOI: 10.1038/s41598-018-35013-2.

## REFERENCES

1. Studentsov, A. P., V. S. Shipilov, V. Ya. Nikitin, M. G. Mirolyubov, and L. G. Subbotina. 2005. *Akusherstvo, ginekologiya i biotekhnologiya razmnozheniya zhivotnykh – Obstetrics, gynecology and biotechnology of animal reproduction*. Moskva, Kolos, 512 (in Russian).
2. Yablons'kyi, V. A., S. P. Khomyn, H. M. Kalynovs'kyi, H. H. Kharuta, M. I. Kharenko, V. I. Zaviryukha, and V. Y. Lyubets'kyi. 2006. *Veterynarnе akusherstvo, hіnekołohiya i biotekhnolohiya tvaryn z osnovamy androlohiyi – Veterinary obstetrics, gynecology and biotechnology of animals with basics andrology*. Vinnytsya, Nova knyha, 592 (in Ukrainian).

3. Denisenko, S. V., A. S. Dariy, M. I. Kononenko, and T. E. Zerova-Lyubimova. 2008. *Genetika reproduktsii. Klinika problem planirovaniya sem'i – Reproduction genetics. Family planning problems clinic*. Kiev, Ferz'-TA, 650 (in Russian).
4. Maksymyuk, H. V., Z. D. Vorobets', L. Ye. Lapovets', H. M. Sedilo, and V. M. Maksymyuk. 2018. *Homeostaz ioniv luzhnykh metaliv statevykh orhaniv ssavtsiv : monohrafiya – Homeostasis of alkali metal ions of mammalian genitals : monograph*. L'viv, SPOLOM, 84 (in Ukrainian).
5. Maksymyuk, H., Z. Vorobets', L. Lapovets', and O. Pershyn. 2014. Diya mono- i polikomponentnykh rozridzhuvachiv spermy na homeostaz  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  vidkrytykh system – The effect of mono- and multicomponent diluents of sperm on the homeostasis of  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  open systems. *Visnyk L'vivskoho universytetu. Seriya : Biologichna – Bulletin of Lviv university. Series : Biological*. 65: 355–363 (in Ukrainian).
6. Maksymyuk, V. M., L. H. Levyts'ka, O. B. Sushko, M. S. Savel'yeva, and H. V. Maksymyuk. 2013. Iony soley luzhnykh metaliv tkanyn systemy Organa Genitalia Masculina. – Ions of alkali metal salts of tissues of the Organa Genitalia Masculina system. *Naukovo-tekhnichnyy byuletyn' Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and technical bulletin of the Institute of animal husbandry of NAAS*. 109 (I):189–196 (in Ukrainian).
7. Linnik, T. P. 2003. Fyzyko-khimichni faktory krioposhkodzhen' i kriozakhystu spermatozoidiv pivniv u tsykli nyz'koterperaturnoho kriokonservuvannya : avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya d-ra biol. nauk : spets. 03.00.20 «Biotekhnolohiya» – Physico-chemical factors of cryo-injuries and cryoprotection of sperm of roosters in a cycle of low-temperature cryopreservation : author's ref. dis. for science degree Dr. biol. science: special. 03.00.20 "Biotechnology". Kharkiv, 36 (in Ukrainian).
8. Lobchenko, S. F., V. M. Voloshchuk, and V. O. Lobchenko. 2013. Doslidzhennya diyi dodatkovoyi kil'kosti kationiv kal'tsiyu u seredovyshchi na zhytlyevist' spermatozoidiv knura poza orhanizmom – Investigation of the effect of additional calcium cations in the environment on the viability of boar sperm outside the body. *Svynarstvo – Pig breeding*. 62:128–132 (in Ukrainian).
9. Maksymyuk, A. V., and Z. D. Vorobets'. 2014. Mekhanizm adaptatsii spermatozoidov k deystviyu usloviy kriokonservatsii spermy – Mechanism of adaptation of spermatozoa to the action of conditions of sperm cryopreservation. *Universum : Khimiya i biologiya : elektron. nauchn. zhurn. – Universum : Chemistry and biology: electron. scientific. zhurn.* 7(7). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/1430> (last accessed: 15.02.2021) (in Russian).
10. Maksymyuk, V. M. 2000. Iony makroelementiv u spermi buhayiv – Macronutrient ions in bull semen. *Naukovyy visnyk Natsional'noho ahrarnoho universytetu. Problemy fiziolohiyi i patolohiyi vidtvorenniya tvaryn – Scientific bulletin of the National agrarian university. Problems of physiology and pathology of animal reproduction*. 22:156–161 (in Ukrainian).
11. Maksymyuk, H. V. 2010. Vmist i spivvidnoshennya  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  u tkanynakh Organa Genitalia Scrotum Bovina – Content and ratio of  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  in tissues of Organa Genitalia Scrotum Bovina. *Biologichni studiyi (Studia Biologica) – Biological studies (Studia Biologica)*. 4(2):91–96 (in Ukrainian).
12. Maksymyuk, H. V., Z. D. Vorobets', and V. M. Maksymyuk. 2019. *Etapy kontrolyu vektora zmin homeostazu skladovykh systemy "seredovyshche-klityna (rechovyna)" : metod. rek. – Stages of control of the vector of changes of homeostasis of the components of the system "environment-cell (substance)" : guidelines*. L'viv, 27 (in Ukrainian).
13. Maksymyuk, H. V., Z. D. Vorobets', and V. M. Maksymyuk. 2012. Zv'yazok kontsentratsiy spermatozoidiv ta ioniv soley luzhnykh metaliv u spermi – Relationship between concentrations of spermatozoa and ions of alkali metal salts in semen. *Visnyk Dnipropetrovs'koho universytetu. Seriya : Biologiya. Medytsyna – Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series : Biology. Medicine*. 3(1):44–53 (in Ukrainian).
14. Maksymyuk, H. V., M. I. Boyko, and D. Z. Vorobets'. 2003. Osoblyvosti transportu ioniv  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  u cholovichiy spermi vysokoyi i nyz'koyi yakosti – Peculiarities of  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  ion transport in high and low quality male semen. *Praktychna medytsyna – Practical medicine*. 9(4): 86–89 (in Ukrainian).



15. Maksymyuk, H. V., and V. M. Maksym'yuk. 2011. Standartyzovana metodyka vyznachennya kontsentratsiyi i peremishchenoyi kil'kosti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  u systemi "klityna-seredovyshe" – Standardized method for determining the concentration and displaced amount of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  in the system "cell-environment". *Fizyka zhyvoho – Physics of the living*. 19(1):10–15 (in Ukrainian).
16. Profirov, Ya. 1986. Rolyata na plazmenata membrana v raspredelinieto na kaliy, natriy i kaltsiy v spermata ot koch pri dylboko zamrazyavane – The role of the plasma membrane in the distribution of potassium, sodium and calcium in ram semen during deep freezing. *Vet. med. nauki – Vet. medical science*. 3:73–77 (in Bulgarian).
17. Sedilo, H. M., M. I. Bashchenko, and H. V. Maksymyuk. 2015. *Sperma, spermatozoidy, vidtvoryuval'na zdatnist' : metod. rozrobka – Sperm, spermatozoa, reproductive ability : guidelines*. L'viv, 134 (in Ukrainian).
18. Darszon F., T. Nishigaki, C. Beltran, and L. Treviño Claudia. 2011. Calcium channels in the development, maturation, and function of spermatozoa. *Physiol. Rev.* 91(4):1105–1355 (in English).
19. Reid Andrew T., Redgrove Kate, Aitken R John, and Nixon Brett. 2011. Cellular mechanisms regulating sperm-zone pellucid an interaction. *Asian J. Androl.* 13(1):88–96 (in English).
20. De Jonge C., and C. Barratt. 2006. *The sperm cell. Production, maturation, fertilization and regeneration*. Cambridge, UK : Cambridge University Press, 355 (in English).
21. Shamim Akhter, Bushra Allah Rakha, Razia Iqbal, and Muhammad Sajjad Ansari. 2014. Effects of bovine serum albumin on motility, plasmalemma, viability and chromatin integrity of buffalo bull spermatozoa. *Pakistan J. Zool.* 46(1):115–120 (in English).
22. El-Harairy M., and A. Zeidan. 2010. Effect of some cryoprotectants or their combinations on sperm motility and enzymatic activity in post-thawed semen of Friesian bulls. *J. Agric. Sci.* 2:71–80 (in English).
23. Thomas E. Schmid, Patrick G. Grant, Francesco Marchetti, Rosana H. Weldon, and Brenda Eskenazi. 2013. Elemental composition of human semen is associated with motility and genomic sperm defects among older men. *Hum. Reprod.* 28(1):274–282 (in English).
24. Gaballero J., Frenette G., and Sullivan R. 2010. Post testicular sperm maturation changes in the bull: important role of the epididymosomes and prostatosomes. *Vet. Med. Int.* 2:1–13 (in English).
25. Larsson, F. et al. 2001. Ion transport in sperm signaling. *Dev. Biol.* 240(1):1–14 (in English).
26. Jiwakanon, J. 2013. Seminal plasma did not influence the presence of transforming growth factor- $\beta$ 1, interleukine-10 and interleukin-6 in porcine follicles shortly after insemination. *Vet. Scand.* 2(3):55–66 (in English).
27. Maksymyuk H., Z. Vorobets, and V. Maksymyuk. 2015. The level of proinflammatory and antiinflammatory cytokines in sperm plasma of fertile and infertile men. *Health problems of civilization*. 9(4):21–25 (in English).
28. Martinez P., J. Camacho, and C. Correa. 2012. Motility and functional state of the membrane of caprine capacitated spermatozoa under different chemical agents. *J. Vet. Med.* 2:98–103 (in English).
29. Víctor Torres-Flores, Giovanni Picazo-Juárez, Yadira Hernández-Rueda, Alberto Darszon, Marco T. González-Martínez, and Torres-Flores V. 2011. Sodium influx induced by external calcium chelation decreases human sperm motility. *Hum. Reprod.* 26(10):2626–2635 (in English).
30. 2010. *WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen*. 5<sup>th</sup> ed. Geneva, 271 (in English).
31. Yoshida K., K. Shida, and A. Sakamoto. 2018.  $\text{Ca}^{2+}$  influx via plasma membrane  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase mediates chemotaxis in ascidian sperm. *Sci. Rep.* 8(16622):1–16. DOI: 10.1038/s41598-018-35013-2 (in English).