

ВИДАТНИЙ ВЧЕНИЙ – БІОЛОГ СВІТОВОГО РІВНЯ

*до 110-річчя від дня народження доктора біологічних наук, професора колишньої
Української сільськогосподарської академії
Ігоря Васильовича Смирнова*

А. П. КРУГЛЯК, Т. О. КРУГЛЯК

Інститут розведення і генетики тварин імені М.В.Зубця НААН (Чубинське, Україна)

<https://orcid.org/0000-0002-1512-6576> – А. П. Кругляк

<https://orcid.org/0000-0002-8410-3191> – Т. О. Кругляк

bulochka23@ukr.net

Мета статті – висвітлити наукові підходи та технологічні рішення, які забезпечили експериментально встановити І. В. Смирновим невідому раніше властивість спермійів ссавців зберігати біологічну повноцінність та генетичну інформацію після заморожування при температурі нижче -20°C , з одержанням нормального потомства від замороженої сперми.

Методи дослідження: загальнонаукові, ретроспективний, джерелознавчий.

Саме відкриття І. В. Смирнова стало основою науково-технічної революції в галузі селекції та поліпшення сільськогосподарських тварин, сприяло розвитку нового напрямку досліджень у теорії та практиці селекції тварин, генетичних методів оцінки плідників за генотипом. Тривале зберігання глибокозаморожених гамет у зрідженому азоті забезпечило ефективно використання цінних плідників, незалежно від країни світу, де їх утримують, та часу використання, що суттєво підвищило ефективність селекції.

Завдяки відкриттю І. В. Смирнова, у багатьох країнах світу впроваджено великомасштабну генотипову селекцію, яку започаткували О. В. Гаркаві (1928) та О. О. Серебровський (1934).

Внаслідок широкого використання кращого світового генофонду спеціалізованих молочних порід в Україні створено високопродуктивні вітчизняні породи молочної худоби: українську червоно-рябу, чорно-рябу, червону та буру молочні. Генетичний потенціал цих порід складає у племінних заводах 9–10 тис. кг молока від корови за рік, а в громадському секторі – 6–7 тис. кг, що у 3–4 рази вище від вихідних порід, з яких вони створювались. Використання глибокозамороженої сперми та ембріонів набуло глобального світового масштабу.

*На відкритті І. В. Смирнова ґрунтуються сучасні методи біотехнології, заморожування гамет інших видів тварин та трансплантації ембріонів, запліднення *in vitro*, трансгенна інженерія, трансплантація органів у медицині та інше.*

Найскладніша світова проблема – збереження генофонду сільськогосподарських тварин та біологічного різноманіття дикої фауни вирішена також завдяки цьому відкриттю. Нині у спермо- і ембріосховищах зберігається генетична інформація видатних плідників і самок та ембріони комерційних та зникаючих популяцій.

Великий вчений був чудовим педагогом. Він блискуче читав лекції студентам, спеціалістам тваринництва, сформував свою школу, підготував багато кандидатів і докторів наук, 3500 спеціалістів вищої кваліфікації та понад дві тисячі техніків-лаборантів.

Своїми теоретичними розробками та практичною їх реалізацією І. В. Смирнов започаткував новий напрям і методи наукових досліджень в галузі біології, організаційних форм селекції та відтворення тварин, які набули планетарного значення і стали незамінним надбанням людства. Його наукова спадщина належить до найвеличніших відкриттів людського розуму і є гордістю вітчизняної зоотехнії.

Ключові слова: спермій, глибоке заморожування, некрystalізоване затвердіння, біофізичні зміни, рухливість, запліднювальна здатність, повноцінне потомство

WELL – KNOWN SCIENTIST-BIOLOGIST OF WORLD LEVEL

A. P. Krugliak, T. O. Krugliak

Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M.V.Zubets of NAAS (Chubynske, Ukraine)

The purpose of the article is to light up scientific approaches and technological solutions that provided IV Smirnov's experimentally establish property of mammalian sperm to preserve biological value and genetic information after freezing at temperatures below -20°C , to obtain normal offspring from frozen sperm.

Research methods: general scientific, retrospective, source studies.

The discovery of I. V. Smirnov became the basis of the scientific and technological revolution in the field of breeding and improvement of farm animals, contributed to the development of a new direction of research in the theory and practice of animal breeding, genetic methods of bulls valuation by genotype.

Long-term storage of deep-frozen gametes in liquid nitrogen ensured efficient use of valuable animals, regardless of the country where they are kept, and time of use, which significantly increased the efficiency of selection.

Thanks to the discovery of I. V. Smirnov, large-scale genotypic selection was introduced in many countries of the world, which was initiated by O. V. Garkavy (1928) and O. O. Serebrovsky (1934).

Due to extensive use of the world's best gene pool of specialized dairy breeds, in Ukraine have highly productive domestic breeds of dairy cattle been created: Ukrainian red-and-white, black-and-white, red and brown dairy. The genetic potential of these breeds in breeding plants is 9–10 thousand kg of milk from cows per year, and in the public sector – 6–7 thousand kg, which is 3–4 times higher than the original breeds on which they were created. The use of deep-frozen sperm and embryos has become global.

Modern methods of biotechnology, freezing of gametes of other species of animals and embryo transplantation, in vitro fertilization, transgenic engineering, organ transplantation in medicine, etc. are based on IV Smirnov's discovery.

The world's most difficult problem is the preservation of the gene pool of farm animals and the biological diversity of wild fauna, also solved by this discovery. At present, in the sperm and embryo repositories are genetic information of prominent offspring and queens and embryos of commercial and endangered populations stored.

The great scientist was an excellent teacher. He gave brilliant lectures to students, livestock specialists, formed his own school, trained many candidates and doctors of sciences, 3,500 highly qualified specialists and more than two thousand laboratory technicians.

With his theoretical developments and their practical implementation IV Smirnov initiated a new direction and methods of scientific research in the field of biology, organizational forms of selection and reproduction of animals, which acquired planetary significance and became an indispensable heritage of mankind. His scientific heritage is one of the greatest discoveries of the human mind and is the pride of domestic zootechnics.

Keywords: sperm, deep freezing, non-crystallized solidification, biophysical changes, motility, fertilizing ability, full value offspring

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ – БИОЛОГ МИРОВОГО УРОВНЯ

А. П. Кругляк, Т. А. Кругляк

Институт разведения и генетики животных имени М.В.Зубца НААН (Чубинское, Украина)

Цель статьи – осветить научные подходы и технологические решения, которые обеспечили экспериментально установленное И. В. Смирновым неизвестное ранее свойство спермиев млекопитающих сохранять биологическую полноценность и генетическую информацию

после замораживания при температуре ниже -20°C , с получением нормального потомства от замороженной спермы.

Методы исследования: общенаучные, ретроспективный, источниковедческий.

Само открытие И. В. Смирнова стало основой научно-технической революции в области селекции и улучшения сельскохозяйственных животных, способствовало развитию нового направления исследований в теории и практике селекции животных, генетических методов оценки производителей по генотипу.

Длительное хранение глубокозамороженных гамет в жидком азоте обеспечило эффективное использование ценных производителей, независимо от страны мира, где их содержат, и времени использования, существенно повысило эффективность селекции.

Благодаря открытию И. В. Смирнова, во многих странах мира внедрено крупномасштабную генотипическую селекцию, которую начали О. В. Гаркави (1928) и А. А. Серебровский (1934).

Вследствие широкого использования лучшего мирового генофонда специализированных молочных пород, в Украине созданы высокопродуктивные отечественные породы молочного скота: украинская красно-пестрая, черно-пестрая, красная и бурая молочные. Генетический потенциал этих пород составляет в племенных заводах 9–10 тыс. кг молока от коровы в год, а в общественном секторе – 6–7 тыс. кг, что в 3–4 раза выше исходных пород, на которых они создавались. Использование глубокозамороженной спермы и эмбрионов достигло глобального мирового уровня.

На открытии И. В. Смирнова основываются современные методы биотехнологии, замораживание и трансплантация эмбрионов гамет других видов, оплодотворение *in vitro*, трансгенная инженерия, трансплантация органов в медицине и др.

Самая сложная мировая проблема – сохранение генофонда сельскохозяйственных животных и биологического разнообразия дикой фауны решена также благодаря этому открытию. Сейчас в спермо- и эмбриохранилищах сохраняется генетическая информация выдающихся производителей и маток и эмбрионы коммерческих и исчезающих популяций.

Великий ученый был замечательным педагогом. Он блестяще читал лекции студентам, специалистам животноводства, сформировал свою школу, подготовил много кандидатов и докторов наук, 3500 специалистов высшей квалификации и более две тысячи техников-лаборантов.

Своими теоретическими разработками и практической их реализацией И. В. Смирнов открыл новое направление и методы научных исследований в области биологии, организационных форм селекции и воспроизводства животных, которые приобрели планетарное значение и стали незаменимым достоянием человечества. Его научное наследие относится к числу величайших открытий человеческого ума и есть гордостью отечественной зоотехнии.

Ключевые слова: спермий, глубокое замораживание, некристаллизованный затвердевание, биофизические изменения, подвижность, оплодотворяющая способность, полноценное потомство

Вступ. Незважаючи на досить жваві наукові дослідження науковців першої половини 20-го століття усіх країн (К. Н. Кржишківський і С. Н. Павлов, 1933; Ф. Янель, 1938; Х. Хеглунд і Г. Пінкус, 1941 та ін., цит за [1]) в напрямку вітрифікації сперматозоїдів різних видів тварин і людини їхні результати були безуспішними, жоден із дослідників не отримав приплоду від замороженої сперми. Проте своїми науковими підходами вони зробили певний внесок у розвиток цього напрямку. За словами І. В. Смирнова (1949): «негативний результат в науці – теж результат».

Перші серйозні успіхи були досягнуті лише наприкінці 40-х років. В 1947 році в лабораторії В. К. Милованова в Москві його співробітник І. І. Соколовська одержала потомство від кролиць, яких осіменяли спермою, що впродовж п'яти хвилин перебувала при температурі

-20 та -40°C. Проте, при зниженні температури до -80°C, всі клітини негайно гинули. Як вважала сама авторка, в даному випадку мало місце не глибоке заморожування, а лише переохолодження сперми, чим і пояснила збереження сперматозоїдами рухливості (до 0,5 бала) та запліднювальної здатності [11]. Інших даних про застосування глибокого охолодження сперми домашніх тварин, при якому сперма знаходиться у твердому скловидному стані, на той час в літературі не було. Разом з тим, температури значно нижчі нуля, тобто твердої вуглекислоти (-78°C), рідких кисню (-183°C) та азоту (-196°C) привернули до себе вчених тим, що рівень обмінних процесів у статевих клітинах при цих температурах знижувався досить сильно і сперма тверділа, у вигляді скловидної маси без порушень протоплазми клітин. Але технічні ускладнення при досягненні такого стану сперми були досить великими.

Матеріали та методи досліджень. У зв'язку з цим тодішній аспірант Всесоюзного інституту тваринництва І. В. Смирнов в 1947 році поставив собі за мету:

- вияснити можливість збереження сперми плідників сільськогосподарських тварин при температурах твердої вуглекислоти, рідкого кисню та рідкого азоту;
- розробити метод глибокого заморожування сперми;
- вивчити запліднювальну здатність сперматозоїдів при осіменінні маток такою спермою.

Досліди проводились на 17-ти кролях, семи баранах, двох бугаях, одному жеребці та 15-ти півнях [3].

Результати досліджень. Виходячи з гіпотези Б. Лайста (1941) та Г. А. Таммана (1935) про можливість некристалізованого затвердіння біологічних об'єктів у вигляді скловидної аморфної маси, а не кристалів, І. В. Смирнов дійшов висновку, що саме при скловидному затвердінні не відбувається різкого переміщення молекул в клітині, а значить, не пошкоджується її протоплазма.

І. В. Смирнов розробив особисто методику швидкого заморожування сперми у фольгових пакетах об'ємом сперми 0,05–0,2 мл., досконало вивчив біофізичні і біохімічні зміни під час розрідження, заморожування і відтаювання сперми плідників. Після проведення ряду дослідів із спермою кролів, автор знайшов такий спосіб її глибокого охолодження, при якому від 5 до 30% клітин могли переносити охолодження до температури -78 – -183°C впродовж 32 діб і оживали після розморожування [3, 7–10]. Принагідно нагадаємо, що такі об'єми дози і швидкість заморожування сперми застосовуються і наразі.

Найцікавішим в цих дослідженнях було те, що сперматозоїди після такого тривалого збереження в умовах надто низьких температур не тільки оживали, а й зберігали свою запліднювальну здатність. Від 61-ї кролиці, яких осіменили розмороженими сперматозоїдами, вперше в світі було одержано 174 кроленяти, які мали нормальний зовнішній вигляд, добре росли і розвивались. Після досягнення статевої зрілості молоді самці і самки почали нормально розмножуватись. Частина цих самок знову осіменяли замороженою спермою і отримували нормальних кроленят.

Так автор відкриває невідому раніше властивість статевих клітин ссавців зберігати біологічну повноцінність, спадкову інформацію та здатність відтворювати повноцінне потомство після глибокого заморожування сперми при -78°C, -183°C та 196°C та розробляє технологію її глибокого заморожування [2, 4–6, 9, 10].

Після вирішення принципового питання можливості «заскловування» сперматозоїдів ссавців автор приступив до розробки аналогічного способу глибокого заморожування сперми основних видів сільськогосподарських тварин. Здолавши ряд технологічних труднощів, досліднику вдалося успішно заморозити сперму баранів, бугаїв, жеребців і кнурів. Число сперматозоїдів, що оживали після розморожування, в деяких випадках сягало 35%. Проведені автором досліді, за період 1948–1951 рр., в дослідному господарстві Українського науково-дослідного інституту тваринництва по осіменінню овець замороженою до -78°C спермою дали обнадійливий результат: із 19 овець, що осіменяли, окотилось 8, які принесли 11 цілком нормальних ягнят.

В цей же період (літо 1950 року) автором проведені успішні дослідження по штучному осіменінню корів глибокозамороженою спермою (-78°C). В дослідному господарстві «Українка» та колгоспі «Червоний господар» Харківської області він заморожував сперму від 4 бугаїв та штучно осіменяв 17 корів, із яких 5 отелилось.

Таким чином, в 1949 році І. В. Смирновим були отримані вперше у світі ягнята, а в 1951 році – телята, які походили від сперматозоїдів, що перенесли глибоке заморожування до температури -78°C.

Це фундаментальне, історичного значення відкриття було широко апробовано ним в господарствах Харківської області, де він систематично одержував кроленят, телят і ягнят від самок, яких осіменяли глибокозамороженою спермою за температури -196°C.

Безумовно, наукові розробки І. В. Смирнова щодо виявлення властивостей сперматозоїдів ссавців зберігати біологічну повноцінність після швидкого заморожування є золотим скарбом біологічної науки, відкриттям світового рівня. На основі саме наукових праць І. В. Смирнова 1947–50 років у 1972 році було зареєстровано наукове відкриття під номером 103 із пріоритетом від червня 1947 р., яке назавжди затвердило його пріоритет.

Наукові розробки І. В. Смирнова дали можливість вирішити проблему тривалого збереження сперми плідників сільськогосподарських тварин поза організмом, максимально їх використовувати, забезпечувати індивідуальні закріплення незалежно від місця і часу їх знаходження та впроваджувати найсучасніші методи великомасштабної селекції.

Слід відмітити, що автор сам не стверджував закінченості цих наукових розробок. Подібно відомому італійському біологу Ладзаро Спалланцані, який оцінив свій перший науковий дослід по штучному осіменінню ссавців (1780 р.) словами: «Я не можу відірвати своєї думки, чудової і гідної подиву, коли думаю про майбутнє, яке наступить за тим, що мною відкрито», І. В. Смирнов досить скромно оцінив значення свого наукового відкриття. В 1949 році, після успішних досліджень по заплідненню кролиць з використанням глибокозамороженої сперми, він пише: «Зрозуміло, що наша робота – лише перший крок в галузі збереження сперми при надто низьких температурах і вимагає подальшого продовження. Після вдосконалення, спосіб глибокого охолодження може бути застосований для тривалого збереження сперми цінних плідників, що забезпечить найбільш раціональне їх використання, застосовуючи перевезення сперми на далекі відстані».

Науково обґрунтовані передбачення автора методу глибокого заморожування сперми плідників сільськогосподарських тварин здійснились. Нині його метод вдосконалено як вітчизняними, так і зарубіжними вченими. Вже в 1952 році англійські вчені С. Полдж, О. Сміт, Л. Роусон запропонували заморожувати сперму бугаїв в середовищах із гліцерином. Розроблені різні технології кріоконсервації сперми: японська у відкритих гранулах (Г. Нагазе і Т. Нива, 1964), французька в пайетах (Р. Кассу, 1964), українська у облицьованих гранулах (Ф. І. Осташко та ін., 1969), німецька в міні-тюбах (К. Зіммет, 1972), литовська в пайетах (П. Пакенас, 1972) та інші.

Для подальшого вдосконалення існуючих і розробки нових методів біотехнології відтворення тварин, у 1975 році, було створено Український НДІ розведення і штучного осіменіння великої рогатої худоби, наразі Інститут розведення і генетики тварин імені М.В.Зубця НААН, в якому І. В. Смирнов був членом вченої ради, засновником та відповідальним редактором вісімнадцяти випусків наукового збірника.

Через 25 років після всесвітньовідомого відкриття І. В. Смирнова були успішно заморожені ембріони сільськогосподарських тварин (Д. Вітінг та ін, 1972). Саме метод тривалого зберігання сперми плідників сільськогосподарських тварин в глибокозамороженому стані, розроблений І. В. Смирновим, відкрив новий етап науково-технічної революції в селекції і розведенні тварин практично в усіх країнах світу. Зроблене ним відкриття невідомої раніше властивості сперматозоїдів зберігати біологічну повноцінність і генетичну інформацію після заморожування та давати повноцінний приплід радикально змінило як теоретичні основи, так і

технологію організації селекційно-племінної роботи. З цим відкриттям почали будувати міжрайонні, обласні та державні племстанції, заморожувати сперму від кращих плідників, що забезпечило швидке поліпшення існуючих та виведення багатьох спеціалізованих порід сільськогосподарських тварин, насамперед великої рогатої худоби та овець. Лише завдяки цьому відкриттю в багатьох країнах створені генофондні банки сперми видатних тварин та локальних зникаючих порід, налагоджено систему транспортування її в будь-яку країну, незалежно від відстані, стало реально можливим втілення індивідуальних якостей видатних плідників у групі, шляхом програмування індивідуальних та групових закріплень окремих плідників за видатними самками всієї породи, незалежно від часу їх реалізації. Все це забезпечило найбільш інтенсивне використання плідників в селекційному процесі. Так, від окремих бугаїв-поліпшувачів одержують десятки і навіть сотні тисяч високопродуктивних потомків. У результаті роль спадковості плідників у генетичному поліпшенні молочних порід великої рогатої худоби сягнула 90–95%, у вівчарстві – 70–80%. Змінилась і система одержання, вирощування, утримання, оцінки та використання плідників. Стало можливим перейти до вищої форми лійнбридингу – вести селекційну роботу на бугаїв-лідерів порід.

Таким чином, плідники-поліпшувачі в прямому розумінні стали золотим фондом тваринництва. Так, молочна продуктивність 32090 дочок бугая голштинської породи Веліанта 1650414 в США, станом на 1997–1998 роки становила в середньому 9296 кг молока при вмісті жиру 3,70% та 343 кг молочного жиру. Племінна цінність бугая за надоєм склала +459 кг молока, за жирністю +0,05% та типом екстер'єру +2,4 бали. Середня племінна цінність 163 його синів у США становила +346 кг молока, +0,01% жиру та +1,4 бала за екстер'єром. Продуктивність 17321 дочки бугая Лінкольна 384785 цієї ж породи становила 9416 кг молока, 4,0% жиру та 377 кг молочного жиру, а 6368 дочок бугая Інгансе 343514 – 9591 кг молока при 3,8% жиру та 364 кг молочного жиру за лактацію. Племінна цінність за молочною продуктивністю бугая Інгансе склала +1166 кг молока, +0,18% жиру та +55 кг молочного жиру. Використовуючи поліпшувачів з високою племінною цінністю, фермери США, Ізраїлю і Канади у 2000 році досягли рівня молочної продуктивності корів 9721–10427 кг [12] а у 2020 році – 13000–14000 кг на корову. Такі бугаї неодноразово ставали чемпіонами породи, їх називали «бугаями із золотими головами», препотентними, лідерами порід та інше, тобто їх, в прямому розумінні, визнають золотим фондом тваринництва і максимально використовують в великомасштабній селекції.

Понад 260 чистопородних потомків цих бугаїв селекціонери інтенсивно використовували в племінних заводах України при виведенні української червоно-рябої молочної породи. Станом на 2020 рік ряд племінних заводів: ПСП «Пісківське», ПАТ ПЗ «Літинський», ПОСП «Нападівське», СТОВ АФ «Маяк» в українській червоно-рябій, ПАТ Племзавод «Степной», ПОСП АФ «Горінь», СПП «Рать» в чорно-рябій молочної та ПП АФ «Промінь», ПОСП «Русь» в голштинській породі та інших одержують понад 10000 кг молока на корову.



Співробітники кафедри розведення сільськогосподарських тварин Української сільськогосподарської академії, 1973 р. (другий зліва – професор Ігор Васильович Смирнов)

Висновки: Друга половина двадцятого століття стала яскраво вираженим глобальним етапом переходу до нових організаційних форм селекційної роботи та застосування великомасштабної селекції на основі глибокого заморожування сперми плідників сільськогосподарських тварин. І цей етап пов'язується, перш за все, із видатним відкриттям професора Ігоря Васильовича Смирнова, яке набуло планетарного значення, а його наукова спадщина належить до найвеличніших відкриттів біологічної науки.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Зубець М. В., Буркат В. П., Кругляк А. П. Збереження повноцінності сперми після глибокого заморожування – відкриття світового значення. *Біотехнологічні, селекційні та організаційні методи відтворення, зберігання і використання генофонду тварин* : зб. наук. праць наук. вироб. конф., присв'яч. 50-річ. відкриття здатності спермійв ссавців зберігати біологічну повноцінність і генетичну інформацію після заморожування. Київ, 1977. С. 5–14.
2. Смирнов И. В. Сохранение спермы сельскохозяйственных животных посредством глубокого охлаждения. *Советская зоотехния*. 1949. № 4. С. 93–96.
3. Смирнов И. В. Сохранение спермы сельскохозяйственных животных посредством глубокого охлаждения : дисс. ... канд. биол. наук. Москва, 1949. 217 с.
4. Смирнов И. В. Хранение семени сельскохозяйственных животных при температурах жидкого кислорода и твердой углекислоты. *Научный отчет НИИЖ за 1948 год*. Киев, 1950. Вып. 22. С. 107–115.
5. Смирнов И. В. Разработка теоретических основ и техники искусственного осеменения сельскохозяйственных животных : дисс. ... д-ра. биол. наук. Киев, 1964. 47 с.
6. Смирнов И. В. Глубокое охлаждение семени сельскохозяйственных животных. *Журнал общей биологии*. 1950. Т. 11, вып. 3. С. 185–197.
7. Смирнов И. В. Сохранение семени сельскохозяйственных животных при температуре -78-183°. *Социалистическое животноводство*. 1951. № 1. С. 94–95.
8. Смирнов И. В. Сохранение семени быка при температуре минус 78°. *Советская зоотехния*. 1952. № 1. С. 59.
9. Смирнов И. В. Анабиоз, криобиология и животноводство. *Наука и жизнь*. 1976. № 8. С. 24–27.
10. Милованов В. К., Соколовская И. И., Смирнов И. В. Свойство живчиков млекопитающих сохранять биологическую полноценность после быстрого замораживания. Диплом № 103. Открытия СССР / ЦНИИПИ. Москва, 1972. С. 28–29.
11. Соколовская И. И. Может ли замороженная сперма оплодотворять и давать нормальное потомство. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1947. Т. 6. С. 74–75.
12. Кругляк А. П. Новий напрям селекції голштинської породи. *Державна книга племінних тварин великої рогатої худоби української червоно-рябої молочної породи*. 2006. Т. 3. Київ : Арістей. С. 4–16.

REFERENCES

1. Zubets, M. V., V. P. Burkat, and A. P. Kruhlyak. 1977. Zberezhennya povnotsinnosti spermy pislya hlybokoho zamorozhuvannya – vidkryttya svitovoho znachennya. *Biotekhnolohichni, selektsiyni ta orhanizatsiyni metody vidtvorennya, zberihannya i vykorystannya henofondu tvaryn* – Preservation of sperm value after deep freezing is a discovery of world importance. *Biotechnological, selection and organizational methods of reproduction, storage and use of animal gene pool. Zb. nauk. prats' nauk. vyrobn. konferentsiyi, prysv'yachenoyi 50-richchyu vidkryttya zdatnosti spermiyiv ssa-vtsiv zberihaty biolohichnu povnotsinnist i henetychnu informatsiyu pislya zamorozhuvannya* – *Coll. science works of sciences manuf. conference, dedicated to the 50th anniversary of the discovery of the ability of mammalian sperm to store biological value and genetic information after freezing*. Ky-yiv, 5–14 (in Ukrainian).

2. Smyrnov, I. V. 1949. Sokhranenie spermy sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh posredstvom glubokogo okhlazhdeniya – Preservation of semen of farm animals by deep cooling. *Sovetskaya zootekhnika – Soviet zootechnics*. 4:93–96 (in Russian).

3. Smyrnov, I. V. 1949. Sokhranenie spermy sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh posredstvom glubokogo okhlazhdeniya – Preservation of semen of farm animals by deep cooling. Diss. ... kand. biol. nauk – Diss. ... cand. biol. science. Moskva, 217 (in Russian).

4. Smyrnov, I. V. 1950. Khranenie semeni sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh pri temperaturakh zhidkogo kisloroda i tverdoy uglekisloty – Storage of semen of farm animals at temperatures of liquid oxygen and solid carbon dioxide. *Nauchnyy otchet NIIZh za 1948 god – Scientific report RIL for 1948*. Kiev, 22:107–115 (in Russian).

5. Smyrnov, I. V. 1964. Razrabotka teoreticheskikh osnov i tekhniki iskusstvennogo osemneniya sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh – Development of theoretical bases and techniques of artificial insemination of farm animals. *Diss. ... dokt. biol. nauk – Diss. ... Dr. biol. science*. Kiev, 47 (in Russian).

6. Smyrnov, I. V. 1950. Glubokoe okhlazhdenie semeni sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh – Deep cooling of farm animal semen. *Zhurnal obshchey biologiyi – Journal of general biology*. 11(3):185–197 (in Russian).

7. Smyrnov, I. V. 1951. Sokhranenie semeni sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh pri temperature -78-183° – Preservation of the semen of farm animals at a temperature of -78-183°. *Sotsialisticheskoe zhyvotnovodstvo – Socialist animal husbandry*. 1:94–95 (in Russian).

8. Smyrnov, I. V. 1952. Sokhranenie semeni byka pri temperature minus 78° – Preservation of bull semen at minus 78°C. *Sovetskaya zootekhnika – Soviet zootechnics*. 1:59 (in Russian).

9. Smyrnov, I. V. 1976. Anabioz, kriobiologiya i zhyvotnovodstvo – Anabiosis, cryobiology and animal husbandry. *Nauka i zhizn' – Science and life*. 8:24–27 (in Russian).

10. Smyrnov, I. V., V. K. Milovanov, and I. I. Sokolovskaya. 1972. Svoystvo mlekopitayushchikh sokhranyat' biologicheskuyu polnotsennost' posle bystrogo zamorazhivaniya – The property of mammals to retain biological usefulness after rapid freezing. *Diplom №103 otkrytiya. Publikatsiya ob otkrytyakh, zaregistrirovannykh v gosudarstvennom reestre otkrytiy SSSR – Opening diploma №103. Publication about discoveries registered in the state register of discoveries of the USSR* (in Russian).

11. Sokolovskaya, I. I. 1947. Mozhet li zamorozhennaya sperma oplodotvoryat' i davat' normal'noe potomstvo? – Can frozen sperm fertilize and produce normal offspring? *Doklady VASKhNIL – Reports of VASKhNIL*. 6:74 – 75 (in Russian).

12. Kruhlyak, A. P. 2006. Novyy napryam selektsiyi holshtynskoyi porody – A new direction of Holstein breed selection. *Derzhavna knyha plemynnykh tvaryn velykoyi rohatoyi khudoby ukrayins'koyi chervono-ryaboyi molochnoyi porody – State book of pedigree animals of cattle of Ukrainian Red-and-White dairy breed*. Aristey, 3:4–16 (in Ukrainian).

Одержано редколегією 16.04.2021 р.

Прийнято до друку 26.04.2021 р.