

Влияние силатранов на физиологические функции животных и птиц

М. Г. Воронков, В. П. Барышок

МИХАИЛ ГРИГОРЬЕВИЧ ВОРОНКОВ — академик РАН, советник РАН, руководитель группы элементоорганических соединений Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН. Область научных интересов: синтез, строение, реакционная способность и биологическая активность элементоорганических соединений.

ВИКТОР ПЕТРОВИЧ БАРЫШОК — доктор химических наук, профессор кафедры химической технологии Иркутского государственного технического университета, ведущий научный сотрудник Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН. Область научных интересов: синтез, строение, реакционная способность и биологическая активность кремнийорганических соединений.

664033 Иркутск, ул. Фаворского, д. 1, Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН,
E-mail voronkov@irioch.irk.ru

Жизнеспособность всех земных организмов при температуре окружающей среды определяется устойчивостью клеточных мембран и определенной пространственной структуры белков — аминокислот, соединенных пептидными связями в определенном порядке. Один из путей повышения стабильности клеточных структур — их невалентное взаимодействие с мономерной и олигомерными кремнекислотами.

Так, сохранившиеся до наших дней древние формы кремнефильных организмов способны обитать в экстремальных условиях: диатомовые водоросли — в холодных районах океанов, губки, насекомые, мшанки — в горячих вулканических и техногенных источниках [1]. В диапазоне температур 32—42 °С содержание кремния в гидробионтах с повышением температуры на 1 °С возрастает в среднем на 0,6%. А при увеличении температуры среды выше 42 °С содержание кремния в их организме увеличивается скачкообразно (в среднем на 3,9%/°С).

Сезонные и суточные перепады температуры, а также ее колебания вследствие реакций на клеточном уровне, вызванных болезнетворными организмами и некоторыми веществами, постоянно воздействуют на организм теплокровных животных и человека. Поэтому не исключено, что найденные природой эффективные механизмы стабилизации клеточных структур с участием соединений кремния не утрачены на позднейших этапах эволюции и реализуются в организме и высших животных, и человека.

Важная роль кремния в физиологических и биохимических процессах живых организмов в настоящее время надежно доказана [2, 3]. Хотя относительное содержание этого микроэлемента в организме животных незначительно (меньше, чем углерода в 4000 раз), оно существенно зависит не только от природы органов и тканей, но и от вида животного, его физиологического состояния и даже географического районирования. Так, например, в крови сельскохозяйственных животных северо-западного Причерноморья наименьшим содержанием кремния отличаются овцы (в среднем 0,42 мг%) [4]. При этом у овец цыгайской породы оно на 75% выше (0,54 мг%), чем у асканийской (0,31 мг%). В крови крупного рогатого скота и свиней уровень кремния выше, чем у овец, в среднем на 20 и 85% соответственно. В крови стельных коров содержится 0,55 мг% кремния, а после отела —

0,48 мг%. Содержание кремния в крови бычков 0,74 мг%, а у кастрированных бычков — 0,31 мг%. При патологии органов животных кремний транспортируется в них из других тканей и его содержание может возрастать в несколько раз [5].

Силатраны — внутрикомплексные трициклические эфиры ортокремниевой кислоты или силантриолов и триэтанолamina с общей формулой:



X = CH₂Cl; C₂H₅O и др.

Их производные в отличие от водорастворимых солей ортокремниевой кислоты имеют нейтральную реакцию кислотности и являются удобными источниками кремния как микроэлемента. Кроме того, высокий дипольный момент и жесткая трициклическая структура молекул силатранов обуславливают не только их эффективный транспорт в ткани организма, но и способность стабилизировать мембраны клеток [6] (см. рис.).

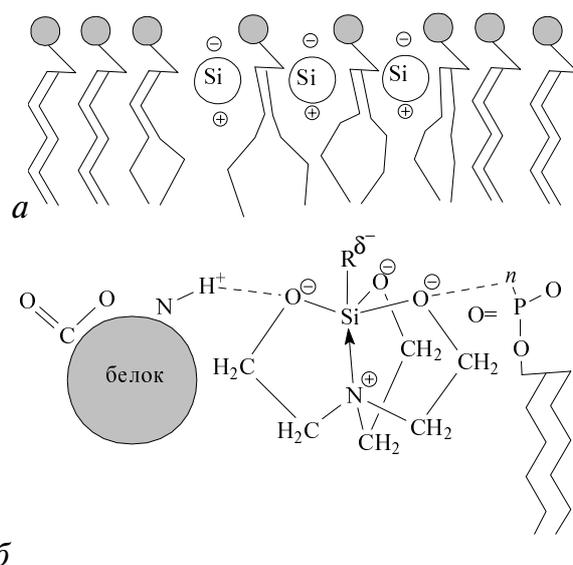
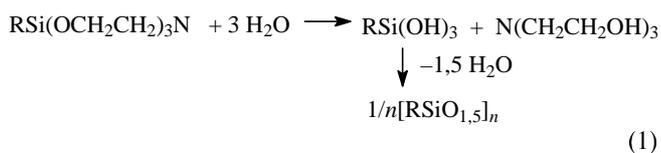


Рисунок. Гипотетический механизм мембранотропного действия силатранов (а) и предполагаемые взаимодействия силатрана с полярными группами (б)

Таблица 1

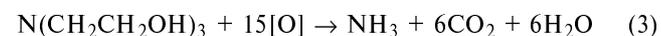
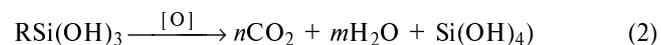
Гематологические показатели норок, получавших в рационе этоксисилатран						
Группа	Доза ЭС, мг/кг	Срок определения	Показатели крови			
			Эритроциты, 10^{12} /л	Лейкоциты, 10^9 /л	Гемоглобин, г/л	Гематокрит, %
I	3	В начале эксперимента	5,42 ± 0,190	7,5 ± 0,46	137 ± 2,9	37 ± 0,2
		Через 1 месяц	7,60 ± 0,089	12,1 ± 1,73	173 ± 4,3	48 ± 0,8
		Через 4,5 месяца	8,98 ± 0,160	3,9 ± 0,78	228 ± 3,6	62 ± 0,8
II	5	В начале эксперимента	4,96 ± 0,080	8,2 ± 1,19	130 ± 1,2	36 ± 0,7
		Через 1 месяц	7,64 ± 0,150	10,1 ± 1,34	174 ± 2,2	45 ± 0,6
		Через 4,5 месяца	8,64 ± 0,280	2,6 ± 0,44	215 ± 6,5	57 ± 1,9
III	10	В начале эксперимента	5,42 ± 0,037	6,6 ± 1,00	144 ± 1,0	38 ± 0,3
		Через 1 месяц	7,58 ± 0,160	11,3 ± 1,25	176 ± 4,3	49 ± 0,9
		Через 4,5 месяца	8,84 ± 0,160	3,4 ± 0,60	214 ± 3,1	58 ± 1,2
IV	0 контроль	В начале эксперимента	4,98 ± 0,140	8,4 ± 1,30	135 ± 2,7	36 ± 0,5
		Через 1 месяц	7,68 ± 0,073	6,9 ± 1,31	181 ± 2,8	48 ± 0,7
		Через 4,5 месяца	8,50 ± 0,032	3,8 ± 0,40	211 ± 1,8	58 ± 0,2

Силатраны не накапливаются в организме и окружающей среде, гидролизуясь при действии воды и влаги воздуха до физиологически безвредных и нерастворимых полиорганосилсесквиоксидов (в случае 1-алкоксилатранов — кремнезема) и триэтаноламина (1) [7]:



Триэтаноламин широко используется в медицине и косметике [8]. По международной классификации токсичность триэтаноламина находится в интервале от практически нетоксичного до слабо токсичного вещества (ЛД₅₀ 4,19—11,26 г/кг для крыс) [8]. При длительном применении он не оказывает мутагенного, канцерогенного или содействующего канцерогенезу действия [8, 9].

В живых организмах продукты гидролитического распада силатранов — соответствующий силантриол и триэтаноламин подвергаются метаболическому окислению (2) и (3) [8, 10]:



Наиболее изученные на биологических объектах нетоксичные* 1-(хлорметил)силатран (ХМС) и 1-этоксисилатран (ЭС) обладают настолько широким спектром биологической активности, что нашли применение одновременно в медицине, косметологии, животноводстве, птицеводстве, практической энтомологии и растениеводстве. Мы рассматриваем результаты исследования физиологической реакции животных и птиц на введение в их организм этих силатранов.

Действие на норок

Изучено влияние 1-этоксисилатрана $\text{C}_2\text{H}_5\text{OSi}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$ на рост, гематологические и биохимические показатели крови молодняка норок

[14]. Использование ЭС при кормлении норок путем добавки к основному рациону из расчета 3, 5 и 10 мг на 1 кг живой массы в течение месяца оказывало положительное влияние на рост щенков. Через 30 дней эксперимента живой вес щенков норок, получавших с кормом ЭС в дозе 3 и 5 мг (I и II опытные группы), увеличился соответственно на 6,3 и 8,4% по сравнению с контрольной (IV) группой ($1131,9 \pm 12,8$ г). После прекращения введения в рацион этоксисилатрана живой вес норок к моменту убоя выравнился с контролем.

По данным гематологических исследований (табл. 1) количество эритроцитов в крови норок опытных и контрольной групп в начале эксперимента и через 1 месяц существенно не отличалось ($P > 0,05$). Однако спустя 3,5 месяца после окончания введения препарата в рацион их содержание оказалось выше у животных опытных групп (I—III). Этот эффект оказался более значительным ($P < 0,05$) в крови норок I группы, получавших 1-этоксисилатран в дозе 3 мг/кг.

Уровень лейкоцитов в крови животных опытных групп, в начале эксперимента от контроля существенно не отличавшийся ($P > 0,05$), через 1 месяц кормления с добавкой ЭС вырос почти вдвое. По истечении 3,5 месяца после окончания введения ЭС в рацион число лейкоцитов у животных в опытных и контрольных группах практически не отличалось ($P > 0,05$).

Содержание гемоглобина и величина гематокрита в течение периода кормления в крови животных контрольной и опытных групп существенно не различались. К концу исследований эти показатели оказались достоверно выше, чем в контроле ($P < 0,05$), лишь для группы зверей, получавших ЭС в дозе 3 мг/кг. 1-Этоксисилатран, особенно в дозе 3 мг/кг, положительно влиял на эритропоэз, гемоглобинообразование и лейкопоэз. Биохимические исследования позволили выявить увеличение активности щелочной фосфатазы и уменьшение активности аланиновой трансаминазы (табл. 2). Наиболее выраженные сдвиги этих показателей наблюдались у норок, получавших ЭС в дозе 5 мг/кг. У них же оказался более высоким уровень общих липидов. Заметных изменений в содержании общего белка и его фракций не обнаружено.

* IV класс токсичности — малоопасные вещества [11—13]

Содержание глюкозы в крови, общего белка и его фракций в сыворотке крови норок, получавших в рационе этоксисилатран

Группа, доза ЭС	Период исследования	Глюкоза, мг/100 мл	Общий белок, %	Альбумины, %	Глобулины, %			Альбумины/глобулины, %	Общие липиды, %
					альфа-	бета-	гамма-		
I 3 мг/кг	В начале эксперимента	84 ± 23,5	71 ± 4,8	56 ± 4,0	10 ± 4,2	6 ± 3,0	28 ± 2,1	1,3 ± 0,18	16 ± 0,7
	через 1 месяц	41 ± 17,6	69 ± 2,0	62 ± 3,1	12 ± 0,8	11 ± 1,4	5 ± 1,3	1,7 ± 0,22	22 ± 1,1
	через 4,5 месяца	102 ± 22,0	78 ± 3,9	83 ± 1,6	9 ± 0,8	4 ± 0,7	4 ± 0,8	4,9 ± 0,52	14 ± 0,8
II 5 мг/кг	В начале эксперимента	107 ± 25,8	67 ± 1,6	60 ± 3,6	12 ± 2,5	5 ± 1,6	22 ± 1,3	1,6 ± 0,20	15 ± 1,0
	через 1 месяц	68 ± 15,3	71 ± 1,3	62 ± 2,1	12 ± 1,2	8 ± 0,8	17 ± 1,8	1,7 ± 0,14	22 ± 1,5
	через 4,5 месяца	158 ± 21,3	83 ± 3,1	78 ± 3,6	11 ± 2,6	4 ± 1,4	7 ± 2,4	3,8 ± 0,75	17 ± 1,3
III 10 мг/кг	В начале эксперимента	76 ± 13,1	65 ± 3,0	62 ± 2,7	7 ± 1,0	2 ± 1,0	30 ± 2,5	1,7 ± 0,18	16 ± 1,9
	через 1 месяц	43 ± 8,0	71 ± 1,7	64 ± 2,8	15 ± 1,4	12 ± 1,0	11 ± 1,5	1,9 ± 0,20	19 ± 1,1
	через 4,5 месяца	140 ± 22,4	79 ± 3,0	81 ± 1,3	9 ± 0,8	4 ± 1,3	6 ± 0,8	4,3 ± 0,42	14 ± 1,5
IV контроль 0 мг/кг	В начале эксперимента	144 ± 17,3	70 ± 4,3	55 ± 3,8	14 ± 2,7	3 ± 1,0	28 ± 2,9	1,3 ± 0,18	15 ± 0,7
	через 1 месяц	64 ± 14,0	72 ± 2,1	62 ± 1,2	15 ± 2,1	8 ± 2,4	15 ± 2,0	1,7 ± 0,10	19 ± 1,2
	через 4,5 месяца	136 ± 26,9	77 ± 4,4	82 ± 1,8	9 ± 1,2	4 ± 0,4	5 ± 0,8	4,7 ± 0,73	13 ± 1,0

Данные патогистологических, гистохимических исследований свидетельствуют о стимулирующем воздействии ЭС на белковый, жировой и углеводный обмен в клетках печени и почек. Нормализуя обмен веществ в печени, ЭС одновременно повышает репаративную способность этого органа. Наиболее благоприятное воздействие на паренхиму исследованных органов норок ЭС оказал в дозах 5 и 10 мг/кг живого веса.

Количество особо крупных шкурок возрастало с увеличением дозы ЭС. Так, в первой группе особо крупных шкурок было 90,9%, во второй — 94,2%, в третьей — 100%, в контроле — 94,1%. По качеству наилучшими показателями обладали шкурки норок опытных групп. Они оценивались как нормальные и малодфектные. Потери на дефектность в этих группах составляли 3,7—5,3%, в контроле 5,9%, поэтому пушнина животных, получавших дополнительно к рациону ЭС, оценивалась выше.

Использование ЭС в дозе 10 мг/кг в рационах кормления молодняка норок позволило получить шкурки наибольшего размера и лучшего качества.

Действие на овец

Этоксисилатран оказывал благоприятный эффект на некоторые показатели резистентности организма овец [15]. Он повышал холодоустойчивость овец Омской породной группы в зимний период. Температура тела овец, получавших этот препарат, была выше, чем в контроле, на 0,4 °С, дыхание и пульс были более редкими. ЭС способствовал улучшению кровотока, повышая уровень нейтрофилов, Т и В-лимфоцитов, а также общего белка, кальция и неорганического фосфора и его фракций в сыворотке крови до их лучшего физиологического соотношения. Этот силатран снижал содержание креатинина к 5 дню, щелочной фосфатазы к 10 дню после начала введения,

стимулировал обмен воды и азота. Так, содержание влаги в шейной мышце и почках опытных ягнят составляло 77%, контрольных — 81%, а азота соответственно 106,3 и 111,4 г/кг. Тонина шерсти у опытных овец была 26,6 мкм, длина 14 см, процент неравномерности волокна 20,2%, а у контрольных соответственно — 24,7 мкм, 12,3 см и 22,8%.

Авторами [16, 17] изучено влияние 1-(хлорметил)-силатрана $\text{ClCH}_2\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$ как источника микроэлемента кремния в рационе на рост и развитие молодняка овец в сравнении с силикатом калия. В качестве «оптимальной» дозы, компенсирующей дефицит кремния в основном рационе, использовался ХМС в количестве 83 мг на одно животное в сутки в первой половине откорма, во второй — 497 мг. Включение в рацион подопытных животных как ХМС, так и силиката калия стимулировало их рост и развитие. К концу опыта живой вес валушков контрольной группы увеличился на 24,05 кг. В сравнении с контрольной группой абсолютный прирост живой массы валушков, получавших ХМС, в конце откорма составил соответственно 27,42 и 26,69 кг (114 и 111% к контролю). Скармливание животным силиката калия также привело к увеличению их живой массы, однако в меньшей степени (на 7,5—10%), чем при использовании ХМС. В конце эксперимента живой вес валухов, получавших с кормом силикат калия, увеличился на 26,45 и 25,86 кг соответственно, что превышает этот показатель в контроле на 10,0 и 7,5%.

В среднем за опыт среднесуточный прирост в группе животных, получавших «оптимальную» дозу ХМС, составил 150 г, что на 13,6% выше, чем в контроле (132 г). При увеличении содержания ХМС в рационе среднесуточный прирост (146 г) повысился по сравнению с контролем на 14 г (10,6%). Включение в рационы молодняка овец силиката калия было менее эффективным, чем ХМС. Среднесуточный при-

рост живого веса валушков за период опыта в группе животных, получавших «оптимальную» дозу силиката калия, составил 144 г, т.е. на 9,1% выше, чем в контроле. Увеличение содержания силиката калия в рационе в два раза, также как и в случае с ХМС, не способствовало дальнейшему росту продуктивности. В этом случае среднесуточный привес превышал этот показатель в контроле на 9 г (6,8%). Таким образом, ХМС по сравнению с силикатом калия стимулирует рост молодняка овец более эффективно.

Применение ХМС в рационе зрелых валухов породы «прекос» увеличивало настриг у них шерсти и выход чистой шерсти соответственно на 10,9% и 0,5% по сравнению с этими показателями в контрольной группе [18]. И в этом случае повышение дозы ХМС в рационе животных не способствовало дальнейшему увеличению шерстной продуктивности (и выхода чистого волокна). В то же время в сравнении с контролем настриг и выход чистой шерсти были выше на 8,3 и 0,2% соответственно.

Исследовано влияние ЭС на показатели внешнего дыхания и энергетический обмен в организме ягнят [19]. У животных, получавших ЭС в дозе 15–20 мг/кг, температура тела была на 0,30–0,87 °С ниже, чем в контроле ($P < 0,05–0,001$). ЭС достоверно снижал у ягнят частоту дыхания, повышал потребление кислорода. При этом увеличивалась глубина дыхания и уменьшалась частота сердечных сокращений. Полученные результаты позволили предположить участие ЭС в окислительно-восстановительных процессах организма овец.

Действие на свиней

Влияние ЭС на рост и жизнеспособность поросят исследовано при его введении в дозе 3 мг/кг живой массы супоросным свиноматкам в последние 2 недели супоросности и первые 2 недели лактации на протяжении 30 дней. Среднесуточный прирост массы поросят опытной группы за месяц наблюдения был выше, чем в контроле, на 51,1%. Сохранность за этот период составила в опыте 83,9%, в контроле — 73%.

При скармливании ЭС свиноматкам во вторую половину супоросности динамика минеральных веществ в крови существенно не изменялась [20]. У лактирующих свиноматок на 5-й и 30-й дни после опороса в крови повышалось содержание фосфора, магния и цинка соответственно на 26,8 и 69,2; 79,0 и 25,8; 47,9 и 9,4%. В крови суточных поросят от свиноматок, получавших ЭС, по сравнению с контрольными было выше содержание фосфора, марганца, меди, цинка, железа и магния соответственно на 40,8, 18,2, 134,9, 32,2, 27,8 и 22,9%. Таким образом, ЭС положительно влияет на обмен минеральных веществ, способствуя их лучшему усвоению, а также существенно стимулирует рост молодняка свиней.

Влияние ЭС и ХМС на рост молодняка свиней изучено на поросятах раннего отъема с физиологической незрелостью (живым весом 3,9–4,0 кг) [21]. Введение таким поросьятам ЭС или ХМС ежедневно в дозе 5 мг/кг веса тела на протяжении 97 дней повысило резистентность поросят, нормализовало в их организме обменные процессы. В крови поросят увеличился до нормы эритропоэз, возросла бактерицидная активность, содержание гамма-глобулинов.

ЭС и ХМС стимулировали восстановительные процессы в организме поросят-гипотрофиков, ускоряли их рост и развитие. Обычно при гипотрофии поросят общее улучшение состояния их здоровья начинается с 7–10 дня: нормализуется температура тела и аппетит, улучшается здоровье и внешний вид, шерстный покров приобретает естественный блеск. Изначально пониженный вес тела существенно компенсируется к 20-му дню. По сравнению с контролем добавка в рацион ХМС повышала среднесуточный привес поросят на 15 г ($P < 0,05$), ЭС — на 20 г ($P < 0,01$). В период доращивания это различие еще более возросло и составляло соответственно 33 и 39 г ($P < 0,01$).

Лечебное действие ЭС при гипотрофии поросят [с живой массой на 38,4% ниже технологической (3,7 кг)] исследовано в сравнении с обычно используемым глицерофосфатом железа. Наиболее эффективно снизилось количество поросят-гипотрофиков при использовании ЭС в дозах 6 и 9 мг/кг. К концу наблюдения (через 36 дней от начала опыта) количество поросят-гипотрофиков в этих опытных группах снизилось до 15,4%, в то же время в контрольной — 45,4%. Сохранность поросят в контрольной группе составила 78,6%, в опытной — 92,9%.

Введение ЭС в дозе 6 мг/кг живой массы в утренний рацион поросят-отъемышей месячного возраста на протяжении 30 дней через два месяца после окончания введения ЭС (к возрасту 4 мес.) привело по сравнению с контролем к увеличению их живой массы на 4,9 кг и среднесуточного прироста на 75,0 г (30,6%). Гематологические показатели были лучше также у опытных животных.

Таким образом, введение ЭС в рацион свиней в разные сроки: в период супоросности свиноматок или откорма поросят привело к более быстрому накоплению живой массы молодняка свиней. В сравнении с контролем, среднесуточные привесы в первый месяц жизни были больше на 51,1% у поросят, матери которых получали ЭС во вторую половину беременности, а у поросят, получавших ЭС в период откорма, — на 40,7%. В опытных группах у потомства свиноматок и поросят на откорме улучшались гематологические показатели: повышался уровень гемоглобина на 2,0–19,0 и эритроцитов на 2,0–23,5%. ЭС усилил резистентность организма поросят, родившихся от свиноматок, получавших этот препарат в дозе 3,0 мг/кг в период супоросности. По сравнению с контролем их сохранность была выше на 21,7%.

С 1989 г. 1-этоксилатран рекомендован ГУВ МСХ СССР для лечения гипотрофии поросят [22].

Влияние силатранов на молодняк крупного рогатого скота и молочную продуктивность коров

Ежедневное скармливание ХМС в дозах 5 и 20 мг/кг в течение месяца молодняку крупного рогатого скота повышало по сравнению с контролем прирост живой массы на 5–10% [23]. Введение в корм молодняку крупного рогатого скота и свиней 1-этилсилатрана повышало среднесуточный привес животных на 15–20%, а живую массу к концу срока наблюдения — на 10–12% [24]. У животных, получавших 1-этилсилатран, по сравнению с контролем были лучше показатели переваримости питательных веществ рациона. Биохимический состав крови изменялся в пределах нормы.

Введение ЭС в дозе 5 мг/кг живой массы телятам с 10—20-дневного возраста с молоком в утреннее кормление в течение 30 дней ускорило прирост живой массы телят, в том числе телят-гипотрофиков*.

В I серии (срок наблюдения 225 суток) с животными одинакового возраста и среднего веса (по 7 голов в контрольной и опытной группах) среднесуточный прирост живой массы телят, получавших ЭС, опережал контроль на 20,7%. Сохранность к концу срока наблюдения в опытной группе составляла 85,7%, в контроле — 71,4%. Во II серии опытная и контрольная группы (по 7 голов) формировались из телят одинакового возраста. Однако опытную группу составляли животные, значительно отстававшие в росте (средняя живая масса 18,0 кг). К концу срока наблюдения (180 суток) телята опытной группы не только догнали по массе контрольных, но и опередили ее на 3,1%. По сравнению с контролем среднесуточный привес в группе телят-гипотрофиков (получавших ЭС) был больше на 13,4%.

При введении ЭС в дозе 5 мг/кг живой массы в корм стельных коров за 2 месяца до отела повышалась сохранность и продуктивность их телят. В течение 3 месяцев скорость накопления живой массы телятами опытной группы по сравнению с контрольной составляла: в 60-дневном возрасте 14 кг (22,9%); в 90-дневном — 17,7 кг (23,6%); в 150-дневном — 21,4 кг (21,5%); в 180-дневном — 26,1 кг (22%).

Наиболее эффективно повышались рост и физиологические показатели животных при введении ЭС в рацион молодняка крупного рогатого скота в дозе 5 мг/кг живой массы**. Среднесуточный прирост бычков симментальской породы, получавших в течение 222 суток ЭС в дозах 2,5; 5,0 и 7,5 мг/кг живой массы был выше на 5,2, 9,9 и 6,5% соответственно, чем в контрольной группе (986 г).

На высокопродуктивных племенных бычках казахской белоголовой породы в возрасте 9—16 месяцев было исследовано совместное действие на их рост ЭС и элементной серы. Применение кормовой добавки, содержащей и ЭС, и серу, по сравнению с их отдельным использованием привело к увеличению абсолютного и среднесуточного прироста живой массы на 2,4—7,9%. У животных этой группы были также выше коэффициенты переваримости (доля усвоенных кормовых компонентов относительно поступивших в организм) по сухому и органическому веществу на 4,30—5,51, по сырому жиру на 2,42—7,32, по сырой клетчатке — 9,03—9,61 и по БЭВ на 4,94—5,26% (табл. 3). Это привело к снижению расхода кормов в расчете на единицу прироста на 2,5—8,2%.

При изучении морфологического состава крови у бычков не было обнаружено каких-либо отклонений от физиологической нормы в содержании гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов (табл. 4).

Введение ЭС в сочетании с серой позволило вырастить больше высококлассных животных. Если в I группе классом элита-рекорд реализовано на племя 78,6% бычков, во 2-й — 85,7%, то в 3-й — 100%.

Включение 0,005—0,02% ЭС в соевый размол рациона молодняка крупного рогатого скота, снижая

Таблица 3

Показатель	Группа		
	1	2	3
Сухое вещество	69,61	69,57	75,08
Органическое вещество	74,48	74,46	78,76
Протеин	72,82	73,93	69,29
Жир	77,77	72,87	80,19
Клетчатка	60,68	60,10	69,71
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ)	79,34	79,66	84,60

Примечание. В 1-й группе животные дополнительно к основному рациону получали элементную серу из расчета 3,1 г/кг сухого корма, во 2-й — ЭС из расчета 0,37 г/кг сухого корма или в дозе 5 мг/кг живой массы, в 3-й — одновременно элементную серу и ЭС в тех же количествах.

Таблица 4

Показатель	Возраст, мес.		
	9	12	15
1 группа			
Гемоглобин, г%	12,60	11,75	10,95
Эритроциты, млн/мм ³	8,80	7,95	7,60
Лейкоциты, тыс./мм ³	7,55	7,35	7,05
2 группа			
Гемоглобин, г%	12,20	11,60	10,85
Эритроциты, млн/мм ³	8,73	7,88	7,55
Лейкоциты, тыс./мм ³	7,45	7,30	7,00
3 группа			
Гемоглобин, г%	12,85	11,85	11,15
Эритроциты, млн/мм ³	8,95	8,05	7,75
Лейкоциты, тыс./мм ³	7,65	7,50	7,20

Примечание. Условия эксперимента по группам см. табл. 3. антипитательный эффект содержащегося в сое трипсина, увеличивает переваримость питательных веществ (табл. 5) и повышает продуктивность на 11,1—18,4%***. В крови животных опытных групп был выше уровень общего глутатиона, играющего большую роль в процессах синтеза тканевых белков (табл. 6). По зоотехническим и физиологическим показателям оптимальное содержание ЭС в соевом размол составляет 0,015%.

Эта же концентрация ЭС и ХМС в соевом размол оказалась наиболее эффективной при изучении влияния этих стимуляторов в составе соесодержащего корма на молочную продуктивность коров (табл. 7). ЭС и ХМС вводились с кормом, начиная с 60 суток перед отелом и в течение 200 суток лактации. За период наблюдения молочная продуктивность коров, получавших в рационе ЭС и ХМС, по сравнению с контролем была выше на 5—7,6%. Молоко коров опытных групп имело лучший компонентный состав.

* Данные К.М. Катруш совместно с авторами.

** Данные Б.Х. Галиева и Р.Ф. Мангутова совместно с авторами.

*** Данные Т.Н. Звоновой, Л.Е. Черникова, Г.П. Тонких, Т.А. Краснощековой и Л.П. Кристаль совместно с авторами.

Таблица 5

Коэффициенты переваримости питательных веществ и отложение азота в организме животных, получавших ЭС с термически обработанным зерном сои

Группа	Коэффициенты переваримости				Отложилось азота		
	Сухое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Всего	в % от переваренного
I (Контроль 1)*	65,6	58,1	45,9	45,4	70,	33,6	31,6
II (Контроль 2)**	68,4	59,0	51,2	49,3	75,6	38,9	33,7
III (0,005% ЭС)	70,1	64,2	60,8	53,2	78,1	41,0	37,8
IV (0,010% ЭС) опытная	71,4	66,1	62,2	59,1	79,3	48,4	43,7
V (0,015% ЭС)	75,6	70,8	66,3	60,2	83,4	57,1	51,1
VI (0,020% ЭС)	75,8	70,7	66,8	60,8	83,8	56,9	50,9

* Основной рацион с необработанным зерном сои. ** Основной рацион с термически обработанным зерном сои.

Таблица 6

Показатели крови подопытных животных, получавших ЭС в соесодержащем корме

Показатели	Группы животных*					
	I	II	III	IV	V	VI
Щелочной резерв, мг%	457	495	520	520	521	524
Глутатион общий, мг%	30,1	32,1	34,5	34,9	35,4	35,4
Мочевина, мг%	23,3	22,8	20,1	18,7	15,8	15,6
Аминный азот, мг%	5,1	6,0	6,8	7,4	7,9	7,9
Аспаратаминофераза, ед.	79,4	83,0	85,3	86,2	88,7	88,9
Аланинааминофераза, ед.	45,3	47,9	48,8	49,1	52,6	52,8
Фосфатаза щелочная, мг/100 г	4,2	4,9	5,2	5,2	5,6	5,6
Белки сыворотки, %	6,0	6,5	6,8	7,1	7,2	7,2
в том числе альбумины, %	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,5

* Концентрация ЭС в корме по группам см. в табл. 5

Таблица 7

Влияние ЭС (0,015%) и ХМС (0,020%) в составе соесодержащего корма на молочную продуктивность коров

Показатель (в среднем на голову)	Группа				
	Контроль*	ЭС	ХМС	ЭС	ХМС
Валовой надой молока 4% жирности, кг	2395	2516	2543	2491	2489
Суточный надой молока 4% жирности, кг	11,9	12,6	12,8	12,5	12,5
в % к контролю	100	105,9	107,6	105,0	105,0
Основной состав молока 4% жирности:					
белок, %	3,30	3,58	3,48	3,49	3,5
молочный сахар, %	4,33	4,58	4,52	4,50	4,49
СОМО**, %	8,61	8,79	8,78	8,67	8,70
каротин, мкг/кг	148	198	196	185	187
Калорийность, ккал	736	757	750	752	754

* Контроль — основной рацион с термически обработанным зерном сои; опытные группы — основной рацион с термически обработанным зерном сои, содержащий ЭС или ХМС.

** Сухой обезжиренный молочный остаток.

Гематологические показатели кур, получавших в рационе ХМС в предкладковый период

Показатели	До введения ХМС	После окончания введения ХМС, месяцы						
		1	2	3	4	5	6	7
К о н т р о л ь								
Гемоглобин, г%	8,2	8,4	8,0	9,6	9,0	9,3	9,4	9,7
РОЭ, мм/час	4,0	6,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	8,0
Эритроциты, млн	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,12	3,2
Лейкоциты, тыс	18,0	17,6	21,2	22,4	18,4	20,3	21,0	21,4
Кислотная емкость, мг%	326,0	378,0	342,0	354,0	362,0	370,0	372,0	366,0
О п ы т н а я г р у п п а								
Гемоглобин, г%	8,2	8,6	9,4	10,0	11,0	10,6	11,4	11,8
РОЭ мм/час	3,0	4,0	2,0	5,0	3,0	4,0	3,0	3,0
Эритроциты, млн	2,9	3,0	3,2	3,8	4,0	4,2	4,1	4,2
Лейкоциты, тыс.	18,2	17,0	28,6	32,0	26,6	30,0	32,4	33,1
Кислотная емкость, мг%	330,0	384,0	388,0	396,0	400,0	410,0	408,0	412,0

Таким образом, применение силатранов в рационе крупного рогатого скота, способствует повышению продуктивности животных и снижает расход кормов в расчете на единицу прироста за счет лучшей переваримости питательных веществ.

Действие на домашнюю птицу

Влияние ХМС на организм кур породы белый леггорн кросс 288 и их продуктивность исследовано в трех сериях опытов [25—31]. ХМС не только не оказывал токсического действия на организм кур, но и способствовал большей сохранности поголовья в группах опытных кур (на 2,2—2,3%). ХМС оказал положительное влияние на гемопоэтическую функцию: количество эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина было больше у кур опытных групп (табл. 8). У них же были более высокими уровень щелочного резерва крови, показатели белкового, липидного, углеводного и фосфорно-кальциевого обмена (табл. 9). Гистологические исследования печени, почек, мышц, репродуктивных органов, костной ткани не выявили воспалительных или дегенеративных изменений.

Интенсификация метаболических реакций в организме птиц, получавших ХМС, привела к повышению живой массы (на 5,14—15,8%) и яйценоскости опытных групп кур при хорошем качестве их яиц и мяса. В течение соответствующих сроков наблюдения продуктивность кур, получавших ХМС в начальный период яйцекладки (I серия эксперимента), была больше на 11,3% в сравнении с курами контрольной группы; в период интенсивной продуктивности (II серия) — на 15,9%, в предкладковый период (III серия) — на 31,2%.

Содержание гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов у кур опытных групп по сравнению с контролем достоверно возросло через 2 месяца после введения препарата и особенно существенно — через 4 месяца. Это превышение удерживалось до конца эксперимента, составляя в среднем за 4 месяца соответственно 19,8, 33,1 и 50,3%. Показатели белкового, липидного углеводного и фосфорно-кальциевого обмена у кур, получавших ХМС, оказались также на уровне высших физиологических норм. В этих же группах сохранность поголовья птиц оказалась выше на 2,2—2,3%, а живой вес возрос на 5,2—15,8%.

Введение ХМС молодняку кур-несушек кросса «Заря-17» на Орехово-Зуевской птицефабрике в условиях освещенности на 20—40% ниже нормативной за 60 дней повысило сохранность молодняку кур на 3—11% по сравнению с птицами контрольной группы, содержащимися в условиях освещенности, рекомендованной для этой генетической линии [32]. В течение всего периода выращивания молодок (60 суток) живая масса молодняку кур опытных групп оказалась выше, чем в контроле.

Таблица 9

Влияние ХМС на биохимические показатели сыворотки крови кур*

Показатели	Группы	
	Контроль	Опытная
Общий белок, г%	4,02	4,32
Альбумины, %	58,0	57,0
Глобулины, %:		
альфа-глобулины	30,33	29,20
бета-глобулины	10,95	11,10
гамма-глобулины	19,80	24,61
Трансаминазы, ед:		
глутаминоаспарагиновая	55,60	54,10
глутаминоаланиновая	14,74	17,73
Остаточный азот, мг%	37,09	47,08
Кальций общий, мг%	17,89	26,00
Фосфор неорганический, мг%	4,07	5,16
Кальциево-фосфорные индексы:		
Са · Р	72,8	134,2
Са / Р	4,39	5,03
Щелочная фосфатаза, ед.		
Боданского	6,0	16,2
Гликоген, мг%	19,8	24,6
Сахар, мг%	175,0	216,0
Липиды общие, мг%	1941,0	2014,0
Холестерин, мг%	80,01	82,78

* Предкладковый период, возраст птиц 10 мес.

Результаты внедрения этоксисилатрана в качестве стимулятора продуктивности кур-несушек

Показатель	Базовый вариант	Новая технология
Поголовье цыплят к 5-дневному возрасту, тыс. голов	61638	61638
Сохранность поголовья к среднему в течение продуктивного периода кур-несушек, %	94,43	95,53
Среднее поголовье кур-несушек, голов	58,2	58,3
Продуктивность кур-несушек, яиц на голову	247,3	256,0
Валовый сбор, тыс. шт. яиц	14418	14899

Влияние ХМС на прирост живой массы бройлеров исследовано на цыплятах кросса «Авианфармз-34» [33]. К 58-дневному возрасту средняя живая масса и среднесуточный прирост молодняка цыплят-бройлеров, которым с недельного возраста добавляли ХМС из расчета 75 мг/кг сухой кормосмеси, составляли соответственно 1889 и 34,3 г, что на 4,4% больше, чем в контроле. Сохранность к этому возрасту цыплят опытной группы оказалась выше, чем в контроле на 4,2% (93,8 и 90,0% соответственно).

Возможность использования ЭС для повышения яйценоскости кур, установление его оптимальной дозы и сроков введения в организм птиц исследованы в 3 сериях испытаний на промышленном поголовье кур породы белый леггорн 288 кросса в период с 1984 по 1989 годы [34]. Сохранность кур и их яичная продуктивность оказались наиболее высокими при скармливании ЭС в дозе 5 мг/кг живой массы, начиная с 5-дневного возраста. В этом варианте (1-я группа) в среднем из 9 месяцев кладки ежемесячно на несушку приходилось на 6,6 штук яиц больше, чем в контроле. Введение ЭС положительно сказалось на процессах кроветворения, минеральном обмене кур. Сохранность птиц опытных групп по сравнению с контрольными была выше на 4,7–6,0%, яйценоскость — на 3,0–10,7% в зависимости от схемы применения препарата. В яйце кур опытных групп содержание протеина возросло на 3,8%, жира — на 5,9%, содержание влаги уменьшилось в среднем на 2,4%.

Более высокие по сравнению с контролем физиологические показатели яиц кур-несушек, получавших ЭС, подтверждены в исследованиях на маточном поголовье. Среднемесячная продуктивность кур, получавших ЭС в предкладочный период в течение 30 дней, за 9 месяцев учета по сравнению с контролем возросла на 4,7% (на 9 яиц на птицу в месяц).

По результатам трех инкубаций (по 500 яиц от кур опытной и контрольной групп) выводимость цыплят в опытной группе оказалась выше, чем в контрольной на 2,7–6%.

В качестве стимулятора продуктивности кур-несушек ЭС внедрен в 1986–87 гг. на птицефабрике «Красные зори» Ленинградского треста «Птицепром» и в 1988 г. в Усолье-Сибирском производственном птицеводческом объединении (табл. 10).

На птицефабрике «Красные зори» ЭС в дозе 10 мг/кг по сравнению с контролем увеличивал яичную продуктивность кур-несушек на 1,5% и сохранность поголовья на 1,2% [35].

Введение ЭС в дозе 5 мг/кг в рацион цыплят с 5-дневного возраста в Усолье-Сибирском производственном птицеводческом объединении повысило яичную продуктивность кур-несушек на 3,5% и сохран-

ность поголовья на 1,2%. В то же время 1-этилсилатран повышал продуктивность кур-несушек на 15% при полном соответствии норме химического состава яиц [24].

Влияние ЭС на физиологические показатели и продуктивность цыплят-бройлеров изучено на 3000 голов птиц промышленного стада [36]. Гематологические и биохимические показатели крови у цыплят всех групп были в пределах физиологических колебаний. У цыплят, получавших ЭС они были больше в сравнении с контролем (%): эритроцитов на 6,0–10,0; лейкоцитов на 10,0–14,3; гемоглобина на 0,1–0,3; общего белка на 12,0–15,0; неорганического фосфора на 5,0–7,0.

Хорошее физиологическое состояние цыплят, получавших с кормом ЭС, подтвердилось их более высокой продуктивностью: привес цыплят опытных групп (к моменту убоя) оказался больше контрольных на 2,7–24,5%. Наибольший прирост наблюдался при скармливании ЭС, начиная с 5-дневного возраста (1-я группа). В этом случае продуктивность возросла на 24,5%, а количество тушек 1 категории — на 43%. В тушках цыплят-бройлеров, получавших ЭС, было больше съедобных частей на 1,1–4,2, протеина на 1,0–1,6, жира на 0,2–0,3 и меньше влаги на 1,4–2%.

Сохранность цыплят перед убоем была выше также в опытных группах (в сравнении с контролем на 11,8–12,6%).

Полученные результаты свидетельствуют, что ЭС целесообразно вводить в рацион цыплят-бройлеров с целью увеличения их продуктивности, повышения сохранности и улучшения состава их мяса.

В качестве стимулятора продуктивности уток-бройлеров ЭС исследован на утках пекинской породы в 3 сериях производственных опытов [37]. По сравнению с контролем сохранность поголовья уток-бройлеров в опытных группах повысилась на 1,0–7,7%, живая масса к концу откорма — на 6,6–13,8. Соответственно для поголовья уток, получавших ЭС, тушек первой категории получено больше, чем в контроле, на 5,4–16,6%. В качестве стимулятора продуктивности уток-бройлеров ЭС внедрен в 1988 г. в Белореченском птицеводческом объединении. По сравнению с контролем (базовый вариант) ЭС в дозе 10 мг/кг увеличил привес уток-бройлеров на 8,6% и сохранность поголовья на 0,4% (табл. 11).

Таким образом, установленная в экспериментах *in vitro* способность силатранов стимулировать биосинтез белка и нуклеиновых кислот [25, 26, 37] отчетливо проявляется в целостном организме животных и птиц повышением их живой массы. Этому, а также жизнеспособности животных и птиц способствует мем-

Влияние этоксисилатрана на показатели продуктивности уток-бройлеров

Показатели	Базовый вариант	Новая технология
Поголовье утят к 5-дневному возрасту, тыс. голов	1495	1495
Сохранность поголовья к среднему в течение продуктивного периода, %	98,5	98,9
Поголовье уток-бройлеров реализованное, тыс. голов	1473	1479
Средняя живая масса утки-бройлера, кг	1,926	2,091
Масса уток-бройлеров реализованных, ц	28370	30926
Удельная экономическая эффективность, руб/руб		15,57

браностабилизирующий эффект силатранов. Благодаря ему исследованные силатраны улучшают функцию кроветворения у животных и птиц, в стандартных условиях содержания поддерживая ее показатели на уровне высших физиологических норм, а в неблагоприятных — препятствуют выходу этих показателей за пределы физиологических норм. В немалой мере вследствие этого эффекта силатраны интенсифицируют белковый, жировой, углеводный и минеральный обмен, улучшая биохимические и физиологические показатели животных и птиц.

ЛИТЕРАТУРА

- Хмелева Н.Н., Мухин Ю.Ф. Докл. АН СССР, 1986, т. 291, № 5, с. 1272—1274.
- Воронков М.Г., Зелчан Г.И., Лукевиц Э.Я. Кремний и жизнь. Изд. 2 перераб., и доп. Рига: «Зинатне», 1978, 587 с.
- Слуцкий Л.И. Изв. АН Латв. ССР, 1981, № 7, с. 94—102.
- Белоусова А.В., Потехина Л.Е., Перемен Л.Я. и др. Тез. докл. III Всес. конф. «Биологическая активность соединений кремния, германия, олова и свинца», Иркутск, 1980, с. 95—96.
- Воронков М.Г., Зелчан Г.И., Лукевиц Э.Я. Кремний и жизнь. Рига: «Зинатне», 1971, 327 с.; Silicium and Life. N.-Y.: Plenum Publishing Corp., 1971, 330 p.; Silicium und Leben. Berlin: Academic-Verlag, 1975, 370 S.
- Писарский Ю.Б., Казимировская В.Б., Воронков М.Г. Докл. АН СССР, 1987, т. 293, № 3, с. 724—727.
- Воронков М.Г., Торяшинова Д.-С.Д., Барышок В.П. и др. Изв. АН СССР, Сер. хим., 1984, № 12, с. 2673—2676.
- Final Report of the Safety Assessment for triethanolamine, diethanolamine, monoethanolamine. Expert Panel of the Cosmetic Ingredient Review. Washington, 1983, 55 p.
- Костродымова Г.М., Веронин В.М., Костродымов Н.Н. Гигиена и санитария, 1976, т. 3, с. 20—25.
- Фаттахова А.Н., Офицеров Е.Н., Наумова Р.П. Изучение метаболизма 1-(хлорметил)силатрана у дрожжей *Rhodotorula mucilaginosa*. Казань, КГУ, 1986, 25 с. Деп. ВИНТИ 21.02.86, № 2010-В.86.
- Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в Российской Федерации, 1988 год. Прил. к ж-лу «Защита и карантин растений», 1988, № 5.
- Неплюева Н.В., Гольберг О.А., Семенов Н.В. Вопросы гигиены труда, профилактики и охраны окружающей среды в микробиологической промышленности. М., 1986, с. 58—63.
- Матюшевский Л.А., Молчанова Е.Т., Воронков М.Г., Барышок В.П. Тез. докл. Всес. конф. по биологической активности соединений кремния, германия и олова, ИОХ СО РАН, Иркутск, 1990, с. 62.
- Михайлова Р.И., Баннов И.Я., Катруш К.М., Барышок В.П. Тез. докл. Всес. конф. «Биологическая активность соединений кремния, германия и олова», Иркутск, 1990, с. 60.
- Терлецкий В.З. Тез. докл. Всес. конф. «Биологическая активность соединений кремния, германия и олова», Иркутск, 1990, с. 61.
- Кокорев В.А., Маркин С.Д., Федин А.С., Буянкин Н.Ф. Сб. докл. Научно-производ. конф., посвященной 190-летию высшего ветеринарного образования в России и 100-летию ветеринарной науки, Санкт-Петербург, 1998, ч. 2, с. 119—122.
- Кокорев В.А., Федин А.С., Маркин С.Д., Громова Е.В. С.-х. биол., 1997, № 4, с. 58—65.
- Кокорев В.А., Маркин С.Д., Федин А.С. и др. Сб. докл. Научно-производ. конф., посвященной 190-летию высшего ветеринарного образования в России и 100-летию ветеринарной науки, Санкт-Петербург, 1998, ч. 2, с. 123—124.
- Терлецкий В.З., Барышок В.П., Воронков М.Г. и др. Вестник с.-х. науки, 2005, в печати.
- Матюшевский Л.А. Тез. докл. Всес. конф. «Биологическая активность соединений кремния, германия и олова», Иркутск, 1990, с. 64.
- Матюшевский Л.А., Молчанова Е.Т., Тимохин Г.Н. и др. Тез. докл. Всес. конф. «Биологическая активность соединений кремния, германия и олова», Иркутск, 1990, с. 63.
- Временное наставление по применению мигугена при гипотрофии поросят. М., 1989.
- Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Удивительный элемент жизни. Иркутск: Восточно-Сибирское изд-во, 1983, 108 с.
- Чернышев Е.А., Князев С.П., Кирич В.Н., Лахтин В.Г. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1998, т. 42, № 6, с. 120—125.
- Воронков М.Г., Дьяков В.М. Силатраны. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1978, 208 с.
- Voronkov M.G. Top. Surg. Chem., 1979, v. 84, p. 77—135.
- Воронков М.Г., Катруш К.М., Дьяков В.М. Изобретатель и рационализатор, 1978, № 3, с. 29, 30.
- Воронков М.Г., Барышок В.П. Наука в СССР, 1989, № 1, с. 116—119.
- Катруш К.М., Воронков М.Г., Дьяков В.М. Тез. докл. II Всес. симп. «Биологически активные соединения элементов IVB Группы», Иркутск, 1977, с. 162—169.
- Воронков М.Г., Платонова А.Т., Дьяков В.М. и др. Авт. свид. СССР № 541473, Бюл. изобр., 1977, № 1, с. 10.
- Воронков М.Г., Кузнецов И.Г., Дьяков В.М. Результаты научных исследований в практике сельского хозяйства. Ред. В.С. Шевелуха. М.: Наука, 1982, с. 87—98.
- Найденский М.С., Дьяков В.М., Чугунова И.К. Сб. докл. Научно-производ. конф., посвященной 190-летию высшего ветеринарного образования в России и 100-летию ветеринарной науки, Санкт-Петербург, 1998, ч. 2, с. 22.
- Федин А.С., Скопцов В.А., Буянкин Н.Ф., Баринов В.М. Сб. докл. совещ. «Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных», Санкт-Петербург, 1998, с. 44.
- Катруш К.М., Барышок В.П., Кочкина Н.Б., Воронков М.Г. Тез. докл. Всес. конф. «Биологическая активность соединений кремния, германия и олова», Иркутск, 1990, с. 70.
- Информационный листок № 106-88. Л.: ЛНЦТИ, 1988.
- Катруш К.М., Барышок В.П., Батоева Т.Ц., Воронков М.Г. Тез. докл. Всес. конф. «Биологическая активность соединений кремния, германия и олова», Иркутск, 1990, с. 69.
- Voronkov M.G. In: Biochemistry of Silicon and Related Problems. Ed. G. Bendz, I. Lindquist. London—N.-Y.: Plenum Press, 1978, p. 395—474.