

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОРГАНИЗМ ЖИВОТНЫХ**Н. В. Щипцова, М. Г. Терентьева***Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования по изучению миграции тяжелых металлов из корма в организм животного и динамики биохимических показателей сыворотки крови. Были сформированы 5 групп лабораторных животных (одна контрольная и четыре опытные) по пять животных (морских свинок) в каждой группе по принципу пар аналогов с учетом физиологического состояния, возраста, массы тела. Первая группа являлась контрольной и получала корма, выращенные без использования осадков сточных вод; животные второй группы получали корма, имеющие влажность 44,5 %, выращенные с использованием осадков сточных вод в дозе 30, третьей – 60, четвертой – 120, пятой – 240 т/га. По истечении срока эксперимента для исследования печени, почек и мышечной ткани на содержание кадмия, свинца, ртути, меди и цинка отобрали кровь у животных, произвели убой и вскрытие морских свинок. Анализ мышечной ткани и внутренних органов показал, что наибольшее количество исследуемых элементов накапливается в печени и почках. При исследовании биохимических показателей сыворотки крови животных определяли количество общего белка, альбуминов, глобулинов (α , β , γ), белкового коэффициента, общего кальция, неорганического фосфора. Динамика биохимических показателей сыворотки крови животных характеризуется снижением содержания общего белка, альбуминов и повышением глобулинов за счет увеличения количества α и β -глобулинов с одновременным снижением γ -глобулинов. Было установлено снижение уровня содержания общего кальция и повышение – неорганического фосфора с нарушением их соотношения.

Ключевые слова: морские свинки, осадки сточных вод, тяжелые металлы, внутренние органы, мышечная ткань, сыворотка крови, биохимические показатели.

Введение. Загрязнение объектов внешней среды различными химическими соединениями (тяжелыми металлами, радионуклидами, пестицидами, нитратами) представляет растущую угрозу для здоровья людей, животных и окружающей среды.

Проблема производства экологически безопасной и биологически полноценной продукции животноводства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем является одной из актуальных. Она непосредственно связана с качеством питания и средой обитания человека, поэтому самым тесным образом объединяет вопросы экологии, ветеринарии и здравоохранения.

В условиях нарастающего техногенного загрязнения окружающей среды экотоксикантами все более актуальной становится проблема их поступления в организм и влияния на биологические процессы [4, 5].

Целью исследований является изучение миграции тяжелых металлов в организме лабораторных животных и динамики биохимических показателей сыворотки крови.

Скорость всасывания соединений тяжелых металлов зависит от биологических особенностей органов пищеварения, физико-химических свойств всасываемых веществ и т.д.

Белки различных тканей в организме животного находятся в тесной связи между собой. В результате изменений обменных, физико-химических процессов в организме они быстро реагируют на данные процессы, поэтому белковый состав сыворотки крови отражает общее состояние организма и свидетельствует о той или иной патологии.

Исследование концентрации белков в сыворотке крови широко используются в диагностических целях. Одной из причин гипопроотеинемии является нарушение его образования при недостаточности функции печени, которая возникает при различных токсических повреждениях, в том числе и тяжелыми металлами. Концентрация общего белка в сыворотке крови зависит, главным образом, от синтеза и распада двух основных белковых фракций – альбуминов и глобулинов [1, 2].

Материалы и методы. Для изучения миграции тяжелых металлов из корма в организм животных были сформированы 5 групп морских свинок (одна контрольная и четыре опытные) по пять животных массой 255-280 г. по принципу пар аналогов с учетом физиологического состояния, возраста, массы тела. Первая группа являлась контрольной и получала корма, выращенные без использования осадков сточных вод (ОСВ), животные второй группы получали корма, выращенные с использованием ОСВ, в дозе 30, третьей – 60, четвертой – 120, пятой – 240 т/га [8].

Рацион животных содержал 43 % опытных кормов. Лабораторный опыт по скармливанию животным кормов, выращенных с применением ОСВ, продолжался в течение 90 дней. По истечении срока эксперимента отобрали кровь для исследования печени, почек и мышечной ткани на содержание кадмия, свинца, ртути, меди и цинка, произвели убой и вскрытие морских свинок.

Содержание кадмия, свинца, меди и цинка в исследуемых пробах определяли атомно-абсорбционным методом на спектрометре «Квант – Z.ЭТА-1» в соответствии с ГОСТом 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов», ртути – на анализаторе «Юлия» в соответствии с ГОСТом 26927-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути».

Определение биохимических показателей сыворотки крови проводили по общепринятым методикам в соответствии с методическими указаниями по применению унифицированных биохимических методов исследования крови, мочи и молока в ветеринарных лабораториях. Общий белок в сыворотке крови определяли рефрактометрическим методом, а белковые фракции – нефелометрическим, неорганический фосфор – в безбелковом фильтрате крови с ванадат-молибдатным реактивом, общий кальций – в сыворотке крови комплексометрическим методом по Уилкинсону [6, 7].

Результаты исследования и их обсуждение. Здоровье животных и качество животноводческой продукции во многом зависят не только от уровня кормления, но и качества кормов, например, показателей их безопасности.

Безопасность кормов определяется уровнем содержания в них вредных контаминантов биологической или химической природы.

В кормах, выращенных с использованием осадков сточных вод, по сравнению с контрольными показателями наблюдалось увеличение содержания тяжелых металлов с повышением дозы внесения ОСВ в 1,3-2,4 раза, при этом превышений предельно допустимых концентраций не было установлено.

Анализ результатов лабораторных исследований свидетельствует о том, что содержание кадмия в организме лабораторных животных контрольной группы было близко к допустимому уровню (ДУ), и в печени составляло $0,21 \pm 0,01$ (при ДУ 0,3 мг/кг), почках – $0,80 \pm 0,04$ (при ДУ 1,0 мг/кг), мышечной ткани – $0,04 \pm 0,01$ мг/кг (при ДУ 0,05 мг/кг) (табл.).

Таблица – Содержание тяжелых металлов в органах и ткани животных, мг/кг

ТМ	Группа животных					
	ДУ	1	2	3	4	5
в печени						
Кадмий	0,3	$0,21 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,01^*$	$0,39 \pm 0,01^*$	$0,42 \pm 0,02^*$
Свинец	0,6	$0,12 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01^*$	$0,12 \pm 0,01^*$	$0,19 \pm 0,01^*$	$0,34 \pm 0,02^*$
Медь	20,0	$9,56 \pm 0,53$	$7,80 \pm 0,15^*$	$8,94 \pm 0,35$	$6,98 \pm 0,09^*$	$8,22 \pm 0,33$
Цинк	100	$52,18 \pm 1,77$	$53,51 \pm 2,24$	$60,96 \pm 0,79^{**}$	$84,35 \pm 4,96^{**}$	$99,82 \pm 2,46^*$
в почках						
Кадмий	1,0	$0,80 \pm 0,04$	$0,90 \pm 0,01^*$	$1,01 \pm 0,02^*$	$1,27 \pm 0,02^*$	$1,34 \pm 0,04^*$
Свинец	1,0	$0,34 \pm 0,02$	$0,39 \pm 0,01$	$0,42 \pm 0,01$	$0,49 \pm 0,01^*$	$0,59 \pm 0,01^*$
Медь	20,0	$8,09 \pm 0,24$	$7,14 \pm 0,27^*$	$8,95 \pm 0,14^{**}$	$7,37 \pm 0,41$	$7,83 \pm 0,16$
Цинк	100,0	$39,03 \pm 1,26$	$36,19 \pm 0,84$	$42,43 \pm 1,52$	$100,82 \pm 1,33^*$	$87,64 \pm 1,65^*$
в мышечной ткани						
Кадмий	0,05	$0,04 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01^*$	$0,06 \pm 0,01^*$
Свинец	0,5	$0,04 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01^{***}$	$0,06 \pm 0,01^*$	$0,10 \pm 0,01^*$	$0,19 \pm 0,01^{**}$
Медь	5,0	$1,66 \pm 0,15$	$2,17 \pm 0,18$	$2,19 \pm 0,12$	$1,31 \pm 0,09$	$2,04 \pm 0,07$
Цинк	70,0	$39,78 \pm 1,66$	$39,83 \pm 0,58$	$41,56 \pm 1,34$	$32,10 \pm 1,55^*$	$22,50 \pm 0,90^*$

*- $P < 0,05$, **- $P < 0,01$, ***- $P < 0,001$

В среднем содержание кадмия в печени составляло $0,34 \pm 0,02$ ($P < 0,01$) при ПДК 0,3 мг/кг, в почках – $1,13 \pm 0,04$ ($P < 0,01$) при ПДК 1,0 мг/кг, в мышечной ткани – $0,05 \pm 0,01$ ($P < 0,01$) при ПДК 0,05 мг/кг.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание кадмия в мышечной ткани не превышало ДУ, в печени и почках – превышало в 1,13 раза.

Содержание свинца в печени, почках и мышечной ткани в среднем составляло $0,18 \pm 0,02$, $0,47 \pm 0,03$ ($P < 0,05$) и $0,10 \pm 0,01$ ($P < 0,01$) мг/кг, что выше контрольных показателей в 1,5, 1,4 и 2,5 раза.

Максимальное содержание ртути $0,004 \pm 0,001$ мг/кг было установлено в мышечной ткани, печени и почках опытных животных 5 группы.

Содержание меди в печени животных опытных групп в среднем составляло $7,99 \pm 0,21$ мг/кг ($P < 0,05$), в почках – $7,82 \pm 0,20$ при ДУ 20,0 мг/кг, в мышечной ткани – $1,93 \pm 0,10$ при ДУ 5,0 мг/кг. Содержание меди в печени и почках ниже в 1,2 и 1,03 раза, в мышечной ткани – выше в 1,2 раза в сравнении с контрольными показателями. Содержание цинка в печени, почках и мышечной ткани в опытных групп в среднем составляло $74,66 \pm 4,45$ ($P < 0,01$), $66,77 \pm 6,44$ и $33,99 \pm 1,81$ мг/кг, что выше в 1,4 и 1,7 раза и ниже в 1,2 раза, соответственно в сравнении с контрольными показателями.

В почках животных четвертой группы накопление цинка достигало $100,82 \pm 1,33$ при ДУ 100 мг/кг.

Скорость всасывания соединений тяжелых металлов зависит от биологических особенностей органов пищеварения, физико-химических свойств всасываемых веществ и так далее.

Белки различных тканей в организме животного находятся в тесной связи между собой. В результате изменений обменных, физико-химических процессов в организме они быстро реагируют на данные процессы, поэтому белковый состав сыворотки крови отражает общее состояние организма и свидетельствует о той или иной патологии.

При биохимических исследованиях нами было установлено, что содержание общего белка в сыворотке крови животных контрольной группы находилось на уровне $59,14 \pm 1,36$ г/л. В опытных группах содержание общего белка находилось в пределах $60,06 \pm 0,81$ - $52,60 \pm 1,40$ г/л. Во 2 группе содержание общего белка увеличилось в 1,02 раза в сравнении с контрольными показателями, а в 3-5 опытных группах – снизилось в 1,04, 1,10 и 1,13 раза ($P < 0,05$), соответственно.

Содержание альбуминов в сыворотке крови животных контрольной группы составляло $66,42 \pm 0,64$ %, опытных групп – $66,22 \pm 1,66$ - $52,36 \pm 0,84$ %. Устойчивое снижение уровня альбуминов в сыворотке крови было установлено в 3-5 группах в 1,09 ($P < 0,05$), 1,20 ($P < 0,05$) и 1,27 раза ($P < 0,05$) соответственно.

Уровень α -глобулиновых фракций в контрольной группе составил $7,20 \pm 0,44$ %, а в опытных группах повысился на $8,02 \pm 1,30$ - $14,88 \pm 0,35$ %, что выше контрольного показателя в 1,11, 1,47, 1,66 ($P < 0,05$) и 2,07 раза ($P < 0,05$), соответственно.

Фракция β -глобулинов во 2 группе незначительно снизилась, в 3-5 группах повысилась в 1,23 ($10,42 \pm 0,84$ %), 1,86 ($15,82 \pm 0,94$ %) $P < 0,05$, 1,97 раза ($16,78 \pm 0,88$ %) $P < 0,05$, соответственно, по сравнению с контрольными показателями.

Содержание γ -глобулинов в сыворотке крови 2, 4 и 5 опытных групп достоверно снизилось и составило $17,30 \pm 0,37$ - $15,98 \pm 0,16$ % по сравнению с контрольными показателями – $17,88 \pm 1,47$ %. В сыворотке крови животных 3 группы содержание γ -глобулинов незначительно повысилось – $17,90 \pm 0,18$ %.

Альбумин-глобулиновый коэффициент (белковый коэффициент) в контрольной группе составил $1,98 \pm 0,06$, а в опытных группах – $1,99 \pm 0,13$ - $1,10 \pm 0,04$.

Нами было установлено, что количество общего кальция в сыворотке крови животных контрольной группы составило $9,30 \pm 0,27$ мг %, у животных опытных групп – $8,90 \pm 0,17$, $8,50 \pm 0,14$ ($P < 0,05$), $7,60 \pm 0,13$ ($P < 0,05$) и $7,05 \pm 0,12$ мг %, ($P < 0,05$), что ниже контрольных показателей в 1,04, 1,09, 1,22 и 1,32 раза, соответственно.

Содержание неорганического фосфора в сыворотке крови животных контрольной группы составило $4,97 \pm 0,09$ мг %, опытных групп – $4,87 \pm 0,16$, $5,11 \pm 0,13$, $5,61 \pm 0,34$ и $6,06 \pm 0,18$ мг % ($P < 0,05$), соответственно, что выше контрольного показателя в 3-5 группах в 1,03, 1,15 и 1,22 раза [9].

Выводы

1. Накопление тяжелых металлов в печени, почках и мышечной ткани происходило неравномерно. Было установлено превышение ДУ кадмия в печени в 1,4, почках – 1,3 и мышечной ткани – в 1,3 раза. Содержание цинка в почках у животных 4 группы достигало ДУ (100 мг/кг) и составляло $100,82 \pm 1,33$ мг/кг. Превышений ДУ свинца, ртути и меди установлено не было.

2. Динамика биохимических показателей сыворотки крови морских свинок на фоне кумуляции тяжелых металлов в печени, почках и мышечной ткани характеризуется снижением содержания общего белка, альбуминов и повышением глобулинов за счет увеличения количества α и β -глобулинов с одновременным понижением γ -глобулинов, что свидетельствует о нарушении белковообразовательной функции. Было установлено снижение уровня общего кальция и повышение неорганического фосфора с нарушением их соотношения.

Литература

1. Андрианова, Т. Г. Механизм токсического действия соединений свинца и кадмия на организм животных / Т. Г. Андрианова // Практик. – 2006. – № 5. – С. 42-45.
2. Данилова, Л. А. Справочник по лабораторным методам исследования / Л. А. Данилова. – СПб.: Питер, 2003. – 736 с.
3. Ларионов, Г. А. Миграция тяжелых металлов в биологической цепи «почва – растение – животное» / Г. А. Ларионов, Е. П. Царева, Н. В. Щипцова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 6. – С. 49-50.
4. Рубченков, П. Н. Экспериментальное изучение эффективности применения сорбирующих комплексов / П. Н. Рубченков, Л. Л. Захарова, Г. А. Жоров, В. Н. Обрывин // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2012. – № 2 (8). – С. 102-106.
5. Рубченков, П. Н. Прогнозирование безопасности продукции животноводства при загрязнении кормов радионуклидами и тяжелыми металлами / П. Н. Рубченков, Л. Л. Захарова, Г. А. Жоров, В. Н. Обрывин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2014. – № 3. – С. 46-52.
6. Терентьева, М. Г. Аминотрансферазы и фосфатазы прямой кишки у разновозрастных поросят // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 5 (71). – С. 67-68.
7. Щипцова, Н. В. Биохимические показатели сыворотки крови животных как индикатор нарушения обмена веществ при кумуляции тяжелых металлов / Н. В. Щипцова, Г. А. Ларионов // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2013. – № 1 (9). – С. 82-84.
8. Щипцова, Н. В. Экологическая оценка воздействия осадков сточных вод на почву по содержанию тяжелых металлов / Н. В. Щипцова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. – Краснодар, 2017. – С. 632-633.
9. Щипцова, Н. В. Миграция тяжелых металлов в цепи почва – растения – животные: автореф. ... канд. биол. наук / Н. В. Щипцова. – М., 2009. – 24 с.

Сведения об авторах

1. **Щипцова Надежда Варсонофьевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: shipnavars@mail.ru; тел.: 8-927-995-07-11);

2. **Терентьева Майя Генриховна**, кандидат биологических наук, ст. преподаватель кафедры биотехнологий и переработки сельскохозяйственной продукции, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: maiya-7777@mail.ru; тел.: 8-927-865-90-31.

INFLUENCE OF HEAVY METALS ON THE ANIMALS ORGANISM

N.V. Shchiptsova, M.G. Terentyeva
Chuvash State Agricultural Academy
 428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. *The experimental studies on the migration of heavy metals from feed to the animal's organism and the dynamics of biochemical parameters of blood serum are carried out. Five groups of laboratory animals (one control and four experimental ones) were formed according to the principle of pairs of analogs, taking into account the physiological state, age, and body weight of five animals (guinea pigs) in each group. The first group was the control and received food grown without use of sewage sludge, the animals of the second group received fodder grown with the use of sewage sludge in a dose of 30, the third – 60, the fourth – 120, the fifth – 240 t / ha, humidity 44.5 %. After the expiration of the experiment, blood was also taken from the liver and kidneys and muscle tissue, cadmium, lead, mercury, copper and zinc were killed and the guinea pigs were opened. Analysis of the muscle tissue and internal organs of animals showed that the greatest number of elements studied accumulates in the liver and kidneys. When studying the biochemical parameters of blood serum of animals, the amount of total protein, albumins, globulins (α , β , γ), protein coefficient, total calcium, inorganic phosphorus were determined. Dynamics of biochemical indices of blood serum of animals is characterized by a decrease in the content of total protein, albumins and increase in globulins due to an increase in the number of α and β -globulins, with a simultaneous decrease in γ -globulins. A decrease in the level of total calcium and an increase in inorganic phosphorus with a violation of their ratio were established.*

Key words: *guinea pigs, sewage sludge, heavy metals, internal organs, muscle tissue, serum, biochemical indicators.*

References

1. Andrianova T.G. The mechanism of toxic effect of lead and cadmium compounds on the animal organism / T.G. Andrianova // Practitioner. – 2006. – No. 5. – Pp. 42-45.
2. Danilova L.A. Handbook of laboratory methods of research / L.A. Danilova. – St. Petersburg: Peter, 2003. – 736 p.
3. Larionov G.A. Migration of heavy metals in the biological chain "soil-plant-animal" / G.A. Larionov, E.P. Tsareva, N.V. Shchiptsova // The agrarian messenger of the Urals. – 2009. – No. 6. – Pp. 49-50.
4. Rubchenkov P.N. Experimental study of the effectiveness of sorbent complexes / P.N. Rubchenkov, L.L. Zakharova, G.A. Zhorov, V.N. Obrinin // Russian Journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology". – 2012. – No. 2 (8). – Pp. 102-106.
5. Rubchenkov P.N. Forecasting the safety of livestock products when contaminating feeds with radionuclides and heavy metals / P.N. Rubchenkov, L.L. Zakharova, G.A. Zhorov, V.N. Obryvin // Veterinary science, zootechny and biotechnology. – 2014. – No. 3. – Pp. 46-52.
6. Terentyeva M.G. Aminotransferase and phosphatase of the rectum in uneven-aged animals/ M.G. Terentyeva // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2010. – No. 5 (71). – Pp. 67-68.
7. Shchiptsova N.V. Biochemical indices of blood serum of animals as an indicator of metabolic disturbance during cumulation of heavy metals / N.V. Shchiptsova, G.A. Larionov // Russian Journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology". – 2013. – No 1 (9). – Pp. 82-84.
8. Shchiptsova N.V. Ecological assessment of the effect of sewage sludge on the soil on the content of heavy metals / N.V. Shchiptsova // In the collection: Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production, a collection of scientific papers on the materials of the V International Scientific Ecological Conference, dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University, 2017. – Pp. 632-633.
9. Shchiptsova N.V. Migration of heavy metals in the chain soil – plants – animals: the dissertation author's abstract on competition of a scientific degree cand. of Biol. Sciences (16.00.06 - veterinary sanitation, ecology, zoo hygiene and veterinary and sanitary examination) / N.V. Shchiptsova. – M. : – 2009. – 24 p.

Information about authors

1. **Shchiptsova Nadezhda Varsofofeyna**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the

Department of Biotechnology and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29 K. Marks str.; e-mail: shipnavars@mail.ru, тел.: 8-927-995-07-11;

2. *Terentyeva Maya Genrikhovna*, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of Biotechnology and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29 K. Marks str.; e-mail: maiya-7777@mail.ru, тел.: 8-927-865-90-31.

УДК 629.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕХАНИЗМА ПОДВЕСКИ С ПРУЖИНОЙ РАСТЯЖЕНИЯ

В.В. Белов, С.В. Белов, И.В. Захаров, Д.Ю. Данилов, Ф.В. Капитонов

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В статье даны результаты исследования физической модели механизма подвески с пружиной растяжения. Дан краткий анализ особенностей выбора параметров пружинного механизма при конструировании. Приведены сведения о необходимости уточнения параметров оптимизации механизма подвески. Эксперименты проведены при изменении одного параметра, а именно, угла между рычагами подвеса. В ходе эксперимента исследовалось усилие в точке подвеса предполагаемого рабочего органа. В табличной и графической форме представлены результаты экспериментальных исследований. Их результаты показали, что изменение усилия зависит от угла между рычагами подвеса. На основе полученных данных авторы определили приведенную жесткость как отношение изменения приращения усилия на динамометре к приращению перемещения точки подвеса рабочего органа. Исследования разных вариантов механизма подвески показали, что имеется возможность изменения стабильности выходного усилия на исполнительные устройства за счет изменения угла между рычагами подвеса рабочего органа. Полученные данные изменения приведенного усилия пружины в точку подвеса при углах 76°; 87°; 60° доказывают переменчивость упругой характеристики механизма подвески. Результаты проведенных исследований показывают несостоятельность, ошибочность методики оптимизации пружинных механизмов, которая принимает за основной параметр оптимизации только жесткость пружины. Они опровергают существующее мнение исследователей о жесткости пружины. Интенсивность изменения приведенного усилия пружины в точку подвеса зависит от угла между двуплечим рычагом. В то же время следует отметить, что характер изменения упругой характеристики механизма подвески в зависимости от величины угла между двуплечим рычагом может быть как возрастающим, так и убывающим.

Ключевые слова: механизм, подвеска, пружина, упругие характеристики, исследование, оптимизация, параметры.

Введение. Пружинные механизмы – очень древнее изобретение человеческого ума. Многие машины, как сельскохозяйственные, так и транспортные, имеют в качестве подвески разных рабочих органов механизмы с пружинами. Мы предполагаем, что использование деревянных пружин было одним из самых ранних. Например, использование усилия изгиба деревянных жердей и т.д. На современном этапе развития техники используются в основном стальные пружины.

Анализ известных механизмов подвески показывает, что в настоящее время в литературных источниках отсутствуют четкие указания по выбору параметров оптимизации механизма подвески (далее МП) [9].

Например, И. А. Беляев рекомендует принимать среднее значение угла между осями рычагов двуплечего рычага $\gamma=60$ град., а соотношение длины рычага присоединения пружины принять в пределах 0,08-0,10 по отношению к длине нижних подъёмных рамок [11]. Указанные соотношения, как показали наши исследования [7, 8], не приводят к соответствию механизма требуемым характеристикам.

Спроектированные таким образом МП режущих аппаратов и других машин показывает, например, что копир-элемент валковых жаток оказывает усилие на поверхность почвы в пределах 25-35 кгс (кгс/башмак), а аналогичные по массе уравновешенной части жатки для скашивания трав на кормоуборочных машинах КПС-5Г – до 150 кгс. Копирующие полозки у КППН-3,0 производят нажатие на поверхность почвы – 65-70 кгс и более, хотя масса уравновешенной части на порядок меньше.

Анализ упругих характеристик МП для КС-2,1 (нажатие на поверхность почвы внутреннего башмака 25-35 кгс) в сравнении с МП валковых жаток невольно вызывает вопрос, почему при разных уравновешенных массах, отличающихся друг от друга на два порядка, настраиваемые нагрузки копирующих устройств являются одинаковыми.

Аналогично можно сравнить МП для КРН-2,1, который создает нагрузку на копирующее устройство для внутреннего башмака 65-70 кгс и более, хотя и имеет массу рабочего органа, навешенного на МП, на порядок ниже, чем масса валковых жаток или жатки для скашивания трав на КСК –100 МА (МП создает нагрузку от 30 до 50 кгс).