

ISSN 1819-4036

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Красноярский государственный аграрный университет

# ***В Е С Т Н И К КрасГАУ***

Выпуск 6

Красноярск 2015

## Редакционный совет

*Н.И. Пыжикова* – д-р экон. наук, проф. – *гл. научный редактор*  
*А.С. Донченко* – д-р вет. наук, акад. РАН – *зам. гл. научного редактора*  
*Н.В. Донкова* – д-р вет. наук, проф. – *зам. гл. научного редактора*  
*Я.А. Кунгс* – канд. техн. наук, проф.  
*Г.Т. Мейрман* – д-р с.-х. наук, проф. Казахского НИИ земледелия и растениеводства (Республика Казахстан)  
*Н.А. Сурин* – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН

## Редакционная коллегия

*А.Н. Антамошкин*, д-р техн. наук, проф.  
*С.С. Бакшеева*, д-р биол. наук, доц.  
*Г.С. Вараксин*, д-р с.-х. наук, проф.  
*Н.Г. Ведров*, д-р с.-х. наук, проф.  
*Н.А. Величко*, д-р техн. наук, проф.  
*Г.А. Демиденко*, д-р биол. наук, проф.  
*Т.Ф. Лефлер*, д-р с.-х. наук, проф.  
*А.Е. Луценко*, д-р с.-х. наук, проф.  
*В.В. Матюшев*, д-р техн. наук, проф.  
*Н.И. Селиванов*, д-р техн. наук, проф.  
*А.Н. Халипский*, д-р с.-х. наук, проф.  
*Н.И. Чепелев*, д-р техн. наук, проф.  
*В.В. Чупрова*, д-р биол. наук, проф.

Журнал «Вестник КрасГАУ» включен в утвержденный ВАК Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

---

Адрес редакции: 660017, г. Красноярск,  
ул. Ленина, 117  
тел. 8-(3912)-65-01-93  
E-mail: [rio@kgau.ru](mailto:rio@kgau.ru)

Редактор *Т.М. Матрич*  
Компьютерная верстка *А.А. Иванов*

---

Подписано в печать 18.06.2015      Формат 60x84/8  
Тираж 250 экз.      Заказ № 275  
Усл. п.л. 30,5

---

Подписной индекс 46810 в Каталоге «Газеты. Журналы» ОАО Агентство «Роспечать»  
*Издается с 2002 г.*  
*Вестник КрасГАУ. – 2015. – №6 (105).*  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-14267 от 06.12.2002 г.  
ISSN 1819-4036

© Красноярский государственный аграрный университет, 2015



## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.468

М.Н. Егунова, И.Н. Безкоровайная

#### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЗОФАУНЫ В 40-ЛЕТНИХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ НА СТАРОПАХОТНОЙ СЕРОЙ ПОЧВЕ

*В статье рассматривается эдификаторная роль основных лесообразующих пород Сибири в формировании комплекса почвенных беспозвоночных в процессе формирования подстилочного слоя и изменения гидротермических условий верхнего горизонта почвы.*

**Ключевые слова:** плотность, мезофауна, почвенные беспозвоночные, лесная культура, подстилка, анализ, формирование комплекса.

M.N. Egunova, I.N. Bezkorovaynaya

#### THE PECULIARITIES OF MESOFAUNA FORMATION IN 40-YEAR-OLD FOREST CULTURES ON THE OLD-ARABLE GREY SOIL

*The edificator role of the main Siberian forest-forming species in the formation of the soil in vertebrate complex within the process of the underlayer formation and changes in the hydrothermal conditions of the upper soil horizon are considered in the article.*

**Key words:** density, mesofauna, soil invertebrates, forest culture, underlayer, analysis, formation of complex.

**Введение.** Экологами и почвоведомы давно признано влияние растительности на формирование свойств почв [5, 6, 12, 13].

Несмотря на это, понимание механизмов взаимодействия в системе растительность↔почва до сих пор остается неполным. Причиной этого является тот факт, что принципы распространения растительности отражают ландшафтный уровень вариабельности почв, обусловленный другими устойчивыми факторами почвообразования (возраст, климат, рельеф, почвообразующие породы), которые мешают вычленить влияние растений на развитие почвы. Немногочисленные многолетние эксперименты с лесными культурами, когда разные древесные виды высаживаются в близких климатических и почвенных условиях, дают возможность минимизировать смешанное влияние факторов и вычленить особенности влияния растительности на почву [11–13].

Для изучения внутренних связей в системе растительность↔почва в 1968 г. в условиях южной тайги (56°с.ш. 92°в.д.) под руководством проф. Н.В. Орловского заложен эксперимент с основными лесообразующими породами Сибири на старопахотных серых почвах [10]. Эксперимент с лесными культурами на выровненном агрофоне является идеальным объектом для изучения динамики формирования лесных насаждений разного породного состава. Он дает возможность выявить роль растительности в организации и функционировании отдельных компонентов лесного сообщества.

Растительность оказывает влияние на почву через гетеротрофные процессы, в том числе через функциональную активность почвенных животных. В связи с этим анализ формирования ком-

плексов беспозвоночных при изучении взаимодействия между растительностью и почвой имеет важное значение.

**Цель исследования.** Определить особенности формирования комплексов почвенных беспозвоночных группы «мезофауна» в 40-летних лесных культурах, созданных в одинаковых почвенно-климатических условиях.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводились на многолетнем эксперименте в 40-летних лесных культурах основных лесообразующих пород Сибири – сосне сибирской (*Pinus sibirica*), ели (*Picea obovata*), лиственнице (*Larix sibirica*), сосне (*Pinus silvestris*), березе (*Betula fruticosa*) и осине (*Populus tremula*). Экспериментальный участок расположен на обширной террасе р. Качи, левобережного притока Енисея, и занимает 1,7 га на серой почве. Культуры высажены 2–3-летними саженцами в 1971–1972 гг. на участок, который после раскорчевки вторичного березняка лесостепной зоны периодически использовался под сельскохозяйственные угодья [10].

На эксперименте периодически проводятся лесоводственные мониторинговые исследования процесса формирования лесных сообществ разного типа. К 40-летнему возрасту культур под ними сформировался равномерно распределенный по поверхности органогенный горизонт с четко выраженной стратиграфией из подгоризонтов L, F и H, а гомогенный пахотный слой серой почвы (PY-горизонт) дифференцировался (O-AY1-AY2) [11].

В качестве фонового участка в работе использована разнотравно-злаковая залежь (возраст 5 лет), отражающая состояние сообщества до посадки культур. Залежь представлена злаковой растительностью – пырей (*Elytrigia repens* L.), мятлик (*Poa annua* L.) и разнотравьем – тысячелистник (*Achillea millefolium* L.), мышиный горошек (*Vicia cracca* L.), ромашка непахучая (*Matricaria perforata* (L.) Sch. Bip.), клевер белый (*Trifolium repens* L.), гулявник лезеля (*Sisymbrium loesellii* L.).

Сосняк разнотравно-осочковый (90 лет) и березняк орляково-разнотравно-осочковый (60 лет) отражают конечную стадию формирования лесных биогеоценозов разного типа.

Все контрольные участки примыкают к экспериментальному участку с лесными культурами и находятся в тех же почвенно-климатических условиях.

Для учета почвенных беспозвоночных группы «мезофауна» использовались прямые методы, общепринятые в почвенно-зоологических исследованиях: послойный отбор проб с последующей разборкой на колонке почвенных сит [4]. К мезофауне отнесены дождевые черви, энхитреиды (учитывались только особи, извлекаемые при ручной разборке проб), личинки и имаго членистоногих. В каждом типе насаждений пробы (размер 25x25 см) отбирались в 5-кратной повторности по двум слоям: подстилка и минеральный слой 0–15 см. Полевые исследования проводились в 2011–2013 гг.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Запасы подстилки в 40-летних лесных культурах близки естественным лесным сообществам (рис. 1). В культурах хвойных пород запасы подстилки составляют 2348–3870 г/м<sup>2</sup> [3, 8], а под березой и осиной они в 2–3 раза ниже, что отражает высокую степень биологической трансформации растительного вещества в лиственных сообществах.

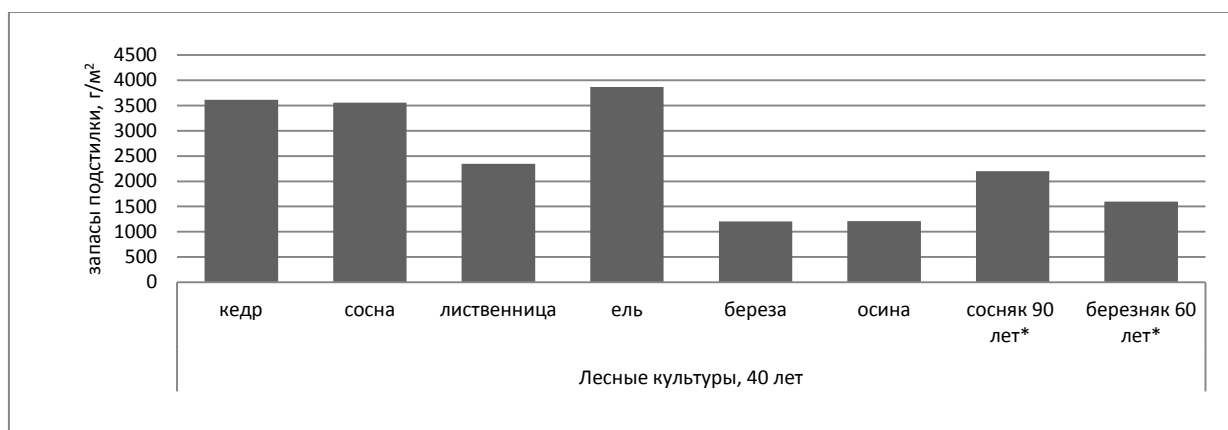


Рис. 1. Запасы подстилки в 40-летних лесных культурах и естественных лесных экосистемах\*: сосняк разнотравно-осочковый (90 лет) и березняк орляково-разнотравно-осочковый (60 лет)

Анализ гидротермических условий под формирующимися лесными культурами показал, что различия по влагозапасам между культурами в почвенном слое в среднем за вегетационный период незначительны [1]. Наибольшие влагозапасы характерны для лиственных насаждений (рис. 2). Выявленные различия по температуре почвы между 30-летними культурами обусловлены контрастностью фитоценологических характеристик исследуемых биотопов (густота и плотность, возраст, сомкнутость, запасы надземной фитомассы, напочвенный покров и лесная подстилка), поскольку температурный режим почв под насаждениями является результирующим эффектом тепловых потоков в почву и из нее.

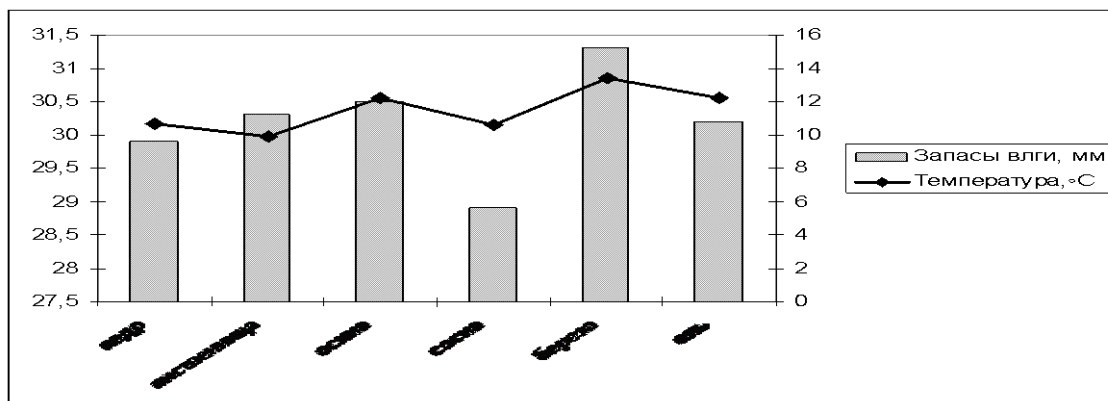


Рис. 2. Запасы влаги и температура минерального слоя 0–10 см под лесными культурами (по данным Безкоровайной, Яшихина, 2003), мм

Анализ комплексов почвенных мезофауны под 40-летними культурами и на контрольных участках показал, что наибольшая плотность крупных беспозвоночных отмечена под сосной – 359 экз/м<sup>2</sup>, а наименьшая под березой – 47,1 экз/м<sup>2</sup> (рис. 3). Различия в формирующихся под древесными породами комплексах педобионтов связаны с подстилочным горизонтом. Выявлена достаточно тесная корреляция между запасами подстилки и плотностью беспозвоночных в подстилочном слое ( $R = 0,56$ ). Основная плотность беспозвоночных (50–80 %) сосредоточена в подстилке, что отличает искусственные от естественных биогеоценозов, где большой процент педобионтов приурочен к верхнему минеральному слою почвы и превышает таковую под культурами в 5–7 раз. Такой тип вертикального размещения характерен для серых почв, где формирование верхнего аккумулятивного горизонта происходит через вовлечение педобионтами растительных остатков в минеральную часть почвы и их разложение непосредственно в ней [7].

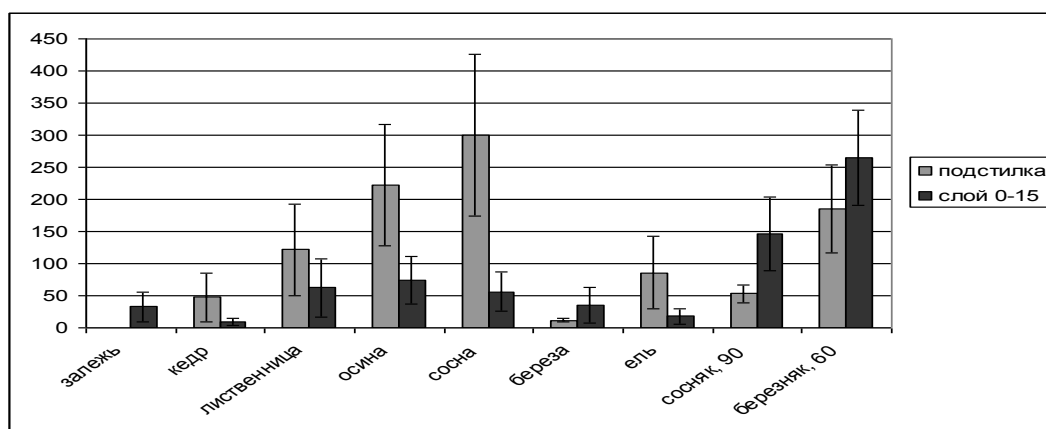


Рис. 3. Плотность почвенных беспозвоночных в 40-летних культурах, экз/м<sup>2</sup>

В минеральном слое почвы под культурами плотность беспозвоночных близка к залежи и колеблется от 9 до 74 экз/м<sup>2</sup>. Полученные данные по вертикальной стратификации крупных беспозвоночных показали, что изменение их плотности под культурами происходит за счет формирования подстилки и, соответственно, подстилочного комплекса беспозвоночных.

При анализе состава таксономических групп почвенной мезофауны под 40-летними культурами выявлено доминирование дождевых червей (*Lumbricidae*) практически под всеми 40-летними культурами. Исключение составляют культуры лиственницы и осины, где более 40 % приходится на альтернативную группу почвенных сапрофагов энхитреид (*Enchytraeidae*). Для естественных лесных сообществ выявлено абсолютное доминирование энхитреид (80 %) (табл. 1).

Таблица 1

**Плотность мезофауны основных таксонов под культурами и на контрольных участках, экз/м<sup>2</sup>**

Группа беспозвоночных	Кедр	Лиственница	Осина	Сосна	Береза	Ель	Залежь	Сосняк, 90	Березняк, 60
	Лесные культуры						Контроль		
<i>Lumbricidae</i>	25,7	56,4	82	200,6	38,0	61,8	10,8	15,5	35,6
<i>Lithobiidae</i>	8,2	35,6	36,8	29,5	2,6	0	1,6	8,7	26,7
<i>Diptera</i>	10,4	20,7	8,9	0	0	0	0	0	0
<i>Nematoda</i>	0	0	0	0	0	0	13,7	0	0
<i>Enchytraeidae</i>	8,9	62,2	123	119,6	1,6	8,9	0	157,9	335,0
<i>Aranei</i>	0	0	13,3	0	0,7	1,6	0	8,7	0
<i>Julida</i>	0	0	10,9	0	0	28,5	1,6	8,7	26,6
<i>Gastropoda</i>	0	8,9	10,9	0	1,1	0	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	3	0	10,9	8,9	3,1	3,0	4,9	0	26,6

Почвообразовательный потенциал беспозвоночных тесно связан с их трофической специализацией [2, 9]. Накопление растительных остатков на поверхности почвы приводит к значительным изменениям в трофической структуре педокомплексов крупных беспозвоночных. До посадки культур в комплексе мезофауны, по данным В.К. Дмитриенко (1984), доминировали зоофаги – 79 %, на фитофаги приходилось 17, на сапрофаги – 4% [10]. Спустя 40 лет доминирующей группой под всеми культурами, как и в естественных лесных биогеоценозах, являются сапрофаги (80–95%), что свидетельствует о формировании типичных лесных комплексов мезофауны (рис. 4). Под культурами сапрофаги представлены дождевыми червями, кивсяками, брюхоногими, личинками двукрылых. На зоофаги (многоножки костянки и пауки) приходится 6–14 %, миксофитофаги (нематоды, личинки жесткокрылых) – от 9 до 30 %. На залежи миксофитофаги являются доминирующей группой (57 %), а сапрофаги составляют не более 38 %.

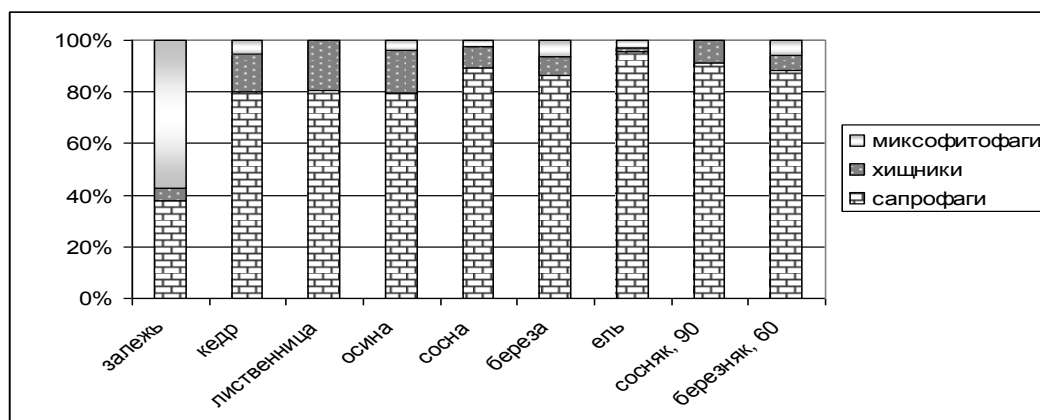


Рис. 4. Соотношение трофических групп почвенных беспозвоночных на 40-летних лесных культурах, %

Факторный анализ выделил три группы сообществ, различающихся между собой по групповому составу комплексов почвенной мезофауны: залежь, лесные культуры и естественные лесные биогеоценозы; это свидетельствует о том, что комплексы почвенных беспозвоночных в 40-летних культурах находятся еще на стадии своего формирования, занимая промежуточное положение между залежью и естественными лесными сообществами (рис. 5). Кроме того, для лесных культур четко выявлены различия в структуре комплексов беспозвоночных между хвойными и лиственными древесными породами. Примыкание в эксперименте к хвойным породам секции березы объясняет появление под её пологом подраста ели и сосны. Факторный анализ, направленный на выделение содержательной части факторов, выявил, что основной вклад в различие комплексов под лесными культурами разных древесных пород вносят группы дождевых червей (46,1%) и энхитреид (41,4 %) (табл. 2).

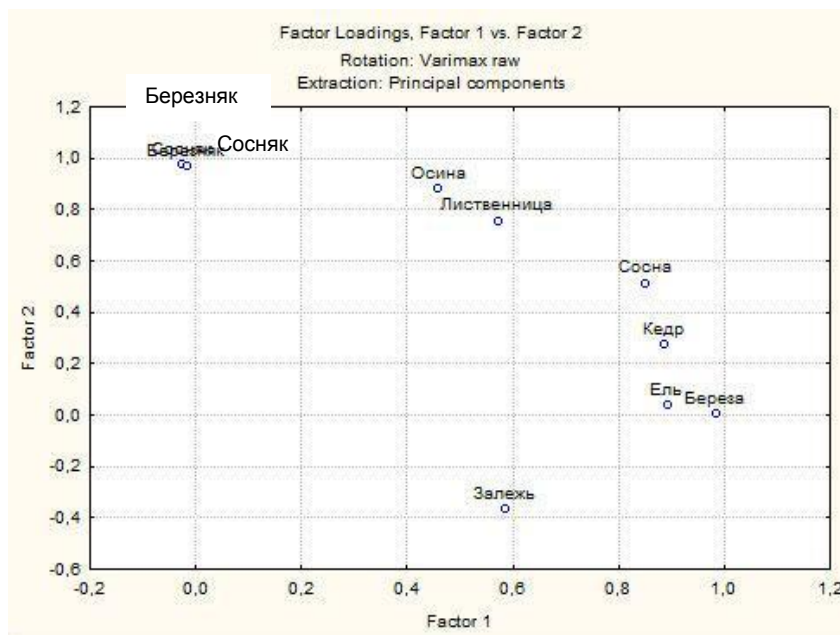


Рис. 5. Факторный анализ групп крупных почвенных беспозвоночных

Таблица 2

**Результаты факторного анализа групп мезофауны**

Тип растительности	Factor 1 Lumbricidae	Factor 2 Enchytraeidae
Контроль		
Залежь	0,586	-0,366
Сосняк	-0,026	0,975
Березняк	-0,018	0,971
Лесные культуры		
Кедр	0,885	0,274
Лиственница	0,571	0,759
Осина	0,459	0,884
Сосна	0,851	0,516
Береза	0,984	0,004
Ель	0,897	0,040
Собственное значение	4,152	3,729
Информационный вклад, %	46,134	41,398

Достоверность различий комплексов почвенных беспозвоночных между исследуемыми участками подтверждена двухфакторным дисперсионным анализом. Показаны достоверные различия между культурами и разнотравно-злаковой залежью как по численности, так и по структуре комплексов мезофауны ( $P < 0,04$ ), между культурами и естественными лесными биогеоценозами только по структуре ( $P < 0,03$ ).

А. Szuiecki (1983), анализируя формирование почвенной мезофауны в лесной посадке на вырубках, пришел к выводу, что ее регенерация после вырубок включает в себя три периода развития насаждений: создание лесных культур, стадия смыкания крон молодняков и 20–30-летние жердняки [14]. В конце последнего периода лесная фауна, как правило, стабилизируется и остается в таком состоянии с небольшими изменениями в последующие средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные периоды развития насаждения. Исходя из различий по качественному и количественному составу почвенных беспозвоночных в культурах и естественных лесных биогеоценозах, можно предположить, что комплексы почвенных беспозвоночных в 40-летних культурах частично сохраняют в себе аграрные черты серой почвы, выведенной из-под леса, и еще не достигли стадии стабилизации. Скорее всего, при создании лесных культур на старопахотной почве, которая длительное время была вовлечена в сельскохозяйственное пользование, формирование педокомплексов беспозвоночных происходит путем первичной сукцессии, в то время как в почвах, где беспозвоночные временно исключаются из привычной экологической обстановки (пожары, рубки и т.п.), это происходит путем вторичного естественного возобновления сообществ.

**Заключение.** Формирование комплекса почвенных беспозвоночных формаций древесных пород происходит через опосредованное влияние фитоценологических особенностей каждого биотопа (породного состава, сомкнутости крон, запасов подстилки и гидротермических условий почвы). Запасы влаги в минеральном слое, наряду с таким фактором, как концентрация органического вещества, обуславливают вертикальное размещение почвенных животных.

Преобладание сапрофагов находится в прямой зависимости от сформированности подстилочного слоя. Где почва не имеет выраженной подстилки, сапрофаги уступают по числу и биомассе почвенным животным с другим типом питания. В свою очередь, увеличение доли сапрофагов указывает на приближение состава педокомплексов мезофауны культур к естественным лесным сообществам.

По структуре и плотности почвенных беспозвоночных 40-летние лесные культуры занимают промежуточное положение между начальной стадией восстановительного процесса и естественными лесными биогеоценозами.

Выявлена эдификаторная роль хвойных и лиственных видов древесных пород в формировании структуры комплексов беспозвоночных через доминирование двух основных групп беспозвоночных, перерабатывающих органическое вещество почвы, – дождевых червей и энхитреид.

## Литература

1. *Безкоровайная И.Н., Яшихин Г.И.* Влияние гидротермических условий почвы на комплексы беспозвоночных в хвойных и лиственных культурах // *Экология*. – 2003. – № 1. – С. 56–62.
2. *Бызов Б.А.* Зоомикробные взаимодействия в почве. – М.: ГЕОС, 2005. – 212 с.
3. *Ведрова Э.Ф., Решетникова Т.В.* Масса подстилки и интенсивность ее разложения в 40-летних культурах основных лесообразующих пород Сибири // *Лесоведение*. – 2014. – № 1. – С. 42–50.
4. *Гиляров М.С.* Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 287 с.
5. *Зонн С.В.* Влияние леса на почву. – М.: Наука, 1954. – 189 с.
6. *Карпачевский Л.О.* Структура почвенного покрова и разнообразие лесных фитоценозов // *Почвоведение*. – 1996. – № 6. – С. 722–27.
7. *Курчева Г.Ф.* Роль почвенных животных в разложении и гумификации растительных остатков. – М.: Наука, 1971. – 156 с.
8. *Решетникова Т.В.* Лесные подстилки как депо биогенных элементов. // *Вестник КрасГАУ*. – 2011. – № 12. – С. 74–81.
9. *Стриганова Б.Р.* Питание почвенных сапрофагов. – М.: Наука, 1980. – 243 с.



10. Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов / Л.С. Шугалей, М.Г. Семечкина, Г.И. Яшихин [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1984. – 152 с.
11. Шугалей Л.С. Влияние лесных культур на свойства плантажированной почвы // Почвоведение. – 2002. – № 3. – С. 345–354.
12. Binkley D., Giardina C. Why do trees species affect soils? The warp and woof of tree-soil interactions // Biogeochemistry. – 1998. – № 42. – P. 89–106.
13. Linking litter calcium, earthworms, and soil properties: a common garden test with 14 temperate tree species / J. Oleksyn, J. Modrzynski, P. Mrozinski [et al.] // Ecology Letters 8. – 2005. – P. 811–818.
14. Szuwiecki A. Comparison of macrofauna of afforested field with that of forest soil // The process of forest soil macrofauna formation after afforestation of farmland. – Warsaw Agricultural University Press, 1983. – P. 116–122.



УДК 631.4

Р.В. Окунев, Л.М. Сунгатуллина, Б.Р. Григорьян

### ВЛИЯНИЕ АРСЕНАТА (V) НАТРИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ И СВЯЗАННЫХ АМИНОКИСЛОТ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ

*В лабораторном опыте установлено влияние арсената (V) натрия на количественный состав и качественное содержание свободных и связанных аминокислот растворенного органического вещества темно-серой лесной почвы. В зависимости от дозы внесения As(V) содержание свободных аминокислот изменялось от  $53,0 \pm 7,5$  до  $240,2 \pm 53,7$  мкг/кг, а связанных от  $106,9 \pm 13,9$  до  $527,5 \pm 93,4$  мкг/кг. Качественный состав аминокислот при мышьяковом загрязнении не изменялся.*

**Ключевые слова:** почва, свободные аминокислоты, растворенное органическое вещество, мышьяк, аминокислоты почвы.

R.V. Okunev, L.M. Sungatullina, B.R. Grigoryan

### THE INFLUENCE OF THE (V) SODIUM ARSENATE ON THE CONTENT OF THE FREE AND BOUND AMINO ACIDS OF THE SOIL DISSOLVED ORGANIC MATTER

*In the laboratory experiment the influence of (V) sodium arsenate on the quantitative composition and qualitative content of free and bound amino acids of the dissolved organic matter in the dark-gray forest soil is established. Depending on the As(V) introduction dose, the free amino acid content varied from  $53,0 \pm 7,5$  to  $240,2 \pm 53,7$  microgram/kg, the bound amino acids content varied from  $106,9 \pm 13,9$  to  $527,5 \pm 93,4$  microgram/kg. The amino acid quality composition in the arsenic contamination didn't change.*

**Key words:** soil, free amino acids, dissolved organic matter, arsenic, soil amino acids.

**Введение.** Влияние одного из самых токсичных элементов – мышьяка на свойства почв активно изучается во многих странах [1–3]. Известно, что элемент влияет на ферментативную активность почв, состав и количество почвенных микроорганизмов и т.д. [2–4]. Свободные и связанные аминокислоты растворенного органического вещества (РОВ) являются биохимически активными соединениями. Их количество, с одной стороны, зависит от ферментативного (протеолитического) разложения органического вещества почвы, а с другой – от переработки аминокислот в  $\text{NH}_4$  микроорганизмами [5]. Согласно рабочей гипотезе, мышьяковое загрязнение может привести к изменению состава или содержания аминокислот РОВ. Изменение состава свободных аминокислот, в свою очередь, может оказать воздействие на азотное питание растений и микроорганизмов [6].

**Цель работы.** Установить влияние различных доз мышьяка на количественное содержание и качественный состав свободных и связанных аминокислот РОВ темно-серой лесной почвы. Мышь-як в почву вносился в виде водного раствора арсената (V) натрия, так как арсенаты являются одной из самых распространенных форм нахождения элемента в почвах [7].

**Материалы и методы исследований.** В качестве объекта исследования использовали верхний горизонт темно-серой лесной почвы на делювиальных суглинках. Образцы имели следующие характеристики: содержание органического углерода – 4,8 %; содержание валового азота – 0,42 %; pH – 6,0; сумма фракций размерностью <0,01 мм – 34 %; содержание мышьяка – 3,4 мг/кг.

Воздушно-сухие образцы почвы (20 г) насыщались водными растворами  $\text{Na}_3\text{AsO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  различных концентраций так, чтобы содержание мышьяка в пробах составило 0, 5, 50, 200, 1200, 4000 мг/кг. Затем пробы доводились бидистиллированной стерильной водой до 60–70 % от полной влагоемкости и инкубировались 10 дней при постоянной влажности при 28°C [4]. После инкубационного периода для извлечения растворенного органического вещества брали навески почвы 2 г, приливали 20 мл бидистиллированной воды и экстрагировали на ротаторе в течение 30 минут. Затем суспензии фильтровали через бумажный складчатый фильтр и мембранный фильтр с диаметром пор 0,2 мкм.

Для определения аминокислотного состава почвы навески 0,2 г гидролизовали 6н HCl в герметичных сосудах в течение 4 часов при 145°C по методу, описанному в работе [8].

В состав РОВ входят как связанные в полипептиды, так и свободные аминокислоты. Содержание свободных аминокислот РОВ определяли в водных вытяжках без стадии гидролиза. Суммарное содержание аминокислот РОВ (свободные+связанные) определяли в гидролизатах сухого остатка водной вытяжки. Для этого фильтрат водной вытяжки объемом 1 мл выпаривали под вакуумом при 60°C. К сухому остатку добавляли 500 мкл 6н HCl и гидролизовали вышеописанным способом. Содержание связанных аминокислот РОВ определяли по формуле: связанные аминокислоты = аминокислоты РОВ – свободные аминокислоты.

Содержание аминокислот в вытяжках и гидролизатах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с модификацией аминокислот фенилизотиоцианатом, как указано в работе [9].

Статистическая обработка результатов выполнена с помощью программы Statistica. Данные в тексте и на диаграммах представлены как среднее  $\pm$  стандартное отклонение ( $n=2$ ;  $p<0,05$ ). Корреляционный анализ проводился по Спирмену. Значимость различий между вариантами определяли с помощью теста ANOVA при  $p<0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Аминокислоты органического вещества почвы являются источником и резервом свободных аминокислот и связанных аминокислот РОВ [10]. В результате анализа гидролизата в изучаемой темно-серой лесной почве обнаружено 16 аминокислот, суммарное содержание которых составило  $2,3 \pm 0,1$  г/кг. Значительная часть аминокислотного фонда представлена глицином ( $33,6 \pm 1,2\%$ ), аланином и пролином (Ala+Pro  $11,1 \pm 0,9\%$ ), аспарагиновой кислотой ( $9,7 \pm 0,2\%$ ), серином ( $8,2 \pm 0,4\%$ ) и глутаминовой кислотой ( $6,3 \pm 0,1\%$ ). Следует учитывать, что при гидролизе данным способом (обработка 6н HCl в течение 4 часов при 145°C) часть аминокислот разрушается. Теряется около 40–47 % серина, 14–15 % изолейцина и лейцина, 25 % аспарагина и треонина, 20 % тирозина. Триптофан при таком способе гидролиза разрушается полностью [8].

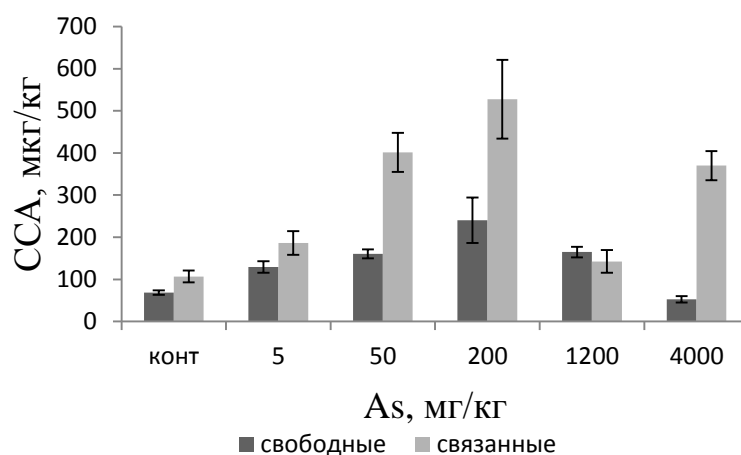
Доля азота аминокислот в азотном фонде почвы составила  $54 \pm 0,7\%$ . Для сравнения, доля азота гидролизуемых аминокислот в большинстве почв варьирует от 20 до 54 % [10–13]. Наши результаты совпадают с работой [13]. Обработка почвы 6н HCl не разрушает белковые структуры полностью, и в почвенном гумусе всегда остается негидролизуемый остаток. Кроме того, часть белковых образований (около 10%) и аминокислот находится в кремниевых структурах и высвобождается лишь после обработки HF [13].

В данном опыте инкубация почвы проводилась в наиболее благоприятных для развития микроорганизмов условиях. Микробиологическая активность в таких почвах обычно намного выше, чем в полевых условиях. Так, в почвах, загрязненных мышьяком, с одной стороны, идет стимуляция жизнедеятельности сообщества микробов, а с другой стороны – влияние одного из самых токсичных элементов. Так как содержание свободных и связанных аминокислот во многом зависит от деятельности микроорганизмов, в данных условиях под влиянием мышьяка их содержание заметно изменяется в зависимости от дозы (рис., табл.).

**Содержание аминокислот и разность с контрольным значением (n=2, p<0,05)  
при различных дозах As(V)**

Доза As(V), мг/кг	Суммарное содержание аминокислот	Стандартное отклонение	Разность с контролем
<b>Свободные аминокислоты РОВ</b>			
0 (контроль)	68,6	5,1	-
5	129,4	13,3	-62,2*
50	160,6	10,9	-93,0*
200	240,2	53,7	-172,6*
1200	164,9	12,5	-97,3*
4000	53,0	7,5	14,5
НСР	-	-	58,0
<b>Связанные аминокислоты РОВ</b>			
0 (контроль)	106,9	13,9	-
5	186,7	28,1	-79,7
50	401,4	46,2	-294,4*
200	527,5	93,4	-420,5*
1200	142,5	26,9	-35,5
4000	369,9	34,4	-263,0*
НСР	-	-	117,1

Примечание. НСР – наименьшая существенная разница; \* – статистически значимые различия.



*Суммарное содержание свободных и связанных аминокислот (ССА) РОВ  
при различных дозах арсената As(V)*

Сумма свободных аминокислот (ССА) в контрольной пробе составила  $68,6 \pm 5,1$  мг/кг. При 5 мг/кг As(V) значение ССА возрастает до  $129,4 \pm 13,3$  мг/кг. Максимальная концентрация аминокислот составляет  $240,2 \pm 53,7$  мг/кг при 200 мг/кг As(V). При 1200 и 4000 мг/кг As(V) содержание аминокислот значительно снижается по сравнению с максимумом и составляет  $164,9 \pm 12,5$  и  $53,0 \pm 7,5$  мг/кг соответственно, причем при 4000 мг/кг ССА не отличается от контрольного образца.

Содержание связанных аминокислот РОВ изменяется в диапазоне от  $106,9 \pm 13,9$  до  $527,5 \pm 93,4$  мг/кг. Их содержание, так же как и свободных, увеличивается при дозах As(V) 50, 200 мг/кг. Максимальное значение  $527,5 \pm 107,5$  мг/кг достигается при дозе мышьяка 200 мг/кг. При дозе арсената 1200 мг/кг содержание связанных аминокислот РОВ совпадает с контрольным значением, а при 4000 мг/кг As(V) снова увеличивается и составляет  $369,9 \pm 43,1$  мг/кг.

Качественный состав аминокислот во всех испытываемых вариантах оставался неизменным. Всего было обнаружено 16 свободных аминокислот.

Качественный состав аминокислот не зависел от воздействия различных концентраций мышьяка на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, а определялся только генезисом органического вещества данной почвы.

Вне зависимости от дозы As(V), в образцах профиль свободных и связанных аминокислот РОВ, как и в контрольном образце, главным образом представлен глицином и серином. Для свободных аминокислот их содержание находилось в диапазоне от 26,0 до 31,6 % и от 20,8 до 24,3 % соответственно от ССА, для связанных аминокислот варьировало от 34,9 до 42,1 % и от 7,8 до 29,8 % соответственно. Содержание свободных и связанных аминокислот не имеет достоверной линейной корреляционной связи с дозами арсената ( $r=0,06$  и  $0,41$  соответственно при  $n=12$ ).

**Выводы.** Таким образом, инкубирование почвы с различными дозами As(V) в наиболее благоприятных для микроорганизмов условиях не привело к изменению качественного состава свободных и связанных аминокислот РОВ почвы. В целом загрязнение почвы арсенатом привело к накоплению свободных и связанных аминокислот РОВ. Их содержание нелинейно изменялось в зависимости от дозы As(V).

### Литература

1. Ghosh A.K., Bhattacharyya P., Pal R. Effect of arsenic contamination on microbial biomass and its activities in arsenic contaminated soils of Gangetic West Bengal, India // *Environ. Int.* – 2004. – V. 30, № 4. – P. 491–499.
2. Lorenz N., Hintemann T., Kramarewa T. Response of microbial activity and microbial community composition in soils to long-term arsenic and cadmium exposure // *Soil Biol. Biochem.* – 2006. – V. 38. – P. 1430–1437.
3. Das S., Jean J.-S., Kar S. Effect of arsenic contamination on bacterial and fungal biomass and enzyme activities in tropical arsenic-contaminated soils // *Biol. Fertil. Soils.* – 2013. – V. 49. – P. 757–765.
4. Prasad P., George J., Masto R.E. Evaluation of microbial biomass and activity in different soils exposed to increasing level of arsenic pollution: a laboratory study // *Soil Sediment. Contam.* – 2013. – V. 22. – P. 483–497.
5. Полуэктов Р.А. Описание процесса аммонификации в рамках модели трансформации углерода и азота в почве // *Проблемы агрохимии и экологии* – 2011. – № 4. – С. 25–28.
6. Jamtgard S. The occurrence of amino acids in agricultural soil and their uptake by plants: doctoral thesis – Umea, 2010. – 52 p.
7. Moreno-Jimenez E., Esteban E., Penalosa J.M. The fate of arsenic in soil-plant systems // *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* – 2012. – V. 215. – P. 1–37.
8. Adebijiyi A.P., Jin D.-H., Ogawa T. Acid hydrolysis of protein in microcapillary tube for recovery of tryptophan // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* – 2005. – V. 69. – P. 255–257.
9. Okunev R.V., Grigoryan B.R., Sharipova A.I. Determination of free proteinogenic amino acids in soil solutions by HPLC with phenyl isothiocyanate derivatization // *J. of Siberian Federal University. Chemistry.* – 2014. – V.7, № 4. – P. 480–486.
10. Friedel J.K., Dcheller E. Composition of hydrolysable amino acids in soil organic matter and soil microbial biomass // *Soil Biol. Biochem.* – 2002. – V.34. – P. 315–325.
11. Senwo Z.N., Tabatabai M.A. Amino acid composition of soil organic matter // *Biol. Fertil. Soils.* – 1998. – V. 26. – P. 235–242.
12. Мошкина Е.В. Азотные соединения в почвах Северо-Запада России и динамика их под влиянием антропогенного воздействия: на примере Карелии: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.27. – Петрозаводск, 2009. – 173 с.
13. Schnitzer M., Hindle D.A. Effects of different methods of acid hydrolysis on the nitrogen distribution in two soils // *Plant and Soil.* – 1981. – V. 60. – P. 237–243.



## ЗАВИСИМОСТЬ БАЛАНСА ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – УДОБРЕНИЕ – РАСТЕНИЕ» ОТ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

*На основе определения баланса элементов питания в почве через 3, 5 и 10 ротаций прослеживается некоторая закономерность: баланс по азоту и калию практически на всех вариантах опыта был отрицательным, по фосфору – баланс был положительным при условии внесения фосфорных удобрений.*

**Ключевые слова:** серая лесная тяжелосуглинистая почва, формы азотных удобрений, аммиачная селитра, кальциевая селитра, натриевая селитра, аммоний сернокислый, аммоний хлористый, аммиачная вода, мочевины, баланс азота, баланс фосфора, баланс калия.

G.N. Fadkin, D.V. Vinogradov

## THE DEPENDENCE OF THE NUTRITION ELEMENT BALANCE IN THE SYSTEM «SOIL – FERTILIZER – PLANT» ON THE FORMS OF THE NITROGEN FERTILIZERS IN THE NONCHERNOZEM REGION SOUTH CONDITIONS

*On the basis of the determination of the nutrition element balance in the soil in 3, 5 and 10 rotations some regularity is observed: the balance of nitrogen and potassium on almost all the experiment variants was negative, the phosphorus balance was positive provided that the phosphate fertilizers were introduced.*

**Key words:** heavy-loamy gray forest soil, nitrogen fertilizer forms, ammonium nitrate, calcium nitrate, sodium nitrate, ammonium sulfate, ammonium chloride, ammoniac water, urea, nitrogen balance, phosphorus balance, potassium balance.

---

**Введение.** Определение баланса элементов питания имеет большое значение при изучении закономерностей функционирования системы «почва – удобрение – растение», позволяя регулировать плодородие почвы и являясь при этом критерием экологической нагрузки на почву и окружающую ее среду [11–13].

Количественные расчеты баланса питательных веществ в конкретных условиях необходимы [1], так как именно в этом показателе находят отражение знания о сложных связях удобрений с почвой [8], растением и окружающей средой, ими же оценивается система удобрений в севообороте [10]. Из известных методов балансовых расчетов (биологический, хозяйственный, дифференцированный и эффективный) в агрохимической практике научных исследований наиболее широко применяется хозяйственный баланс. Он характеризует не только долю участия удобрения в малом биологическом круговороте [2–5, 14], обеспеченности сельскохозяйственных культур элементами питания [7, 15], но и изменения их содержания в почве, позволяет количественно прогнозировать тенденции изменения плодородия почв [9].

**Цель исследований.** Научное обоснование применения различных форм азотных удобрений и оценка их результативности на серых лесных тяжелосуглинистых почвах.

**Объекты и методы исследований.** Для решения задач в научно-исследовательской работе авторами использованы исходные сведения предшественников, а также личные материалы, полученные при постановке стационарного опыта на кафедре агрохимии, почвоведения и физиологии растений ФГБОУ ВПО РГАУ, который был заложен в 1962 году (тема «Эффективность длительного бесменного применения форм азотных удобрений на серой лесной тяжелосуглинистой почве») на опытном поле учхоза «Стенькино» (в настоящее время Опытная агротехнологическая станция, которая является структурным подразделением Управления международной и инновационной деятельности ФГБОУ ВПО РГАУ и входит в состав учебно-научного инновационного центра «Агротехнопарк»). Данный стационарный опыт, по Б.А. Доспехову, относится к группе агротехнических, подгруппе однофакторных. По длительности проведения – к группе многолетних. По числу экспериментов опыт является массовым.

Рельеф участка опыта ровный. Размер делянки 210 кв. м, длина 30 м, ширина 7 м, повторность 3-кратная.

Исследования проводились в севообороте: однолетние травы, яровая пшеница, картофель, ячмень. В опыте имеются вариант без удобрений и вариант РК-фон (контроль), на делянках которого вносятся фосфорные и калийные удобрения в виде суперфосфата простого гранулированного (21,8%  $P_2O_5$ ) и хлористого калия (59,6%  $K_2O$ ). На данном фоне изучались различные формы азотных удобрений: аммиачная селитра (34,4% N), кальциевая селитра (14,6%), натриевая селитра (15,1% N), аммоний серноокислый (21,7% N) и хлористый (24,9% N), аммиачная вода (20,2 % N) и мочевины (46% N).

Удобрения вносились поделяночно вручную, под основную обработку – фосфорные и калийные, под предпосевную – азотные.

Баланс азота, фосфора и калия рассчитывался согласно методическим указаниям по составлению баланса азота и зольных элементов в земледелии [6].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результативность форм азотных удобрений в опыте оценивалась при помощи хозяйственного баланса в системе «удобрение–почва–растение». Фактический баланс элементов питания в почве через 3, 5 и 10 ротаций, рассчитанный по средневзвешенному выносу элементов питания культурами и насыщенности севооборота формами азотных удобрений, складывался следующим образом.

Через три ротации севооборота баланс азота на всех вариантах опыта был отрицательным. Через пять ротаций севооборота баланс азота на всех вариантах опыта был по-прежнему отрицательным. Сорокапятилетнее применение азотных удобрений не исправило ситуацию. Так, если отрицательный баланс азота в вариантах без удобрений и РК – фон – контроль является закономерностью (так как в данных вариантах урожай сельскохозяйственных культур формировался длительное время за счет почвенного азота и частично атмосферного), то отрицательный баланс в вариантах с применением азотных удобрений указывает на недостаток нормы вносимого удобрения, даже при условии ежегодного наложения. Полиномиальная линия тренда (см. рис. 3) имеет восходящую направленность при еще более низких фактических значениях, которые изменяются в зависимости от варианта от -3,394 до -2,026 т/га, что лишним раз подтверждает зависимость баланса азота, прежде всего от наличия азотных удобрений. При этом дефицит азота в вариантах без применения азотных удобрений колеблется в пределах 90,9–92,6 %, а в вариантах с азотом от 41,1 % (PK +  $NH_4Cl$ ) до 48,2 % (PK +  $CO(NH_2)_2$ ), а интенсивность не превышает 100 % и находится в пределах 52,2 % (PK +  $CO(NH_2)_2$ ) – 59,6 % (PK +  $NH_4Cl$ ), т.е. баланс азота является пассивным и его пассивность усугубляется с каждой ротацией.

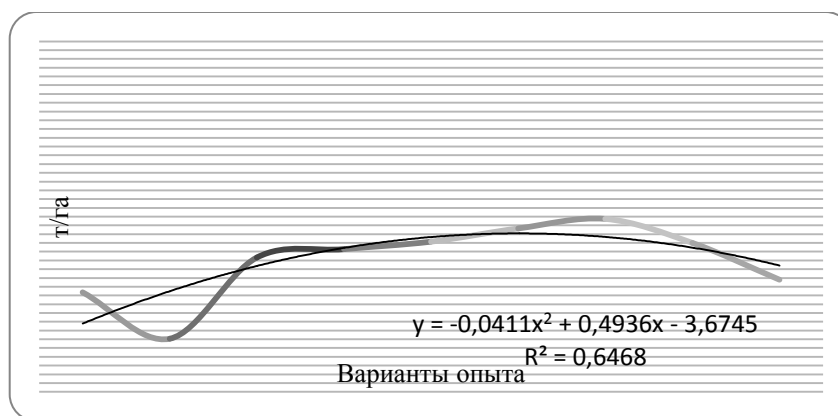


Рис. 1. Баланс азота через десять ротаций севооборота

При составлении баланса азота мы пренебрегли дополнительными статьями прихода и расхода его в почве. Но для ясности отметим, что за 45 лет опыта с семенами в почву было внесено 0,2 т/га азота, поступило с атмосферными осадками около 0,18 т/га и за счет фиксации атмосферного азота свободноживущими микроорганизмами и клубеньковыми бактериями бобовых культур

примерно 0,25 т/га. Таким образом, дополнительный приход азота в почву составил 0,63 т/га. Если принять потери азота из внесенных азотных удобрений за счет образования газообразных окислов 20 % (0,59 т/га) и от вымывания 1–1,2 % (0,04 т/га), то в результате эти дополнительные статьи прихода и расхода азота в почве взаимно компенсируются.

Через три ротации севооборота баланс фосфора на всех вариантах опыта, кроме неудобренного, был положительным с высоким уровнем интенсивности (234,2–363,1 %). Через пять ротаций севооборота баланс фосфора на всех вариантах с использованием удобрений остался положительным. По истечении 10 ротаций севооборота положительный баланс фосфора при использовании минеральных удобрений подчеркнул закономерность данного явления. Отрицательный баланс фосфора в неудобренном варианте также является закономерностью, так как в данном варианте урожай сельскохозяйственных культур формировался длительное время за счет почвенных фосфатов. Полиномиальная линия тренда (рис.2) имеет восходящую направленность при еще более низких фактических значениях, которые изменяются в зависимости от варианта от 0,682 до 1,186 т/га, что лишнее раз подтверждает зависимость баланса фосфора, прежде всего от наличия фосфорных удобрений. При этом интенсивность превышает 100 %, т.е. баланс фосфора является активным и его активность укрепляется с каждой ротацией.

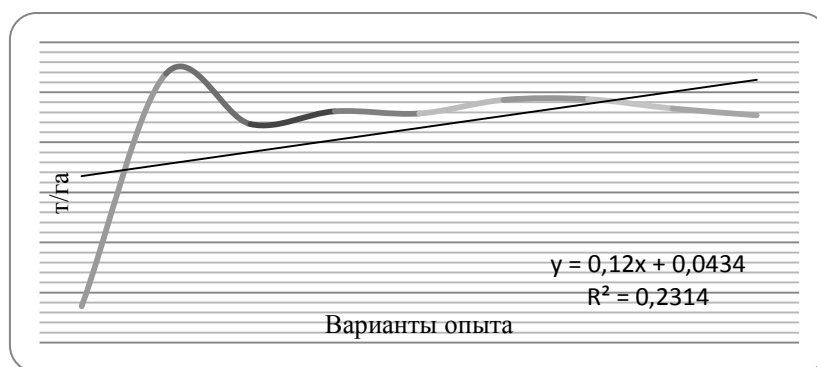


Рис. 2. Баланс фосфора за 10 ротаций севооборота

Баланс по фосфору при поступлении данного элемента в почву был положительным, а на варианте без удобрений – отрицательным. Оценка коэффициента возврата и балансового коэффициента использования удобрений свидетельствует, что применение удобрений в изучаемых дозах (от 60 до 100 кг д. в-ва) не повышает вероятность возникновения неблагоприятных экологических последствий.

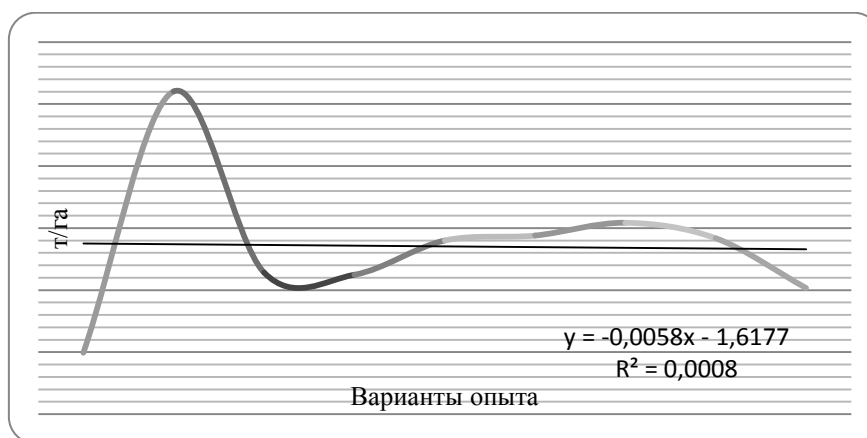


Рис. 3. Баланс калия за 10 ротаций севооборота

Через три ротации севооборота баланс калия, практически так же, как и азота на всех вариантах опыта, кроме фонового, был отрицательным. Через пять ротаций севооборота баланс калия остался на тех же позициях, что и через три ротации. По истечении 10 ротаций севооборота отрицательный баланс калия по всем вариантам опыта заставляет задуматься над вопросом о необходимости длительного бессменного применения данной формы калийного удобрения, а также обеспеченности растений калием за счет применяемого удобрения в указанной дозе. Отрицательный баланс калия в неудобренном варианте является закономерностью, так как в данном варианте урожай сельскохозяйственных культур формировался длительное время за счет калия калийсодержащих минералов. Полиномиальная линия тренда (см. рис.3) имеет восходящую направленность при еще более низких фактических значениях, которые изменяются в зависимости от варианта от -2,505 до -0,398т/га, что лишний раз подтверждает зависимость баланса калия, прежде всего от наличия калийных удобрений. При этом интенсивность не превышает 100 %, т.е. баланс калия является пассивным.

### Выводы

1. Баланс по азоту и калию практически на всех вариантах опыта был отрицательным. Причем отрицательный баланс по калию может привести к деградации почвы по данному показателю (хотя, как показывает многолетняя динамика содержания подвижных форм калия, пока этого не происходит).

2. По фосфору – баланс был положительным при условии внесения фосфорных удобрений.

### Литература

1. Экологическое обоснование использование почв Окской поймы и ополья мещерского Полесья / П.Н. Балабко, Ю.А. Мажайский, Д.В. Виноградов [и др.]. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2013. – 240 с.
2. Виноградов Д.В. Пути повышения ресурсосбережения в интенсивном производстве ярового рапса // Междунар. техн.-экон. журн. – 2009. – № 2. – С. 62–64.
3. Виноградов Д.В. Влияние способов уборки на продуктивность ярового рапса // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 1. – С. 50–52.
4. Виноградов Д.В. Содержание тяжелых металлов в семенах ярового рапса при разном уровне минерального питания // Плодородие. – 2009. – № 6. – С. 50–51.
5. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Улучшение малопродуктивных супесчаных дерновоподзолистых почв при внесении органо-минеральных удобрений и микробиологической добавки // Вестник Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева. – 2014. – № 1 (21). – С. 47–51.
6. Методические указания по составлению баланса азота и зольных элементов в земледелии СССР/ А.В. Соколов [и др.]. – М.: Изд-во Почвен. ин-та им. В.В. Докучаева, 1975. – 35 с.
7. Сорокина О.А., Труфанова А.А. Продуктивность биомассы зерновых культур при внесении комплексных удобрений на темно-серых почвах // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12. – С. 27–32.
8. Физико-химическая модель плодородия серой лесной почвы как информационной основы ее к неблагоприятным воздействиям / Р.Н. Ушаков, Д.В. Виноградов, В.И. Гусев [и др.] // Почвы Азербайджана: генезис, мелиорация, рациональное использование и экология: мат-лы Междунар. науч. конф. – 2012. – С. 1013–1018.
9. Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Головина Н.А. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы // Агрехимический вестник. – 2013. – № 5. – С. 12–13.



10. *Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В.* Роль длительности применения форм азотных удобрений в формировании урожая сельскохозяйственных культур в условиях юга Нечерноземья // *Международ. техн.-эконом. журн.* – 2014. – № 2. – С. 80–84.
11. *Фадькин Г.Н., Костин Я.В.* Влияние длительного применения простых минеральных удобрений на азотный режим серой лесной тяжелосуглинистой почвы // *Вестник Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева.* – 2012. – № 4 (16). – С. 74–76.
12. *Фадькин Г.Н., Костин Я.В.* Влияние длительного применения форм азотных удобрений на фосфатный режим серой лесной тяжелосуглинистой почвы // *Вестник Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева.* – 2013. – № 1 (17). – С. 31–35.
13. Роль длительности применения минеральных удобрений в динамике калийного режима серой лесной тяжелосуглинистой почвы / *Г.Н. Фадькин, О.А. Антошина, Я.В. Костин* [и др.] // *Вестник Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева.* – 2013. – № 2 (18). – С. 48–49.
14. *Фадькин Г.Н.* Агроэкологическое обоснование длительного применения разных форм азотных удобрений на серой лесной тяжелосуглинистой почве // *Агрохимический вестник.* – 2014. – № 2. – С. 29–31.
15. *Фадькин Г.Н., Костин Я.В.* Влияние длительного бесменного применения разных форм азотных удобрений на содержание азота в серой лесной почве и продуктивность сельскохозяйственных культур в южной части Нечерноземья // *Юбилей. сб. науч. тр. студентов, аспирантов и преподавателей агроэкологического факультета, посвящ. 110-летию со дня рождения проф. Е.А. Жорикова.* – Рязань, 2011. – С. 121–124.



## ЭКОЛОГИЯ

УДК 576.85

Г.А. Демиденко

### ЭКОЛОГО-МЕДИЦИНСКАЯ ОЦЕНКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА И ПРИЛЕГАЮЩИХ АГРАРНЫХ РАЙОНОВ

*В статье рассмотрены вопросы влияния отрицательных экологических факторов природной среды на заболеваемость населения города Красноярска и прилегающих аграрных районов.*

**Ключевые слова:** экологическая обстановка в городах и районах, природная среда, загрязнение атмосферного воздуха, канцерогенные вещества, заболеваемость, группы заболеваний.

G.A. Demidenko

### ECOLOGICAL AND MEDICAL ASSESSMENT OF THE POPULATION SICKNESS RATE IN THE KRASNOYARSK CITY AND THE SURROUNDING AGRICULTURAL DISTRICTS

*The issues of the negative ecological factor influence of the environment on the sickness rate of the population in Krasnoyarsk city and surrounding agricultural districts are considered in the article.*

**Key words:** ecological conditions in cities and districts; natural environment, air pollution, carcinogenic substances, sickness rate, groups of diseases.

---

**Введение.** Воздействие того или иного фактора внешней среды на организм человека имеет минимальные и максимальные границы. За пределами этих границ наступают глубокие функциональные нарушения, которые могут привести к неприятным последствиям для организма человека [1, 2, 4, 6, 8].

Город Красноярск является крупным промышленно-административным центром Сибири, и современный облик города далек от естественного состояния. Объем промышленного производства, развитая система автомобильных дорог, строительство Красноярского водохранилища, вырубка леса и много других факторов способствовали усилению влияния антропогенной нагрузки на здоровье населения. Воздействие на окружающую среду, живые организмы, в том числе и человека, через воздушную среду происходит несколькими путями:

- 1) при поступлении аэрозольных частиц и ядовитых газов в дыхательную систему человека;
- 2) повышенная кислотность атмосферных осадков влияет на изменения химического состава почв и воды, которые являются составными частями экосистемы;
- 3) в атмосфере активизируются химические реакции, приводимые к увеличению продолжительности облучения живых организмов атмосферы вредоносными солнечными лучами;
- 4) изменяется в глобальном масштабе состав и температура атмосферы, и создаются неблагоприятные условия для выживания организмов: и другие.

«Индикаторами» благополучия экологической обстановки в городах и районах обычно считают заболеваемость населения. При определенном уровне «техногенного давления» на среду обитания связь между количеством заболеваний почти всех болезней и уровнем состояния природных сред становится статистически значимой. Можно сказать, что в «грязной» природной среде риск заболеть, при прочих равных условиях, значительно выше.

**Цель исследования.** Эколого-медицинская оценка заболеваемости жителей города Красноярска и прилегающих аграрных районов.

**Материалы и методы исследования.** Основной метод исследования – экологический мониторинг – позволяет анализировать изменения состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Эколого-медицинский мониторинг является одной из тематических областей системы наблюдений окружающей среды [5, 7, 9, 10].

Уровень загрязнения воздушной среды техногенными факторами оценивался по материалам доклада о санитарно-эпидемиологической обстановке в Красноярском крае (2007 г.); «О состоянии

и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 г.; организационно-методического отдела Красноярского государственного бюджетного учреждения здравоохранения Красноярского краевого онкологического диспансера (КГБУЗ ККОД) им. А.И.Крыжановского. Статистический анализ основных групп заболеваний за 2007–2013 гг. выполнен на основе данных Министерства здравоохранения Красноярского края [3, 9].

**Результаты исследования.** Промышленные предприятия «разбросаны» по всему городу Красноярску. Размещение в городе крупных объектов энергетики, предприятий химической и металлургической промышленности обуславливает уровень атмосферного загрязнения. И несмотря на наметившуюся тенденцию к снижению валового выброса вредных веществ, уровень загрязнения атмосферного воздуха по ряду ингредиентов продолжает оставаться высоким. Категория здоровья рассматривается в настоящее время как индикатор соответствия экологических характеристик и научно-технического прогресса.

В таблицах 1 и 2 приведены данные заболеваемости жителей г. Красноярска и п. Большая Мурта за период 2007–2013 гг.

Таблица 1

**Заболеваемость жителей г. Красноярска, тыс. чел. по годам**

Группа заболеваний	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Болезни нервной системы	96,3	85,0	85,6	84,9	77,2	78,5	85,8
Болезни мочеполовой системы	187,9	173,8	181,9	192,8	204,3	213,1	228,9
Болезни органов дыхания	377,8	379,6	255,5	420,3	455,3	463,9	473,1
В т.ч. бронхиальная астма	148,5	154,7	188,2	189,5	191,2	173,6	184,9
Болезни системы кровообращения	299,9	281,3	319,6	338,3	367,6	421,8	478,5
В т.ч. болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	22,4	20,9	22,4	28,5	30,5	31,1	38,1
Болезни органов пищеварения	231,6	223,2	211,7	238,9	247,3	256,6	249,3
Новообразования	159,5	176,2	177,9	197,6	196,8	210,4	216,9
Болезни эндокринной системы	109,7	102,1	116,1	138,4	143,3	159,8	171,4

Таблица 2

**Заболеваемость жителей п. Большая Мурта Большемуртинского района Красноярского края, человек по годам**

Группа заболеваний	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Болезни нервной системы	465	951	856	669	471	482	388
Болезни мочеполовой системы	869	753	719	948	1033	1091	2089
Болезни органов дыхания	1718	1706	1543	2243	2452	2537	2753
В т.ч. бронхиальная астма	484	527	836	885	1015	1076	1019
Болезни системы кровообращения	1986	1893	2165	2393	2956	3211	3724
В т.ч. болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	429	425	384	475	509	518	589
Болезни органов пищеварения	1516	1631	1867	2084	2271	2372	2487
Новообразования	1295	1262	1371	1396	1661	1944	2067
Болезни эндокринной системы	997	1011	1068	1144	1283	1478	1424

Анализ показывает рост количества заболевших людей по всем группам заболеваний. Для жителей аграрного района (п. Большая Мурта) рост заболеваемости идет медленнее по отношению к количеству населения, чем в г. Красноярске.

Возникновение заболеваний злокачественными болезнями на 20–60 %, а иногда и 80 %, определяется воздействием факторов – канцерогенов. Обычно большую часть этих воздействий

связывают с химическим загрязнением тяжелыми металлами – мышьяком, хромом, ртутью, свинцом, никелем, углеводородами и бензапиреном. Некоторые формы онкологии, например желудка, чаще увязывают с характером почвы, воды и особенностями питания.

Главная причина развития рака легких – вдыхание канцерогенов. Среди различных этиологических факторов особое внимание заслуживает загрязнение воздушной среды, особенно в крупных промышленных городах [2]. Раком легкого в 1,5–2 раза чаще болеют жители крупных промышленных центров.

Риск заболевания раком легкого увеличивается при воздействии пыли и газов на рабочем месте: канцерогенным действием обладают цементная пыль, асбест, некоторые искусственные материалы, ароматические углеводы, адсорбированные на коксовой и графитной пыли. К профессиональным злокачественным опухолям органов дыхания относят новообразования от воздействия соединения хрома, никеля, мышьяка, каменноугольных смол, асбеста, пыли радиоактивных руд.

Таблица 3

**Заболееваемость онкологическими новообразованиями рака легкого населения Красноярского края, на 100 тыс. населения**

Населенный пункт	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Красноярск	37,3	56,6	54,2	58,4	58,8
Ачинск	36,2	43,6	40,5	38,6	58,4
Емельяново	10,2	11,3	11,8	12,4	13,9
Большая Мурта	8,4	8,9	9,1	9,9	10,1

Анализ таблицы 3 показывает, что наиболее часто онкозаболеваемость выявляется у населения, проживающего в крупных промышленных центрах. Высокий уровень онкопатологии совпадает с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. На загрязненных территориях необходимо использование эпидемиологических исследований, позволяющих дать количественную оценку риска развития болезней.

**Выводы**

1. Реакция человека на существенные изменения окружающей среды выражается в форме различных экологообусловленных заболеваний. Большая часть неблагоприятных факторов имеет антропогенное происхождение.

2. Жители городов Красноярска и Ачинска испытывают большее влияние на здоровье населения, обусловленное распространением экологически зависимых заболеваний, чем жители аграрных районов (Емельяново и Большая Мурта).

3. Для жителей аграрных районов (п. Большая Мурта, Емельяново) рост заболеваемости идет медленнее по отношению к количеству населения, чем в городах Красноярске, Ачинске.

4. Проведенные исследования выявили территориальную зависимость заболеваний населения от загрязнения природной среды, в том числе, атмосферного воздуха. Необходимо принимать меры по улучшению состояния атмосферного воздуха как главного экологического фактора.

**Литература**

1. *Верхозина М.Ф., Евтушик Н.Г., Шорохов С.И.* Показатели заболеваемости и смертности как индикаторы экологической обстановки в регионе // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 3. – С. 178–182.
2. *Быстрых В.В., Боев В.М., Борщук Е.Л.* Оценка дополнительного канцерогенного риска в связи с антропогенным загрязнением атмосферного воздуха селитебных территорий // Гигиена и санитария. – 1999. – № 1. – С. 8–10.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 г.». – Красноярск, 2011. – 166 с.

4. Доценко И.И. Воздушная среда и здоровье. – Львов, 1991. – 103 с.
5. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Региональные публикации ВОЗ. Европ. сер. – 2010. – № 85. – 87 с.
6. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. – М.: Агентство «ФАИР», 1988. – 320 с.
7. Ревич Б.А., Авалиани С.Л. Основы оценки воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье человека. – М.: Акрополь, ЦЭПР, 2010. – 268 с.
8. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2009. – 358 с.
9. Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н. Проблемы изучения и оценки состояния здоровья населения // Гигиена и санитария. – 1994. – № 8. – С. 36–38.
10. Бакшеева С.С. Закономерности формирования эндоэкологического статуса детей в условиях крупного промышленного города: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск, 2011. – 34 с.



УДК 634.2

В.О. Обухов

### КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА ВИШНИ ФУДЗИ

*Представлены результаты научно-исследовательской работы по сравнению климатических параметров для выявления границ интродукции вишни Фудзи.*

**Ключевые слова:** вишня Фудзи, Хабаровск, климат.

V.O. Obukhov

### CLIMATIC PARAMETERS INFLUENCING ON THE THE ADAPTIVE PROPERTIES OF FUJI CHERRY (CERASUS INCISA)

*The results of the scientific-research work on the comparison of the climatic parameters to identify the introduction borders of Fuji cherry (Cerasus incisa) are presented.*

**Key words:** Fuji cherry (Cerasus incisa), Khabarovsk, climate.

**Введение.** Климат – это фундаментальная составляющая интродукции, так как он может оказаться субверсивным для растений. Изучение адаптивного процесса представляет собой самостоятельный интерес, так как этот вопрос на сегодняшний день остается открытым. Кроме этого, его изучение поможет переосмыслить многочисленные представления о процессах, которые постоянно протекают в изменении климата, и влияют на адаптацию растений.

Первостепенным значением при интродукции вишни Фудзи (*Cerasus incisa*) является изучение влияющих на неё климатических параметров в районе естественного произрастания, которым является Япония.

Метод сравнения поможет отразить расширенное понимание принципа адаптации вишни Фудзи (*Cerasus incisa*). С помощью него можно наглядно провести сравнительный анализ климатических условий Японии и Хабаровска для выявления границ интродукции, результатов приживаемости и характеристики климата апробируемых территорий.

**Методы и материалы.** При составлении характеристики сравнения климатических условий Японии и Хабаровска в работе были использованы данные наблюдений гидрометеорологических станций, расположенных на обеих исследуемых территориях. С помощью общей характеристики климата составлено климатическое описание и аналитическое сравнение условий исследуемых

областей. Кроме этого, были использованы климатические параметры на апробируемой территории, которые были получены в ходе проводимого эксперимента по интродукции вишни Фудзи (*Cerasus incisa*). Начало эксперименту было положено в 2013 году в городе Хабаровске на территории Тихоокеанского государственного университета.

Для постановки эксперимента из Японии были транспортированы саженцы вишни Фудзи (*Cerasus incisa*) ассоциацией Мусасино-Тама-Хабаровск. При адаптации вишни решающим фактором является выбор апробируемой территории. Вишня Фудзи (*Cerasus incisa*) предпочитает инсолируемое место. Необходимо, чтобы участок был защищен от ветра, а почва была плодородная и некислая, обогащенная питательными веществами. Вследствие этого из всех рассмотренных территорий было выбрано место, находящееся около Тихоокеанского государственного университета.

Объект проектирования – территория, имеющая форму полукруга, расположенная около правого входа Тихоокеанского государственного университета. Общая площадь объекта составляет 253 м<sup>2</sup>. С запада, востока и юга территория не затенена техническими сооружениями. Поэтому участок имеет хорошую инсоляцию в течение всего светового дня. Солнечное сияние здесь составляет 2449 часов за год, среднегодовая влажность воздуха – 78 %. В день посадки температура воздуха составляла 11,5°C. На выбранном участке были высажены саженцы вишни Фудзи (*Cerasus incisa*). На момент начала эксперимента средняя длина ствола составляла 25 сантиметров.

**Результаты и их обсуждение.** Основным нерегулируемым, лимитирующим рост и развитие растений природным фактором является температурный режим [1, с. 17].

Для того чтобы успешно адаптировать сорт вишни, потребуется около 100 безморозных дней, а сумма активных температур должна составлять 1400°C. Северная граница их ареала проходит по линии активных температур около 1600 °C. Наиболее морозоустойчивым сортом в Японии считается вишня Фудзи. Она устойчива к холодным ветрам и произрастает естественным образом в районе горы Фудзи [6, с. 251].

Климат Японии и Хабаровска во вторую половину весны и всё лето носит аналогичный характер, однако наблюдаются некоторые качественные различия (рис.1). Это объясняется тем, что климатические условия обеих исследуемых территорий носят муссонный характер, так как они находятся в непосредственной близости от Тихого океана.

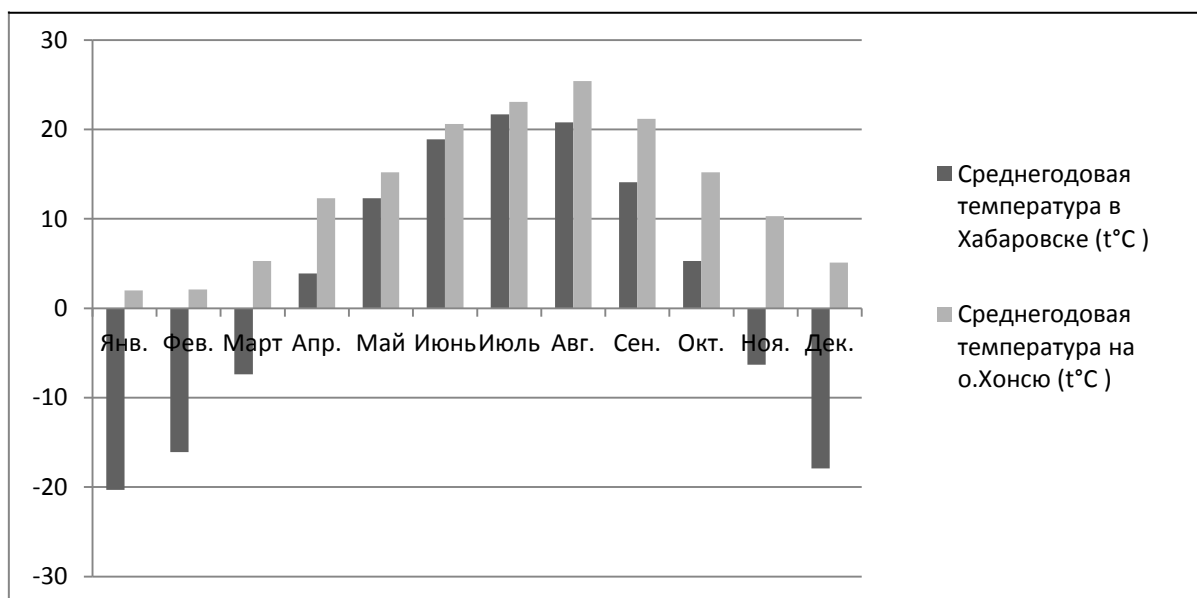


Рис.1. Среднегодовая температура в Хабаровске и на о.Хонсю (Япония)

На рисунке 1 показано сравнение variability среднегодовых температур. Видно, что зимы в исследуемых территориях резко отличаются. Ветра, которые приходят с континента, несут холодный и сухой воздух, тем самым обуславливая суровую зиму с преобладанием ясной погоды. Поэтому при проведении эксперимента по адаптации вишни Фудзи (*Cerasus incisa*) пришлось апеллировать фактом суровости Хабаровска по индексу Бодмана, при этом фиксирующим сразу температуру и ветер.

Исходя из формулы:  $S = (1 - 0,04 \times t) \times (1 + 0,272 \times V)$ , где  $S$  – индекс суровости, баллы;  $t$  – среднесуточная температура воздуха, °C;  $V$  – скорость ветра, м/с. Согласно шкале Бодмана, при  $S < 1$  зима несуровая, мягкая; 1–2 – зима малосуровая; 2–3 – умеренно суровая; 3–4 – суровая; 5–6 – жестко суровая; 6 – крайне суровая [3, с. 129].

Так, индекс суровости по Бодману в Хабаровске составляет  $S = (1 - 0,04 \times (-19,8)) \times (1 + 0,272 \times 3,4) = 3,44$  ( $S$  от 3 до 4 – зима суровая). Поэтому, чтобы не наблюдалась абберрация во время проведения эксперимента, был предложен интродуктивный механизм. Для этого саженцы в конце осени прижимались к земле, благодаря чему зимой снег выполнял роль термического буфера. Данный механизм помог сохранить растения от резких перепадов температуры в течение всей зимы. В результате как на укрытых, так и на контрольных саженцах вишни в нижней части ствола появлялись цветки. Выдвинуто предположение, что на апробируемой территории, где было сделано укрытие на зиму, не происходило поражение холодом, так как экспериментальный участок был выбран правильно, а климатические условия помогали расширению адаптивных свойств саженцев. Так, в результате, по проведенным замерам на апробируемой территории, непрерывный средний прирост вишни Фудзи (*Cerasus Incisa*) составил  $75,6 \pm 13,9$  сантиметров.

Во время эксперимента, проводимого в Хабаровске, на месте интродукции вишни Фудзи (*Cerasus incisa*) с помощью термометра NovoCO-UA-002 произведено измерение температуры на поверхности почвы и на глубине десять сантиметров [6, с.251].

В период до 02.08 температура достигла значения 23°C, то есть ежедневное повышение температуры почвы составило около 0,24°C. В последующем увеличение температуры становилось всё более незначительным, после чего началось снижение температуры [4, с.28].

Для выяснения наличия связи с приростом растений измерение температуры производилось в 6 часов утра [5, с.225].

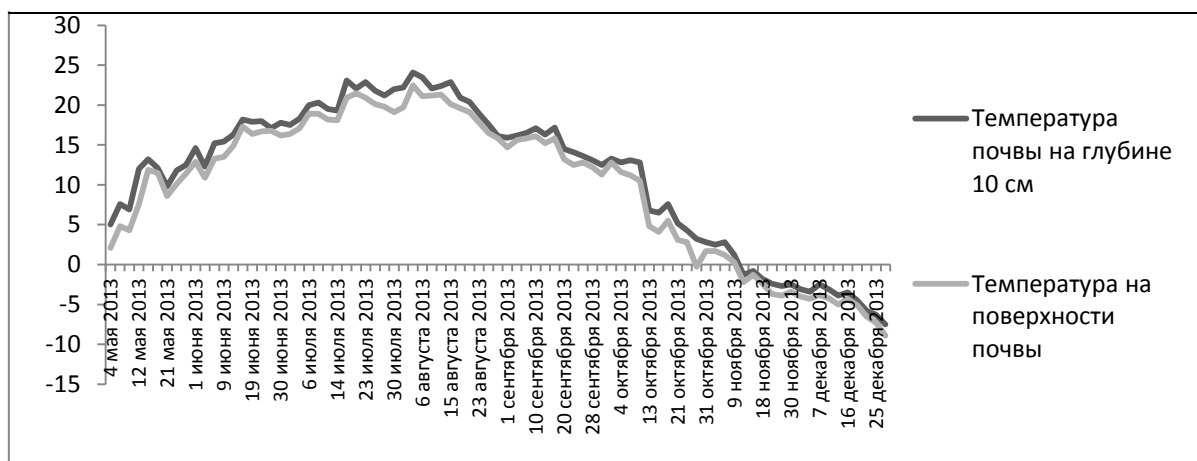


Рис.2. Температура на поверхности почвы и температура почвы на глубине 10 см в месте посадки вишни Фудзи

В апреле происходило таяние снега, который замерз в почве. После этого периода variability температуры почвы была более стабильной в отличие от средней температуры воздуха (рис.2). Поэтому можно сделать вывод, что почва, как и снег, выполняет роль термического буфера.

В результате полученных данных был сделан вывод о зависимости роста побегов и температуры почвы. Так, корреляция температуры почвы и роста побегов в период с 10.05 по 27.07 передается высоким коэффициентом детерминации. Он составил  $R^2=0,75$  [2, с.154].

В зимний период с 2013 на 2014 год средняя дневная температура воздуха с января по февраль достигла  $-27^{\circ}\text{C}$ , после этого температура стала расти. В последнюю декаду апреля, по замерам на апробируемой территории, температура почвы составляла  $0^{\circ}\text{C}$ . Для того чтобы отразить полное понимание зависимости адаптивных свойств от температуры не только почвы, но и воздуха, был сделан график корреляции температуры воздуха и прироста вишни Фудзи.

Как видно на рисунке 3, корреляция температуры воздуха и периодического прироста вишни Фудзи (*Cerasus incisa*) отличается от ранее полученных результатов корреляции температуры почвы и прироста.

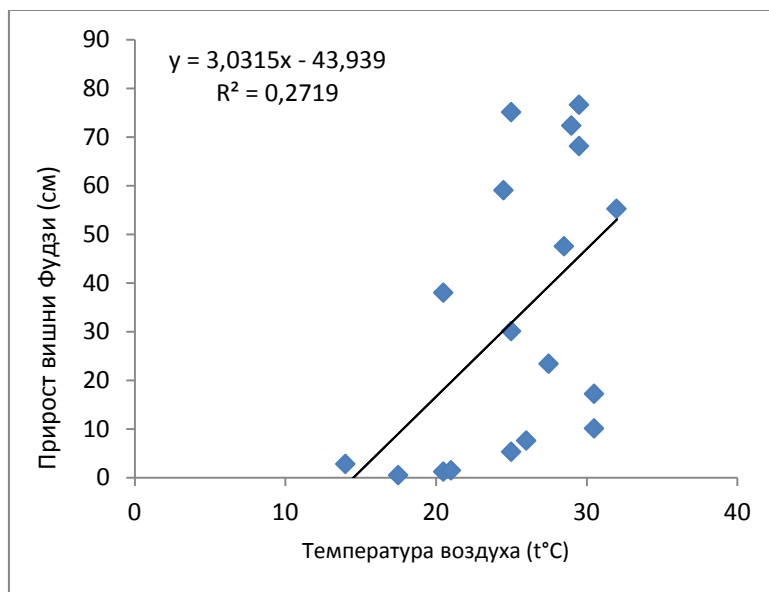


Рис. 3. Корреляция температуры воздуха и прироста вишни Фудзи

На уравнении регрессии можно наблюдать, что корреляция передается коэффициентом детерминации, который составил  $R^2=0,28$ . Он показывает долю вариации результативного признака, изложенную вариацией факторного признака. Теперь, когда известно влияние различных климатических параметров, следует сделать вывод, что возможно смоделировать последующее поведение прироста, который высоко коррелирует с температурой почвы. Это поможет в прогнозировании поведения растения для дальнейшего изучения его адаптивных свойств.

**Выводы.** Для успешной адаптации вишни Фудзи (*Cerasus incisa*) одним из главных факторов является температура почвы. При высокой корреляции прирост будет значительным. В то же время корреляция температуры воздуха от прироста ниже на  $R^2=0,47$ . Вследствие полученной корреляционной разницы можно сделать вывод о менее значительном влиянии на расширение адаптивных свойств температуры воздуха. Благодаря успешно проведенному эксперименту от адаптированных материнских деревьев получены саженцы.

Научную новизну поставленного эксперимента можно определить следующими результатами: были обобщены последние данные по климатическим условиям в Японии и Хабаровске. Получены данные по температурному режиму почвы, выявлены закономерности изменения температуры почвы и воздуха, а также среднемесячных температур на апробируемых территориях. В результате был сделан вывод, что они носят во многом аутентичный характер, однако можно наблюдать существенные количественные различия. Кроме этого, можно утверждать о дальнейшем прогнозировании прироста растения с помощью полученной корреляционной статистики. На основе уже поставленного эксперимента предложен механизм процесса интродукции и адаптации растений с помощью термического буфера. Сейчас можно утверждать о практическом значении изучаемого



вопроса, так как работа верифицирована. Полученные положения в дальнейшем помогут с развитием новых методик для исследования интродукционных и адаптивных процессов.

### Литература

1. Байтулин И.О., Ситпаева Г.Т. Теоретические основы и методические подходы к интродукции растений в регионах с экстремальными климатическими условиями // Перспективы интродукции декоративных растений в ботанических садах и дендропарках: мат-лы Междунар. науч. конф. – Симферополь, 2014. – С. 17–20.
2. Выводцев Н.В., Обухов В.О. Постановка эксперимента по адаптации вишни Фудзи в условиях города Хабаровска // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2. – С. 152–155.
3. Исаева М.В. Оценка биоклиматических условий Удмуртии // Вестник Удмурт. ун-та. – 2009. – № 6-2. – С. 129–130.
4. Рябухин П.Б. Философия современного природопользования в бассейне реки Амур. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2014. – С. 27–32.
5. Состояние японской сакуры в вегетационном периоде в России в городе Хабаровске / И. Хонго, Р. Кобаяси, Р. Фудзита [и др.] // Состояние лесов и актуальные проблемы лесопользования: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Хабаровск, 2013. – С. 225–229.
6. Защита от низких температур сакуры с помощью снежного покрова в условиях г. Хабаровска / И. Хонго, Р. Кобаяси, Р. Фудзита [и др.] // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Хабаровск, 2014. – С. 250–254.



УДК 58.085:582.931

С.Г. Жильцова

#### КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ ФОРЗИЦИИ СВИСАЮЩЕЙ (*FORSYTHIA SUSPENSА* (THUNB.) VAHL.)

В статье представлена оригинальная методика микроклонального размножения форзиции свисающей (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.). Наиболее эффективным оказалось культивирование пазушных почек форзиции на среде WPM. Коэффициент размножения растений в эксперименте составил 1:3.

**Ключевые слова:** форзиция свисающая, микроклональное размножение, культура *in vitro*, коэффициент размножения.

S.G. Zhiltsova

#### CLONAL MICROPROPAGATION OF THE DROOPING FORSYTHIA (*FORSYTHIA SUSPENSА* (THUNB.) VAHL.)

The original methodology of the micro-clonal propagation of the drooping forsythia (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.) is presented in the article. The cultivation of the axillary forsythia buds on the WPM environment appeared to be the most effective. The coefficient of plant propagation in this experiment was 1:3.

**Key words:** drooping forsythia (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.), micro-clonal propagation, culture *in vitro*, propagation coefficient.

**Введение.** Форсайтии, форзиции или форсиции (*Forsythia* Vahl.) – кустарники и небольшие деревья из семейства Маслиновые. Род Форзиция включает 6 восточноазиатских и 1 юго-восточноевропейский вид. Благодаря исключительной декоративности во время цветения, эти растения используют в одиночных и групповых посадках на газонах, в качестве компонента сложных композиций, а также для создания живых изгородей. Форзиция свисающая (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.) была завезена в Приморье из Китая. Она представляет собой кустарник высотой до 3 м с красивыми, дугообразно изогнутыми и очень гибкими побегами. Цветение начинается до появления листьев ранней весной и продолжается в течение 20–25 дней. Крупные колокольчатые золотисто-желтые, с оранжеватыми полосками цветки расположены по одному или группами по 3–6 штук и очень декоративны. Растет этот вид форзиции очень быстро, считается зимостойким и выносливым. Однако в средней полосе России растение требует зимнего укрытия или пригибания, так как происходит обмерзание его побегов, расположенных выше уровня снежного покрова [1, 2].

Форзиции, обладая высокой способностью к адвентивному корнеобразованию, легко размножаются вегетативно [2], тем не менее важное практическое значение имеет разработка методов размножения, в частности методами клонального микроразмножения, как правило, дающими высокий коэффициент мультипликации.

**Цель исследования.** Разработка процедуры эффективной поверхностной стерилизации эксплантов при введении в культуру *in vitro*, а также установление возможного коэффициента размножения форзиции свисающей.

**Задачи:** введение в культуру *in vitro* пазушных почек форзиции, получение стерильных побегов, их последующее черенкование и укоренение.

**Материалы и методы.** Для целей эксперимента в апреле 2014 г. в зеленых насаждениях г. Владивостока был отобран вегетативный материал форзиции свисающей в фазе начала вегетации. Поверхностная стерилизация выполнялась по схеме, применявшейся для вегетативного материала ряда растений, в том числе и древесных, отобранного в условиях естественных насаждений за пределами городской черты. Процедура включала 15-минутную экспозицию в 7%-м растворе гипохлорита натрия с последующим промыванием в проточной воде в течение 15 минут, затем 1,5-минутная экспозиция в 0,1 %-м диациде с 3-кратным промыванием стерильной водой в асептических условиях ламинарного бокса. После поверхностной стерилизации растительный материал до посадки на среду помещали в стерильные чашки Петри. Непосредственно перед посадкой в культуральные сосуды с питательной средой выполнялась обрезка частей эксплантов, поврежденных при стерилизации.

На этапе введения в культуру использовали две питательные среды следующего состава:

- макросоли, микросоли и хелат железа по WPM [3]; витамины: В1 – 2 мг/л, В6 – 1 мг/л, РР – 1 мг/л, инозитол – 200 мг/л; аминокислоты: глицин – 4 мг/л, глутамин – 4 мг/л; фитогормоны: 6 БАП – 1 мг/л, НУК – 0,1 мг/л;

- макросоли, микросоли и хелат железа по MS [3]; витамины: тиамин – 1 мг/л, пиридоксин – 0,5 мг/л, никотиновая кислота – 0,5 мг/л, аскорбиновая кислота – 1 мг/л, инозитол – 200 мг/л; аминокислоты: глицин – 4 мг/л, глутамин – 4 мг/л; фитогормоны: 6БАП – 1 мг/л, ИУК – 0,1 мг/л, кинетин – 0,1 мг/л. Обе среды были дополнены сахарозой из расчета 30 г/л и агаром – 6 г/л, рН среды – 5,8. Готовые среды разливались в пробирки и стерилизовались в автоклаве по общепринятой методике [4].

**Результаты.** На этапе введения в культуру *in vitro* на обеих средах выявилась инфицированность эксплантов. При первых признаках развития инфекции экспланты извлекались из культуральных сосудов и подвергались повторной поверхностной стерилизации, включавшей короткую промывку в проточной воде, экспозицию в 70 %-м спирте в течение 0,5 минуты с последующим промыванием в стерильной воде в условиях ламинарного бокса. Выполнение этой операции с последующим сильным подрезанием базальной части эксплантов и высадкой в пробирки со свежей средой позволило сохранить некоторую часть растительного материала, имевшего бактериальную зараженность. Для материала с грибным заражением повторная стерилизация была неэффективна. Вследствие инфицированности часть (около 40 %) эксплантов, культивировавшихся на среде WPM, а также все экспланты, культивировавшиеся на среде MS, погибли. С учетом этого обстоятельства все последующие работы с повторно стерилизованным материалом форзиции свисающей выполня-

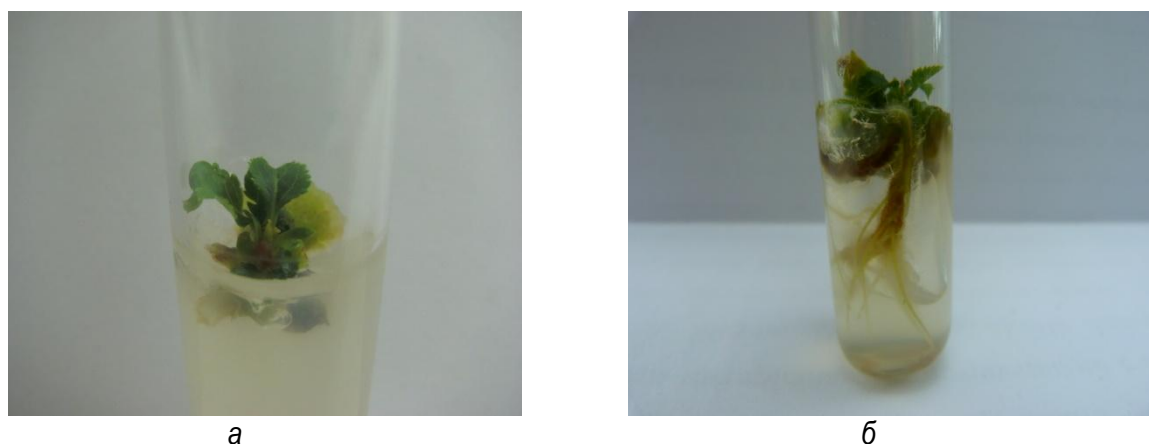
лись только с применением культуральной среды WPM. В дальнейшем наличие инфекций не выявлялось, и последующие пассирования проходили в штатном режиме через каждые четыре недели.

На фоне применявшегося гормонального состава удалось добиться необходимого формирования и элонгации побегов из пазушных почек и (рис.1, а). Полученный растительный материал был расчеренкован на сегменты с одним листовым узлом и с целью пробуждения пазушных почек вновь высажен на питательную среду.



*Рис. 1. Форзиция свисающая: а – формирование побегов из пазушной почки; б – формирование каллуса в базальной части экспланта*

Однако со второго пассажа, наряду с ростом побегов из листовых пазух, начался активный рост каллусной массы в зоне нижнего среза микрочеренков (рис.1, б), сопровождавшийся спонтанным укоренением эксплантов (рис.2, а), полностью завершившимся в течение четвертого пассажа.



*Рис. 2. Укоренение эксплантов форзиции: а – начало формирования ризоподобных структур; б – растение форзиции с развитыми корнями*

Укоренившиеся побеги (рис.2, б) извлекались из питательной среды и после отделения части каллусной массы высаживались в стерильный почвогрунт для адаптации. Адаптация проводилась в условиях повышенной влажности, поддерживаемой с помощью периодических опрыскиваний и содержания растений под полиэтиленовой пленкой. Полив производился по мере необходимости. Проветривание посадок выполнялось один раз в сутки в светлое время в течение 2–3 часов. Процедура адаптации к нестерильным условиям прошла успешно для 80 % растений. Каллусная масса, отделенная от укоренившихся побегов, была пересажена на среду WPM с фитогормонами для дальнейшего роста.

**Выводы.** Экспериментально установлено, что вегетативный материал форзиции свисающей, взятый из городской среды, при введении в культуру *in vitro* требует более жесткой процедуры поверхностной стерилизации с применением нескольких стерилизующих агентов. Для инициации ризогенеза у эксплантов форзиции свисающей не требуется применение индукторов корнеобразования, укоренение происходит спонтанно в процессе культивирования. Коэффициент размножения в эксперименте составил 1:3.

### Литература

1. Форзиция свисающая. – URL: [http://www.greeninfo.ru/decor\\_trees/forsythia\\_suspensa.html](http://www.greeninfo.ru/decor_trees/forsythia_suspensa.html), свободный.
2. Лапин П.И. Деревья и кустарники СССР. – М.: Мысль, 1966. – 637 с.
3. Царев А.П., Погиба С.П., Тренин В.В. Селекция и репродукция лесных древесных пород. – М.: Логос, 2003. – 520 с
4. Черевченко Т.М., Лаврентьева А.Н., Иванников Р.В. Биотехнология тропических и субтропических растений *in vitro*. – Киев: Наукова думка, 2008. – 559 с.



УДК 630.116

Т.П. Спицына, Т.М. Куприянова, Е.А. Охримов

### ЛЕСОГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК ПРЕДГОРИЙ ВОСТОЧНЫХ САЯН\*

*В статье рассматриваются лесогидрологические процессы в бассейнах малых рек предгорий Восточных Саян. Сформулированы выводы и заключение о саморегулирующей способности экосистем.*

**Ключевые слова:** лесистость, речной сток, модуль стока, гидрологический режим.

T.P. Spitsina, T.M. Kupriyanova, E.A. Okhrimov

### THE FOREST HYDROLOGICAL PROCESSES IN THE SMALL RIVER BASINS OF THE EASTERN SAYAN FOOTHILLS

*The forest hydrological processes in the small river basins of the Eastern Sayan foothills are considered in the article. The findings and the conclusion of the ecosystem self-regulatory capacity are stated.*

**Key words:** forest land, river flow, flow module, hydrological mode.

---

**Введение.** Водосборы малых и средних рек являются хорошими индикаторами по оценке устойчивости их экосистем к деятельности человека. Лес стабилизирует речной сток. Этот вид влияния на водный режим прилегающей территории присущ всем лесам без исключения и определяется тем, что почвы под лесом меньше промерзают, они более водопроницаемы, а также тем, что снег в лесу тает медленнее. Задерживая таяние снегов, леса поддерживают и влажность почвы. Это приводит к тому, что значительная часть поверхностного стока переходит во внутриводосборный, период стока растягивается, пики речных паводков снижаются.

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ. Номер проекта 15-07-0682. Название проекта «Моделирование процессов самоочищения водотоков в условиях резко континентального климата Центральной Сибири».

Вопрос о влиянии лесистости на годовой и сезонный сток в различных районах России изучался в течение многих десятков лет [1–5]. Противоречия в оценке гидрологического значения лесов традиционно относятся к объему речного стока [6]. Результатами наблюдений являются неоднозначные выводы и заключения.

Проанализировав исследования разных лет, можно сказать, что гидрологическая роль лесных экосистем находится в сложной и неразрывной связи с процессами влагооборота, по-разному функционирующими в различных ландшафтно-географических и погодно-климатических условиях. В связи с этим необходимы системные исследования лесогидрологических процессов, позволяющие объяснить противоречия.

**Цель и объекты исследований.** Количественная оценка лесных насаждений на гидрологический режим бассейнов р. Базаиха, Б.Слизнева и Лалетина.

Объектами исследований являлись абиотические (поверхностные воды) и биотические (древесная растительность) компоненты территории бассейнов рек Базаиха, Большая Слизнева и Лалетина.

В таблице 1 представлены основные характеристики исследуемых бассейнов рек. Территория водосборов имеет хорошо развитую гидрографическую сеть (0,63 км/км<sup>2</sup>) общей протяженностью более 100 тыс. км [6]. Можно видеть, что наибольшую площадь водосбора имеет р. Базаиха, а наименьшую р. Лалетина. Изучаемые малые реки протекают в сходных физико-географических условиях.

Таблица 1

#### Основные гидрологические характеристики бассейнов водотоков [7–10]

Река	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Длина, км	Лесистость*, %		Тип питания	Средняя высота от истока до устья, м
			1973г.	2010г.		
Базаиха	1000	128	97	83,8	Снеговой	524
Б. Слизнева	104	28	98	96,7		490
Лалетина	12,4	5,5	95	93,2		420

\* Лесистость в 2010 г. была определена авторами.

Исследуемые водотоки располагаются близко друг от друга и в довольно однородных условиях, что и обуславливает единые близкие растительные, почвенные и климатические условия в бассейнах рек.

Оценка гидрологической функции лесных экосистем малых рек предгорий Восточных Саян для р. Базаиха и Б. Слизнева проводилась на основе данных о расходе воды, предоставленных Среднесибирским межрегиональным территориальным управлением Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В р. Лалетина расход воды не определялся, и авторы в 2008–2009 гг. проводили собственные исследования по методике Б.В. Бабикова, основанной на измерении скорости течения и живого сечения потока [11]. Климатические параметры территории предоставлены ФГБУ «Государственный заповедник «Столбы»

**Результаты исследований.** Динамика расхода воды за исследуемый период представлена на рисунке 1. Анализ данных по расходу воды показывает, что средние значения пропорциональны площади бассейнов рек и отличаются на один порядок. Пик паводков у всех водотоков проходит с начала апреля по конец июня. Для р. Базаиха половодье более продолжительное. Зимняя межень наступает в конце октября – начале ноября. В этот период наблюдается наименьший расход воды, что связано с отсутствием жидких осадков, реки полностью покрываются льдом. Для определения расхода воды зимой на р. Лалетина делались проруби.

Определение модуля стока необходимо, чтобы понять, какое количество воды стекает с одного квадратного километра территории бассейна реки. Модуль стока определяется по формуле [11]

$$M = \frac{Q}{F}, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $F$  – площадь водосбора,  $\text{км}^2$ .

Значение модуля стока по гидрологическим периодам представлено на рисунке 2. Для исследуемых водотоков этот параметр различен. Наибольший по времени и продолжительности модуль стока наблюдается для р. Базаиха. Причинами являются больший по площади бассейн и особенности рельефа водосбора – в нижнем течении реки с высокого Торгашинского хребта весной наблюдается быстрый сход твердых осадков. Для р. Лалетина характерен более низкий уровень паводковых вод из-за наименьшей площади бассейна и более пологого рельефа. В таблице 2 приведены данные расчета модуля стока. Из-за большего количества осадков в 2009 г. модуль стока в этот год больше для всех водосборов.

Таблица 2

Гидрологические характеристики стока бассейнов рек

Параметр	Река		
	Базаиха	Б. Слизнева	Лалетина
Средний расход воды за 2000–2009 гг., $\text{м}^3/\text{с}$	6,6541	0,7254	–*
Средний расход воды в 2008 г., $\text{м}^3/\text{с}$	6,8983	0,5949	0,0338
Средний расход воды в 2009 г., $\text{м}^3/\text{с}$	7,5733	0,7585	0,0585
Средний модуль стока за 2000–2009 гг., $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$	0,0067	0,0070	–*
Средний модуль стока в 2008 г., $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$	0,0069	0,0057	0,0027
Средний модуль стока в 2009 г., $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$	0,0076	0,0073	0,0047

\* Гидрологические исследования р. Лалетина впервые проводились авторами в 2008–2009 гг.

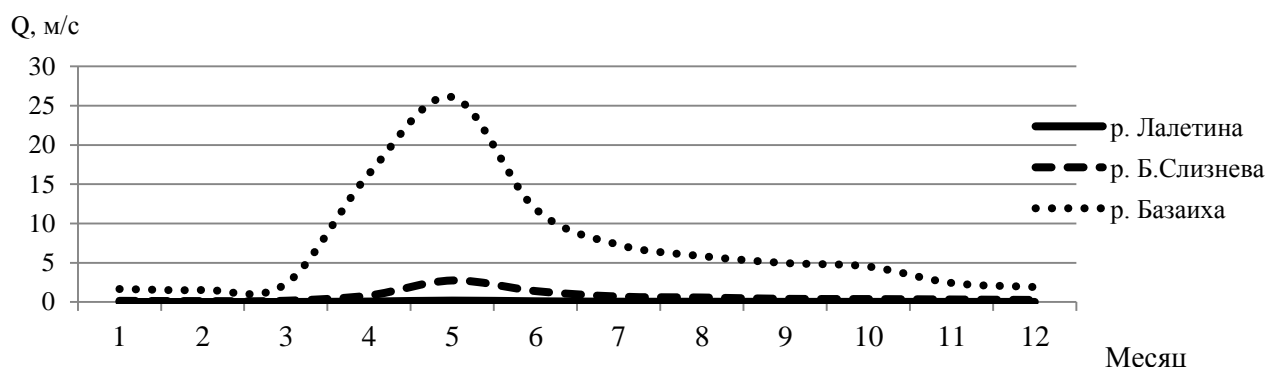


Рис. 1. Средний расход воды рек (2008–2009 гг.)

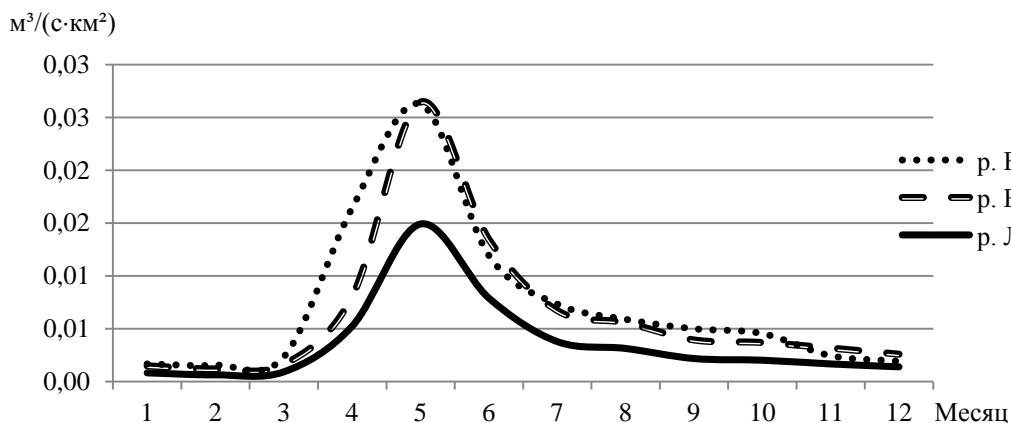


Рис. 2. Средний годовой модуль стока рек (2008–2009 гг.)

Чтобы судить о водном балансе лесного угодья, надо знать, сколько осадков проникает сквозь полог древесных пород. Зная это, можно, регулируя состав, форму и полноту древостоев, улучшать водный режим лесов.

В речном бассейне осуществляется расходование влаги с перераспределением её на сток и испарение в зависимости от количества выпавших осадков и всего комплекса физико-географических факторов. Расходование влаги речного бассейна происходит согласно уравнению водного баланса

$$\Delta S = P - Y - E, \quad (2)$$

где  $\Delta S$  – общее изменение запасов воды в бассейне;  $P$  – атмосферные осадки, выпавшие на водосбор;  $Y$  – речной сток в замыкающем створе;  $E$  – суммарное испарение с бассейна [3].

В результате анализа и обработки данных были рассчитаны основные параметры уравнения водного баланса (табл. 3). Уровень годовых осадков за рассматриваемые два года немного разный: в 2008 году – 686,3 мм; в 2009 г. их выпало больше – 771,6 мм. Сравнение среднесезонных расходов рек с рассматриваемым периодом (табл. 2) показывает, что расход воды меняется незначительно и зависит от количества осадков для р. Базаиха и Большая Слизнева (многолетние данные для р. Лалетина отсутствуют).

Таблица 3

### Основные параметры уравнения водного баланса

Средние расчетные характеристики за 2008–2009 гг.	р. Базаиха	р. Б.Слизнева	р. Лалетина
Уровень годовых сумм осадков, мм	-	729,0	-
Среднегодовой слой стока с бассейна, мм	229,7	205,2	117,4
Слой стока, весенний паводок, мм	143,7	126,2	73,8
Слой стока, лето, мм	66,2	67,8	39,0
Слой стока, осень, мм	10,5	9,5	5,2
Слой стока, зимняя межень, мм	19,7	18,2	10,0
Коэффициент стока, %	31,5	28,0	15,9
Суммарное испарение, мм	499,2	523,8	611,6

Слой стока обладает универсальностью, так как помогает понять, какое количество воды стекает с бассейна реки: один миллиметр слоя стока соответствует одному литру с одного квадратного метра. Этот параметр наглядно показывает, что при увеличении количества осадков экосистема водосбора может переводить большее количество поверхностного стока в подземный или испарять. В ряду Базаиха–Б.Слизнева–Лалетина уменьшается слой стока до 2,0 раза для р. Лалетина. Это связано с тем, что в рассматриваемом ряду также уменьшается площадь бассейна и высота водосбора с 524 м для р. Базаиха до 420 м для р. Лалетина (табл. 1). Слой стока по гидрологическим фазам имеет большую неравномерность в его распределении, он также уменьшается в этом ряду, достигая разницы в 2,0 раза для р. Лалетина в весенний паводок (табл. 3).

Анализ временной динамики (рис. 3) показывает, что при весеннем паводке сток воды неравномерен в бассейне р. Лалетина: за рассматриваемые два года он увеличился до 2,2 раза (в 2009 г.). На водосборе р. Б.Слизнева данный параметр вырос только в 1,6 раза. Практически нет значительных временных изменений для р. Базаиха. Для периода зимней межени изменения для всех рассматриваемых водосборов незначительны (рис. 3). Можно судить, что бассейн р. Базаиха более стабилен по отношению к таким абиотическим факторам среды, как осадки, а сток не подвержен значительным изменениям. Значительные скачки параметров гидрологического цикла р. Лалетина весной свидетельствуют о его деформировании.

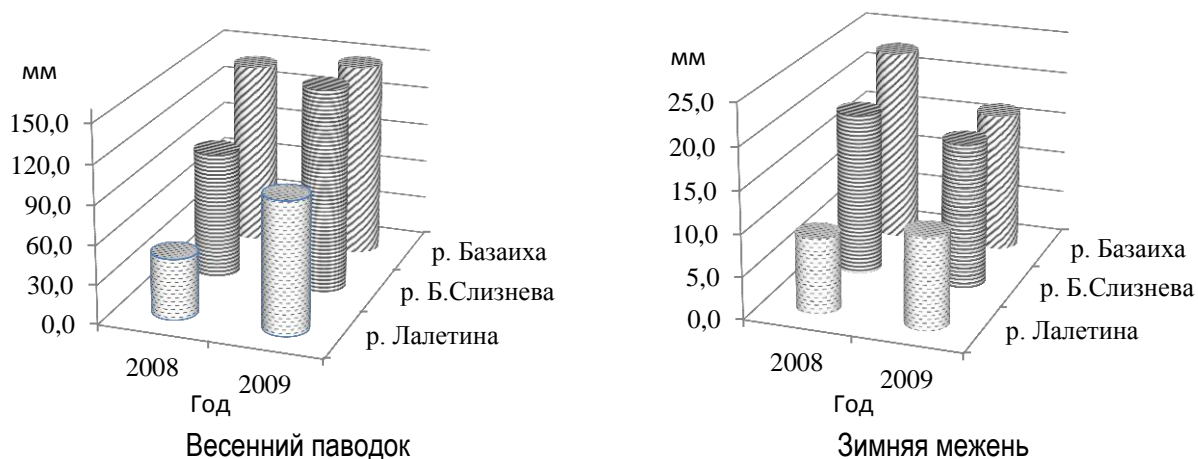


Рис. 3. Временная динамика слоя стока рек

Коэффициент стока показывает, какая часть осадков расходуется на пополнение водности рек. Это отношение величины стока к величине выпавших на площадь бассейна реки осадков. Из представленных водосборов р. Базаиха имеет наибольшее значение этого параметра. Исходя из таблицы 3, можно сделать вывод, что из общего количества осадков, выпавших на территории бассейна Базаиха, в среднем 31,5 % вошли в русло реки и составили речной сток. Данный параметр также связан с площадью бассейна и уменьшается в рассматриваемом ряду.

Потеря воды лесом включает как транспирацию растений, так и испарение с почвы. Совокупность этих процессов обычно называют эвапотранспирацией (суммарное испарение). На рассматриваемой территории около  $\frac{1}{4}$  всех осадков уходит в виде стока рек, а  $\frac{3}{4}$  возвращается в атмосферу посредством эвапотранспирации. Полученные данные сопоставимы с классическими работами [12]. Наблюдается увеличение испарения с уменьшением площади бассейна водотока. Для р. Лалетина выявлена наибольшая испаряемость с территории. Причиной могут быть антропогенные факторы (наличие разветвленной тропиной сети и рекреационная нагрузка), абиотические компоненты среды (особенности почв, родникового питания, рельеф местности) и биотические – площадь леса и его состав, что и будет рассмотрено ниже.

Выявлена четкая закономерность изменения параметров уравнения водного баланса в ряду рек Базаиха–Б.Слизнева–Лалетина: все характеристики уменьшаются, кроме суммарного испарения. Таким образом, лимитирующими факторами водного баланса рассматриваемых водотоков являются абиотические – высота падения от истока до устья и площадь бассейна. Также причиной разницы обсуждаемых характеристик является возрастной и породный состав древостоя (табл. 4).

На основе таксационных описаний заповедника «Столбы», Маганского, Красноярского и Дивногорского лесничеств определена формула состава древостоя в бассейне каждой реки и класс возраста (табл. 4).

Таблица 4

**Количественные показатели древостоя бассейнов рек**

Река	Формула состава	Класс возраста
р. Базаиха*	5С2П1Л1Е1Б+ ед.Ос	С(7)П(5)Л(7)Е(7)Б (7)Ос(7)
р. Б.Слизнева	3С3Е1П1Л1Б1Ос+ед.К	С(9)Е(7)П(6)Л(9)Б(9)Ос(8)К(5)
р. Лалетина	5С1Л1П2Б1Ос+ед.Е ед.К ед.Ив	С(7)Л(8)П(6)Б(10)Ос(10)К(2)

\* Расчет сделан для устьевоего участка реки, так как территория бассейна занимает большую площадь.



Согласно формуле состава, на водосборе р. Базаиха 9 единиц хвойных пород (сосна, пихта, лиственница, ель), р. Б. Слизнева – 8 (сосна, ель, пихта, лиственница), тогда как в бассейне р. Лалетина 7 единиц хвойных пород (сосна, лиственница и пихта).

Процесс испарения и поглощения влаги растениями происходит одновременно, поэтому эти процессы трудно отделить один от другого. Чем гуще растительность, тем больше испарение.

Среди исследуемых пород водоёмкость распределяется следующим образом: сосна 0,14; лиственница 0,25; пихта 0,50; тополь и береза 0,67 [13]. Можно видеть, что наименьшая водоудерживающая способность у хвойных, наибольшая у лиственных.

С другой стороны, древостой влияет на степень задержания кронами осадков. Так, согласно А.В. Лебедеву, ель и пихта отличаются наиболее густым охвоением. Эти породы задерживают в среднем 37 % осадков [14]. Иными словами, если принять задержание осадков кронами ели за 100 %, то для сосняков и березняков эта величина выразится примерно в 50 %. Сосна и пихта имеют разветвленную корневую систему, позволяющую равномерно распределять поверхностный сток, переводя его в подземный. Ель имеет поверхностную корневую систему, что приводит к большему поглощению воды живым напочвенным покровом. В бассейне р. Б. Слизнева наибольшее количество ели, кроны и корневая систем которой задерживают осадки, поэтому присутствует небольшое обводнение местности.

По возрасту наиболее молодой древостой расположен в бассейне р. Базаиха, зеленая масса которого ассимилирует большое количество влаги для роста и развития, поэтому суммарное испарение там не велико (табл. 3). В бассейне р. Б. Слизнева присутствует большее количество хвойных насаждений спелого и переспелого класса возраста (см. табл. 4).

Определение современной площади леса в бассейнах рек осуществлялось с помощью программы Google Earth Pro (см. табл. 1). В работе использовались космоснимки Google Earth Pro со следующими датами съемки: с 8.28.2010 г. по 7.29.2012 г.

За последние 40 лет коэффициент лесистости существенно не изменился в рассматриваемых водосборах – уменьшился от 1,5 % для р. Б. Слизнева до 14 % для р. Базаиха. Согласно данным В.И. Рутковского, при лесистости 90–100 % коэффициент стока составляет 43–25 % [15]. Полученные в работе значения существенно меньше – 16–32 %, что говорит о хорошей саморегулирующей способности экосистем.

Таким образом, оптимальная лесистость должна устанавливаться в зависимости от состояния и целевого назначения площадей. В связи с этим при определении лесистости и разработке мер улучшения гидрологических условий территории необходимо учитывать заболоченности водосборных бассейнов и качество произрастающих на них лесов, их продуктивность. Лес во всех случаях оказывает сильное влияние на уменьшение поверхностного стока и переводит его во внутрипочвенный, который выклинивается в реки, ручьи и овраги. Выклинивающийся грунтовый сток изменяется в зависимости от величины водосборного бассейна: малые водосборы дают небольшой выклинивающийся поверхностный сток.

Лес способствует формированию водного стока, регулируя водность лесных водотоков. При вырубке леса на водосборе ухудшается распределение поверхностного стока, что приводит к иссушению рек и, как следствие, к возможным засухам при условии жаркого лета.

Результаты количественной оценки гидрологических функций леса рассматриваемых водотоков свидетельствуют, что наилучшими водоохранными свойствами обладает жизнедеятельный водосбор, отличающийся хорошо развитой, разветвленной корневой системой, содействующей хорошему проникновению влаги в почву, и разнообразным породным составом.

**Выводы.** Средние значения расходов воды пропорциональны площади бассейнов рек и отличаются на один порядок. Наибольший по времени и продолжительности модуль стока наблюдается для р. Базаиха. Причинами являются большой по площади бассейн и особенности рельефа водосбора. Для р. Лалетина характерен более низкий уровень паводковых вод из-за наименьшей площади бассейна и более пологого рельефа.

Результаты расчета основных параметров уравнения водного баланса показывают, что на рассматриваемой территории около  $\frac{1}{4}$  всех осадков уходит в виде стока рек, а  $\frac{3}{4}$  возвращается в атмосферу посредством эвапотранспирации, что согласуется с литературными данными.

Выявлена четкая закономерность изменения параметров уравнения водного баланса в ряду рек Базаиха–Б.Слизнева–Лалетина: все характеристики уменьшаются, кроме суммарного испарения. Таким образом, можно сказать, что лимитирующими факторами водного баланса рассматриваемых водотоков являются абиотические – высота падения от истока до устья и площадь бассейна.

На основе таксационных описаний заповедника «Столбы», Маганского, Красноярского и Дивногорского лесничеств определена формула состава древостоя в бассейне каждой реки и класс возраста. Лесные экосистемы представлены различными главными породами: сосна и пихта (Базаиха); сосна и ель (Б. Слизнева); сосна (Лалетина).

По возрасту наиболее молодой древостой расположен в бассейне р. Базаиха, зеленая масса которого ассимилирует большое количество влаги для роста и развития, поэтому суммарное испарение там меньше.

За последние 40 лет коэффициент лесистости существенно не изменился в рассматриваемых водосборах. Полученные в работе значения стока с водосборов значительно меньше, чем описано в литературе, что свидетельствует о хорошей саморегулирующей способности экосистем.

### Литература

1. Булавко А.Г. Водный баланс речных водосборов. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 304 с.
2. Идзон П.Ф., Пименова Г.С. Влияние леса на сток. – М.: Наука, 1975. – 110 с.
3. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. – М.: Акад. наук СССР, 1960. – 337 с.
4. Рахманов В.В. Гидрологическая роль лесов. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 240 с.
5. Рахманов В.В. Лесная гидрология. – М.: ВИНТИ, 1981. – 182 с. (Итоги науки и техники. Т. 3. Лесоведение и лесоводство).
6. Коляго С.А. Почвы Государственного заповедника «Столбы» // Тр. гос. заповедника «Столбы». – 1961. – Вып. 3. – С.197–247.
7. Гидрологическая изученность. Бассейн Енисея. – Л.: Гидрометеиздат., 1967. – Т. 16. – Вып. 1. – 822 с.
8. Материалы по гидрографии СССР: в 12 т. Т. 7. Бассейн Карского моря. Р. Енисей. – М., 1943. – Вып. 1. – 372 с.
9. Материалы по гидрографии СССР. Т. 7. Бассейн р. Енисей – Карское море. Р. Базаиха. – М., 1950. – Вып. 1. – 120 с.
10. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши: в 3 т. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – Т. 1. – Вып. 12. – 463 с.
11. Бабиков Б.В. Гидрологическая мелиорация. – СПб.: Лань, 2005. – 304 с.
12. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений: пер. с англ. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 464 с.
13. Молчанов А.А. Влияние леса на окружающую среду. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1973. – 352 с.
14. Лебедев А.В. Гидрологическая роль горных лесов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1982. – 235 с.
15. Рутковский В.И. Обоснование лесохозяйственных мероприятий по усилению защитных водоохраных свойств леса. – М.; Л., 1948. – 43 с.



## К ОПТИМАЛЬНЫМ МИКРОКЛИМАТАМ И ИХ РАСТИТЕЛЬНЫМ МАРКЁРАМ В ПРИМОРЬЕ

*В статье охарактеризованы макро- и микромаркёры оптимальных климатов Приморья, к которым относятся ультраанеморальные виды сосудистых растений и субтропические дубы и эдифицирующие кустарники и многолетники, позволяющие выявить самые ценные для поселений, садоводства и озеленения территории.*

**Ключевые слова:** юг Приморья, микроклимат, низкогорья, инсоляция, сумма активных температур склонов и долин, сходство климатических показателей, оптимумы культур.

V.M. Urusov, L.I. Varchenko

## TO THE OPTIMAL MICROCLIMATES AND THEIR VEGETATIVE MARKERS IN PRIMORYE

*The macro- and micro-markers of Primorye optimal climates that include ultranemoral (more heat-loving plants) species of vascular plants and subtropical oaks, adipoceros shrubs and perennials allowing to reveal the most valuable territories for settlements, gardening and landscaping.*

**Key words:** south of Primorye; microclimate, low mountains, insolation, sum of active temperatures of slopes and valleys, climatic parameters similarity, the crop optima.

**Введение.** Оптимальные микроклиматы для Приморья известны более 100 лет как рефугиумы макротермных ландшафтов в верховьях рек, стекающих с Восточно-Маньчжурских гор юго-запада края [2, 6, 7], убежища теплолюбивой арборифлоры в водосборах рек, текущих в Японское море [1], береговые тёплые зоны [16], наконец, мозаика тёплых микроклиматов, поддерживающая особо требовательные к теплу ультраанеморальные (более теплолюбивые, чем типичные дубравные) и субтропические виды [3]. Причём на 42° с.ш. в зоне доминирования азалиевых сосняков и чернопихтарников с северокорейскими флористическими элементами [19] микроклимат края приближается к таковому в низкогорьях северной половины Корейского п-ова. Как выявлено, в т.ч. и нашими исследованиями [17], оптимальные по микроклимату урочища в настоящий период снова, как в климатический оптимум голоцена, расширяются. А значит, сопоставление ландшафтных растительных формаций Кореи и Приморья имеет практический смысл для лесохозяйственников, озеленителей, градостроителей, потому что уникальные макротермные сообщества по крайней мере маркируют зоны, перспективнейшие для сельскохозяйственных культур и жизни, а конкретные по температурам и влажности почв и условий зимовки микроклиматы диктуют размещение лесных пород и сельскохозяйственных культур.

И вот ещё одно соображение: хотя мы совершенно справедливо не считаем Дальний Восток России (ДВ) райскими кущами из-за его сложного, колеблющегося по годам климата, в частности режима увлажнения и зимовки растений и животных, но по сравнению с множеством регионов РФ его территория между 42–48° с.ш. с продолжительной (до 200–220 дней) вегетацией и суммой активных температур 3000–2000° (около 1500–1300° даже на высоте 1200 м над ур. м. по крайней мере в Южном Приморье [8]) представляет широкие возможности для культивирования сои, зерновых, ценных пород деревьев и последние полвека обогащает менеджеров АТЭР.

**Цель работы.** Уточнение перечня макротермных ландшафтных экосистем и видов-маркёров оптимальных местных климатов, пригодных для идентификации хозяйственно ценных урочищ.

### **Задачи исследования:**

1. Идентифицировать виды-маркёры самых тёплых микро- и мезоклиматов в низкогорьях Приморья.

2. Соотнести сосудистые растения-маркёры макротермной арборифлоры и травянистых многолетников с ботанико-географическими подпровинциями и конкретными экотопами-местопроизрастаниями.

3. Скорректировать оптимальные урочища с перспективами хозяйственной деятельности.

**Материал и методика.** Проанализированы ареалы и экологические ареалы макротермных лесных формаций, субтропических и особенно требовательных к теплу фоновых видов (т.е. кодоминантов и доминантов экосистем и ярусов растительности) как по литературным источникам [5, 9, 16–19, 21, 23], так и по материалам собственных исследований последних лет. Климаты и микроклиматы уточнены для ряда местопроизрастаний с учётом положения в рельефе и экспозиции [13, 14]. Учтён опыт интродукции в Приморье [10, 20].

**Результаты исследования.** Ботанико-географические подпровинции Приморья [15], разумеется, в целом отражают особенности увлажнения и теплообеспечения макрорайонов, а значит, богатство флоры и растительности юга ДВ, но лишь более или менее точно отражают суть новой климатической ситуации с довольно сложной сеткой агроклиматов и уцелевших лесов. Причём лесистость зоны азалиевых сосняков даже на крайнем юго-западе (Хасанский район) составляет 35 % при менее чем 5 % сосняков *Pinus densiflora* и полидоминантных, преимущественно лианово-грабовых чернопихтарников *Abies holophylla*, в самостоятельной подпровинции которой лесистость 40–55 % при 10–15 % автохтонных лесов. Что уж говорить о сосново-широколиственных лесах обрамления Ханкайского водосбора и собственно лесостепи с соответственно 40–60 % лесов и 4 % хвойно-широколиственных лесов в обрамлении лесостепи и 20 % при не более чем 1–2 % сосняков в лесостепной подпровинции. Надо сказать, что современная лесистость края в целом выше 60 %: капитализация экономики у нас минимизировала не площади лесов, а запас их товарной древесины.

Определённые выводы по географии сосудистых растений-теплолюбивых мы уже сделали [21]. Они совпадают с данными Г.Э. Куренцовой [6, 7].

Однако в настоящей работе мы распределили сосудистые растения и лесные формации по 3 генетическим группам теплолюбивых. Если не считать водные экзоты ряда лотоса Комарова, эвриалы устрашающей, бразении Шребера и др. [12], тропический ценотип в Приморье не выражен.

1. *Субтропическая флора* ограничена дубами вутайшанским и чуждым, клёном микрозибольдовым, ясенями Зибольда и узкокрылым (деревья), алангиумом платанолистным, принсепией китайской, струноплодником пильчатолостным, вейгелой ранней (кустарники), девичьим виноградом триострённым, кирказоном маньчжурским, актинидией Джиральда, ломоносом кокорышелостным, пуэзарией дольчатой, может быть, краснопузырником щетковидным (лианы), карпезием крупноголовым, фиалками Росса, волосисточерешковой, бутеневидной, беламкандой китайской, лилией ланцетолистной, викой Ови (многолетние травы). В данном ценотипе к маркерам температурных оптимумов мы всё же относим иногда ландшафтные дубы вутайшанский *Quercus wutaishanica* и чуждый *Q. aliena*, принсепию, или плоскосемянник, алангиум, струноплодник, кирказон, пуэзарию, а также массовый в ряде урочищ карпезий крупноголовый (рис. 1, 2). Учтены и новые находки субтропических видов, отчасти не вошедшие в Красную книгу Приморья [5].

2. *Ультранеморальная флора* (она более требовательна к теплу, чем типичные дубравные виды) включает гибридные сосны (густоцветковую-Тунберга в верховьях рр. Барабашевка и Артёмовка и погребальную-Тунберга в верховьях р. Комиссаровка от с. Барабаш-Левада к пади Краева), можжевельник твёрдый, дуб зубчатый, ясень густой (деревья), рододендрон Шлиппенбаха, леспедецу плотную, жимолость раннецветущую (кустарники), актинидию полигамную (лианы), аралию материковую, аризему полуостровную, кислицу обратнотреугольную, десмодиумы, леспедецу мохнатую (многолетники). Нужные нам маркеры в этой группе видов – гибридные сосны, можжевельник, дуб, ясень, рододендрон, леспедеца, жимолость, аралия материковая, аризема полуостровная. Может быть, сюда придётся включить эндем супралиторали макрорайона «юг Приморья–север Кореи» шиповник Максимовича – стелющийся куст. Суммы активных температур в ареале «ультранеморалов» хотя бы за счёт положения на склоне и в ценозе от 2600°.

Ареалы видов приводим по данным Н.Н. Качуры [23], Красной книги Приморского края [5] и нашим.

3. *Макротермная неморальная флора*: абрикос маньчжурский, клён ложнозибольдов, ясень горный (носолистный), ильм крупноплодный (деревья), вишня железистая (кустарники), виноградник разнолистный (лиана), брахиботрис вороньеглазый, лилия поникающая, фиалки пальчатая и пёстрая, дендрантемы корейская и нактонгенская (многолетники), из которых только абрикос, клён, ильм и в ограниченной мере брахиботрис (кистецветник) и лилия могут быть маркерами зоны, вернее, подзоны тёплых южнодубравных экосистем.

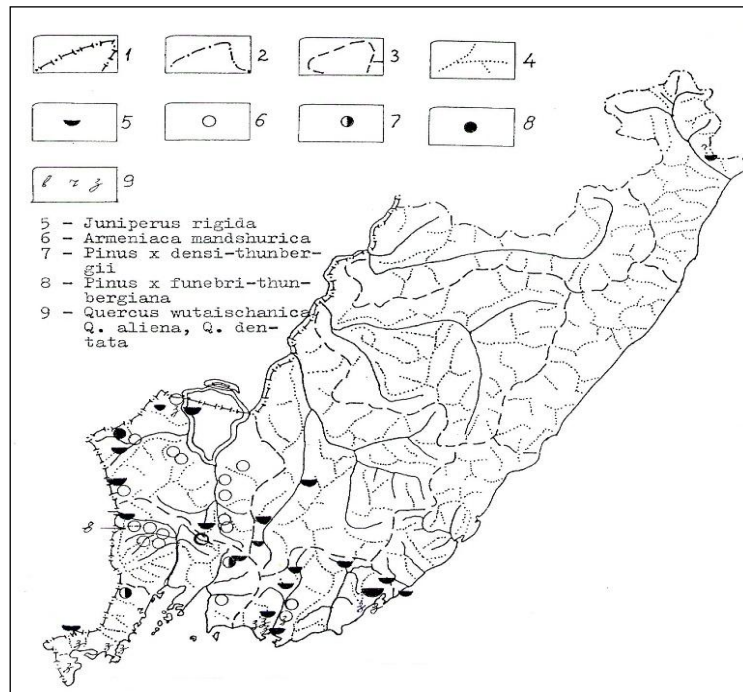


Рис. 1. Удачные маркёры наиболее тёплого – макротермного – местного климата: можжевельник твёрдый (5), абрикос маньчжурский (6); сосны густоцветковая-Тунберга (7) и погребальная-Тунберга (8); дубы вутайшанский, чуждый, зубчатый (9).

1 – границы России; 2 – приморья; 3 – важнейших групп речных бассейнов; 4 – отдельных речных бассейнов 1–3-го порядков, по [11]

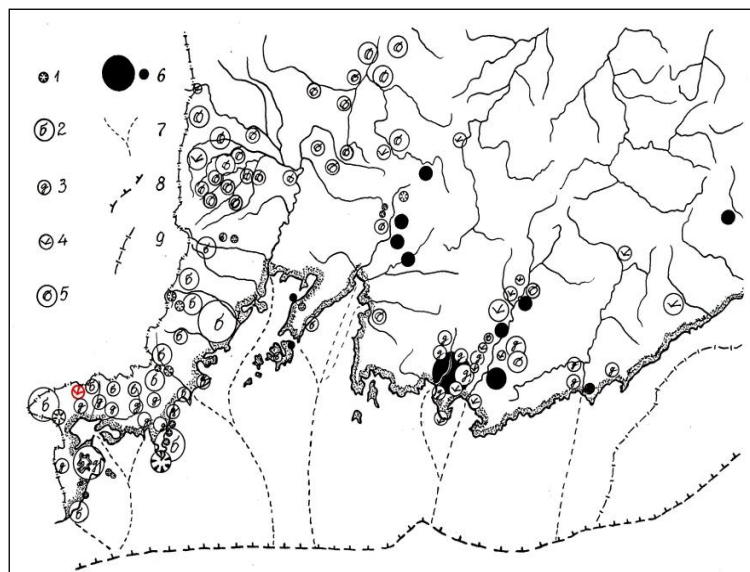


Рис. 2. Аномалия в распределении макротермных элементов южноприморской флоры. Распространение популяций умеренно теплолюбивых флороцено типов: 1 – *Pinus densiflora*; 2 – *Betula schmidtii*; 3 – леса и редколесья *Quercus dentata*, промежуточного по требовательности к теплу. Популяции наиболее теплолюбивых флороцено типов; 4 – *Juniperus rigida* ssp. *rigida*; 5 – *Armeniaca mandshurica*; 6 – *Carpesium macrocephalum*; 7 – русла рек, прослеживающиеся на шельфе; 8 – доголоценовая береговая линия (по: Атлас Приморского края, 1998); 9 – изобата 100 м; 10 – граница водосбора зал. Петра Великого

**Обсуждение результатов исследования.** На юге ДВ в целом и в Приморье особенно отмечается, на первый взгляд, странное усложнение экосистем по совокупности видов и жизненных форм сосудистых растений и энтомофауны на различных высотах вблизи берегов в горах Сихотэ-Алиня, присутствие теплолюбивых и экзотов на довольно высоко поднятых над морем террасах Сахалина и Больших Курил, наконец, реликтовых тундростланиковых группировок на небольших высотах по обоим берегам Татарского пролива.

Эти факты более всего увязываются с инверсией температур и мозаикой микроклиматов. Оптимальными для растений и животных оказываются участки, или значительно поднятые над холодным морем, или приуроченные к южным и западным, лучше прогреваемым склонам (материковый юг ДВ), или к склонам и каньонам, закрытым от выноса холодных воздушных масс и туманов (Курилы).

Как сказано выше, микроклиматические исследования [13, 14 и др.] позволили получить сравнительные характеристики температуры воздуха в сосняках, дубняках, на полянах склонов разных экспозиций и речных долинах. В бассейне р. Комиссаровка прогревание почвы и приземного слоя воздуха на южных и западных склонах существенней, а пересыхание почвы и гибель подрастающей сосны погребальной именно здесь теперь становятся правилом. Ночью со склонов в долины спускаются потоки тёплого воздуха: в сомкнутых лесах они концентрируются под пологом крон и на опушках. В холодный сезон склоны теплее долин на 1,7°.

Автохтонность популяций довольно требовательных к теплу сосен густоцветковой, а тем более густоцветковой-Тунберга, уцелевших в верховьях р. Барабашевка и урочище Суворовка в верховьях р. Артёмовка, погребальной и погребальной-Тунберга (падь Краева в верховьях р. Комиссаровка), доказана. Это свидетельствует как о соответствии, по крайней мере, ряда экотопов биологическим требованиям этих видов, так и о перегреве и иссушении других, чаще соседних с ними экотопов. Последние и были зоной оптимума видов в стадиях, когда среднегодовая температура в Южном Приморье была на 4–6° или, по данным А.М. Короткого [4], на 5–8° ниже, что не могло отеснить неморальные и тем более макротермные виды и ценотипы на инсолируемые склоны.

Нельзя не отметить и то, что крутосклоны и скалы приютили таких теплолюбивых, как пуэария дольчатая и девичий виноград триостренный именно там, где особенно заметно прогревание воздуха на высоте 0,2 м.

Следовательно, в низкогорьях микротермные условия характерны для долин северной ориентации и примыкающих к ним мощных холодных водотоков, включая проливы, и теневых склонов. Здесь и сохраняются бореальные, а отчасти субальпийские виды, унаследованные, по меньшей мере, от последнего стадияла (на юге Приморья это тополь Максимовича, черёмуха Маака и др.). Иное дело проливы, окружающие о-ва Рейнеке и Попова в заливе Петра Великого, выхолаживающее влияние которых на сушу практически не проявляется, о чём свидетельствуют состав и структура береговых экосистем. Вот здесь найдёт оптимум линейка южноприморских экзотов [21, 22] и коллекция магнолий и других теплолюбивых, привлечённая сотрудниками Ботанического сада-института ДВО РАН за более чем полвека [10 и др.]. Исключение – луга с крупнотравьем и рябчиком камчатским на о-ве Попова, что связано с выхолаживанием ветрами.

Наличие особенно теплолюбивых трав на небольших высотах обусловлено многими причинами, определяющими как повышенную теплообеспеченность, так и выхолаживание. В их числе и близость холодных морских вод, и лучшая обеспеченность теплом закрытых от ветров инсолируемых склонов, частично сберегающих субтропические виды, и более стабильный микроклимат внутри лесов. В обжитом в течение всего голоцена Приморье в долинах крупных рек и на бортах долин эти виды как раз и подвержены мощному антропогенному прессу, что иногда затрудняет определение хозяйственных перспектив разнообразия экотопов. Введение интродуцированных магнолий, например, показало их особую перспективность в условиях смягчённой зимы у незамерзающего моря.

На Сахалине и на юге Курил факторы минимизации тепла – холодное море и неблагоприятный режим ветров и туманов, а поэтому наиболее насыщенные дубравными представителями

флоры и фауны леса избегают выхолаживаемых морских террас и отступают от линии берега, оставляя его тундрам и верещатникам, мало изменившимся с рубежа голоцена. Но в данной работе для нас важнее другое – примерно в обратном порядке (из глубины речных долин) идёт неморализация флор и ландшафтов, для которой береговая суша, подтопленная морем, теперь перекрыта как путь с юга на север. В то же время интересная арборифлора Кореи и КНР отчасти уже успешно интродуцирована в Приморье на уровне макротермных видов широколиственного леса. То есть везде, где ещё уцелел клён ложнозибольдов. И только самые тёплые урочища пригодны для введения разнообразия листопадных магнолий и гинкго.

### Выводы

1. Макротермные ландшафтные экосистемы Приморья образованы гибридными соснами, можжевельником твёрдым, экзотическими дубами, ясенями, лианами, а также карпезиумом крупно-головым.

2. Мезоксерофиты можжевельник твёрдый, абрикос маньчжурский, ясень горный, ильм крупноплодный маркируют зоны повышенного тепла и оптимальных для человека микроклиматов. Последнее обусловило приуроченность к ним древних и средневековых поселений. Эти маркёры можно использовать при размещении селительных зон и сельскохозяйственных культур.

3. Оптимальные микроклиматы всё ещё заселены субтропическими видами, включая дубы и лианы, а также гибридами местных двухвойных сосен с японо-корейской сосной Тунберга, избегающей отрицательных средних температур января. Этот уровень оптимальности климата привязан к ограниченному числу урочищ с доминированием дубов вутайшанского и чуждого и широким распространением принсепии китайской.

4. Ультранеморальная флора, в частности дуб зубчатый, ясень густой, возможно, берёза Шмидта (железная), рододендрон Шлиппенбаха, леспедеца плотная, жимолость ранняя, актинидия полигамная всё ещё достаточно широко распространены на юге Приморья между 42–43° с. ш., хотя потеснены хозяйственной деятельностью древности и средневековья.

5. На современном этапе восстановления макротермных видов всех рассмотренных групп вероятно только введение их в культуру.

6. Урочища, где уцелели субтропические и близкие к ним ультранеморальные виды, в частности о-в Русский, подходят также для интродукции арборифлоры Кореи и Ляодунского п-ова в КНР.

7. Лучшие климатические характеристики имеют урочища Краскино, Зайсановка, о-ва Рейнке, Путятина, Подъяпольск, бассейн р. Партизанская, Екатериновка (по хребет Лозовый) и левобережные распадки, верхняя треть бассейна р. Киевка и пос. Преображение (Лазовский район), а также северо-западные окрестности оз. Ханка и верховья рек Илистая и Артёмовка.

### Литература

1. Арсеньев В.К. Краткий военно-географический и военно-статистический очерк Уссурийского края. 1901–1911. – Хабаровск: Штаб Приамур. воен. округа, 1912. – 324 с.
2. Будищев А.Ф. Описание лесов Приморской области. – Иркутск, 1883. – 537 с.
3. Кожевников А.Е., Коркишко Р.И., Кожевникова З.В. Значение государственного биосферного заповедника «Кедровая Падь» для охраны биоразнообразия сосудистых растений в Приморском крае // Растительный и животный мир заповедника «Кедровая Падь». – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 10–26.
4. Короткий А.М. Оледенение и псевдогольцовые образования юга Дальнего Востока СССР // Плейстоценовые оледенения востока Азии. – Магадан, 1984. – С. 174–185.
5. Красная книга Приморского края: растения. – Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. – 688 с.

6. Куренцова Г.Э. Растительность Приханкайской равнины и окружающих предгорий. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 140 с.
7. Куренцова Г.Э. Реликтовые растения Приморья. – Л.: Наука, 1968. – 72 с.
8. Майоров И.С., Урусов В.М., Чипизубова М.Н. Введение в концептуальные основы сбалансированного природопользования в зоне залива Петра Великого (Японское море) // Исследование и конструирование ландшафтов Дальнего Востока и Сибири. Вып. 6. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – С. 11–98.
9. Петропавловский Б.С. Леса Приморского края (эколого-географический анализ). – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 317 с.
10. Петухова И.П. Магнолии в условиях юга российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 103 с.
11. Преловский В.И., Короткий А.М., Пузанова И.Ю. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья. – Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1996. – 150 с.
12. Пшеничкова Л.М. Водные растения российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 105 с.
13. Таранков В.И. Микроклимат лесов Южного Приморья. – Новосибирск: Наука, 1974. – 223 с.
14. Туркень В.Г. Биологические аспекты микроклимата муссонной зоны Дальнего Востока. – Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1991. – 203 с.
15. Урусов В.М. К развитию ботанико-географической зональности юга Дальнего Востока // Ландшафтно-растительная поясность Ливадийского хребта (Южное Приморье). – Владивосток: Дальнаука, 2001. – С. 146–190.
16. Урусов В.М., Лауве Л.С. О высотных поясах растительности и формационных реликтах в Приморье в связи с изменением климата и морской трансгрессией // Ботан. журн. – 1980. – Т. 65, № 2. – С. 185–197.
17. Урусов В.М., Чипизубова М.Н. Составляющие разнообразия сосудистых растений на российском Дальнем Востоке // Исследование и конструирование ландшафтов Дальнего Востока и Сибири. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – Вып. 6. – С. 111–127.
18. Урусов В.М., Лобанова И.И., Варченко Л.И. Хвойные российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 420 с.
19. Урусов В.М., Кононова Н.Н. Мозаика климатопов как условие выживания дубравного (неморального) комплекса на юге Дальнего Востока // Дальний Восток России: география, гидрометеорология, геоэкология: мат-лы седьмой науч. конф. «К всемирным дням воды и метеорологии». – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2007. – С. 90–92.
20. Урусов В.М., Майоров И.С., Чипизубова М.Н. Оценка сходства климата как основа успеха интродукции // Вестник ТГЭУ. – 2010. – № 1. – С. 108–121.
21. Урусов В.М., Варченко Л.И. Южноприморские леса с северокорейскими флористическими элементами // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12. – С. 66–73.
22. Урусов В.М., Варченко Л.И. Растительность района Владивостока. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 152 с.
23. Харкевич С.С., Качура Н.Н. Редкие виды растений советского Дальнего Востока и их охрана. – М.: Наука, 1981. – 234 с.





## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА ТЮМЕНИ

*В статье представлен отбор проб на территориях промышленных предприятий ОАО «Тюменский аккумуляторный завод», ОАО «Тюменские моторостроители» и «Завод пластмасс» города Тюмени. Отмечена тенденция накопления тяжелых металлов в почвах на территориях данных предприятий относительно фона и превышения предельно допустимой концентрации.*

**Ключевые слова:** *тяжелые металлы, коэффициент техногенной концентрации, суммарный коэффициент загрязнения.*

A.G. Berseneva

## THE CONTENT OF THE HEAVY METALS IN SOILS ON THE TERRITORY OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISES IN TYUMEN

*The sampling on the territories of the industrial enterprises of JSC "Tyumen battery plant", JSC "Tyumen engine manufacturers" and "Plastics plant" in Tyumencity is presented in the article. The tendency of the heavy metal accumulation in the soils on the territory of these enterprises relative to the background and the excess of the maximum allowable concentration is noted.*

**Key words:** *heavy metals, technogenic concentration coefficient, total contamination factor.*

**Введение.** Изучение последствий техногенного накопления тяжелых металлов и антропогенного загрязнения природной среды в настоящее время приобрело исключительно важное значение для здоровья и безопасности населения. Выбросы, поступающие с промышленных предприятий, оказывают мощное техногенное воздействие на окружающие природные комплексы, вызывая нарушения естественного развития биогеоценозов. Длительное воздействие промышленного предприятия изменяет состав растительного покрова. Выбросы, поступающие с промышленного предприятия, оказывают мощное техногенное воздействие на окружающую среду, вызывая разрушение почвенного покрова. Влияние избытка тяжелых металлов связано с негативным воздействием на состав почвы и ее плодородие [3].

Накопление тяжелых металлов в почвах приводит к их аккумуляции в пищевой цепи и может вызвать тяжелые заболевания человека и животных. В статье представлен отбор проб на территориях промышленных предприятий города Тюмени, на которых выявлено увеличение цинка и меди в сравнении с нормируемыми показателями. Тем не менее содержание всех анализируемых элементов в почвах не достигает двукратного превышения, что позволяет отнести состояние всех этих почв к удовлетворительному. Тяжелые металлы отличаются от других металлов высоким содержанием в промышленных отходах и высокой токсичностью, своей долговечностью и почти невыводимостью из системы «почва-растение-животное-человек». Эти металлы относятся к категории неспецифических загрязняющих веществ, так как присутствуют почти во всех почвах, только в различных количествах [2].

**Цель работы.** Проведение экологической оценки на территориях промышленных предприятий города Тюмени на предмет содержания тяжелых металлов в почвах.

**Задачи:** выявить степень загрязнения почв тяжелыми металлами на территориях промышленных предприятий; предложить мероприятия по уменьшению накопления тяжелых металлов в почвах промышленных предприятий.

**Методы и результаты исследования.** В работе были выбраны три крупных промышленных предприятия на территории города Тюмени: ОАО «Тюменский аккумуляторный завод», ОАО «Тюменский моторостроительный завод», «Завод пластмасс».

Отбор проб производился в пределах санитарно-защитной зоны в соответствии с ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор проб». Для оценки геохимической аномальности использовались коэффициент техногенной концентрации (Кс) и суммарный коэффициент загрязнения (Zс). В зависимости от степени загрязнения коэффициент техногенной концентрации может показать превышение естественного геохимического фона в десятки, сотни и тысячи раз.

В рамках осуществления экологического контроля был проведен отбор почв на содержание подвижных соединений цинка, кадмия, свинца и меди с целью установления оценки загрязненности в зонах влияния промышленного предприятия. Все изучаемые заводы можно отнести к категории загрязнения почв – «чрезвычайно опасная», что приводит к увеличению заболеваемости людей [5].

Территория ОАО «Тюменский аккумуляторный завод» (табл. 1) относится к категории загрязнения почв – «чрезвычайно опасная». В некоторых точках суммарный коэффициент не выявлен в силу того, что кадмий присутствует в концентрациях ниже фоновых, однако загрязнение свинцом здесь чрезвычайно велико. Почва промышленной зоны при производстве аккумуляторов в десятки и сотни раз превышает не только фоновые значения, но и величину ПДК [4].

Таблица 1

**Содержание кадмия и свинца в почвах промышленной зоны,  
ОАО «Тюменский аккумуляторный завод» (2013 год), мг/кг**

Номер п/п	Cd	Kc	Pb	Kс	Zc (Cd+Pb)
1	0,12	2,00	300,0	202,70	204,70
2	0,08	1,33	925,4	625,27	626,60
3	0,07	1,17	>1000,0	>675,68	676,84
4	0,10	1,67	496,9	335,74	337,41
5	0,05	<1	>1000,0	>675,68	Не обнаружен
6	0,01	<1	79,6	53,78	Не обнаружен
7	0,01	<1	322,0	217,57	Не обнаружен
8	0,01	<1	168,0	113,51	Не обнаружен
9	0,01	<1	>1000,0	>675,68	Не обнаружен
10	0,01	<1	>1000,0	>675,68	Не обнаружен
11	0,01	<1	610,9	412,77	Не обнаружен
12	0,01	<1	>1000,0	>675,68	Не обнаружен
Фон	0,06		1,48		
ПДК/ОДК	0,50		6,00		

Примечание: Кс – коэффициент техногенной концентрации; Zс – суммарный коэффициент загрязнения.

Коэффициент техногенной концентрации (Кс) по свинцу превышает 675,68, что указывает на потенциальную опасность не только для почвы, но и для людей. Значение Кс на территории этого предприятия по всей выборке варьирует от 53,78 до 675,68. Высокая степень загрязнения свинцом обусловлена спецификой производства, в частности литьем свинцовых пластин для аккумуляторов. В настоящее время этот цех вынесен за пределы городской черты.

Территория Завода пластмасс (табл. 2) относится к категории «умеренно опасной». Это состояние характеризуется увеличением общей заболеваемости взрослых и детей хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Таблица 2

**Содержание кадмия и свинца в почвах промышленной зоны, Завод пластмасс (2013 год), мг/кг**

Номер п/п	Cd	Kc	Pb	Kc	Zc (Cd+Pb)
1	0,19	3,17	100,0	67,57	70,73
2	0,21	3,50	23,3	15,74	19,24
3	0,20	3,33	20,5	13,85	17,18
4	0,16	2,67	16,8	11,35	14,02
5	0,17	2,83	12,3	8,31	11,14
6	0,17	2,83	2,5	1,69	4,52
7	0,19	3,17	1,9	1,28	4,45
8	0,16	2,67	2,2	1,49	4,15
Фон	0,06		1,48		
ПДК/ОДК	0,50		6,00		

На территории ОАО «Тюменские моторостроители» (табл. 3) наблюдается следующая тенденция. Если содержание свинца незначительно, то кадмий вызывает серьезные опасения. Территория промышленной зоны ОАО «Тюменский моторостроительный завод» по суммарному показателю относится к уровню «допустимого» загрязнения, однако содержание кадмия в санитарной зоне данного завода предельно высоко, что приводит к необходимости соблюдения санитарно-защитных зон вблизи промышленных предприятий и обязательного совершенствования технологии очистки выбросов. Основным источником загрязнения почв кадмием являются промышленные выбросы от данных предприятий и сточные воды.

Таблица 3

**Содержание кадмия и свинца в почвах промышленной зоны, ОАО «Тюменский моторостроительный завод» (2013 год), мг/кг**

Номер п/п	Cd	Kc	Pb	Kc	Zc (Cd+Pb)
1	2,17	36,17	1,71	1,16	37,67
2	3,50	58,33	1,18	<1	Не обнаружен
3	3,67	61,17	0,83	<1	Не обнаружен
4	2,50	41,67	0,82	<1	Не обнаружен
5	2,67	44,50	0,56	<1	Не обнаружен
6	3,00	50,00	0,54	<1	Не обнаружен
7	2,00	33,33	0,67	<1	Не обнаружен
8	2,17	36,17	0,41	<1	Не обнаружен
9	4,33	72,17	4,02	2,72	73,60
10	2,33	38,83	0,71	<1	Не обнаружен
Фон	0,06		1,48		
ПДК/ОДК	0,50		6,00		

**Выводы.** Основная масса выбросов осаждается в непосредственной близости от источника загрязнения. Это дает основание для постоянного и обязательного мониторинга почв промышленных зон действующих предприятий и непосредственно территории городской среды [1].

Для предотвращения загрязнения почв тяжелыми металлами нужны предупредительные меры. Существенным направлением уменьшения загрязнения окружающей природной среды являются малоотходные технологии, в которых выбросы вредных веществ не превышают предельно допустимые концентрации, а отходы могут быть использованы повторно после переработки с наименьшим негативным воздействием на окружающую среду и человека [6].

### Литература

1. *Ваймер А.А.* Тяжелые металлы в почве и сельскохозяйственной продукции в условиях Тюменской области: дис. ... канд. биол. наук. – Тюмень, 1999. – 197 с.
2. *Герасимов И.П.* Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. – 2005. – 301 с.
3. *Гусейнов А.Н.* Экология города Тюмени: состояние, проблемы. – Тюмень: Слово, 2001. – 176 с.
4. *Елпатьевский П.В.* Эколого-геохимические принципы установления ПДК тяжелых металлов в почве // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – № 3. – С.10–11.
5. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в почве. – М.: Минздрав СССР, 1990. – 16 с.
6. Содержание ТМ в атмосферных осадках юга Тюменской области / *Л.Н. Скипин, А.А. Ваймер, Ю.А. Квашнина* [и др.] // Окружающая среда: тез. докл. конф. – Тюмень, 2006. – С. 54–69.



УДК 633.2:712

*Г.А. Демиденко, М.Я. Бессмольная, Н.Ю. Поломошнова*

### АНАЛИЗ ЦВЕТОЧНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УЛАН-УДЭ)

*В статье рассматриваются вопросы качественной оценки состояния объектов цветочного оформления городской системы озеленения.*

**Ключевые слова:** *экологизация, качественная оценка, озеленение, цветочное оформление, цветочные культуры.*

*G.A. Demidenko, M.Ya. Bessmolnaya, N.Yu. Polomoshnova*

### THE ANALYSIS OF THE URBAN ENVIRONMENT FLORAL DESIGN (ON THE EXAMPLE OF ULAN-UDE)

*The qualitative assessment issues of the floral design objects of the urban landscaping system are considered in the article.*

**Key words:** *ecologization, qualitative assessment, landscaping, floral design, flower crops.*

---

**Введение.** Согласно современным представлениям, качество – это совокупность характеристик объекта любой природы, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности человека или общества. Человечество сможет обеспечить себе достойное будущее и высокое качество жизни только в случае, если в каждой сфере деятельности человек будет выдавать высококачественный, конкурентоспособный продукт. Все это достижимо только лишь в ситуации, когда человек будет обеспечен благоприятными условиями, как социально-экономическими, так и экологическими. Однако нарастающие темпы урбанизации влекут за собой усугубление экологических проблем в населенных пунктах. В городской среде наблюдается значительная деформация естественных экологических процессов и среды обитания, что является следствием влияния большого количества негативных факторов, воздействующих на качество жизни.

ни населения. Экологизация городской среды может быть достигнута в результате создания комфортных для человека санитарно-гигиенических и архитектурно-эстетических условий. Качество городской среды, стабилизация экологической ситуации в значительной степени определяются состоянием городских зеленых насаждений. Именно зеленые насаждения, являющиеся частью градостроительной структуры, обеспечивают оптимизацию условий окружающей среды, повышают ее комфортность и эстетичность. Зеленые насаждения города, выполняя базовые экологические и эстетические функции, должны стать основным противовесом негативному воздействию урбанизации.

Озеленение в населенных пунктах, в частности в городах Сибири, развивается, однако это развитие сопряжено с рядом проблем, таких как сокращение площади озелененных территорий, неудовлетворительное состояние существующих зеленых насаждений, отсутствие экологической обоснованности выбора декоративных культур и их сочетаний, нерациональное использование почвогрунтов, отмечается однообразие композиционных и колористических решений фитокомпозиций [1–5].

В этой связи изучение качественного состояния различных объектов озеленения городского ландшафта представляется весьма актуальным.

**Цель исследований.** Оценка качественного состояния объектов цветочного оформления города Улан-Удэ.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись: цветники г. Улан-Удэ, находящиеся в составе муниципальных объектов озеленения, общей площадью 10625,9 м<sup>2</sup>; декоративные культуры, применяемые в цветочном оформлении города Улан-Удэ, такие как агератум, виола, георгины, кохия, лобелия, львиный зев, петуния, сальвия, тагетис, цинерария, цинния, эшшольция.

Исследования проводились в вегетационные периоды 2012–2014 гг., в соответствии с общепринятыми методиками. Всего в ходе исследований было обследовано 47 цветников г. Улан-Удэ.

Качественная оценка объектов цветочного оформления проведена согласно «Методике оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга». Для качественной оценки цветников учитывались такие показатели, как: поверхность цветника, габитус и декоративность растений, наличие отпада, состояние почвы, норма посадки, засоренность. Оценка качества (соответствия предъявляемым требованиям) цветников проводится для всех цветников на объектах озеленения и оценивается по трем категориям:

- хорошее состояние цветника – поверхность цветника тщательно спланирована, растения хорошо развиты и декоративны, сорняков и отпада нет, почва рыхлая и влажная, соответствие нормам посадки рассады цветочных культур;

- удовлетворительное состояние цветника: поверхность цветника с заметными неровностями, имеются проплешины до 10 % площади цветника, растения нормально развиты, но имеется незначительный отпад или сорняки, занимающие не более 10 % площади цветника или количества декоративных растений, почва уплотнена и сухая;

- неудовлетворительное состояние цветника: поверхность площади размещения цветника спланирована грубо, имеются проплешины до 30 % площади цветника, растения слабо развиты, мало декоративны или их значительная часть (более 10%) усохла или усыхает, сорняки могут занимать более 10 % площади цветника, почва плотная и сухая.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализируя цветочное оформление г. Улан-Удэ, можно отметить как положительные, так и отрицательные аспекты его развития. Так, за последние годы в целом наблюдается положительная динамика в этой сфере озеленения, достаточно активно цветочными клумбами оформляются центральные улицы, площади города и общегородские магистрали. Однако ассортимент цветочных растений, применяемых в озеленении города, в подавляющем большинстве представлен однолетними культурами, прослеживается однообразие при выборе композиционных и колористических решений цветочного оформления, во многих случаях цветочные композиции мало соответствуют архитектурно-планировочным решениям территорий, на которых они размещаются. На отдельных элементах цветочного оформления наблюдается несоответствие схемы (плотности) посадки цветочных культур, что негативно сказывается на их декоративности. Значительно снижает декоративность композиций с точки зрения зрительного восприятия отсутствие качественного газонного покрытия как основного композиционного фона.

Основной ассортимент однолетних цветочных культур представлен такими видами, как тагетес, сальвия, агератум, петуния гибридная. Незначительную долю в цветочном оформлении представляют такие цветочно-декоративные растения, как фиалка трехцветная, цинния, кохия, львиный зев, георгина однолетняя и цинерария. В системе цветочного оформления города Улан-Удэ практически отсутствуют многолетние травянистые декоративно-цветочные культуры.

Декоративные растительные композиции зачастую отличаются необоснованностью сочетания растений по экологическим и эстетическим показателям. Недостаточно фитокомпозиций с максимально длительным периодом декоративности, для создания которых необходимо сочетать растения с различными сроками наступления фенологических фаз (бутонизации, цветения, плодоношения и т.д.) и использование декоративных культур, максимально отвечающих почвенно-климатическим условиям города.

Исследования показали, что общая площадь цветников по городу Улан-Удэ равна 12258,4 м<sup>2</sup>: Советский район – 5784,2 м<sup>2</sup>; Железнодорожный район – 3782,4 м<sup>2</sup>; Октябрьский район – 2691,8 м<sup>2</sup>. Динамика площадей, занятых под цветочное оформление, приведена на рисунке 1.

Площадь цветников Улан-Удэ хорошего состояния равна 4691,7 м<sup>2</sup>: Советский район – 2741,2 м<sup>2</sup>; Железнодорожный район – 1463,4 м<sup>2</sup>; Октябрьский район – 487,1 м<sup>2</sup>. Цветники удовлетворительного качества по Улан-Удэ занимают площадь 4313,3 м<sup>2</sup>: Советский район – 1437,5 м<sup>2</sup>; Железнодорожный район – 1558,8 м<sup>2</sup>; Октябрьский район – 1317 м<sup>2</sup>. Цветники неудовлетворительного качества занимают площадь по Улан-Удэ – 3253,4 м<sup>2</sup>: Советский район – 1605,5 м<sup>2</sup>; Железнодорожный район – 760,2 м<sup>2</sup>; Октябрьский район – 887,7 м<sup>2</sup>.

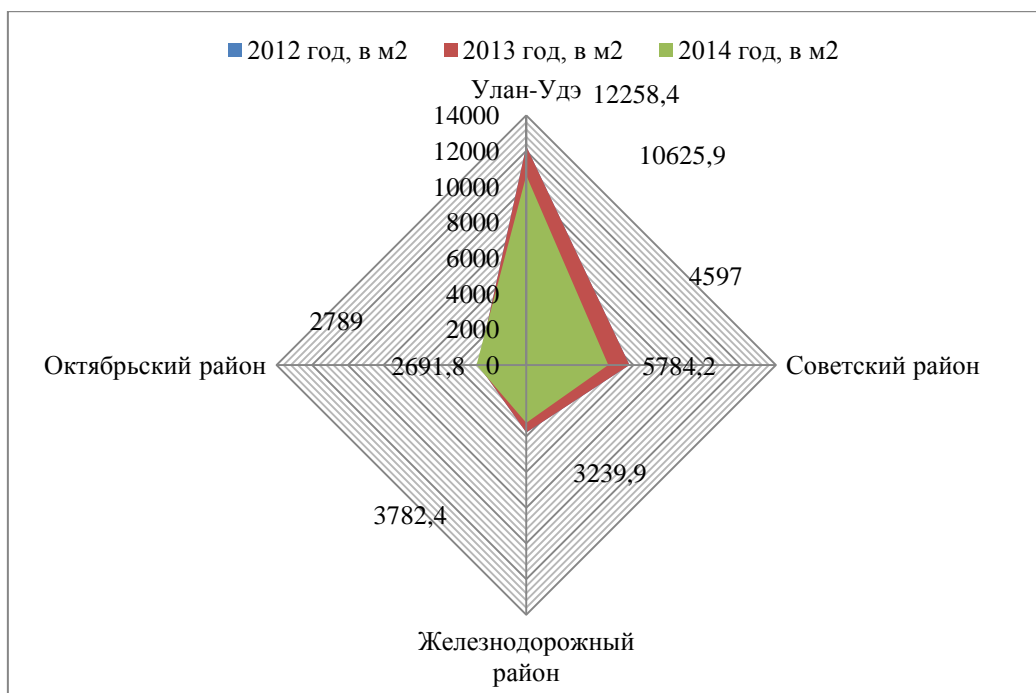


Рис. 1. Динамика площадей, занятых под цветочное оформление

Таким образом, площадь цветников Улан-Удэ хорошего качества составила 38,3 %, удовлетворительного качества – 35,2 %, неудовлетворительного качества – 26,5 % от общей площади цветочного оформления. Динамика качественных показателей объектов цветочного оформления города представлена на рисунке 2.

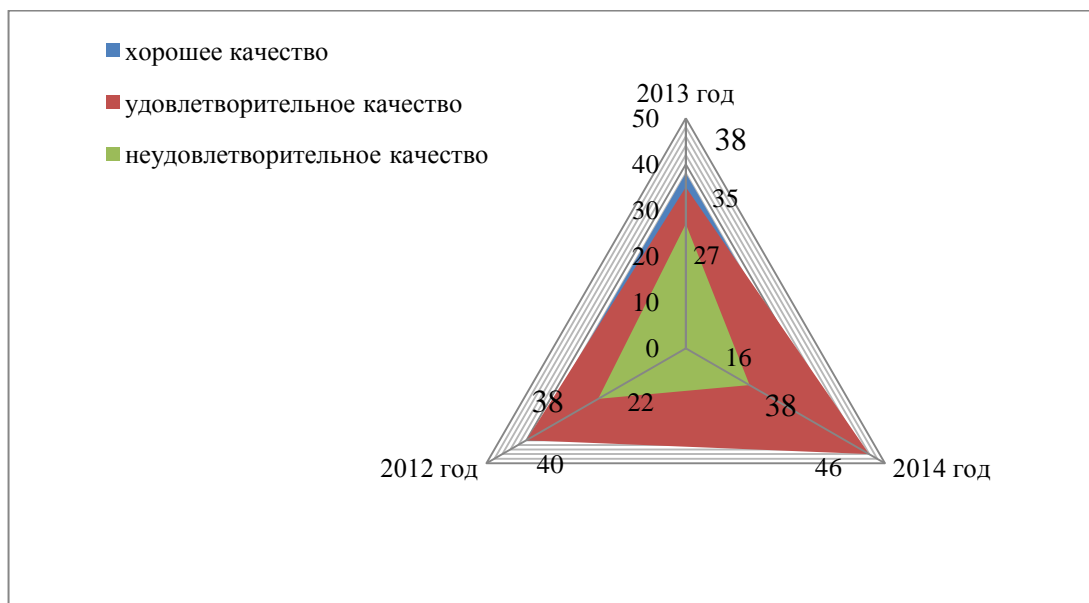


Рис. 2. Динамика качественных показателей объектов цветочного оформления города

На рисунке 3 показан ассортиментный состав цветочных растений, применяемых для фитокомпозиций г. Улан-Удэ, и их процент в общей доле цветочных культур.

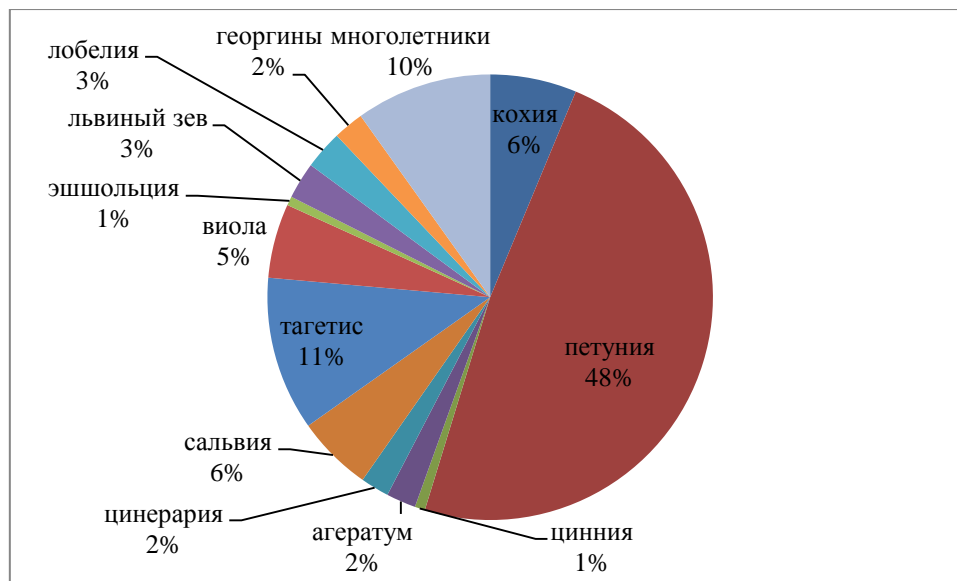


Рис. 3. Ассортимент цветочных растений в декоре г. Улан-Удэ

Ассортимент однолетних цветочных культур был представлен 12 видами (рис.1). Среди однолетних цветочных растений большую площадь занимали петуния (48%), тагетес (11%), кохия (6%), сальвия (6%), виола (5%), лобелия (3%), львиный зев (3%), цинерария (2%), агераум (2%), эшшольция (1%), цинния (1%).

**Заключение.** Анализ цветочного оформления города Улан-Удэ показал, что происходит ежегодное сокращение площади цветников: в 2013 году – 12258,4 м<sup>2</sup>; в 2014 году – 10625,9 м<sup>2</sup>. В ассортименте доминируют однолетние цветочные культуры (90 %). Многолетние цветочные культуры составляют 10 %. Основным типом цветников являются клумба, бордюр и рабатка. Результаты каче-

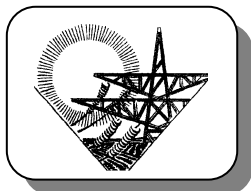
ственной оценки объектов цветочного оформления показали, что площадь цветников Улан-Удэ хорошего качества составила 38,3 %; удовлетворительного – 46,8 %; неудовлетворительного – 14,9 %.

### Литература

1. *Котляр М.Я., Корсунова Т.М., Поломошнова Н.Ю.* Экологические особенности озеленения населенных пунктов Западного Забайкалья. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2012. – 121 с.
2. *Котляр М.Я., Поломошнова Н.Ю.* Роль зеленых насаждений в экологизации населенных пунктов Западного Забайкалья // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф.* – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – Кн.1. – С. 540–543.
3. *Котляр М.Я., Поломошнова Н.Ю.* Экологические принципы озеленения территорий населенных пунктов Западного Забайкалья // *Образование, наука, практика: экологические аспекты: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (3.12.2010 г.), посвящ. 20-летию основания каф. с.-х. экологии БГСХА.* – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2010. – С. 109–113.
4. *Котляр М.Я.* Экологические основы совершенствования цветочного дизайна в городе Улан-Удэ // *Экология в современном мире: взгляд научной молодежи: мат-лы Всерос. конф. молодых ученых.* – Улан-Удэ: Изд-во ГУЗ РЦМП МЗ РБ, 2007. – С. 265–266.
5. *Маслов Н.В.* Градостроительная экология: учеб. пособие / под ред. *М.С. Шумилова.* – М.: Высш. шк., 2003. – 284 с.







## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, Ю.Н. Макеева

#### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЧВООБРАБОТКИ

Обоснованы показатели эффективности использования тракторов с переменной удельной материалоемкостью на совокупности установленных групп родственных операций почвообработки. По результатам сравнительной оценки обоснован рациональный интервал ее изменения с учетом занятости в зональных технологиях почвообработки.

**Ключевые слова:** адаптация, материалоемкость, масса, технология почвообработки, трактор, энергетический потенциал, эффективность.

N.I. Selivanov, Yu.N. Makeeva

#### THE EFFECTIVENESS OF THE WHEELED TRACTOR USE IN THE TILLAGE TECHNOLOGY

The efficiency indices of the use of tractors with the variable specific material capacity on the sets of the established groups of the related tillage operations are substantiated. According to the results of the comparative assessment the rational interval of its change taking into account the occupation in the zonal tillage technologies is proved.

**Key words:** adaptation, material capacity, mass, tillage technology, tractor, energy potential, effectiveness.

**Введение.** При возделывании зерновых, кормовых и технических культур используются в основном три вида цельнозамкнутых технологий обработки почвы и посева с установленными значениями номинальной скорости  $V_H^*$  и полями ее двухстороннего допуска  $\pm \Delta V$  в условиях вероятностного характера тяговой нагрузки [1–3]: традиционная с осенней зяблевой вспашкой при  $V_{H1}^* = 2,20 \pm 0,25 \text{ м/с}$ ; минимальная с осенней безотвальной глубокой обработкой почвы с  $V_{H2}^* = 2,65 \pm 0,35 \text{ м/с}$ ; минимальная с поверхностной обработкой почвы и нулевая (прямой посев) с одновременной поверхностной обработкой и посевом при  $V_{H3}^* = 3,33 \pm 0,50 \text{ м/с}$ . Каждая из указанных технологий основной (первой) обработки почвы образует группу родственных по энергоемкости и агротехническим требованиям операционных технологий и характеризуется осредненным значением удельного сопротивления  $K_0$  при  $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$ , его приращением в зависимости от скорости  $\mu_K = [1 + \Delta K(V^2 - V_0^2)]$  и коэффициентом вариации  $v_{K0}$ .

В работе [3] обоснованы оптимальные значения показателя технологичности – удельной материалоемкости колесных тракторов на одинарных и сдвоенных колесах  $m_{y0}^* = (\eta_T / (\varphi_{KP} \cdot V))_H \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кг/кВт}$  для указанных выше групп операций основной обработки почвы. Сущность технологической адаптации колесных 4к4а и 4к4б, как основных типов современ-

ных сельскохозяйственных тракторов, заключается в обосновании их энергетического потенциала ( $\xi_N^* \cdot N_{e3}$ ) и эксплуатационной массы  $m_{\text{Э}}^*$  для каждой из установленных групп родственных операций почвообработки с учетом природных условий и современных тенденций развития тракторной техники.

Для адаптации тракторов с установленными характеристиками двигателя ( $N_{e3}, n_H, K_M$ ), трансмиссии ( $\eta_{TP}, i_{TP}$ ) и ходовой системы ( $r_{\delta}$ ) к режиму рабочего хода отдельной группы родственных операций почвообработки положено изменение эксплуатационной массы для достижения  $m_{y\delta}^*$  [2]. Однако в практике эксплуатации современных тракторов зарубежного и отечественного производства изменение балластирования при выполнении родственных операций разных групп для достижения  $m_{y\delta}^*$ , как правило, не производится из-за высокой трудоемкости и недостаточности знаний. Поэтому актуальным является оценка эффективности использования колесных тракторов с переменной массой, обусловленной изменением количества съемного балласта и запаса топлива в баке, в технологиях почвообработки.

**Цель работы.** Сравнительная оценка эффективности использования колесных тракторов 4к4а с переменной массой в технологиях основной обработки почвы.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) обосновать показатели эффективности использования тракторов с переменной удельной материалоемкостью на операциях почвообработки;
- 2) дать сравнительную оценку эффективности тракторов с разной удельной материалоемкостью на родственных операциях почвообработки установленных групп;
- 3) установить рациональный интервал изменения удельной материалоемкости колесных тракторов с учетом занятости в технологиях почвообработки.

**Условия и методы исследования.** Рациональный тяговый диапазон трактора ограничен режимом допустимого буксования  $\delta_{\delta}$  при максимальном значении коэффициента использования веса  $\varphi_{KPH1} = \varphi_{KPMax}$  для выполнения первой, наиболее энергоемкой группы операций со скоростью  $V_{H1}^* = 2,20 \text{ м/с}$  и режимом максимального тягового КПД  $\eta_{Tmax}$ , соответствующим  $\varphi_{KPH3} = \varphi_{KPOpt}$  для третьей, наименее энергоемкой группы операций при  $V_{H3}^* = 3,33 \text{ м/с}$ . Для выполнения родственных операций второй группы  $\varphi_{KPH2} = \bar{\varphi}_{KP} = 0,5(\varphi_{KPMax} + \varphi_{KPOpt})$  при скорости  $V_{H2}^* = 2,65 \text{ м/с}$ .

Диапазону ( $\varphi_{KPMax} - \varphi_{KPOpt}$ ) соответствует интервал изменения удельной материалоемкости от максимальной  $m_{y\delta1}^*$  до минимальной  $m_{y\delta3}^*$ , соотношение которых не должно превышать максимально допустимое увеличение за счет балластирования наименьшего (базового) значения массы трактора  $m_{\text{Э}0}$ , определяемого из условия [4]  $\lambda m_{\text{Э}max} = (m_{\text{Э}0} + m_{Bmax}) / m_{\text{Э}0}$

$$\lambda m_{y\delta max} = m_{y\delta1}^* / m_{y\delta3}^* = (\lambda_{\eta_T} / \lambda \varphi_{KP} \cdot \lambda V)_H \leq \lambda m_{\text{Э}max}. \quad (1)$$

Основными показателями эффективности использования трактора с разными значениями  $m_{y\delta}^*$  на операциях почвообработки являются удельная производительность  $W_{y\delta}$  ( $\text{м}^2 / \text{Дж}$ ) и удельные энергозатраты  $E_{II}$  ( $\text{кДж} / \text{м}^2$ )

$$\begin{cases} W_{y\delta} = m_{y\delta}^* \cdot g \cdot \varphi_{KPH} V_H / K_0 \cdot \mu_K; \\ E_n = 1 / W_{y\delta}^*. \end{cases} \quad (2)$$

Учитывая, что номинальная скорость трактора [3] равна

$$V_H = \eta_{TH} \cdot 10^3 / g \cdot \varphi_{KPH} \cdot m_{y\delta}^* \quad (3)$$

из уравнения (2) получим

$$W_{y\delta} = \eta_{TH} \cdot 10^3 / K_0 \cdot \mu_K \quad (4)$$

Таким образом, при прочих равных условиях ( $K_0, \mu_K = idem$ ), удельная производительность прямо пропорциональна тяговому КПД трактора.

При известных значениях КПД трансмиссии  $\eta_{TP}$ , сопротивления качению  $\eta_f = \varphi_{KP} / (\varphi_{KP} + f)$  и буксования  $\eta_\delta = (1 - \delta)$  тяговый КПД трактора [5] определится по формуле

$$\eta_T = \eta_{TP} (1 - \delta) \cdot [\varphi_{KP} / (\varphi_{KP} + f)] \quad (5)$$

Для однотипных тракторов на одинаковых почвенных фонах буксование движителя  $\delta$  удобнее определять в функции  $\varphi_{KP}$ , используя при обработке результатов тяговых испытаний аппроксимативную модель [6]

$$\delta = a \cdot \varphi_{KP} / (b - \varphi_{KP}) \quad (6)$$

Тогда тяговый КПД трактора в диапазоне ( $\varphi_{KPmax} - \varphi_{KPопт}$ ) выразится как

$$\eta_T = \eta_{TP} \cdot \left[ \frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{a\varphi_{KP}}{(b - \varphi_{KP})} \right] \quad (7)$$

Зависимость  $\eta_T = f(\varphi_{KP})$  при  $\eta_{TP} = const$  определяется характером изменения буксования  $\delta = f_1(\varphi_{KP})$ . На всех тяговых режимах при одинаковых значениях  $\varphi_{KP}$  тяговый КПД остается неизменным независимо от величины  $m_{y\delta}^*$ . Однако уменьшение  $m_{y\delta}^*$  приводит к соответствующему повышению скорости  $V_H^*$  из условия  $\lambda V_H \cdot \lambda m_{y\delta} = 1$  или  $\lambda V_H = 1 / \lambda m_{y\delta}$ .

При использовании трактора с разной  $m_{y\delta}^*$  на скорости  $V_H^* = idem$  выполняется следующее условие взаимосвязи удельной материалоемкости и тягового режима работы:

$$\lambda \eta_T = \lambda \varphi_{KP} \cdot \lambda m_{y\delta} \quad (8)$$

Поэтому уменьшение  $m_{y\delta}^*$  всегда сопровождается возрастанием  $\varphi_{KP}$  и буксования с одновременным повышением  $\eta_f$ , что формирует в конечном итоге характеристику тягового КПД трактора.

Учитывая, что затраты мощности на перемещение трактора в интервале рабочих скоростей ( $V_{H3}^* - V_{H1}^*$ )

$$N_f = m_{\varepsilon} \cdot g \cdot f \cdot V, \quad (9)$$

то одноименные удельные затраты

$$N_{f0} = Nf / N_{\varepsilon} = m_{y\delta}^* \cdot g \cdot f \cdot V. \quad (10)$$

КПД сопротивления качению при этом выразится как

$$\eta_f = \left( 1 - \frac{N_{f0}}{\eta_{TP} \cdot \eta_{\delta}} \right) = \left( 1 - \frac{m_{y\delta}^* \cdot g \cdot f \cdot V}{\eta_{TP} \cdot \eta_{\delta}} \right). \quad (11)$$

Зависимости (10) и (11) показывают, что затраты мощности на перемещение при  $f = const$  и снижение  $\eta_f$  пропорциональны удельной материалоемкости  $m_{y\delta}^*$  и скорости  $V_H^*$  трактора

$$\begin{cases} \lambda Nf_0 = \lambda m_{y\delta}^* \cdot \lambda V_H; \\ \lambda \eta_f = \left( 1 - \frac{\lambda m_{y\delta}^* \lambda V_H}{\lambda_{\delta}} \right). \end{cases} \quad (12)$$

Тяговый КПД трактора, с учетом характера изменения  $\eta_f$ , определится по формуле

$$\eta_T = (\eta_{TP} \cdot \eta_{\delta} - m_{y\delta}^* \cdot g \cdot f \cdot V_H^*). \quad (13)$$

Изменение расхода топлива на единицу выполненной работы  $g_w = 2,77 g \cdot E_{II}$  при постоянной загрузке двигателя пропорционально удельным энергозатратам  $\lambda g_w = \lambda E_{II}$ .

В условиях вероятностного характера тяговой нагрузки главной выходной координатой трактора является скорость поступательного движения, допустимые значения которой определяют зону его эффективного функционирования в составе агрегата.

Номинальное значение рабочей скорости для родственных операций с двухсторонним контрольным допуском можно выразить как [2]

$$V_H^* = 0,5(V_{opt} + V_{max})_i. \quad (14)$$

Тогда контрольный допуск  $\Delta V_i$  представляет собой интервал средних значений скорости, ограниченный  $V_{opt}$  и  $V_{max}$  при  $v_n \approx v_{MC}$  для дизеля постоянной мощности (ДПМ)

$$\Delta V_i = 0,5(V_{max} - V_{opt})_i = (K\sigma_V), \quad (15)$$

где  $V_{max}$  и  $V_{opt}$  – верхняя и нижняя границы контрольного допуска.

Вероятность нахождения среднего значения скорости  $V_H^*$  в зоне двухстороннего допуска при нормальном законе распределения определяется из выражения

$$P_{\Delta} = \Phi(t_1) - \Phi(t_2), \quad (16)$$

где  $\Phi(t)$  – функция Лапласа;  $t_1 = (V_{max} - V_H^*) / \sigma_V$ ,  $t_2 = (V_{opt} - V_H^*) / \sigma_V$  – аргументы функции Лапласа.

Выходной показатель трактора  $\bar{\eta}_T$  и соответствующая ему удельная производительность при вероятностном характере скорости движения представляют случайные величины, оценочные показатели которых определяется как [6]

$$\bar{\eta}_T(W_{y\delta}) = \int f(V) \cdot \varphi(V) \cdot dV. \quad (17)$$

Влияние распределения скорости  $V$  на энергетические и технико-экономические показатели трактора можно оценить коэффициентом адаптации  $\lambda \eta_T = \bar{\eta}_T / \eta_{Tmax}$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** По результатам моделирования, с использованием экспериментальных зависимостей  $\eta_T, \delta = f(\varphi_{кр})$  [3], обоснованы оптимальные значения  $m_{y\delta}^*$  тракторов 4к4а на одинарных и сдвоенных колесах для совокупности разных групп родственных операций основной обработки почвы.

Ниже приведены оценки эффективности тракторов в базовой комплектации на одинарных колесах. При этом установлено, что характеристики буксования и тягового КПД трактора  $\delta, \eta_T = f(\varphi_{кр})$  остаются неизменными при разных значениях  $m_{y\delta}^*$  (рис. 1). Уменьшение  $m_{y\delta}^*$  приводит к пропорциональному повышению скорости  $V_H^*$  из условия  $\lambda V_H = 1 / \lambda m_{y\delta}$ . На всех нагрузочных режимах  $V_2 = 1,084V_1$ ,  $V_3 = 1,221V_1$ .

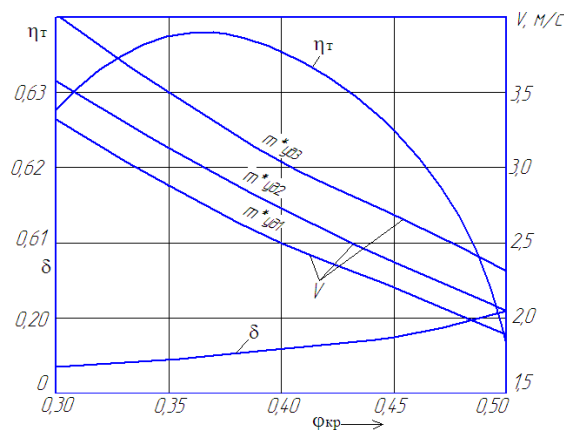
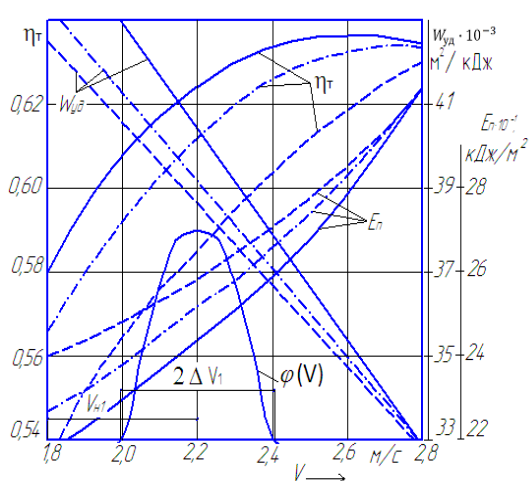


Рис. 1. Зависимости  $\delta$ ,  $\eta_T$ ,  $V = f(\varphi_{кр})$  трактора 4к4а при разной удельной материалоемкости (фон – стерня):  $m_{y\delta 1}^* = 64,47 \text{ кг} / \text{кВт}$ ,  $m_{y\delta 2}^* = 59,49 \text{ кг} / \text{кВт}$ ,  $m_{y\delta 3}^* = 52,80 \text{ кг} / \text{кВт}$

Как следует из выражения (8), основной показатель эффективности трактора с переменной материалоемкостью  $\eta_T$  при работе на постоянной скорости  $V = idem$  зависит от соотношения параметров  $m_{y\delta}^*$  и  $\varphi_{кр}$ . Уменьшение  $m_{y\delta}^*$  приводит к увеличению  $\varphi_{кр}$  и буксования движителя  $\delta$  с одновременным повышением  $\eta_f$ , что в конечном итоге определяет характер изменения  $\eta_{ТН}$ .

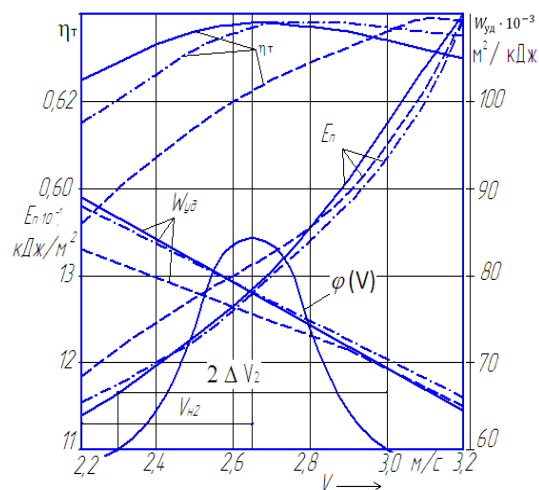
На рисунке 2 приведены зависимости  $\eta_T, W_{y\delta}, E_{II} = f(V)$  трактора 4к4а с разными значениями  $m_{y\delta}^*$  на операциях почвообработки установленных групп. Анализ показывает, что харак-

тер изменения тягового КПД  $\eta_T = f(V)$  в пределах контрольного допуска  $\pm \Delta V$  определяет эффективность использования трактора с заданной удельной материалоемкостью.



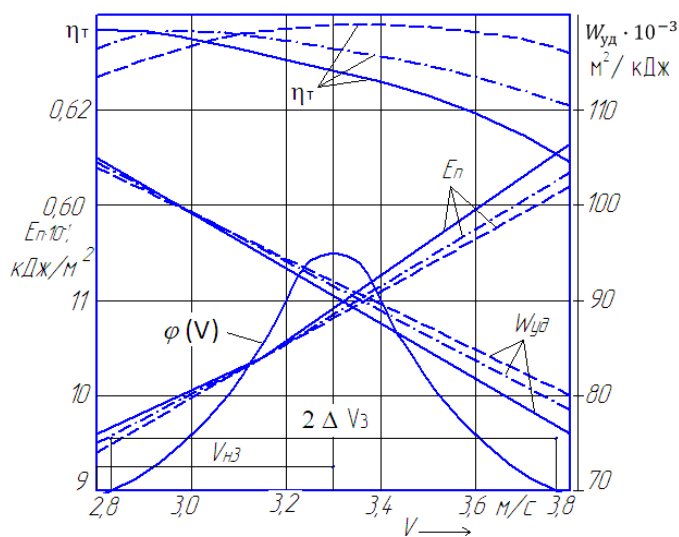
а

$$K_{O1} = 11,0 \text{кН} / \text{м}^2, \Delta K_1 = 0,13 \text{с}^2 / \text{м}^2$$



б

$$K_{O2} = 5,6 \text{кН} / \text{м}^2, \Delta K_2 = 0,09 \text{с}^2 / \text{м}^2$$



в

$$K_{O3} = 4,5 \text{кН} / \text{м}^2, \Delta K_3 = 0,06 \text{с}^2 / \text{м}^2$$

Рис. 2. Зависимости показателей эффективности колесного трактора 4к4а на операциях почвообработки разных групп: — — — — —  $m_{y\partial 1}^* = 64,47 \text{кг} / \text{кВт}$ ; — — — — —  $m_{y\partial 2}^* = 59,49 \text{кг} / \text{кВт}$ ; — — — — —  $m_{y\partial 3}^* = 52,80 \text{кг} / \text{кВт}$

На операциях первой группы (рис. 2, а) наивысшие показатели эффективности трактора достигаются при  $m_{y\partial 1}^*$ , которой соответствует диапазон изменения  $\eta_T$  от 0,600 до 0,636. Уменьшение удельной эксплуатационной массы до  $m_{y\partial 2}^*$  и  $m_{y\partial 3}^*$  сопровождается смещением тягового режима в зону больших значений  $\varphi_{кр}$  при буксовании  $\delta$ , превышающем допустимое. Это существенно снижает номинальное и осредненное значения тягового КПД трактора.

На операциях второй группы (рис. 2, б) номинальное и среднее значения тягового КПД достигают максимума при  $m_{y\partial 2}^*$ . Увеличение удельной материалоемкости до  $m_{y\partial 1}^*$  приводит к смещению тягового режима в зону меньших значений  $\varphi_{KP}$  и  $\delta$ , что несколько компенсирует затраты мощности на перемещение трактора. Поэтому показатели эффективности на этой группе операций трактора с  $m_{y\partial 2}^*$  и  $m_{y\partial 1}^*$  отличаются незначительно. Эффективность трактора при  $m_{y\partial 3}^*$  несколько ниже, как и на операциях первой группы.

Для выполнения операций третьей группы наивысшая эффективность достигается при  $m_{y\partial 3}^*$  (рис. 2, в). Увеличение удельной материалоемкости до  $m_{y\partial 2}^*$  и  $m_{y\partial 3}^*$  сопровождается смещением режима работы в левую часть потенциальной тягово-динамической характеристики с более низкими значениями тягового КПД трактора.

В таблице 1 приведены эксплуатационные допуски на скорость рабочего хода трактора для разных групп родственных операций основной обработки почвы при вероятности ее нахождения в установленных границах 0,90–0,95. Регулируемой до начала рабочего хода является удельная материалоемкость (масса) трактора.

Таблица 1

### Эксплуатационные допуски на скорость рабочего хода почвообрабатывающих агрегатов

Группа операций	$V_H^*$ , м/с	$\Delta V$ , м/с	$v_V$	$\sigma_V$ , м/с	$t$	$P\bar{\Delta}$
1	2,20	$\pm 0,25$	0,07	0,154	1,63	0,90
2	2,65	$\pm 0,35$	0,07	0,185	1,90	0,95
3	3,33	$\pm 0,50$	0,07	0,231	2,16	0,95

В условиях вероятностного характера распределения скорости рабочего хода с установленными допусками (табл. 1) по зависимости (17) определены средние значения показателей эффективности использования трактора на операциях почвообработки разных групп при изменении удельной энергоёмкости от  $m_{y\partial 1}^*$  до  $m_{y\partial 3}^*$ .

Результаты (табл. 2) показывают, что к первой группе операций наиболее адаптирован трактор с  $m_{y\partial 1}^* = 64,47 \text{ кг} / \text{кВт}$  при  $\lambda\eta_T = 0,972$  и  $W_{y\partial} = \text{max}$ . Уменьшение удельной материалоемкости до  $m_{y\partial 2}^* = 59,49 \text{ кг} / \text{кВт}$  и  $m_{y\partial 3}^* = 52,80 \text{ кг} / \text{кВт}$  снижает коэффициент адаптации до 0,956 и 0,906 соответственно при относительной производительности  $W_{y\partial 0} = W_{y\partial i} / W_{y\partial \text{max}}$  0,980 и 0,932. Эффективность использования трактора с  $m_{y\partial 1}^*$  ограничивается скоростью  $V_{\text{max}} = 2,50 \text{ м} / \text{с}$ .

На второй группе операций в интервале рабочих скоростей от 2,50 до 3,05 м/с наиболее эффективен трактор с  $m_{y\partial 2}^* = 59,49 \text{ кг} / \text{кВт}$  при  $\lambda\eta_T = 0,997$  и  $W_{y\partial 0} = 1,00$ . Показатели адаптации и эффективности трактора с  $m_{y\partial 1}^*$  достигают 0,994 и 0,990 соответственно. При  $m_{y\partial 3}^*$  их снижение составляет 2,5–2,8 %.

## Показатели эффективности колесного трактора 4к4а на операциях почвообработки

Группа операций	$V_H^*$ , м/с	$m_{y\partial 1}^* = 64,47 \text{ кг} / \text{кВт}$		$m_{y\partial 2}^* = 59,49 \text{ кг} / \text{кВт}$		$m_{y\partial 3}^* = 52,80 \text{ кг} / \text{кВт}$	
		$\lambda \eta_T$	$W_{y\partial 0}$	$\lambda \eta_T$	$W_{y\partial 0}$	$\lambda \eta_T$	$W_{y\partial 0}$
1	2,20	<u>0,972</u>	1,00	0,956	0,980	0,906	0,932
2	2,65	0,994	0,990	<u>0,997</u>	1,00	0,972	0,975
3	3,33	0,975	0,976	0,987	0,989	<u>0,998</u>	1,00
1-3	3,33-2,20	0,982	0,985	<u>0,987</u>	<u>0,992</u>	0,974	0,980
2-3	3,33-2,65	0,983	0,983	<u>0,992</u>	<u>0,994</u>	0,986	0,988

При  $V > 3,05 \text{ м} / \text{с}$  наивысшие показатели имеет трактор с  $m_{y\partial 3}^* = 52,80 \text{ кг} / \text{кВт}$ . Повышение  $m_{y\partial}^*$  до  $m_{y\partial 1}^*$  снижает их на 2,5 %.

Для зонального соотношения объемов работ по технологиям: 1-я гр. – 0,15; 2-я гр. – 0,40; 3-я гр. – 0,45 – наивысшие показатели эффективности имеет трактор с  $m_{y\partial 2}^*$  при коэффициенте адаптации  $\lambda \eta_T = 0,987$  и  $W_{y\partial 0} = 0,992$  (табл. 2). На операциях второй и третьей групп наиболее адаптированным является трактор с  $m_{y\partial 2}^*$  при  $\lambda \eta_T = 0,992$  и  $W_{y\partial 0} = 0,994$ . На втором месте трактор с  $m_{y\partial 3}^*$  при  $\lambda \eta_T = 0,986$  и  $W_{y\partial 0} = 0,988$ .

Полученные результаты позволяют установить рациональный интервал изменения удельной материалоемкости колесного трактора 4к4а с учетом занятости в зональных технологиях почвообработки для АПК Красноярского края в пределах  $m_{y\partial}^* = 57 - 62 \text{ кг} / \text{кВт}$ .

## Выводы

1. Для сравнительной оценки эффективности колесных тракторов 4к4а с переменной массой и установленной характеристикой двигателя на операциях почвообработки разных групп основным показателем является тяговая КПД, номинальные и средние значения которого в условиях вероятностного характера тяговой нагрузки определяют удельную производительность и энергозатраты.

2. По результатам сравнительной оценки эффективности использования тракторов с переменной массой наиболее адаптированным к зональным технологиям почвообработки является трактор с удельной материалоемкостью  $m_{y\partial 2}^* = 59,49 \text{ кг} / \text{кВт}$ .

3. С учетом занятости в зональных технологиях почвообработки АПК Красноярского края рациональный интервал изменения удельной материалоемкости колесных 4к4а находится в пределах 58–62 кг/кВт, при использовании на операциях 1–2-х и 2–3-х групп  $m_{y\partial}^*$  составляет соответственно 59–63 кг/кВт и 54–58 кг/кВт.

## Литература

1. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов и агрегатов для зональных технологий почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 10. – С. 161–165.
2. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Моделирование скоростных режимов и удельных показателей колесных тракторов на основной обработке почвы // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 1. – С. 81–89.



3. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Удельная материалоемкость колесных тракторов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2. – С. 56–63.
4. Селиванов Н.И. Регулирование эксплуатационных параметров тракторов // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 7. – С. 234–239.
5. Селиванов Н.И., Кузнецов А.В. Структура задач и модели адаптации тракторов высокой мощности к зональным технологиям почвообработки // Вестник Гос. аграр. ун-та Северного Зауралья. – Тюмень, 2014. – № 2. – С. 56–61.
6. Селиванов Н.И. Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т.– Красноярск, 2010. – 347 с.



УДК 579.6

В.Б. Дыров, Я.А. Кунгс

#### ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА ОАО «МРСК СИБИРИ» – «КРАСНОЯРСКЭНЕРГО»

*В статье рассмотрена существующая система обслуживания клиентов ОАО «МРСК Сибири». На основе современной методологии новых развивающихся систем электронной коммерции предложены новые методы и формы реализации систем в процессе обслуживания клиентов в филиале ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго».*

**Ключевые слова:** электронная коммерция, системы автоматизации, МРСК Сибири, обслуживание клиентов, потребители электроэнергии.

V.B. Dyrov, Ya.A. Kungs

#### THE AUTOMATED SYSTEM USE IN THE PROCESS OF CUSTOMER SERVICE ON THE EXAMPLE OF THE BRANCH OF JSC "IDGCOF SIBERIA" - "KRASNOYARSKENERGO"

*The current system of the customer service in JSC "IDGC of Siberia" is considered in the article. On the basis of the modern methodology of the electronic commerce new developing systems, the new methods and forms of the system implementation in the customer service process in the branch of JSC "IDGC of Siberia" – "Krasnoyarskenergo" are offered.*

**Key words:** electronic commerce, automation systems, IDGC of Siberia, customer service, electricity consumers.

---

**Введение.** Для развития современной экономической науки эффективного управления стали применяться аппаратно-программные комплексы автоматизации деятельности предприятий. Большую популярность стала приобретать автоматизация деятельности компании за счет внедрения информационных систем. В современных условиях без применения информационных систем уже невозможно представить процесс функционирования компании. Актуальность темы утверждена в перечне тем для открытого конкурса научных работ ОАО «МРСК Сибири» 2014 года и.о. заместителя генерального директора по техническим вопросам – главным инженером ОАО «МРСК Сибири» Р.И. Дудиным [8].

Использование информационных систем позволяет компаниям добиться не просто экономии ресурсов и времени, но также изменить принципы и традиции общественного производства, распределения и потребления.

Стремительное развитие современных технологий позволило коренным образом изменить устоявшиеся технологии проведения коммерческих операций за счет широкого использования информационных систем. Постепенно происходит становление новой стратегии ведения коммерческой деятельности, получившей название «электронная коммерция».

Электронная коммерция характеризуется принципиально новыми методами ведения коммерческой деятельности. Экономический успех электронной коммерции достигается за счет пересмотра и усовершенствования бизнес-процессов компании. Электронная коммерция выступает как результат новых качественных изменений, связанных с внедрением информационных систем в традиционно существующий бизнес [1–8].

Основной вклад в развитие теоретических и методологических вопросов системы электронной коммерции внесли российские и зарубежные авторы: В.Н. Бугорский, И.Т. Балабанов, И. Герашенко, А. Демидов, С.А. Дятлов, Л.С. Климченя, О.А. Кобелев.

Труды российских авторов И.Т. Балабанова, С.А. Юрасова содержат в себе описание всех начальных этапов развития систем электронной коммерции, основные методы и формы реализации систем электронной коммерции на практике.

Зарубежные авторы, такие как Д. Козье, М. Рейнолдс, Т. Уилсон, в своих трудах описывают основные моменты становления электронной коммерции как самостоятельной области знаний и ее дальнейшего развития, а также применения ее методов для осуществления современной предпринимательской деятельности.

Изучение работы отечественных и зарубежных авторов показало, что электронная коммерция как самостоятельная научная дисциплина пока только набирает свою популярность среди компаний во всем мире. Что касается эффективности применения систем, то в настоящее время отсутствуют научно обоснованные методы оценки эффективности функционирования систем электронной коммерции [5–7].

**Цель работы.** Анализ эффективности применения информационных систем в процессе обслуживания клиентов на примере филиала ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго».

**Задачи:**

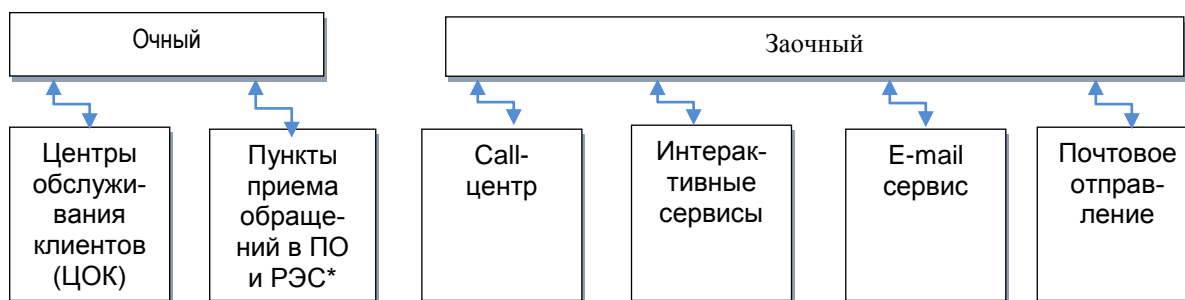
- 1) рассмотреть существующие информационные системы автоматизации процесса обслуживания клиентов;
- 2) рассмотреть использование информационных систем для электронной коммерции;
- 3) дать характеристику деятельности филиала ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго», провести финансово-экономический анализ;
- 4) описать CRM-систему в филиале ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго» и провести ее оптимизацию для успешной работы с клиентами;
- 5) рассмотреть «Личный кабинет» как элемент электронной коммерции в филиале ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго»;
- 6) предложить рекомендации по улучшению существующей системы ведения электронной коммерции филиала ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго».

**Объект.** Объектом данной работы является филиал ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго», а предметом – интегрированная система из программно-аппаратных комплексов для осуществления автоматизации процесса обслуживания клиентов.

**Результаты.** Существующая система обслуживания клиентов ОАО «МРСК Сибири» создана и постоянно развивается с целью:

- упростить для потребителя процесс взаимодействия с компанией;
- сделать его максимально комфортным и понятным;
- сократить временные и финансовые затраты потребителей на получение услуги;
- наладить и поддерживать между потребителями и компанией партнерские отношения, основанные на взаимном уважении.

Для потребителей ОАО «МРСК Сибири» доступны следующие сервисы (рис.):



\*ПО – производственное отделение, РЭС – район электрических сетей.

Потребитель может обратиться в компанию любым из перечисленных способов.

На сегодняшний день функционирует около 20.

Основными направлениями деятельности ЦОК МРСК Сибири являются:

1. Прием заявок и выдача договоров на технологическое присоединение к электрическим сетям МРСК Сибири (как для физических, так и для юридических лиц).

2. Работа с жалобами потребителей на перебои в электроснабжении, качество электроэнергии, качество обслуживания электросетевой организацией в целом.

3. Прием сообщений о фактах хищения электроэнергии и объектов сетевого хозяйства.

4. Предоставление консультационных услуг по всему спектру вопросов энергообеспечения.

Крупные ЦОК для удобства потребителей работают 6 дней в неделю без перерыва на обед.

В каждом производственном отделении (ПО) и районе электрических сетей (РЭС) ОАО «МРСК Сибири» действуют пункты приема обращений. Они призваны обеспечить обслуживание потребителей из удаленных территорий.

По всем вопросам, по которым ведется прием в ЦОК, можно обратиться в пункты приема обращений ПО и РЭС (табл.).

**Количество обращений в ЦОК, ПО и РЭС ОАО «МРСК Сибири»  
(данные за 9 месяцев 2013–2014 гг.)**

Получатель	9 месяцев 2013	9 месяцев 2014
Филиал Алтайэнерго	3 717	4 436
Филиал Бугятэнерго	9 434	11 725
Филиал ГАЭС	1 731	2 656
Филиал Красноярскэнерго	18 510	36 375
Филиал Кузбассэнерго	8 545	11 074
Филиал Омскэнерго	11 782	12 786
Филиал Хакасэнерго	5 769	5 953
Филиал Читаэнерго	10 118	10 582
ОАО "Тываэнерго"	6 566	4 844
Итого	76 172	100 431

В ОАО «МРСК Сибири» функционирует единый call-центр Общества, представляющий собой централизованную справочную службу поддержки клиентов компании (8-800-1000-380). Звонок в call-центр с территории РФ является бесплатным для потребителя. Call-центр работает в круглосуточном режиме и предоставляет информацию по вопросам электроснабжения:

- качество электрической энергии;
- перерывы в электроснабжении;

- технологическое присоединение к электрическим сетям;
- обслуживание приборов учета электрической энергии;
- незаконное потребление электрической энергии и хищение объектов электросетевого хозяйства.

В настоящее время ОАО «МРСК Сибири» только развивает систему СМС-оповещения потребителей о предстоящих отключениях электроэнергии по причине обслуживания электрооборудования, а также в случае нештатных ситуаций [8].

В СМС-сообщении указываются:

- адреса потребителей, попадающих в зону отключения;
- ориентировочное время восстановления электроснабжения.

Чтобы получать СМС от энергетиков, необходимо, в соответствии с законодательством, дать на это письменное согласие [8].

Для создания условий, необходимых для эффективного взаимодействия с потребителями, их максимально комфортного обслуживания, обеспечения доступности всех предлагаемых услуг, на официальном сайте филиала работает интернет-приемная с функцией «Личного кабинета». Клиент может подать онлайн-заявку на технологическое присоединение, а в дальнейшем также удаленно отслеживать ее процесс.

**Заключение.** По мере развития и становления информационного общества возросло значение информационных систем и их использования для оптимизации деятельности компании. Использование современных информационных систем позволяет компании эффективнее осуществлять свою деятельность. Применение информационных систем для реализации методов электронной коммерции используется для получения дохода от ведения хозяйственной деятельности. Организация этих систем должна проходить в соответствии с основными требованиями к процессам функционирования компании.

В работе рассмотрены общие понятия систем электронной коммерции, которые служат для автоматизации процессов обслуживания клиентов в компании посредством применения современных информационных систем аппаратно-программных комплексов, таких как «Электронная очередь» и использование информационных киосков. В работе предложены рекомендации по улучшению существующей системы ведения электронной коммерции при помощи реализации проекта «Мобильный кабинет», который будет реализован в дополнение к уже имеющейся системе «Личный кабинет».

## Литература

1. Балдин К.В. Информационные системы в экономике. – М.: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К», 2004. – 134 с.
2. Вулкан Н. Электронная коммерция. Стратегическое руководство. – М.: Интернет-трейдинг, 2003. – 256 с.
3. Дик В.В., Лужецкий М.Г., Родионов А.Э. Электронная коммерция / Московская финансово-промышленная академия. – М., 2005. – 376 с.
4. Климченя Л.С. Электронная коммерция: учеб. пособие. – Минск: Вышэйш. шк., 2004. – 191 с.
5. Кобелев О.А. Электронная коммерция: учеб. пособие / под ред. С.В. Пирогова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К», 2006. – 684 с.
6. Нельзина О.Г. Информационные системы для электронной коммерции. – М.: Феникс, 2008. – 271 с.
7. Пэйтел К., Мак-Картни М.П. Секреты успеха в электронном бизнесе Digital Transformation. The Essentials of e-Business leadership. – СПб.: Питер, 2001. – 128 с. (Сер. «Электронная коммерция»)
8. URL: <http://www.mrsk-sib.ru>.



## МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

В статье приведено решение некоторой части проблемы энергосбережения в условиях дефицита энергоресурсов путем использования автоматизированной информационной системы управления микроклиматом. Разработана информационная система регулирования микроклимата, обеспечивающая минимум затрат на управление им.

**Ключевые слова:** тепловой баланс, микроклимат, имитационная модель, энергосберегающий эффект.

E.I. Zaitseva, P.P. Dolgikh

## THE METHODS OF THE MICROCLIMATE OPTIMIZATION IN LIVESTOCK BUILDINGS

The solution for some part of the energy saving problem in the conditions of the energy resources shortage through the use of the automated microclimate control information system is presented in the article. The microclimate control information system providing the minimum expenses on the microclimate control is developed.

**Key words:** thermal balance, microclimate, simulation model, energy-saving effect.

**Введение.** Дальнейшее развитие сельскохозяйственной техники будет характеризоваться еще более интенсивным использованием средств и методов автоматизации, информатизации и робототехнических комплексов, в связи с тем, что мировой уровень механизации основных процессов в полеводстве и животноводстве приближается к 100 %.

Целью моделирования является построение модели режимов работы климатических установок в животноводческих помещениях для снижения энергозатрат.

Анализ показал, что в настоящее время разработаны различные энергосберегающие методы и оборудование, средства для их реализации при обеспечении оптимального микроклимата на фермах крупного рогатого скота. Часть этого оборудования требует совершенствования и проверки эффективности использования в практических условиях [1].

Однако внедрение энергосберегающих методов и оборудования сдерживается отсутствием программного продукта, который бы обеспечивал управление микроклиматом при помощи вычислительной и микропроцессорной техники.

Целью проведения расчета тепловлажностного баланса животноводческого помещения с системой обеспечения микроклимата на базе утилизации теплоты выбросного воздуха является определение дополнительного количества теплоты на обеспечение требуемых параметров микроклимата при определенных объемно-планировочных и конструктивных решениях с учетом тепловозврата от теплоутилизационных установок [2].

Потребность в дополнительном количестве потока теплоты определяется по формуле

$$Q_{\text{доп}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{и}} + Q_{\text{ж}}^{\text{CB}}. \quad (1)$$

Теплопотери помещением через ограждения определенного варианта объемно-планировочного и конструктивного решения рассчитываются по формуле

$$Q_{\text{огр}} = \sum \frac{n \cdot F_{\text{ТС}}}{R_{\text{отс}}^{\text{ПП}}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = \left( \frac{n \cdot F_{\text{ТС}}}{R_{\text{отс}}^{\text{ПП}}} + \frac{n_{\text{пс}} \cdot F_{\text{пс}}}{R_{\text{опс}}^{\text{ПП}}} + \frac{n_{\text{лок}} \cdot F_{\text{лок}}}{R_{\text{олок}}^{\text{ПП}}} + \frac{n_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}}}{R_{\text{оок}}^{\text{ПП}}} + \frac{n_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}}}{R_{\text{ов}}^{\text{ПП}}} + \frac{F_{\text{пол}}}{R_{\text{опол}}^{\text{ПП}}} \right) \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}). \quad (2)$$

При этом теплопотери с инфильтрацией не учитываются.

Теплопотери на испарение влаги с открытой водной и смоченной поверхностями с учетом технологии содержания животных и планировочных решений животноводческого помещения определяются по формуле

$$Q_{И} = 0,68 \cdot W_{И} = 0,68(\omega_{СМ}F_{СМ} + \omega_{ОТКР}F_{ОТКР}), \quad (3)$$

где 0,68 – скрытая теплота испарения, Вт·ч/г.

Количество влаги, испаряющейся с открытых водных и смоченных поверхностей, определяется в зависимости от технологии навозоудаления [2]:

- при беспривязном содержании и периодической уборке навоза

$$W_{И} = (F_{НЖ} + F_{П}) \cdot \omega_{ОТКР} = (F_{НЖ} + F_{П}) \cdot 10^{(2,127+0,0269t_B)} \cdot (1 - \varphi_B); \quad (4)$$

- при содержании животных на решетчатых полах

$$\begin{aligned} W_{П} &= \omega_K \cdot F_K + \omega_{П} \cdot F_{П} = \\ &= F_K \cdot (23,75 + 1,486t_B + 0,025t_B^2) \cdot (1 - \varphi_B) + F_{П} \cdot 10^{(2,127+0,0269t_B)} \cdot (1 - \varphi_B); \end{aligned} \quad (5)$$

- при привязном содержании и механической уборке навоза

$$W_{П} = \omega_{СМ} \cdot F_{СМ} + \omega_{П} \cdot F_{П} = F_{СМ} \cdot (30 + 2,2t_B) \cdot (1 - \varphi_B) + F_{М} \cdot 10^{(2,127+0,0269t_B)} \cdot (1 - \varphi_B). \quad (6)$$

Теплопотери помещения с вентиляционным воздухом определяются с учетом тепловозврата утилизаторами по формуле

$$Q_B = Q_{ПР} - Q_{УТ} = [0,278 \cdot G_{ПР} \cdot (t_B - t_H) - q_{УТ} \cdot Z_{УТ}]. \quad (7)$$

Требуемое количество приточного воздуха определяется из условия удаления избытков влаги

$$G_{ПР} = (W_{Ж} + W_{И}) \cdot (d_B - d_H). \quad (8)$$

Количество водяных паров, выделяемых животными при дыхании, определяется в соответствии с видом и возрастом животных и с учетом расчетной температуры в помещении по формуле

$$W_{Ж} = m_{Ж} \cdot \omega_{Ж} \cdot K_{ЖВ}, \quad (9)$$

где  $\omega_{Ж}$  – для телят и молодняка при интенсивном откорме определяется по формуле

$$\omega_{Ж} = 0,78P_{Ж} + 7,56t_B - 0,005P_{Ж}t_B - 36. \quad (10)$$

Для остального поголовья крупного рогатого скота  $\omega_{Ж}$  определяется по [2].

$K_{ЖВ}$  – определяется по [2] для крупного рогатого скота и свиней соответственно.

Количество свободного потока теплоты, выделяемое животными, определяется в зависимости от вида, возраста и расчетной температуры внутреннего воздуха

$$Q_{Ж}^{СВ} = m_{Ж} \cdot q_{Ж}^{СВ} \cdot K_{ЖТ}, \quad (11)$$

где  $q_{Ж}^{СВ}$  – для телят и молодняка при интенсивном откорме определяется по формуле

$$q_{Ж}^{СВ} = 1,26P_{Ж} - 2,9t_B - 0,02P_{Ж}t_B + 121. \quad (12)$$

Для остального поголовья крупного рогатого скота определяется по [2].

$K_{ЖВ}$  – определяется по [2] для крупного рогатого скота и свиней соответственно.

Тепловозврат от теплоутилизационных установок определяется в зависимости от типа теплоутилизатора и его теплотехнических характеристик при различных температурно-влажностных условиях первичного и вторичного теплоносителей и определяется по формуле

$$Q_{УТ} = q_{УТ} Z_{УТ} = f(t_{Н1}, t_B, \varphi_B), \quad (13)$$

$$\text{где } q_{УТ} = A_{УТ} \cdot \Delta t_{УТ} = A_{УТ} \cdot (t_B - t_{НУТ}). \quad (14)$$

Минимально требуемое количество теплоутилизаторов для конкретного помещения определяется в зависимости от вида теплоутилизаторов и требуемого воздухообмена при максимальной расчетной температуре наружного воздуха для отопительного периода (в соответствии с расчетом тепловоздушного баланса) по выражениям:

- при  $G_{УТ} > 4,0$  тыс.м<sup>3</sup>/ч

$$Z_{УТ} = \frac{G_{ПР}}{G_{УТ}} + 0,7 - \text{целое число}; \quad (15)$$

- при  $G_{УТ} \leq 4,0$  тыс.м<sup>3</sup>/ч

$$Z_{УТ} = \frac{G_{ПР}}{G_{УТ}} + 1 - \text{целое число}. \quad (16)$$

С учетом выбранного количества утилизаторов корректируется расчетный максимальный воздухообмен

$$G_{ВР} = G_{УТ} \cdot Z_{УТ}^{max}. \quad (17)$$

При понижении температуры наружного воздуха ниже расчетной может быть уменьшено количество работающих утилизаторов либо снижена воздухоподача регулируемых приточных вентиляторов теплоутилизационных установок.

При уменьшении воздухоподдачи приточных вентиляторов теплоутилизационных установок в животноводческих помещениях должен обеспечиваться воздушный баланс по притоку и вытяжке за счет применения рециркуляции выбросного воздуха, прошедшего тепловую обработку в утилизаторе.

Потребность в дополнительном тепле может быть реализована с помощью воздухоподогревателей (водяных или электрокалориферов), встроенных в конструкцию теплоутилизаторов, либо с помощью предусматриваемых тепловентиляционных установок, работающих на рециркуляционном воздухе, либо с помощью приборов местного отопления (регистров, электроконвекторов и других нагревательных приборов).

Окончательный выбор тепловентиляционного оборудования для системы обеспечения микроклимата (СОМ) с утилизацией теплоты выбросного воздуха должен производиться на основе результатов вариантных расчетов тепловлажностных балансов с учетом различной степени утепления зданий и его отдельных элементов, эффективности теплоутилизаторов различного типа, мощности и эффективности средств дополнительного подогрева.

Расчет теплового баланса показывает, что в итоге необходимо выбрать тип и количество оборудования для животноводческого комплекса с учетом всех потерь. Облегчить вопросы реализации энергоэффективных режимов может информационная система по расчету и выбору системы обеспечения микроклимата для животноводческого помещения, напрямую работающая с частотно-регулируемым электроприводом.

В процессе проектирования было выделено несколько функционально-однородных модулей, которые позволяют, в свою очередь, выделить множество отдельных операций, которые целесообразно объединить по функционально-однородному признаку в несколько подсистем.

Разработанная информационная система включает следующие модули (подсистемы):

а) справочник «Теплоутилизаторы»;

- б) диаграммы;
- в) расчет теплотерь через ограждение, на испарение влаги, с вентиляцией; количества теплоты, выделяемой животными;
- г) ввод-вывод данных;
- д) расчет энергопотребления;
- е) формирование отчета;
- ж) справка.

Каждая подсистема отвечает за выполнение конкретных задач. Приводится описание подсистем и задач, которые они выполняют.

Разработанная информационная система решает ряд вышеописанных задач, которые объединены в подсистемы: справочники, диаграммы, расчеты [3].

Обычно применяемый метод расчета теплового баланса исходит из основных заданий (расчет теплотерь, тепловозврат от теплоутилизационных установок, вид теплоутилизатора, требуемый воздухообмен в помещении) и использует ряд величин и формул из практики проектирования систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений.

Допустим, в автоматизированную информационную систему поступили сведения об изменении температуры внутреннего воздуха в животноводческом помещении. Открываем рабочую форму, переходим по вкладке «Температура» и вносим данные о поступившем изменении. На рисунке 1 представлена рабочая форма «Расчет».

Возраст поголовья КРС: До 6 месяцев

**Площади**

стен: 300  
 покрытия технологического помещения: 1450  
 окон: 156  
 торцевых стен: 166  
 двухметровой зоны пола: 280  
 смоченной поверхности пола: 279  
 водной поверхности поилок: 3.94  
 ворот: 9

**Температуры**

температура воздуха наиб. холодных суток: -25  
 расчетная температура внутреннего воздуха: 15

**Количество влаги**

количество влаги, испаряющейся с 1 м<sup>2</sup> поверхности смоченного пола, определяется по данным справочника, график А.2: 13  
 количество влаги, испаряющейся с поверхности поилок, определяется по данным справочника, график А.1: 75

**Внутренняя поверхность стен:** Мрамор  
**Внутренняя поверхность покрытий:** Бетон  
**Ширина помещений:** 42  
**Вес животного:** 500  
**Вместимость:** 200

**Ограждающие конструкции стен:** Стены из кирпича 1  
**Толщина:** 0.72

**Ограждающие конструкции покрытий:** Плиты теплоизоляция  
**Толщина:** 0.13

**Теплоутилизаторы:** Тип: УТП-3

Кнопки: Расчет, Справочник, Сохранить в базу данных, Построить график, Отчет

**Расчеты**

Теплотери при испарении с открытых водных и смоченных поверхностей	2667.3 Вт	Требуемое минимальное количество утилизаторов	5
Требуемое термическое сопротивление конструкции стен	1.32 м <sup>2</sup> С/Вт	Фактический расчетный воздухообмен помещения	100600 Вт
Требуемое термическое сопротивление конструкции покрытий	3.07 м <sup>2</sup> С/Вт	Теплотери с приточным воздухом	99560 Вт
Теплотери помещением через ограждения	44745.42 Вт	Свободные тепловыделения животных	128894 Вт
Теплотери с вентиляционным воздухом	18811.49 кг/ч	Потребность в дополнительном количестве теплоты	-18078.72 Вт
		Недостаток	

Рис. 1. Рабочая форма «Расчет»

После проведения расчета необходимо обратиться к кнопке «Сохранить в базу данных».

Рабочая форма предполагает проведение расчета теплового баланса помещения при использовании различных материалов для внутренней поверхности стен и покрытий при различной геометрии здания (рис. 2).



Возраст поголовья КРС: Взролое поголовье

**Площади**

стен: 300  
 покрытия технологического помещения: 1450  
 окон: 156  
 торцевых стен: 166  
 двухметровой зоны пола: 280  
 смоченной поверхности пола: 279  
 водной поверхности поилок: 3.34  
 ворот: 9

**Температуры**

температура воздуха наиб. холодных суток: -25  
 расчетная температура внутреннего воздуха: 10

**Количество влаги**

количество влаги, испаряющейся с 1 м2 поверхности смоченного пола, определяется по данным справочника, график А.2: 13  
 количество влаги, испаряющейся с поверхности поилок, определяется по данным справочника, график А.1: 75

**Внутренняя поверхность стен:** Бетон  
**Внутренняя поверхность покрытий:** Бетон / Мрамор  
**Ширина помещений:** 21  
**Вес животного:** 500  
**Вместимость:** 200

**Ограждающие конструкции стен:** Стены из кирпича, Толщина: 0.72  
**Ограждающие конструкции покрытий:** Плиты теплоизоляции, Толщина: 0.13

**Теплоутилизаторы:** Тип: УТП-3

Кнопки: Расчет, Справочник, Сохранить в базу данных, Построить график

**Расчеты**

Теплопотери при испарении с открытых водных и смоченных поверхностей	2667.3 Вт	Требуемое минимальное количество утилизаторов	5
Требуемое термическое сопротивление конструкции стен	1.147 м2°С/Вт	Фактический расчетный воздухообмен помещения	88025 Вт
Требуемое термическое сопротивление конструкции покрытий	3.144 м2°С/Вт	Теплопотери с приточным воздухом	87115 Вт
Теплопотери помещением через ограждения	45614.617 Вт	Свободные тепловыделения животных	143806.4 Вт
Теплопотери с вентиляционным воздухом	17005.386 кг/ч	Потребность в дополнительном количестве теплоты	8409.483 Вт
		Избыток	

Рис. 2. Выбор используемого материала

Аналогичным образом осуществляется построение диаграмм и графиков. Следует также отметить, что в подсистеме «Диаграммы» решается такая задача, как построение графиков зависимости испарения влаги с открытых поверхностей и графиков зависимости удельных влаговыделений от температуры воздуха. На рисунке 3 приведена рабочая форма «Диаграмма».

**Справочник**

**Количество влаги**

График А.1: График зависимости испарения влаги с открытых водных поверхностей и поверхностей поилок

График А.2: График зависимости удельных влаговыделений от температуры воздуха в помещении при испарении влаги со смоченных поверхностей пола

**Типы теплоутилизаторов**

Подробнее: Техничко-экономическая характеристика теплоутилизаторов

Рис. 3. Рабочая форма «Диаграмма»

Кратко опишем процедуру построения диаграммы по исходным температурным параметрам. Процедура обращается к рабочей форме «Расчет» и отыскивает параметры для конкретного зда-

ния и «запоминает» их. Далее возвращается в таблицу «Расчеты» и затем в поле «Построить диаграмму/график» строит диаграмму для конкретного расчета.

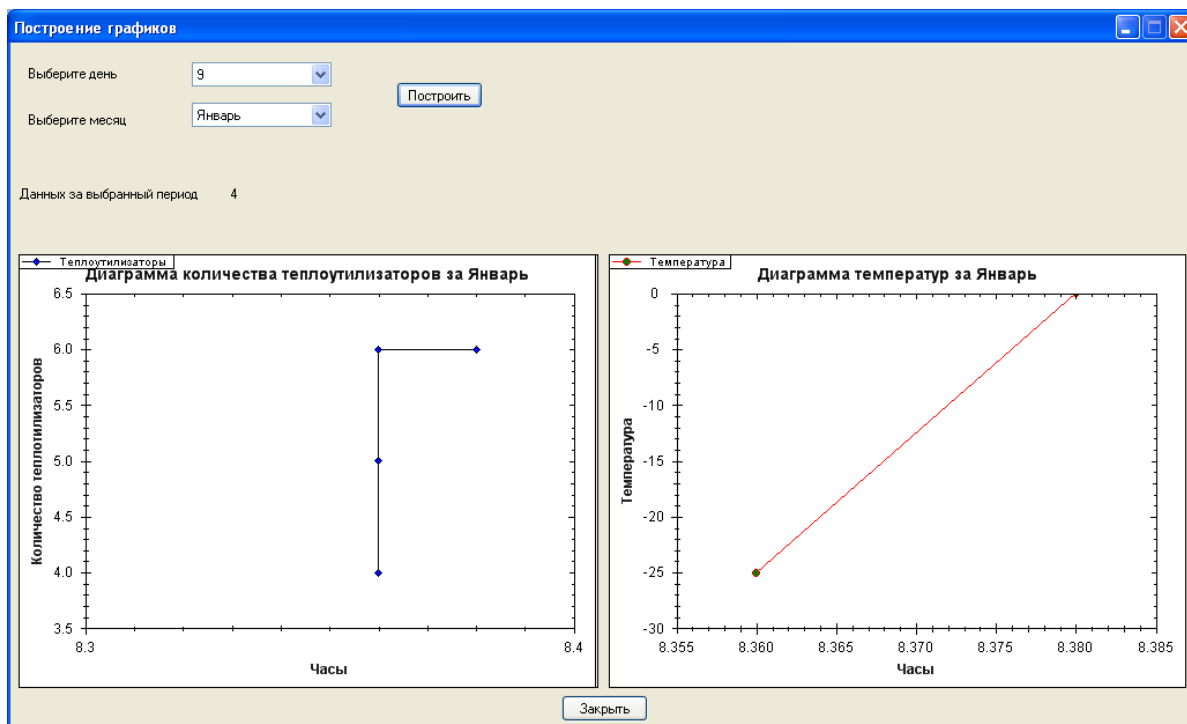


Рис. 4. Построение диаграммы количества теплоутилизаторов и изменения внутренних температур в помещении

Итак, были рассмотрены примеры основных расчётных программ созданной информационной системы.

На основании физических взаимосвязей составлена адекватная математическая модель регулирования микроклимата в животноводческих помещениях.

На основании этой модели разработано программное приложение [3] для имитации регулирования систем микроклимата и выработки управляющих воздействий, поддерживающих температуру и влажность воздуха в животноводческом помещении на оптимальном уровне.

### Литература

1. Мишуров Н.П., Кузьмина Т.Н. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих комплексах // Научный аналитический обзор. – М., 2004. – 94 с.
2. Виноградов П.Н., Шевченко С.С., Расстригин В.Н. Рекомендации по расчету и проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений с утилизацией теплоты выбросного воздуха. – М., 2004. – 32 с.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614825. – Моделирование энергоэффективных режимов работы климатического оборудования в животноводческих помещениях / Зайцева Е.И., Гузев С.А., Долгих П.П. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 08 мая 2014 г.



**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ СТЕПЕНИ ТУРБУЛИЗАЦИИ ПОТОКА С КОЭФФИЦИЕНТОМ ТЕПЛОТДАЧИ**

*В статье рассмотрен физический процесс теплоотдачи при разных режимах движения жидкости. Приведены способы механической турбулизации потока для увеличения коэффициента теплоотдачи, встречающиеся на практике. Даны математические вычисления неравномерности распределения скоростей по сечению потока. Выведен коэффициент неравномерности скоростей по сечению для разных режимов движения жидкости.*

**Ключевые слова:** коэффициент теплопередачи, коэффициент теплоотдачи, число Рейнольдса, эпюра скоростей, коэффициент Кориолиса.

G.A. Kruglov, V.V. Bakunin, M.V. Andreeva

**THEORETICAL STUDIES OF THE INTERRELATION OF THE FLOW TURBULIZATION DEGREE WITH THE HEAT IRRADIATION COEFFICIENT**

*The physical process of the heat irradiation in various modes of liquid movement is considered in the article. The methods (that are met in practice) of the flow mechanical turbulization in order to increase the heat irradiation coefficient are presented. The mathematical calculations of the velocity distribution irregularity over the flow section are given. The velocity irregularity coefficient over the section for various modes of liquid movement is deduced in the article.*

**Key words:** heat transfer coefficient, heat irradiation coefficient, Reynolds's number, velocity diagram, Coriolis's coefficient.

---

**Введение.** На начало 2014 года сельский жилищный фонд Российской Федерации на 64 % оснащен централизованным отоплением, на 52 % водопроводом и только на 28 % горячим водоснабжением [1]. Последний показатель может быть улучшен при использовании теплообменного аппарата, встроенного в систему отопления (использующего в качестве нагревающей среды теплоноситель подающего трубопровода системы). Данный способ получения горячей воды является экономичным по сравнению с распространенными на сегодняшний день нагревателями, требующими средств на оплату энергоресурсов [2]. Теплообменный аппарат, встроенный в систему отопления, должен быть по способу передачи тепла рекуперативным, а по конструкции кожухотрубным [2]. Эффективность теплообменника определяется коэффициентом теплопередачи.

**Цель исследования.** Увеличение коэффициента теплопередачи в водо-водяном теплообменнике при помощи турбулизации потока.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

- раскрыть взаимосвязи коэффициента теплоотдачи со степенью турбулизации потока;
- исследовать математически влияние дополнительной турбулизации потока на коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке трубы;
- описать физический процесс теплоотдачи.

**Методы исследования.** Анализ литературных источников по теплотехнике и гидравлике, математические вычисления коэффициента Кориолиса, сравнение способов характеристики степени турбулизации потока по скорости потока (по числу Рейнольдса) и при внесении в поток устройства, усредняющего скорости по сечению при том же числе Рейнольдса.

Коэффициент теплопередачи в водо-водяном теплообменнике «труба в трубе» в основном зависит от коэффициента теплоотдачи  $\alpha_r$  от греющего теплоносителя к стенке трубы. Физический процесс теплоотдачи состоит в следующем. При ламинарном режиме движения жидкости, то есть

при числе Рейнольдса  $Re < 2320$ , эпюра скоростей имеет параболическую форму. Эпюра температуры имеет аналогичную форму [3]. В этом случае температура, имеющая максимальное значение в центре трубы, распространяется к стенкам за счет теплопроводности, и у стенки имеется минимальное значение. Эпюра турбулентного режима движения ( $Re > 4000$ ) имеет форму усеченной параболы. Однако у стенки трубы имеет место тонкий подстилающий ламинарный слой, через который тепло к стенке также распространяется за счет теплопроводности. Поэтому для увеличения коэффициента теплоотдачи необходимо разрушить этот подстилающий ламинарный слой и получить эпюру температуры в виде прямоугольника (рис. 1).

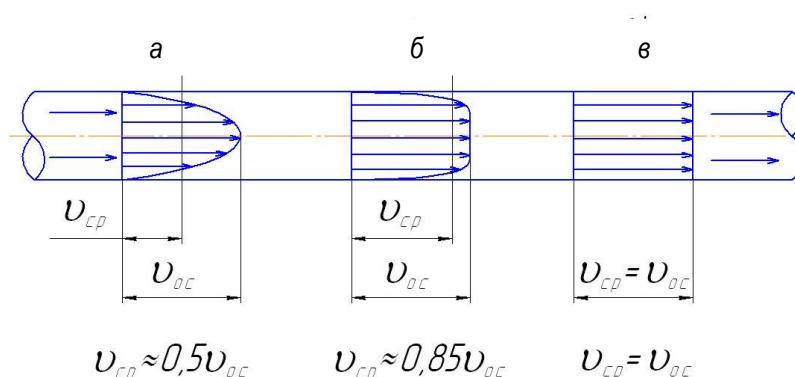


Рис. 1. Эпюры температур по сечению трубопровода: а – ламинарное движение; б – турбулентное движение; в – искомое движение для максимальной теплоотдачи

В этом случае можно ожидать, что в формуле теплопередачи термическое сопротивление теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке трубы можно исключить. Тепловой поток определяется

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \text{ Вт},$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  $k = \frac{1}{R_{\alpha g} + R_{\lambda} + R_{\alpha n}}$ ;

$R_{\alpha g}$  – термическое сопротивление теплоотдачи от греющего теплоносителя к внутренней поверхности стенки трубы,  $(\text{м} \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;

$R_{\lambda}$  – термическое сопротивление стенки трубы,  $(\text{м} \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;

$R_{\alpha n}$  – термическое сопротивление теплоотдачи от наружной поверхности стенки трубы к нагреваемому теплоносителю,  $(\text{м} \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;

$F$  – площадь поверхности теплообмена,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta t$  – разница температур между греющим и нагреваемым теплоносителями,  $^{\circ}\text{К}$ .

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_f$  функционально связан с критерием Нуссельта  $Nu$

$$\alpha_f = \frac{Nu \cdot \lambda}{d},$$

где  $Nu$  – число Нуссельта;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности жидкости,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$d$  – диаметр трубы, м.

Критерий Нуссельта, в свою очередь, связан с числом Рейнольдса (рис. 2) [3]. Характер кривых свидетельствует, что с увеличением числа Рейнольдса  $Re$  увеличивается критерий Нуссельта  $Nu$ , а значит, и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_f$ .

При ламинарном движении, когда теплоотдача от греющего теплоносителя к стенке определяется теплопроводностью, критерий Нуссельта имеет минимальное значение. С увеличением скорости при турбулентном режиме ( $Re > 4 \cdot 10^3$ ) критерий Нуссельта возрастает более интенсивно, а значит, возрастает и коэффициент  $\alpha$ . Это свидетельствует об уменьшении подстилающего ламинарного слоя, причем критерий Нуссельта увеличивается по логарифмической кривой.

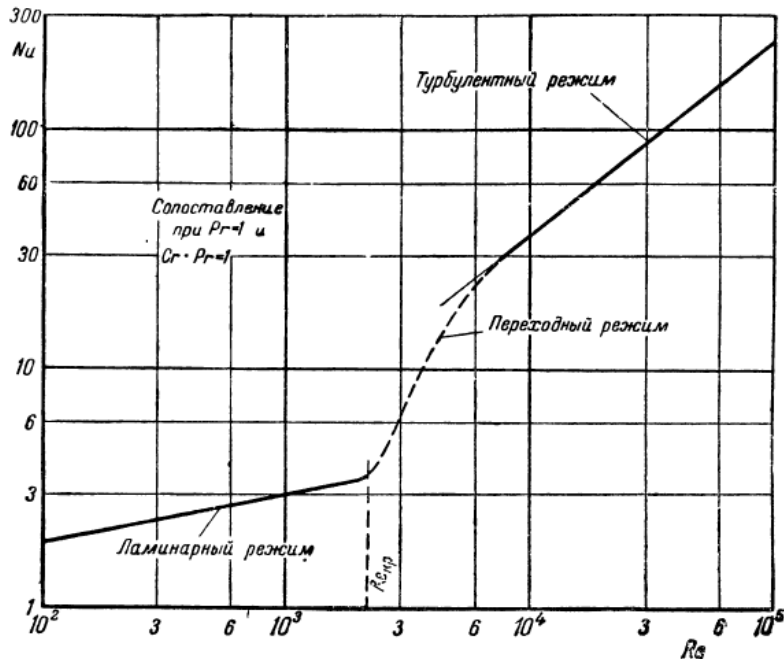


Рис. 2. Взаимосвязь критерия Нуссельта с числом Рейнольдса при  $Pr = 1$  и  $Gr \cdot Pr = 1$

При проектировании теплообменников мы ограничены скоростью движения теплоносителя в трубах отопления, в которые может быть вмонтирован теплообменник. Эта скорость находится в пределах 1,0–1,5 м/с, а в теплообменнике, трубопровод которого может быть большего диаметра, скорость будет в пределах 0,4–0,6 м/с. Число Рейнольдса в этом случае будет в пределах  $(1,0–1,5) \cdot 10^4$ , эпюра температур будет в виде усеченной параболы. Для перевода формы эпюры температур из усеченной параболы в прямоугольную (рис. 1, б, в) необходимо разрушить подстилающий ламинарный слой.

На практике встречаются устройства, решающие эту задачу механическим способом. Если гладкую трубку с греющим теплоносителем изогнуть в виде спирали, коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{из}$  увеличивается на коэффициент  $\alpha_R$  [3], то есть

$$\alpha_{из} = \alpha_R \cdot \alpha_{прям},$$

где  $\alpha_{из}$  – коэффициент теплоотдачи изогнутой трубки, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\alpha_R$  – поправочный коэффициент,  $\alpha_R = 1 + 1,77 \frac{d}{R}$ ;

$R$  – радиус змеевика, м;

$d$  – диаметр трубы, м;

$\alpha_{прям}$  – коэффициент теплоотдачи прямой трубы.

В дымогарных трубах парового котла Д721-А для увеличения теплоотдачи установлены изогнутые в виде винтовой поверхности полоски металла. Подобные «турбулизаторы» устанавливаются в трубках радиаторов современных автомобилей. Эти устройства позволяют до 1,5 раза увеличить теплоотдачу от греющего теплоносителя к стенке трубы. Также увеличивается коэффициент теплоотдачи, если на трубках выполнить зиги (рис. 3) [4].

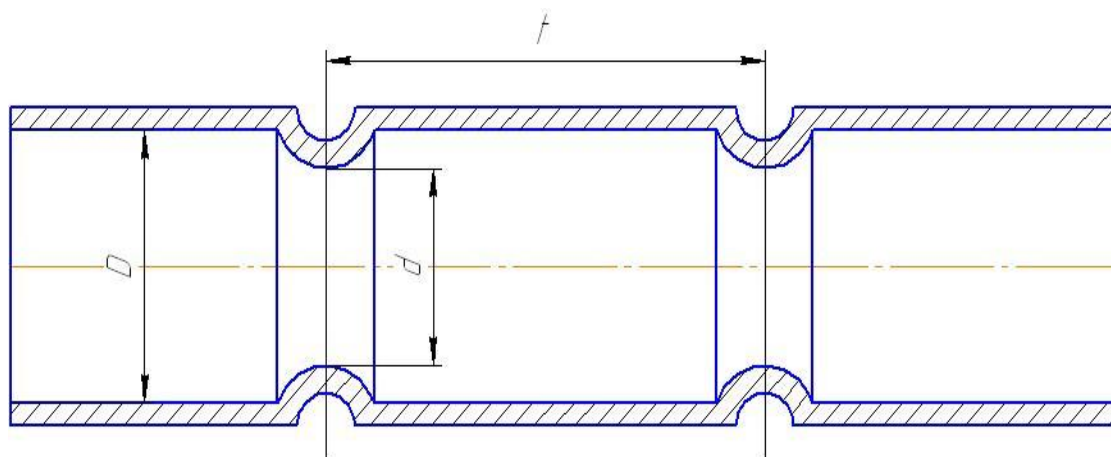


Рис. 3. Продольный разрез трубы с зигами на наружной стороне и плавно очерченными выступами внутри

В рассмотренных случаях дополнительная турбулизация потока позволяет при данном значении числа Рейнольдса увеличить значение критерия Нуссельта, а значит, и коэффициента теплоотдачи. Дополнительная турбулизация потока есть не что иное, как усреднение скоростей потока по сечению трубы, а значит, способствует разрушению подстилающего ламинарного слоя у стенки трубы.

Рассмотренные способы турбулизации образуют большую степень турбулизации, однако поток в какой-то степени становится установившимся, а значит, не может окончательно разрушить подстилающий ламинарный слой.

Неравномерность распределения скоростей по сечению определяется коэффициентом Кориолиса  $\alpha^{\text{кор}}$  [5]

$$\alpha^{\text{кор}} = \frac{E_k^p}{E_k^{\text{cp}}},$$

где  $E_k^p = \int_{\omega} u^3 d\omega \frac{\rho}{2} t$  – кинетическая энергия потока, подсчитанная при реальной скорости как сумма кинетических энергий всех элементарных струек;

$E_k^{\text{cp}} = v^3 \omega \frac{\rho}{2} t$  – кинетическая энергия, подсчитанная для средней скорости потока;

$\omega$  – площадь сечения потока, м<sup>2</sup>;

$v$  – средняя скорость потока, м/с;

$u = f(\omega)$  – скорость элементарной струйки, м/с.

Для вычисления коэффициента Кориолиса следует взять интеграл

$$E_k^p = \int_{\omega} u^3 d\omega \frac{\rho}{2} t.$$

Эюра скоростей при ламинарном режиме имеет форму параболы (рис. 4). Уравнение параболы:  $y = ax^2$ .

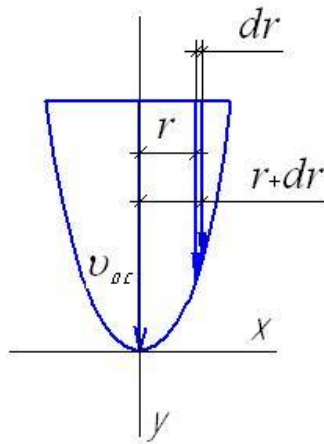


Рис. 4. Эюра скоростей при ламинарном режиме движения

Определим осевую скорость по рисунку 4

$$v_{oc} = aR^2,$$

где  $R$  – максимальный радиус параболы, м;  $a = \frac{v_{oc}}{R^2}$ ,  
тогда

$$y = \frac{v_{oc}}{R^2} x^2.$$

Возьмем элементарную кольцевую струйку с радиусами  $r + dr$ , тогда

$$d\omega = \pi[(r + dr)^2 - r^2] = \pi r^2 + 2rdr + dr^2 - r^2.$$

Исключив из рассмотрения как малую величину  $dr^2$ , получим

$$d\omega = 2\pi r dr.$$

С учетом вышеприведенных преобразований интеграл будет иметь вид

$$\int_0^R \left(\frac{v_{oc}}{R^2} r^2\right)^3 2\pi r dr = \frac{2\pi v_{oc}^3}{R^6} \int_0^R r^7 dr = \frac{2\pi v_{oc}^3}{R^6} \cdot \frac{r^8}{8} \Big|_0^R = \frac{2\pi v_{oc}^3 R^8}{8R^6} = \frac{\pi R^2 v_{oc}^3}{4}.$$

Таким образом

$$E_k^p = \int_{\omega} u^3 d\omega \frac{\rho}{2} t = \frac{\pi R^2 v_{oc}^3 \rho}{4} \frac{t}{2} = \frac{\omega v_{oc}^3 \rho}{4} \frac{t}{2};$$

$$E_k^{cp} = v^3 \omega \frac{\rho}{2} t,$$

и коэффициент Кориолиса

$$\alpha^{кор} = \frac{E_k^p}{E_k^{cp}} = \frac{\omega v_{oc}^3}{4v^3 \omega} = \frac{v_{oc}^3}{4\left(\frac{v_{oc}}{2}\right)^3} = \frac{v_{oc}^3 \cdot 8}{4v_{oc}^3} = 2.$$

В результате получаем, что коэффициент неравномерности скоростей по сечению потока (коэффициент Кориолиса) для ламинарного потока

$$\alpha_{лам}^{кор} = 2.$$

Для искомого турбулентного потока с эпюрой в виде прямоугольника (см. рис. 1, в)

$$\alpha_{турб}^{кор} = 1,$$

так как энергия суммы всех струек будет равна энергии для средней скорости потока.

Следует отметить, что  $\alpha^{кор}$  можно получить, поделив осевую скорость потока на среднюю, тогда:

- для ламинарного потока с эпюрой в виде параболы

$$\alpha_{лам}^{кор} = \frac{v_{ос}}{0,5 v_{ос}} = 2;$$

- для турбулентного потока с эпюрой в виде усеченной параболы

$$\alpha_{турб}^{кор} = \frac{v_{ос}}{0,85 v_{ос}} \approx 1,2;$$

- для потока с эпюрой скоростей в виде прямоугольника

$$\alpha_{турб}^{кор} = \frac{v_{ос}}{v_{ос}} = 1.$$

Приведенные выкладки свидетельствуют, что число Рейнольдса характеризует степень турбулентности потока только по скорости этого потока. Если же вносится в поток устройство, усредняющее скорости по сечению при том же числе Рейнольдса, то есть увеличивающее степень турбулизации потока, то необходим другой критерий. Им может служить коэффициент Кориолиса  $\alpha^{кор}$ , то есть коэффициент неравномерности распределения скоростей по сечению потока. При  $\alpha^{кор} = 2$  – поток ламинарный с параболической формой эпюры скоростей, при  $\alpha^{кор} = 1$  – поток максимальной или абсолютной турбулентности, когда эпюра скоростей имеет прямоугольную форму и разрушен подстилающий ламинарный слой у стенки трубы.

Коэффициент Кориолиса можно вычислить из уравнения Бернулли

$$\Delta H = \alpha^{кор} \frac{v^2}{2g} + \zeta \frac{v^2}{2g},$$

где  $H$  – напор, м;  
 $\alpha^{кор}$  – коэффициент Кориолиса;  
 $v$  – скорость потока, м/с;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\zeta$  – коэффициент местного сопротивления.

$$\begin{aligned} \Delta H &= (\alpha^{кор} + \zeta) \frac{v^2}{2g}, \\ \frac{\Delta H 2g}{v^2} &= \alpha^{кор} + \zeta, \\ \alpha^{кор} &= \frac{\Delta H 2g}{v^2} - \zeta. \end{aligned}$$

Отсюда видно, что условие усреднения потока (увеличение коэффициента местного сопротивления  $\zeta$ ) должно быть больше, чем уменьшение квадрата скорости.

**Выводы.** Таким образом, приведенные выше исследования позволяют сделать вывод, что максимальный коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке трубы можно получить



либо значительным увеличением скорости, что в реальных условиях обеспечить затруднительно, либо введением в поток специального устройства – турбулизатора – с целью усреднения скоростей, а значит и температур, по сечению потока, то есть уменьшения коэффициента Кориолиса.

### Литература

1. Жилищные условия // Федеральная служба государственной статистики. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/housing/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/housing/).
2. Достижения науки – агропромышленному производству: мат-лы LIII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. V / под ред. П.Г. Свечникова. – Челябинск: Изд-во ЧГАА, 2014. – 199 с.
3. Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М.: Тип. Госэнергоиздата, 1949. – 396 с.
4. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2006. – 432 с.
5. Каминер А.А., Яхно О.М. Гидромеханика в инженерной практике. – Киев: Техніка, 1987. – 175 с.



УДК 628.67

*Р.Т. Емельянов, Е.С. Турышева,  
М.А. Пылаев, М.М. Ходжаева*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

*Рассмотрены теоретические основы конвективного теплообмена применительно к движению среды в ограниченном пространстве. Разработана система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена для случая свободного движения в щелевых каналах.*

**Ключевые слова:** защитный пакет одежды специального назначения, конвективный теплообмен, теплопроводность, коэффициент теплоотдачи, тепловой поток, дифференциальные уравнения.

*R.T. Yemelyanov, E.S. Turysheva,  
M.A. Pylayev, M.M. Khodjaeva*

### THE RESEARCH OF THE HEAT-TRANSFER PROCESS IN THE LIMITED SPACE

*The theoretical fundamentals of the convective heat exchange in relation to the environment movement in limited space are considered. The system of differential equations of the convective heat exchange for the cases of the free movement in slot channels is developed.*

**Key words:** protective package of clothes for special purpose, convective heat exchange, heat conductivity, heat emission coefficient, thermal stream, differential equations.

**Введение.** В современной боевой одежде пожарных (БОП) необходимо применять материалы и приспособления, обеспечивающие устойчивость к воздействию теплового потока плотностью не менее 5 кВт/м<sup>2</sup> в течение 240 секунд. Коэффициент теплопроводности пакета не должен превышать значение 0,06 Вт/(мК). В связи с этим возникла необходимость в исследовании теплотехнических характеристик устройства в ограниченном пространстве, когда перенос теплоты происходит за счёт свободной конвекции.

**Цель исследования.** Теоретическое изучение процесса теплопереноса в ограниченном пространстве и построение системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

**Условия и методы исследования.** Защитный пакет предназначен для повышения уровня безопасности пожарных при тушении очагов возгорания. При этом между промежуточными слоями

боевой одежды устанавливается пакет, изготовленный из двух слоёв газонепроницаемого материала [1]. На одной стенке пакета закрепляются пружины, изготовленные из материала с памятью формы – нитинола. При повышении температуры окружающей среды слои одежды прогреваются. Пружины разворачиваются, создавая пространство между стенками пакета. Рассматриваются теоретические основы конвективного теплообмена применительно к движению среды в ограниченном пространстве.

Движение потока жидкости и газа происходит вследствие приложения внешних сил или при возникновении свободной конвекции [2]. В первом случае движение называется вынужденным – за счет насосов, вентиляторов, компрессоров, ветра и т.д. Во втором случае движение в поле земного тяготения возникает при неоднородной плотности среды и называется свободным.

В данной работе исследуется теплоотдача при свободном движении потока газа вблизи нагретой поверхности теплообмена. Температура стенки  $t_c$  принимается постоянной, т.е.  $t_c = \text{const}$ .

**Особенности теплопереноса в ограниченном пространстве.** Конвективный теплообмен происходит в вертикальной щели, образованной промежуточными слоями пакета. В зависимости от расстояния  $\delta$  между стенками щели движение потока может развиваться различным образом. При достаточно больших значениях толщины  $\delta$  около обеих стенок формируются не соприкасающиеся друг с другом пограничные слои. На горячей стенке, начиная с основания, возникает восходящий пограничный слой, на холодной – нисходящий. Отклонения от этой картины имеют место на концах щели. При малых значениях  $\delta$  оба пограничных слоя взаимодействуют друг с другом, в результате чего в канале появляются циркуляционные контуры с высотой  $h$  (рис. 1).

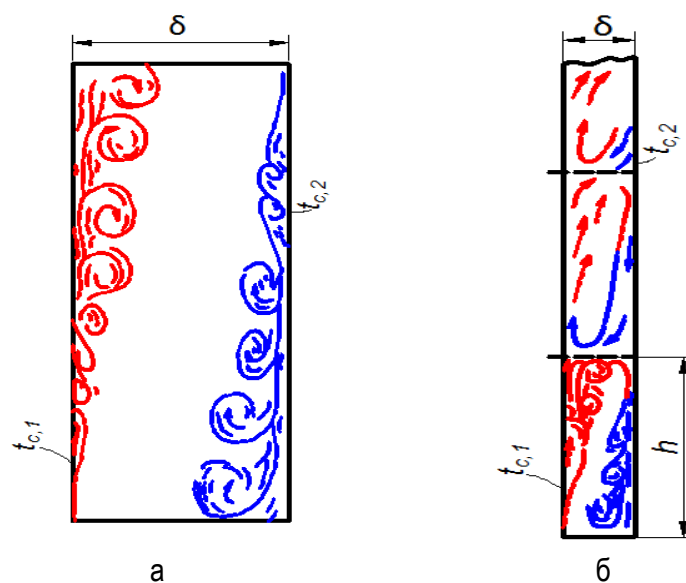


Рис. 1. Схема развития пограничных слоев: а – независимых; б – взаимодействующих

Высота контура зависит от толщины слоя, температуры стенок и физических свойств потока.

В первом случае расчёт теплообмена производится так же, как и для случая свободного движения около вертикальной пластины. С этой целью рассматривается аналитическое решение системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

Во втором случае расчет теплового потока производится с использованием уравнения теплопроводности  $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right)$

$$q = \frac{\lambda_{\text{экв}}(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}, \quad (1)$$

где  $\lambda_{\text{экв}}$  – эквивалентный коэффициент теплопроводности, Вт/(м К).

Для того чтобы дать рекомендации по расчёту теплообмена в щели данной конструкции слоя БОП, требуется формирование системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

Как всякое сложное явление, конвективный теплообмен имеет свои математические зависимости, характеризующие особенности процессов переноса теплоты и гидродинамики потока. При рассмотрении используются следующие допущения: среда однородна и изотропна, физические свойства постоянны, деформация объема отсутствует, перемещение среды происходит только в поле тяготения, а иные силы, оказывающие влияние на движение среды, отсутствуют [3].

**Уравнение теплоотдачи.** Его можно получить из уравнения теплового баланса в пограничном слое вблизи стенки: тепловой поток, передаваемый путем теплопроводности через пограничный слой, равен тепловому потоку за счет конвективной теплоотдачи на границе стенка – поток

$$\text{или} \quad q_{\text{тепл}} = q_{\text{конв}} \quad (2)$$

$$-\lambda \left( \frac{\partial t}{\partial n} \right)_c = \alpha \Delta t, \quad (3)$$

откуда

$$\alpha = -\frac{\lambda}{\Delta t} \left( \frac{\partial t}{\partial n} \right)_c. \quad (4)$$

Здесь  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м К);  $\left( \frac{\partial t}{\partial n} \right)_c$  – градиент температуры,  $\frac{\text{К}}{\text{м}}$ .

Для того чтобы знать распределение температуры вблизи стенки  $\left( \frac{\partial t}{\partial n} \right)_c$ , надо использовать уравнение энергии.

**Уравнение энергии.** Используем I закон термодинамики для потока жидкости или газа

$$dQ = dH + m d \left( \frac{\omega^2}{2} \right) + dL_{\text{тех}}, \quad (5)$$

где  $dH$  – изменение энтальпии, Вт;  $m$  – массовый расход,  $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$ ;  $\left( \frac{\omega^2}{2} \right)$  – изменение кинетической энергии,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ ;  $dL_{\text{тех}}$  – техническая работа потока, Вт.

Анализ этого уравнения приводит к выводу: скорость значительно не изменятся, поэтому можно пренебречь изменением кинетической энергии, т.е.  $d \left( \frac{\omega^2}{2} \right) = 0$ ; в потоке не установлен ротор, и техническая работа не совершается, т.е.  $dL_{\text{тех}} = 0$ .

Тогда  $dQ = dH$ , т.е. тепловой поток равен изменению энтальпии.

В свою очередь,  $dQ$  складывается из теплового потока за счет конвекции и теплопроводности

$$dQ = dQ_{\text{конв}} + dQ_{\text{тепл}}. \quad (6)$$

Тепловой поток  $dQ_{\text{конв}} = dm \Delta h$ , где  $\Delta h$  – изменение удельной энтальпии, Дж/кг;  $\Delta h = h - h_0$ , в свою очередь,  $h_0$  – энтальпия при  $t = 0^\circ\text{C}$ , принимается как начало отсчёта энтальпии  $h_0 = 0$ .

Так как  $h = c_p t$ , то

$$dQ_{\text{конв}} = dm c_p t = d(\rho wdf) c_p t = \rho w c_p t df. \quad (7)$$

Пользуясь преобразованием Остроградского-Гаусса, можно записать

$$dQ_{\text{конв}} = - \operatorname{div}(\rho \omega c_p t) dv. \quad (8)$$

Тепловой поток за счёт теплопроводности

$$dQ_{\text{тепл}} = -\lambda \left( \frac{\partial t}{\partial n} \right)_c df = -\lambda [- \operatorname{div} \left( \frac{\partial t}{\partial n} \right)_c] dv. \quad (9)$$

Изменение энтальпии равно

$$dH = dm \frac{\partial h}{\partial \tau} = \rho dv c_p \frac{\partial t}{\partial \tau} = \rho c_p \frac{\partial t}{\partial \tau} dv. \quad (10)$$

После подстановки всех составляющих в уравнение I закона термодинамики для потока можно получить

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial t}{\partial z} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (11)$$

или

$$\frac{Dt}{dt} = a \nabla^2 t. \quad (12)$$

Здесь  $\frac{Dt}{dt}$  – полная или субстанциональная производная от температуры;  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Для решения этого уравнения необходимо знать поле скорости вблизи стенки, поэтому следует использовать уравнение движения.

**Уравнение движения.** Получим уравнение с учетом подъемной силы.

Пусть на бесконечно малый элемент потока объемом  $dV$  и площадью  $df$  действует ряд сил, вызывающих движение:  $dF_{\text{дав}}$  – сила давления;  $dF_{\text{тр}}$  – сила трения;  $dF_{\text{под}}$  – подъемная сила;  $dF_{\text{тяж}}$  – сила тяжести (рис.2).

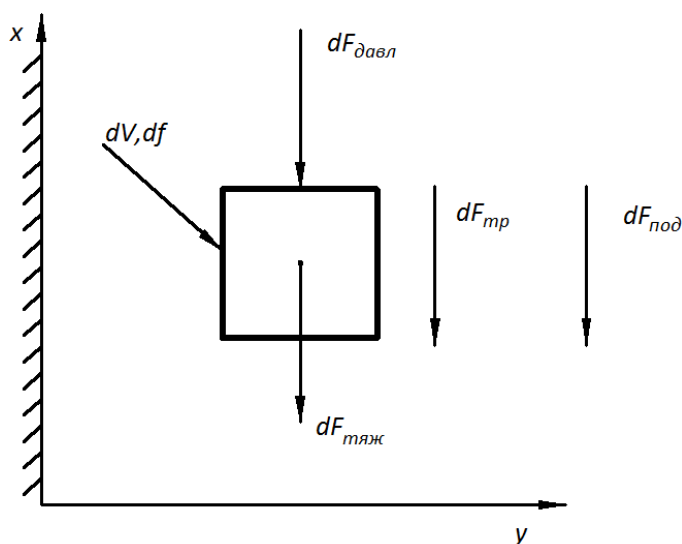


Рис. 2. К выводу уравнения движения

Равнодействующая всех сил равна сумме приложенных сил

$$dF_{\text{рав}} = dF_{\text{дав}} + dF_{\text{тяж}} - dF_{\text{тр}} - dF_{\text{под}}. \quad (13)$$

Принимается движение одномерным в направлении оси  $x$ . Тогда для всех приложенных сил можно использовать следующие выражения:

$$dF_{\text{дав}} = pdf = -\text{div}pdV = -\frac{\partial p}{\partial x}dV; \quad (14)$$

$$dF_{\text{тр}} = -\mu \frac{\partial \omega_x}{\partial y}df = +\text{div}(\mu \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2})dV; \quad (15)$$

$$dF_{\text{тяж}} = \rho g dV; \quad (16)$$

$$dF_{\text{под}} = d(\rho g \beta \Delta t f) = \rho g \beta \Delta t df = -\rho g \beta \Delta t dV. \quad (17)$$

Здесь  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости, Па · с;  $\beta$  – коэффициент объёмного расширения, 1/К.

Равнодействующая всех сил равна массе, умноженной на ускорение

$$dF_{\text{рав}} = \rho dV \frac{D\omega_x}{dt}, \quad (18)$$

где  $\frac{D\omega_x}{dt}$  – субстанциональная производная, характеризующая изменение скорости по времени и координатам

$$\frac{D\omega_x}{dt} = \frac{\partial \omega_x}{\partial t} + \omega_x \frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \omega_x}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial \omega_x}{\partial z}. \quad (19)$$

Тогда для объема  $dV$  можно записать

$$\frac{D\omega_x}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g_x - \rho_0 g_x \beta \Delta t + \nu \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2}. \quad (20)$$

**Уравнение сплошности.** Рассматриваемая задача относится к сплошной среде, поэтому необходимо уравнение сохранения массы или уравнение сплошности. Его можно получить из уравнения массового баланса: изменение массы в объёме равно притоку (оттоку) массы, то есть

$$\frac{\partial \rho dV}{\partial t} = \rho \omega df = -\text{div}(\rho \omega) dv, \quad (21)$$

или

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \omega_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho \omega_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \omega_z)}{\partial z} = 0. \quad (22)$$

Здесь  $t$  – время, с.

Для стационарных задач  $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ , и при  $\rho = \text{const}$  уравнение упрощается

$$\frac{\partial \omega_x}{\partial x} + \frac{\partial \omega_y}{\partial y} + \frac{\partial \omega_z}{\partial z} = 0. \quad (23)$$

Для решения системы уравнений необходимо знать условия однозначности, то есть физические свойства потока жидкости или газа, геометрические характеристики теплоотдающей поверхно-

сти, начальные распределения температуры для нестационарных задач, а также граничные условия, определяющие теплообмен на границе стенка–поток [4].

#### Выводы

1. Для исследования конвективного переноса теплоты в защитном пакете в системе дифференциальных уравнений произведен учёт подъемной силы, возникающей при свободном движении потока.

2. Для решения системы дифференциальных уравнений необходимо использовать условия однозначности конкретного случая теплообмена, позволяющие определить коэффициенты теплоотдачи и величины тепловых потоков.

#### Литература

1. Патент на изобретение № 2495609 от 07.02.2012. Костюм боевой одежды спасателей, действующих в условиях горящих объектов при наличии летящих и падающих предметов разрушающегося объекта / *Алюбов М.Н., Прищепов Д.З., Кочетов О.С.* [и др.]. – Оpubл. 20.10.2013.
2. *Мухамедиева Л.Н., Марданов Р.Г., Новиков Д.З.* Огнетушащие газы: вопросы безопасности для человека // Системы безопасности. – 2007. – № 5. – С. 150–151.
3. Оценка опасности токсического воздействия огнетушащих газов и аэрозолей, применяемых для объемного пожаротушения: метод. пособие / МЧС РФ, ВНИИПО. – М., 2005.
4. *Чиркин В.С.* Теплофизические свойства материалов ядерной техники: справ. – М.: Атомиздат, 1968. – 484 с.



УДК 624.92

*И.О. Егорушкин, Я.А. Кунгс,  
А.И. Орленко, А.В. Юрьев*

#### ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ РЕЦИКЛИНГА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Предлагается способ разрушения (измельчения) железобетонных изделий с помощью установки, использующей электрогидравлический эффект. Отмечаются преимущества предлагаемой технологии по сравнению с механическими способами.*

**Ключевые слова:** электрогидроимпульсный способ, рециклинг, электрогидроэффект, утилизация, железобетонные изделия.

*I.O. Egorushkin, Ya. A. Kungs,  
A.I. Orlenko, A.V. Yuriev*

#### THE ELECTRO-HYDROIMPULSIVE METHOD OF THE FERROCONCRETE STRUCTURE RECYCLING

*The destruction method for the ferroconcrete products with the help of the device using the electro-hydraulic effect is offered. The advantages of the proposed technology in comparison with the mechanical methods are noted.*

**Key words:** electro-hydroimpulsive method, recycling, electro-hydraulic effect, utilization, ferroconcrete products.

---

**Введение.** Проблема утилизации бетонных и железобетонных (ЖБ) конструкций остро стоит во всем цивилизованном мире. По данным международной организации RILEM, в странах ЕС, США и Японии в 2000 г. ежегодный объем только бетонного лома составил более 360 млн т. Начиная с

70-х годов прошлого века во многих странах ведутся широкомасштабные исследования в области переработки бетонных и железобетонных отходов, изучения технико-экономических, социальных и экологических аспектов использования получаемых вторичных продуктов.

В бывшем СССР внимание к этому вопросу было привлечено в конце 70-х годов. Тогда считалось, что утилизация имеющихся отходов позволила бы вовлечь в хозяйственный оборот около 40 млн тонн бетонного лома и около 1,2 млн тонн металла. Однако реальных мер для решения этой проблемы принято не было.

В настоящее время основными методами утилизации железобетонных изделий (ЖБИ) являются метод рециклинга (разрушение с последующим вторичным использованием продуктов разрушения) и захоронение на полигонах.

К сожалению, рециклинг в нашей стране на сегодняшний день занимает менее 1%, в то время как в развитых странах рециклинг занимает более 90 % (в Германии 100%).

В то же время правильно переработанные и отслужившие свой срок ЖБИ представляют собой вторичное сырье, использование которого после переработки на вторичный щебень может снизить затраты на новое строительство объектов промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства и одновременно позволит уменьшить нагрузку на городские и сельские полигоны, исключить образование несанкционированных свалок. Вторичный щебень из бетона оказывается значительно дешевле природного, так как энергозатраты на его производство в 8 раз меньше, а себестоимость бетона с ним снижается на 25 %. Извлеченная арматура может идти на переплавку либо во вторичное производство изделий (после реставрации). Таким образом, переработка ЖБ отходов, создание системы рециклинга становится перспективным и высокоэкономичным производством, решающим важнейшую экологическую и экономическую задачу.

Перерабатываемость для вторичного использования у железобетона весьма высокая. Арматурная сталь и закладные детали идут в переплавку, а отходы бетона практически полностью могут быть применены повторно в качестве заполнителя для обычных бетонов или как балласт в дорожно-транспортном строительстве. Кроме строительства, дробленый бетон применяют при рекультивации земель для засыпки выработок в грунте.

Несмотря на большие объемы переработки, на сегодняшний день широко не утвердилось высокоэффективная технология для этого процесса. Сегодня в основном находят применение такие технологии разрушения ЖБИ, как **статические** (раскалывание, резка и расширение) и **динамические** (ударный, вибрационный, взрывной), при этом удельные энергетические затраты более низкие при динамических методах. В настоящее время наибольшие результаты достигнуты в совершенствовании технологии разрушения строительных конструкций ударными методами – раскалыванием, дроблением и статическими – резкой и расширением, с последующим высвобождением от арматуры и доведением разрушенного бетона до необходимой фракционности в дробилках. Основные недостатки данных технологий – большой вес оборудования, необходимость в площадке большой площади, высокая стоимость обслуживания установки, высокий процент ручного труда, разрушение ЖБИ определенных геометрических пропорций, производительность, шумность и наличие пыли. Поэтому **целью наших исследований** является разработка такой технологии разрушения ЖБИ, которая могла бы позволить:

- снизить затраты на разрушение;
- увеличить производительность труда и уменьшить применение физического труда;
- увеличить срок службы используемого оборудования.

**Электрогидравлический эффект.** Наряду с общеизвестными средствами разрушения в последние годы пробивают себе дорогу и находят применение для разрушения железобетонных и других конструкций такие средства, как установки электрогидравлического эффекта (ЭГЭ).

Принцип действия электрогидравлических установок (ЭГУ) основан на применении электрогидравлического эффекта Л.А. Юткина [1], который представляет собой высоковольтный импульсный разряд электрического тока в жидкости, сопровождающийся выделением энергии в виде ударных и акустических волн.

Суть электрогидравлического эффекта состоит в том, что электрическая энергия в сформированном особым образом импульсном электрическом разряде внутри плотной среды превращается в механическую без промежуточных звеньев [2]. Поэтому КПД метода велик. Мощность ЭГ-удара за микросекунды достигает сотен тысяч киловатт. ЭГЭ не только создает в среде вокруг зоны разряда высокие и сверхвысокие давления, но и сопровождается целым комплексом физико-химических явлений. Это и резонансные явления, и инфра- и ультразвуковые колебания большой интенсивности. Такая встряска способна не только измельчать твердые материалы, но и разрывать химические связи в молекулах. Образовавшиеся осколки – радикалы – затем вновь соединяются, но частично по-новому, образуя новые вещества. Например, растворенный в обычной поливной воде биологически инертный азот превращается в оксиды ЭГ-ударом, здесь резко возрастает содержание ионов  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}_3$ , гидроксильные ионы превращаются в перекись водорода, которая тут же распадается на  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{O}$ . Атомарный кислород энергично окисляет «пассивные» соли плодородного слоя.

Теоретически эффект Юткина можно обосновать следующим образом [2]. Создается относительно медленное накопление энергии конденсатора (от долей секунды до нескольких десятков секунд) и быстрый (около  $10^{-4}$  секунды, т.е. десятки микросекунд) сброс в гидросреду накопленной энергии и, как следствие, получение высоких мощностей (единицы и десятки мегаватт). Таким образом, регулируя амплитуду заряда конденсатора, легко управлять выделяемой в разряднике мощности.

Из курса физики известно, что

$$E_c = \frac{CU^2}{2}, P = \frac{E}{t},$$

где  $E_c$  – энергия, запасенная в конденсаторе, Дж;  $C$  – емкость конденсатора, фарад;  $U$  – напряжение, В;  $P$  – мощность разряда, ватт;  $t$  – время, с. Последняя формула объясняет, почему при малых промежутках времени получается высокая мощность разряда.

**Методика исследований.** Учитывая сложившуюся ситуацию в необходимости утилизации ЖБ опор и изучив методы разрушения, наш коллектив провел серию масштабных экспериментов по разрушению ЖБИ электрогидроимпульсным (ЭГИ) методом [3, 4] с целью оценки эффективности и практической применимости данного метода.

Как отмечалось выше, электроимпульсный способ разрушения диэлектрических и полупроводящих материалов используется для дробления и измельчения материалов, резания блочного камня, разрушения некондиционных железобетонных изделий и т.д.

Нами исследовались методы косвенного разрушения (элетроразряд производился между контактами специального разрядника вблизи ЖБИ) и разрушения через «тело» бетона (элетроразряд производился между арматурой бетона и электродом специальной формы). Сразу отметим, метод косвенного разрушения для данной задачи неприемлем из-за его низкой эффективности (кроме задач дезинтеграции, которые невозможно решить другими методами).

Предлагается способ утилизации ЖБИ, в котором одним электродом является арматура бетона. С помощью электроразряда в толще железобетонного изделия, погруженного в ванну с технической водой, формируются сквозные цилиндрические каналы. После заполнения каналов водой повторные электроразряды вызывают в тех же каналах взрывное повышение температуры и давления, что сопровождается генерацией цилиндрических ударных волн, нагружающих бетон с образованием радиальных трещин и отколом бетона под действием растягивающих напряжений, возникающих при отражении ударных волн от обнаженных поверхностей разрушаемого изделия. При электрическом разряде через микротрещины слоя бетона между арматурой и положительным электродом возникают силы. Данные силы генерируют ударные волны, нагружающие бетон с образованием радиальных и осевых трещин с отколом бетона под действием растягивающих напряжений, а также происходит отслаивание его от металлической арматуры. Описанная операция осуществляется без образования взрывной волны и разброса осколков, что является принципиальным фактором при производстве работ в местах с выделением пыли или вероятным появлением газа.



Этот метод совершенно безопасен для работающих вблизи людей и установленного оборудования, поэтому он может с успехом применяться не только на открытых площадках стройки, но также и внутри производственных помещений.

Состав использованного оборудования:

- рабочая ванна с водой для проведения экспериментов 4 х 0,8 х 0,8 м;
- генератор импульсных токов с максимальной энергией 0,8 КДж, частотой повторения 1 Гц и массой 150 кг;
- высоковольтный кабель с положительным электродом;
- заземляющая шина.

### Выводы

Проведенные эксперименты показали:

1. Применение установки с использованием электрогидравлического эффекта для разрушения железобетонных изделий позволяет:

- затраты на разрушение 1 куб. м ЖБИ составляют не более 5 кВт/час;
- в разы увеличить производительность труда (от 3 до 5 куб. м/час);
- резко уменьшить применение физического труда на указанных работах.

2. Извлечение арматурных каркасов и закладных элементов производится без их деформации.

3. Преимущество предлагаемой технологии перед механическими способами состоит еще и в том, что срок службы породоразрушающего инструмента на несколько порядков выше, разупрочнение металла и бетона происходит эффективней.

4. Вместе с тем при применении данной технологии требуется принять меры против отрицательных экологических факторов, вносимых при работе высоковольтных генераторов, входящих в состав устройств: волн звукового и радиодиапазонов, электрических полей высокой напряженности. Однако традиционные приемы (эффективное электрическое заземление, использование замкнутого вне земли рабочего контура для протекания импульсных токов, использование противозумных и радиозащитных экранов) приводят к локализации указанных факторов в области, непосредственно прилегающей к установкам, и сводят их к уровню, не превышающему требований стандартов.

### Литература

1. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л.: Машиностроение, 1986. – 252 с.
2. О применении электрогидродинамического эффекта в сельском хозяйстве / И.О. Егорушкин, Я.А. Кунгс, А.И. Орленко [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 1. – С. 143–146.
3. О применении эффекта Юткина в сельском хозяйстве / И.О. Егорушкин, А.И. Орленко, Н.В. Цугленок [и др.] // Проблемы развития АПК Саяно-Алтая: мат-лы науч. конф. – Абакан, 2013. – С. 300–302.
4. URL: [http://tesla.zabotavdome.ru/books/hydro\\_effect.djvu](http://tesla.zabotavdome.ru/books/hydro_effect.djvu).



**ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
«ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ – ДВИГАТЕЛЬ» В MATLAB+SIMULINK**

В статье рассмотрены особенности моделирования системы «тиристорный преобразователь–двигатель» в MATLAB+Simulink.

**Ключевые слова:** электродвигатель, преобразователь, структурные схемы, модульный оптимум, обратные связи, пространство состояний, регуляторы, переходные процессы.

V.V. Kibardin, O.A. Kovaleva, V.N. Yazev

**PECULIARITIES OF MODELING  
«THYRISTOR INVERTER – MOTOR» SYSTEM IN MATLAB+SIMULINK**

The peculiarities of modeling «thyristor inverter–motor» system in MATLAB+Simulink are considered in the article.

**Key words:** electric motor, inverter, structural schemes, modular optimum, feedback, state space, regulators, transient processes.

Анализ динамических свойств электромеханических объектов, структурная схема которых приведена на рисунке 1, целесообразно выполнять с помощью пакета прикладных программ MATLAB+Simulink [1, 2]. Такое представление адекватно отражает свойства двигателей постоянного и переменного тока, работающих на линейном участке электромеханической характеристики при однозонном регулировании скорости, и применяется при выборе структуры и параметров регуляторов по критериям модульного, симметричного и компромиссного оптимумов [3, 4].

Рассмотрим особенности моделирования мехатронного объекта [3], структурная схема которого в MATLAB+Simulink приведена на рисунке 1. Это система ТП – Д с номинальными данными: двигатель (Д) –  $R_{ном} = 30$  кВт;  $U_{ном} = 220$  В;  $I_{ном} = 147$  А;  $\omega_{ном} = 157$  с<sup>-1</sup>;  $\omega_0 = 169$  с<sup>-1</sup>;  $\omega_{max} = 187$  с<sup>-1</sup>; момент сопротивления номинальный  $M_{ном} = 150$  Н\*м; кратность пускового тока = 2; тиристорный преобразователь –  $U_{ном} = 230$  В;  $U_y = 10$  В;  $I_{ном} = 300$  А; кратность кратковременной перегрузки по току = 1,2.

При моделировании таких объектов нужно учитывать ток холостого хода, который для асинхронных двигателей (АД) с короткозамкнутым ротором достигает 20–40 % от номинального тока статора, а для двигателей постоянного тока – 10–30 % от номинального тока якоря. Он обусловлен механическими потерями и наличием воздушного зазора между статором и ротором АД [5]. Для учета этого на вход интегрирующего звена включен генератор ступенчатого сигнала Step3, 4. Амплитуда этого сигнала выбрана из условия, что ток  $i_x \approx 30$  А.

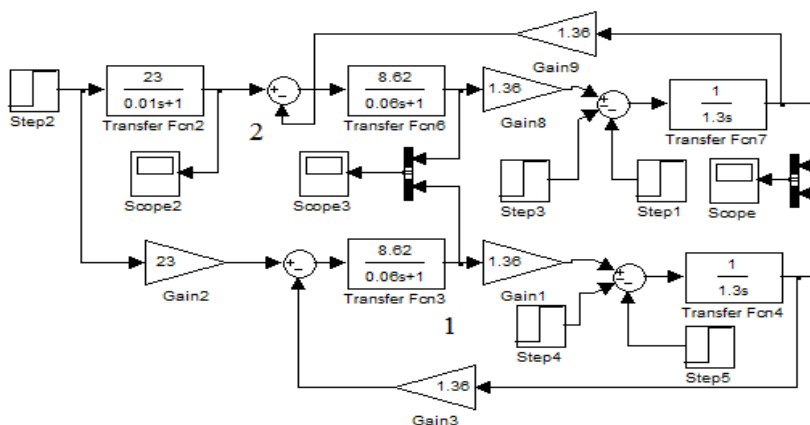


Рис. 1. Структурные схемы двигателя (1) и системы ТП-Д (2)

На рисунках 2–4 представлены переходные характеристики Д и системы ТП-Д: угловая скорость  $\omega(t)$ , ток двигателя  $I(t)$  и напряжение преобразователя  $U_p(t)$ . Очевидно, что математические модели Д и системы ТП-Д в виде передаточных функций вход-выход адекватно отражают реальные свойства объекта управления.

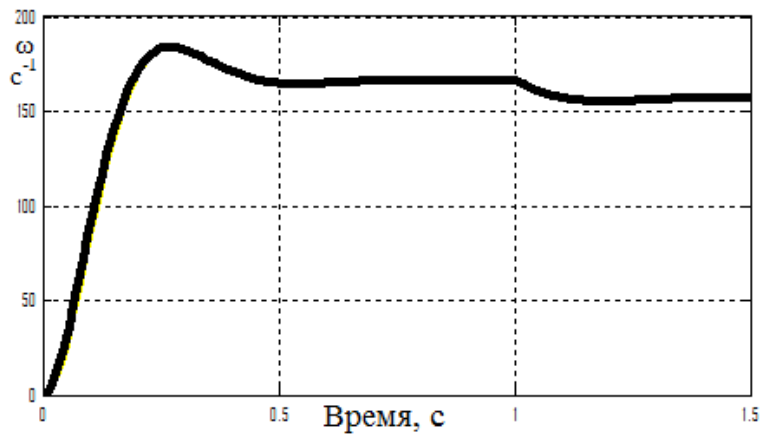


Рис. 2. График зависимости  $\omega(t)$

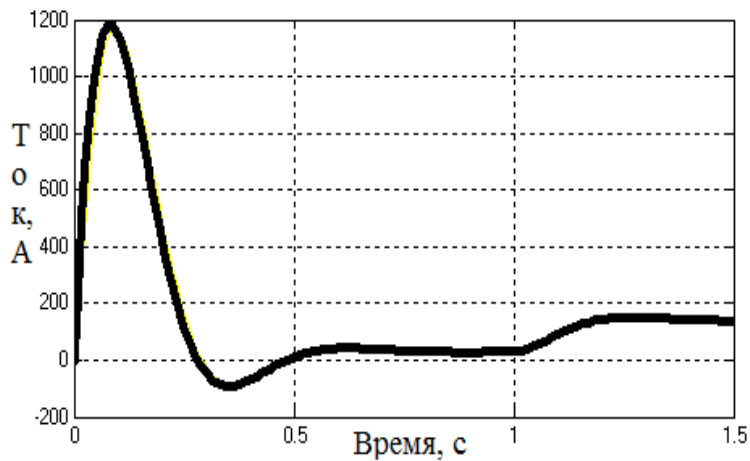


Рис. 3. График зависимости  $I(t)$

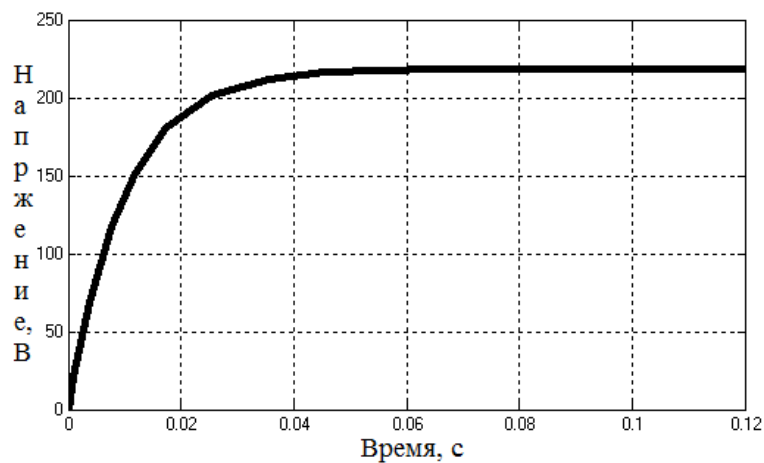


Рис. 4. График зависимости  $U(t)$

Рассмотрим замкнутую систему управления (рис. 5), регуляторы которой выбраны по критерию модульного оптимума (МО-МО).

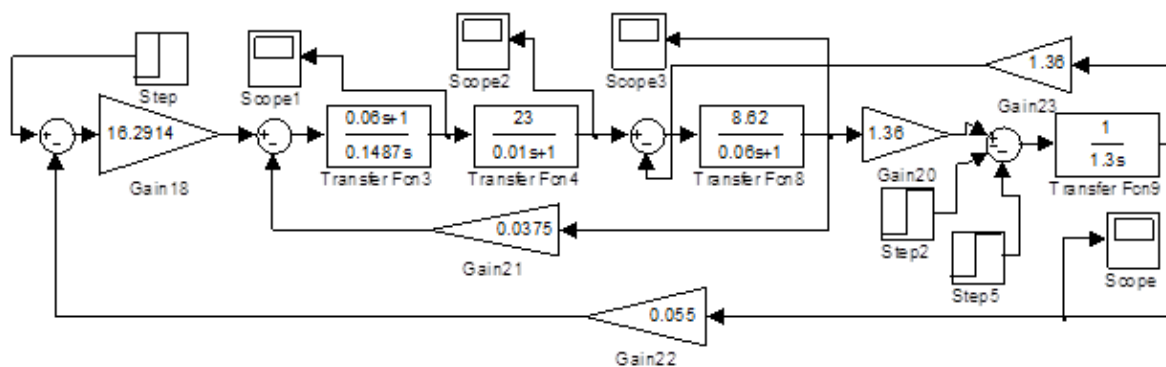


Рис. 5. Структурная схема системы управления, критерий МО-МО

На рисунках 6–9 представлены переходные характеристики этой системы: угловая скорость  $\omega(t)$ , напряжение управления  $U_y(t)$ , напряжение преобразователя  $U_p(t)$  и ток двигателя  $I(t)$ . Как следует из этих графиков, данная система устойчива по скорости и обладает внутренней неустойчивостью по напряжениям управления и преобразователя, а также по току двигателя, что является недопустимым в промышленных системах управления электроприводом.

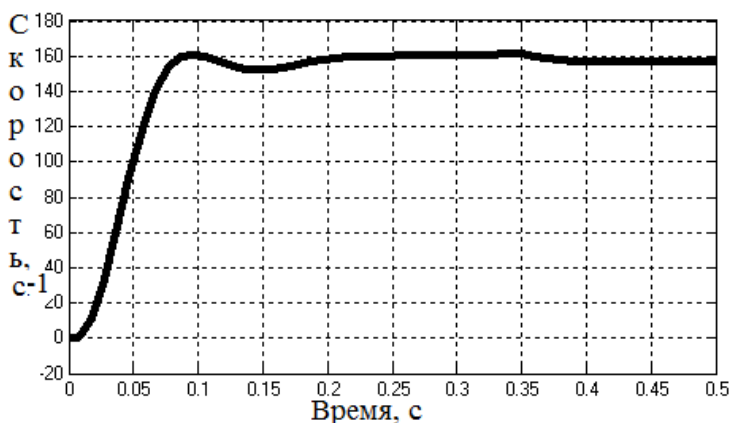


Рис. 6. График зависимости  $\omega(t)$ ,  $\text{с}^{-1}$ , система МО-МО

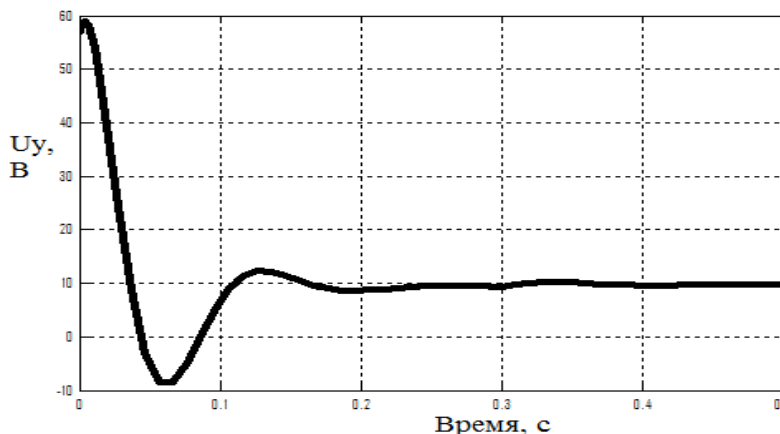


Рис. 7. График зависимости  $U_y(t)$ , В, система МО-МО

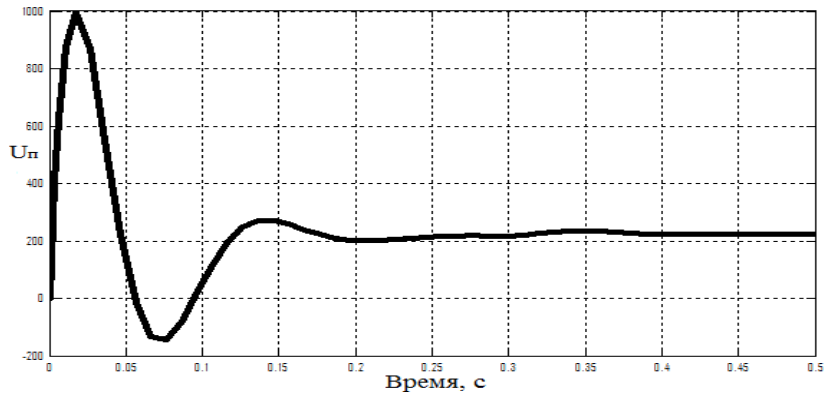


Рис. 8. График зависимости  $U_n(t)$ , В, система МО-МО

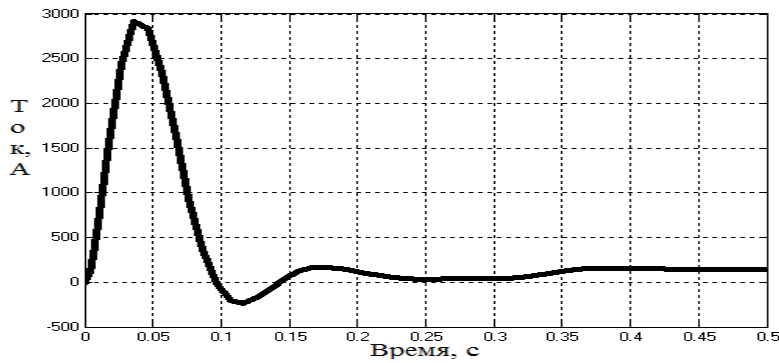


Рис. 9. График зависимости  $I(t)$ , А, система МО-МО

Действительно, напряжение управления должно быть не более 11 В, напряжение тиристорного преобразователя – не более 230 В, ток двигателя не более 2000 А.

Для устранения этих недостатков при моделировании таких систем необходимо или включать на входе системы задатчик интенсивности (система 2), или ограничивать управляющее воздействие регулятора (система 3) внешнего контура (рис. 10), тем более что это соответствует практике работы промышленных систем управления электроприводом.

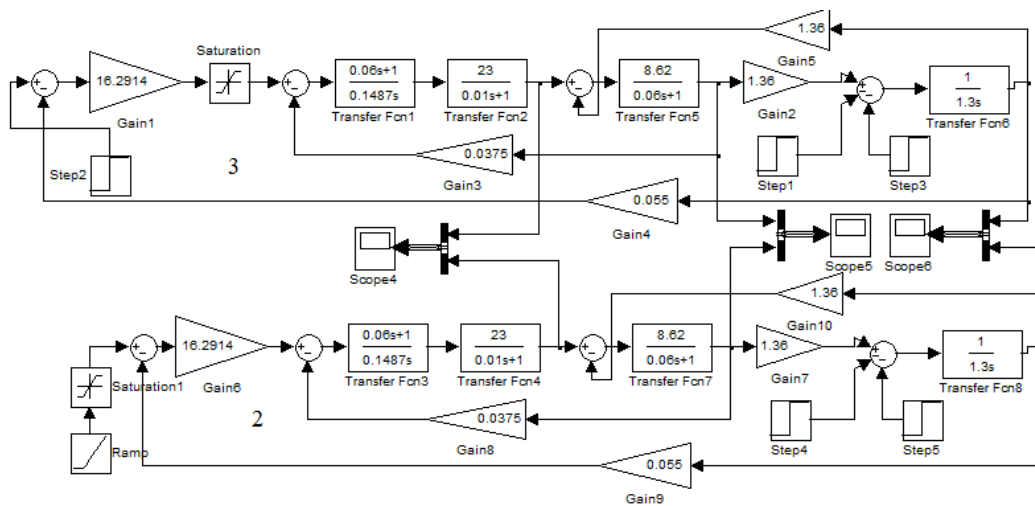


Рис. 10. Структурные схемы системы управления с задатчиком интенсивности (2) и с ограничением сигнала регулятора (3)

В данной модели задатчик интенсивности реализован с помощью блока Ramp (формирует линейно изменяющееся воздействие) и блока ограничения выходного сигнала Saturation (рис. 10, 2). Ограничение сигнала пропорционального регулятора (рис. 10, 3) также реализовано с помощью блока Saturation.

Анализ полученных результатов показывает (рис. 11–13), что обе системы обладают устойчивостью как по переменной выхода – угловая скорость  $\omega$ , так и по внутренним переменным – ток двигателя  $I$  и напряжение источника питания  $U_p$ . Кроме того, система 3 обеспечивает лучшие условия пускового режима, хотя и проигрывает в быстродействии. На интервале времени от 0,2 до 0,7 с источник питания работает в режиме источника тока. Время переходного процесса 0,6–0,7 с.

Ограничение внутренних переменных при моделировании механотронных систем можно реализовать, если решить задачу методом аналитического конструирования регулятора (АКОР, линейно-квадратичный регулятор, LQR-регулятор), используя представление объекта управления в пространстве состояний в виде матричной передаточной функции [6]. В качестве переменных состояния рассматриваем напряжение на выходе преобразователя, ток двигателя и угловую скорость. На рисунке 14, 4 представлена структурная схема системы управления с оптимальными жесткими обратными связями (ЖОС), которые обеспечивают переходный процесс по скорости, аналогичный системе с регуляторами МО-МО. На рисунках 15–17 представлены переходные процессы в двух системах: система МО-МО с задатчиком интенсивности (2) и система с оптимальными ЖОС и задатчиком интенсивности (4).

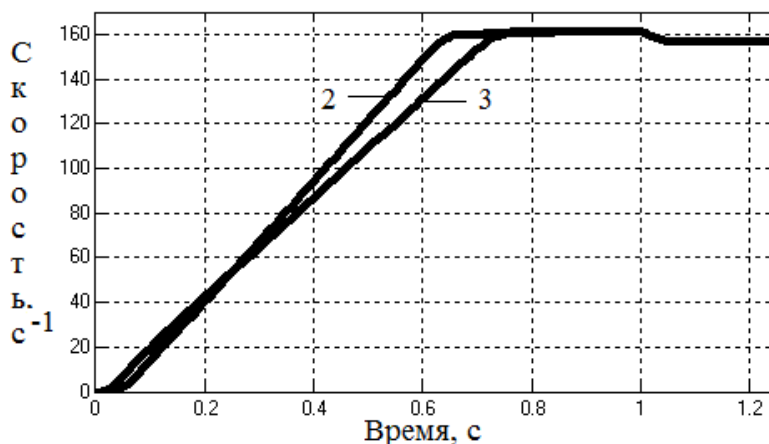


Рис. 11. Зависимость  $\omega(t)$ ,  $c^{-1}$ : 2 – система с задатчиком интенсивности; 3 – система с ограничением регулятора

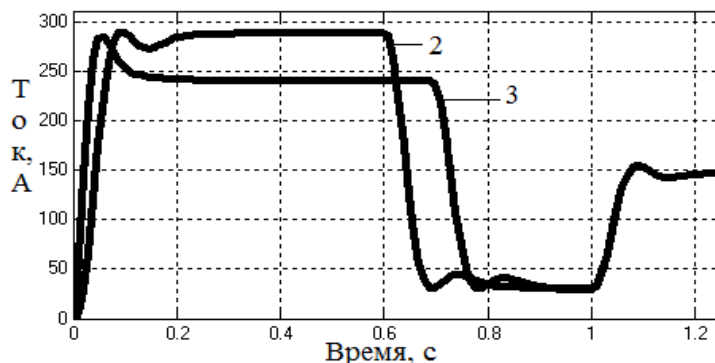


Рис. 12. Зависимость  $I(t)$ , А: 2 – система с задатчиком интенсивности; 3 – система с ограничением регулятора

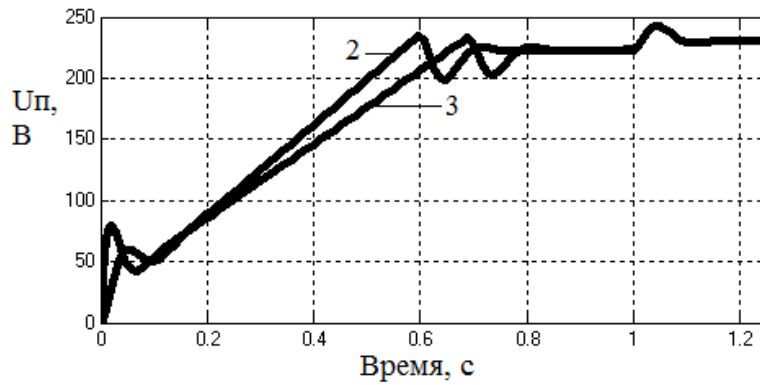


Рис. 13. Зависимость  $U(t)$ , В: 2 – система с задатчиком интенсивности; 3 – система с ограничением регулятора

Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что система с оптимальными ЖОС обеспечивает плавные переходные процессы по всем переменным состояния. Они также совпадают с алгоритмами работы тиристорных преобразователей для плавного пуска асинхронных электродвигателей, выпускаемых промышленностью [7], следовательно, их можно использовать для определения оптимальных диаграмм работы тиристорных преобразователей.

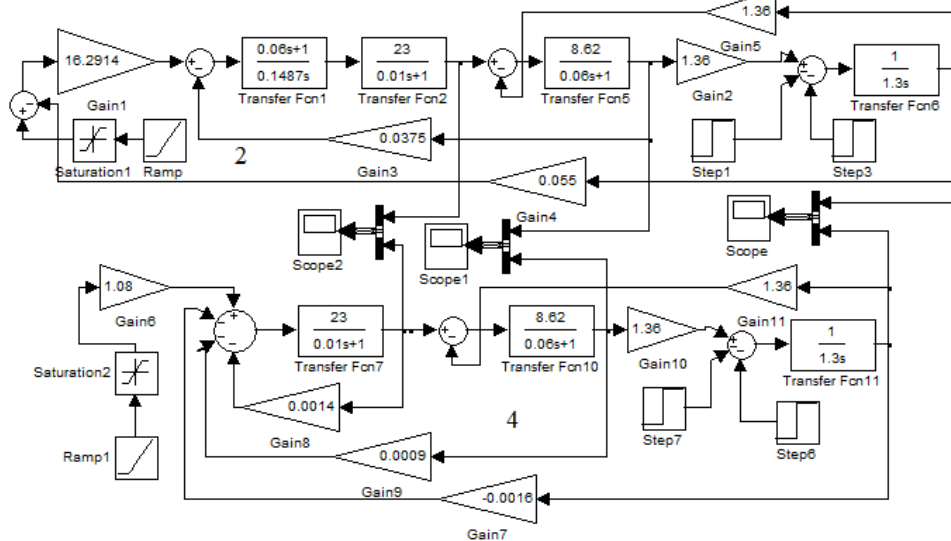


Рис. 14. Структурные схемы систем МО-МО и ЖОС с задатчиками интенсивности

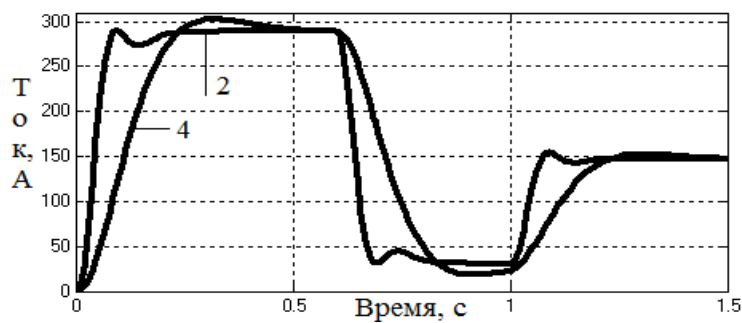


Рис. 15. Графики токов систем (2) и (4)

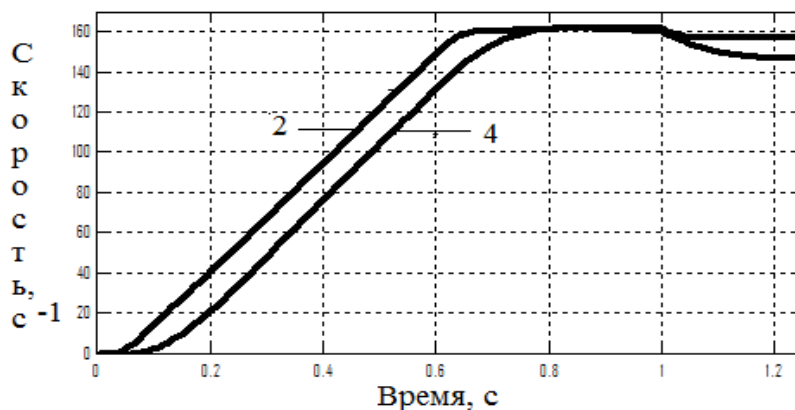


Рис. 16. Графики угловых скоростей систем (2) и (4)

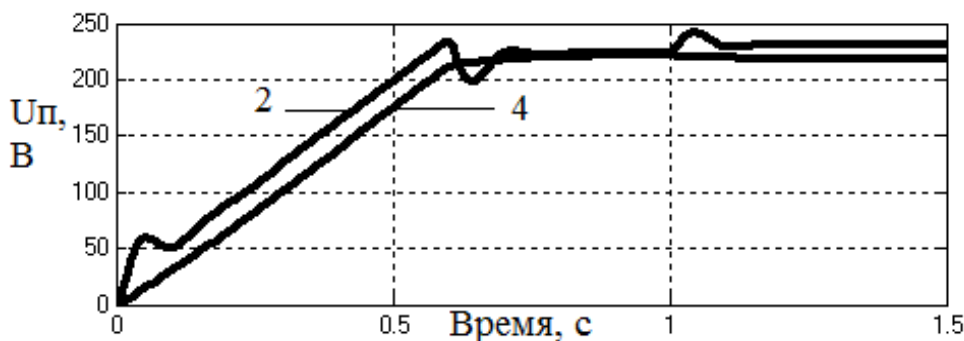


Рис. 17. Графики напряжения на выходе преобразователя систем (2) и (4)

### Выводы

Моделирование ТП-Д необходимо выполнять при условии, что ток холостого хода двигателя не равен нулю.

Мехатронный объект (ТП-Д), устойчивый в разомкнутой системе управления, становится неустойчивым по внутренним переменным (ток двигателя, напряжение источника питания и напряжение управления на выходе внешнего регулятора) в замкнутой системе управления, так как нет ограничений на управляющие воздействия.

При моделировании замкнутых систем управления необходимо включать в структурную схему блоки ограничений сигналов.

Представление объекта управления в пространстве состояний и использование аппарата синтеза LQR-регуляторов позволяет решить проблему внутренней устойчивости с помощью оптимальных обратных связей по переменным состояниям.

Зависимости  $U(t)$ , приведенные на рисунках 13, 17, совпадают с алгоритмами работы промышленных тиристорных преобразователей для плавного пуска высоковольтных асинхронных электродвигателей.

### Литература

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
2. Дьяконов В.П. Simulink: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 784 с.
3. Ключев В.И. Теория электропривода: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.
4. Егоров В.Н., Шестаков В.М. Динамика систем электропривода. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 216 с.



5. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.
6. Веремей Е.И. Линейные системы с обратной связью: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 448 с.
7. Ткачук А., Кривовяз В., Копырин В. Тиристорный преобразователь для плавного пуска высоковольтных асинхронных электродвигателей // Силовая электроника. – 2007. – № 1.



УДК 621.43.001.42

А.М. Плаксин, А.В. Гриценко,  
А.Ю. Бурцев, К.В. Глемба

### СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТУРБОКОМПРЕССОРА ДИЗЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОНОМНОГО СМАЗОЧНО-ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА

*Доказано, что применение тормозного устройства ротора турбокомпрессора, встроенного в систему впуска двигателя внутреннего сгорания, имеющего расчетные конструктивные параметры, сокращает продолжительность выбега ротора на 30–35 %, что, соответственно, даёт возможность уменьшить габариты и время работы гидроаккумулятора при одновременном исключении возникновения явления помпажа в компрессорной части турбокомпрессора, тем самым исключает поломку его деталей. Расчётный экономический эффект составляет в пределах 50–80 тысяч рублей за сезон эксплуатации агрегатов с тракторами различной единичной мощности.*

**Ключевые слова:** *двигатель, системы двигателя, турбонаддув, турбокомпрессор, диагностирование, выбег турбокомпрессора, тормозное устройство, гидроаккумулятор, работоспособность, надёжность.*

А.М. Plaksin, A.V. Gritsenko,  
A.Yu. Burtsev, K.V. Glemba

### THE WAY TO ENSURE THE EFFICIENCY OF THE DIESEL ENGINE TURBOCHARGER USING AUTONOMOUS LUBRICATING-BRAKING DEVICE

*It is proved that the use of the braking device of the turbocharger rotor integrated in the intake system of the internal combustion engine, that has the estimated structural parameters, reduces the duration of the rotor running-out by 30–35 %, which thus makes it possible to reduce the clearance and the operating time of the hydro-accumulator with the exception of the surge phenomenon emergence in the compressor part of the turbocharger, thus avoiding the breakage of its parts. The estimated economic impact is in the range of 50–80 thousand rubles for the season of the unit operation with the tractors of different unit power.*

**Key words:** *engine, engine systems, turbocharging, turbocharger, diagnostics, turbocharger running-out, brake device, the hydro-accumulator, working capacity, reliability.*

---

**Введение.** На сегодняшний день существует целый ряд способов повышения мощности двигателя [1–5]. Но наиболее эффективным из них является турбонаддув.

Конструктивно и технологически турбокомпрессор взаимосвязан с рядом систем двигателя, что обуславливает их взаимосвязь и взаимовлияние (системы: смазки, охлаждения, впуска, выпуска). Рассмотрим на рисунке 1 взаимосвязь параметров ТКР при резком снижении оборотов коленчатого вала ДВС или его остановке с параметрами процесса смазки, температурой деталей ТКР и временем выбега его ротора.

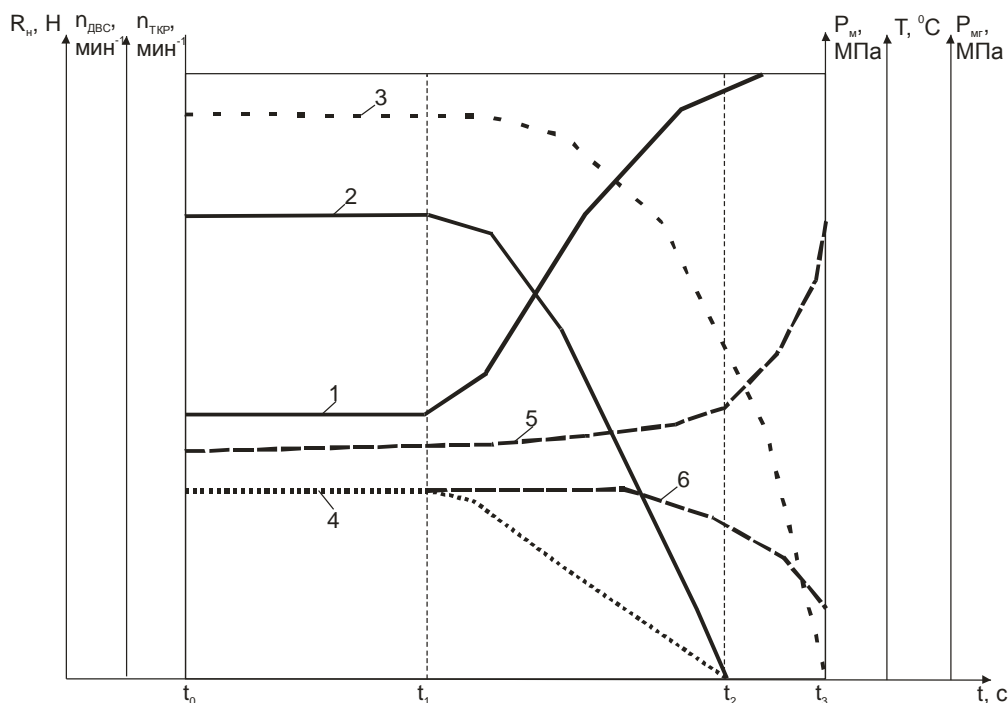


Рис. 1. Взаимосвязь параметров ТКР при резком снижении оборотов коленчатого вала ДВС или его остановке с параметрами процесса смазки, температурой деталей ТКР и временем выбега его ротора: 1 – внешняя нагрузка на ДВС  $R_n, Н$ ; 2 – частота вращения коленчатого вала ДВС  $n_{ДВС}, \text{мин}^{-1}$ ; 3 – частота вращения ротора турбокомпрессора,  $n_{ТКР}, \text{мин}^{-1}$ ; 4 – давление масла в масляной магистрали перед подшипником ТКР,  $P_m, \text{МПа}$ ; 5 – температура деталей ТКР  $T, ^\circ\text{C}$ ; 6 – давление масла в масляной магистрали перед подшипником ТКР при использовании гидроаккумулятора,  $P_{mГ}, \text{МПа}$ ;  $t_0$  – начальный момент времени, с;  $t_1$  – момент времени, соответствующий началу роста нагрузки на ДВС, с;  $t_2$  – момент времени, соответствующий полной остановке коленчатого вала ДВС, с;  $t_3$  – момент времени, соответствующий полной остановке ротора ТКР, с

На временном участке  $t_2$ – $t_3$  осуществляется свободный выбег ротора ТКР фактически при нулевом давлении в масляной магистрали перед подшипником ТКР. Данный процесс сопровождается локальным перегревом масла в зазоре подшипника ТКР и, как следствие, его закоксовыванием. В тот же момент температура других элементов ТКР также выходит за пределы штатного режима функционирования. Все это сопровождается недопустимым тепловым расширением деталей и пластическими деформациями.

Снизить тепловую напряженность деталей ТКР и обеспечить параметры выбега, эквивалентные штатной работе ТКР, позволяет установка в масляную магистраль гидроаккумулятора, осуществляющего подпитку пар трения в период свободного выбега ротора ТКР. При использовании гидроаккумулятора изменение величины давления масла в масляной магистрали перед подшипником ТКР происходит по кривой 6. Данное мероприятие позволяет увеличить срок службы ТКР без дополнительных конструктивных доработок его деталей.

**Цель исследования.** Исследовать процесс выбега турбокомпрессора дизелей при использовании автономного смазочно-тормозного устройства.

**Задачи исследования:**

1. Дать аналитическое описание взаимосвязи продолжительности выбега ротора турбокомпрессора при резком снижении оборотов коленчатого вала ДВС с параметрами смазочно-тормозного устройства.

2. Разработать программу и провести стендовые и эксплуатационные испытания ДВС при использовании автономного смазочно-тормозного устройства турбокомпрессора.

**Теоретические исследования.** Перед представлением модели, связывающей параметры свободного выбега, следует указать на широкое изучение данного вопроса различными авторами [1–4].

Уравнение движения ротора турбокомпрессора в общем виде можно записать так [1]

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_K - M_M, \quad (1)$$

где  $J \cdot \frac{d\omega}{dt}$  – момент от сил инерции движущихся масс ротора,  $H \cdot м$ ;  $J$  – момент инерции ротора относительно оси,  $кг \cdot м^2$ ;  $\frac{d\omega}{dt}$  – угловое ускорение (замедление) ротора,  $\frac{рад}{с^2}$ ;  $M_T$  – эффективный момент, развиваемый турбиной,  $H \cdot м$ ;  $M_K$  – момент, потребляемый компрессором,  $H \cdot м$ ;  $M_M$  – момент механических сопротивлений вращению ротора,  $H \cdot м$ .

При осуществлении выбега ТКР примем допущение, что  $M_K$  и  $M_T$  равны нулю, тогда уравнение движения ротора примет следующий вид:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_{ТОРМ}. \quad (2)$$

**Методика исследований.** При проведении экспериментальных исследований использовался стенд с гидроаккумулятором и тормозным устройством (рис. 2) [5–8].



Рис. 2. Стенд для проведения экспериментальных исследований с гидроаккумулятором и тормозным устройством

**Результаты экспериментальных исследований.** Для подтверждения теоретических предпосылок были проведены экспериментальные исследования по оценке времени выбега турбокомпрессоров ТКР-11 [4–8].

Проведем сравнение экспериментальных результатов, полученных при четырех различных вариантах выбега.

На рисунке 3 представлена экспериментально полученная зависимость частоты вращения ротора турбокомпрессора марки ТКР-11 от времени выбега.

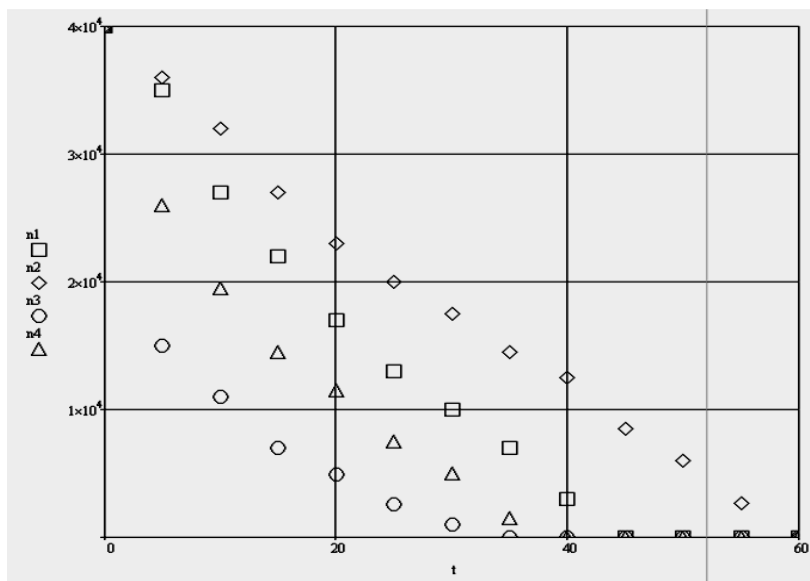


Рис. 3. Зависимость частоты вращения  $n_1, n_2, n_3, n_4$  рад/с от времени выбега  $t, c$ :  
 1 – выбег ротора в штатном режиме; 2 – выбег ротора с включённым гидроаккумулятором;  
 3 – выбег ротора с тормозным устройством; 4 – выбег ротора с включённым гидроаккумулятором и тормозным устройством

Для определения величины замедления при свободном выбега производили вычисление первой производной от значений частоты вращения ротора ТКР. В результате получили зависимость замедления ротора ТКР от времени выбега (рис. 4).

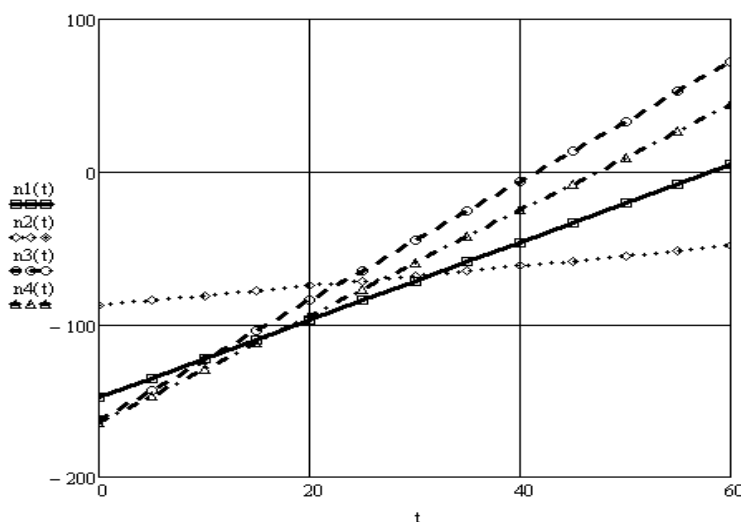


Рис. 4. Зависимость замедления  $n_1(t), n_2(t), n_3(t), n_4(t)$  рад/с<sup>2</sup> от времени выбега  $t, c$

Для определения величины момента сопротивления вращению ротора ТКР произвели умножение величин замедления на момент инерции ротора ТКР. В результате получили зависимость тормозного момента от времени выбега (рис. 5).

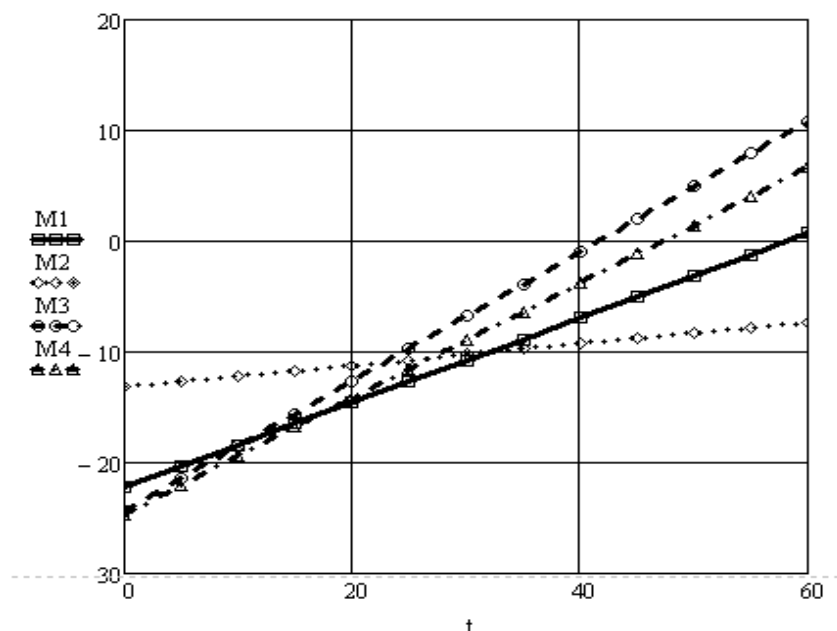


Рис. 5. Зависимость тормозного момента  $M_1, M_2, M_3, M_4, Н \cdot м$  от времени выбега  $t, с$

При анализе данных на рисунках 3–5 и в общем по результатам работы можно сделать следующие **выводы**:

При совместном использовании гидроаккумулятора с тормозным устройством величина времени выбега ротора уменьшилась в среднем на 30–35 % по сравнению с величиной времени при свободном выбега (линия 4 на рис. 3–5).

Установленный в систему смазки турбокомпрессора дизеля гидроаккумулятор позволяет осуществлять штатную смазку и охлаждение подшипников ротора при падении оборотов коленчатого вала ДВС, а также при его остановке при перегрузке в режиме выбега ротора. Внедрение тормозного устройства позволяет сократить время выбега ротора и тем самым предотвратить наступление масляного голодания и сухого трения подшипника ротора. Совместное применение гидроаккумулятора и тормозного устройства позволяет снизить до минимума риск наступления сухого трения и аварийного выхода из строя турбокомпрессора.

### Литература

1. Носырев Д.Я., Свечников А.А., Становова Ю.Ю. Определение технического состояния турбокомпрессора и приводного центробежного нагнетателя // Вестник Ростов. гос. ун-та путей сообщения. – Ростов н/Д, 2010. – Вып 3. – С. 59–63.
2. Малаховецкий А.Ф. Повышение надёжности турбокомпрессоров автотракторных двигателей путём снижения их теплонапряжённости: дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2005. – 141 с.
3. Потапов С.В. Повышение долговечности капитально отремонтированных тракторных дизелей применением гидроаккумулятора в смазочной системе: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 1999. – 181 с.
4. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта / А.В. Гриценко, А.М. Плаксин, С.Э. Бисенов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8. – С. 322–326.
5. Продление срока службы турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора в системе смазки / А.М. Плаксин, А.В. Гриценко, А.Ю. Бурцев [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6. – С. 728–732.

6. Увеличение надежности турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора / А.М. Плаксин, А.В. Гриценко, А.Ю. Бурцев [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 8. – С. 176–180.
7. Гриценко А.В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей): дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 2014. – 397 с.
8. Результаты экспериментальных исследований времени выбега ротора турбокомпрессора ТКР-11 / А.М. Плаксин, А.В. Гриценко, А.Ю. Бурцев [и др.] // Вестник ЧГАА. – 2014. – Т. 70. – С. 130–135.



УДК 621.333.2.001.57

А.Ю. Прудников, В.В. Боннет, А.Ю. Логинов

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РОТОРА

*В статье приведено математическое описание асинхронного электродвигателя при эксцентриситете ротора, составлена система уравнений относительно токов и потокоцеплений обмоток.*

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, эксцентриситет, математическая модель.

A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet, A.Yu. Loginov

### THE MATHEMATICAL MODEL OF THE INDUCTION MOTOR WITH THE ROTOR ECCENTRICITY

*The article presents the mathematical description of the induction motor in the rotor eccentricity, the system of equations for the currents and winding flux linkages is composed.*

**Key words:** induction motor, eccentricity, mathematical model.

---

**Введение.** Асинхронный двигатель получил широкое распространение в сельском хозяйстве. От надежности этого элемента в большой степени зависит функционирование всего технологического процесса. В ходе исследований было установлено, что 40 % повреждений асинхронного двигателя возникает по причине неисправности подшипника [1]. Поэтому существует необходимость корректировки математической модели АД с учетом эксцентриситета ротора для выявления диагностических взаимосвязей.

Определение связей между диагностируемым дефектом и диагностическим признаком может быть осуществлено экспериментально или на основе математической модели, которая позволит определить эту связь теоретически. Следует учитывать, что математическая модель не может отражать все факторы, характеризующие реальный объект, и поэтому полного соответствия с экспериментом получить не представляется возможным. К достоинству математической модели относится то, что у объекта можно создавать дефекты и изменять степень их проявления. При этом продолжительность расчетов модели занимает значительно меньше времени, чем проведение эксперимента.

Простейшая модель асинхронного двигателя имеет вид двухфазного электромеханического преобразователя с двумя обмотками на статоре и роторе, сдвинутыми относительно друг друга по фазе на 90° (рис. 1) [2, 3].

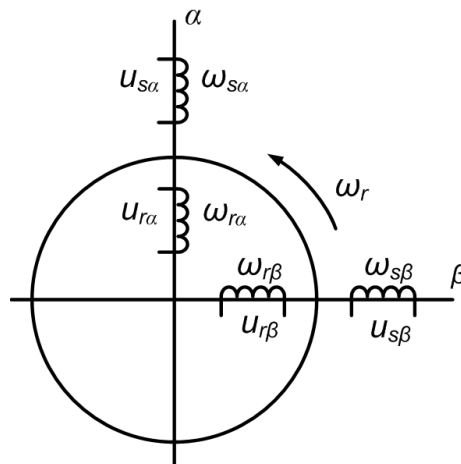


Рис. 1. Модель обобщенной электрической машины

Здесь  $\omega_{ra}$ ,  $\omega_{rb}$ ,  $\omega_{sa}$ ,  $\omega_{sb}$  – число витков обмоток ротора и статора по осям  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно;  $U_{ra}$ ,  $U_{rb}$ ,  $U_{sa}$ ,  $U_{sb}$ , – напряжения в обмотках ротора и статора по осям  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно;  $\omega_r$  – угловая скорость ротора.

Для описания модели обобщенной электрической машины справедливы уравнения [2]:  
– напряжения

$$\begin{bmatrix} u_{sa} \\ u_{ra} \\ u_{rb} \\ u_{sb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{sa} + \frac{d}{dt}L_{sa} & \frac{d}{dt}M & 0 & 0 \\ \frac{d}{dt}M & r_{ra} + \frac{d}{dt}L_{ra} & L_{r\beta}\omega_r & M\omega_r \\ -M\omega_r & -L_{ra}\omega_r & r_{r\beta} + \frac{d}{dt}L_{r\beta} & \frac{d}{dt}M \\ 0 & 0 & \frac{d}{dt}M & r_{s\beta} + \frac{d}{dt}L_{s\beta} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{sb} \end{bmatrix}; \quad (1)$$

– электромагнитного момента

$$M_3 = M(i_{s\beta}i_{ra} - i_{sa}i_{r\beta}); \quad (2)$$

– движения

$$J \frac{d\omega_r}{dt} \pm M_c = M_3, \quad (3)$$

где  $i_{ra}$ ,  $i_{rb}$ ,  $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$  – токи в обмотках ротора и статора по осям  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно;  $r_{ra}$ ,  $r_{rb}$ ,  $r_{sa}$ ,  $r_{sb}$  – активные сопротивления обмоток ротора и статора;  $M$  – взаимная индуктивность;  $L_{ra}$ ,  $L_{rb}$ ,  $L_{sa}$ ,  $L_{sb}$  – полные индуктивности обмоток ротора и статора по осям  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $\omega_r$  – угловая скорость ротора;  $M_3$  – электромагнитный момент;  $M_c$  – момент сопротивления на валу машины.

Взаимная индуктивность между обмотками ротора и статора описывается выражением

$$M = \omega_s k_s \omega_r k_r \tau l_a \lambda(\theta), \quad (4)$$

где  $\omega_s$ ,  $\omega_r$  – число витков обмоток статора и ротора соответственно;  $k_s$ ,  $k_r$  – обмоточный коэффициент статора и ротора соответственно;  $\tau$  – полюсное деление;  $l_a$  – длина пакета активной части ста-

тора;  $\lambda(\theta)$  – удельная магнитная проводимость воздушного зазора, зависящая от угла поворота ротора  $\theta$ .

Для моделирования удобно уравнение (1) преобразовать и записать относительно потокосцеплений и токов:

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_{s\alpha}}{dt} &= u_{s\alpha} - R_s i_{s\alpha}; \quad \frac{d\Psi_{s\beta}}{dt} = u_{s\beta} - R_s i_{s\beta}; \\ \frac{d\Psi_{r\alpha}}{dt} &= \omega_r \Psi_{r\alpha} - R_r i_{r\alpha}; \quad \frac{d\Psi_{r\beta}}{dt} = \omega_r \Psi_{r\beta} - R_r i_{r\alpha}; \\ i_{s\alpha} &= \frac{L_r \Psi_{r\alpha}}{(L_s L_r - M^2)}; \quad i_{s\beta} = \frac{L_r \Psi_{r\beta}}{(L_s L_r - M^2)} - M \Psi_{s\alpha} (L_s L_r - M^2); \\ i_{r\alpha} &= \frac{M \Psi_{r\alpha}}{(L_s L_r - M^2)} - M \Psi_{s\alpha} (L_s L_r - M^2); \quad i_{r\beta} = \frac{M \Psi_{r\beta}}{(L_s L_r - M^2)} - M \Psi_{s\beta} (L_s L_r - M^2); \\ M_g &= (mp/2)(M/L_r)(i_{s\beta} \Psi_{r\alpha} - i_{r\alpha} \Psi_{r\beta}); \quad \frac{d\omega_r}{dt} = \frac{p}{J(M_g - M_c)}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\Psi_{r\alpha}, \Psi_{r\beta}, \Psi_{s\alpha}, \Psi_{s\beta}$  – потокосцепления обмоток ротора и статора по осям  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $R_s = r_{s\alpha} = r_{s\beta}$ ;  $R_r = r_{r\alpha} = r_{r\beta}$ ;  $p$  – число пар полюсов;  $L_r, L_s$  – индуктивности рассеяния ротора и статора соответственно;  $m$  – число фаз.

Для математического моделирования электродвигателя с эксцентриситетом ротора необходимо учесть зависимость воздушного зазора  $\delta$  от угла поворота ротора при смещении его оси на расстояние  $d$  от оси статора, определяемую выражением

$$\delta(\theta) = R - r + d \cos(\theta) = \delta_m + d \cos(\theta), \quad (6)$$

где  $R, r$  – радиусы расточки статора и ротора соответственно;  $\delta_m$  – номинальный воздушный зазор между ротором и статором;  $d$  – смещение осей ротора и статора вследствие эксцентриситета;  $\theta$  – угол текущего положения ротора (рис. 2).

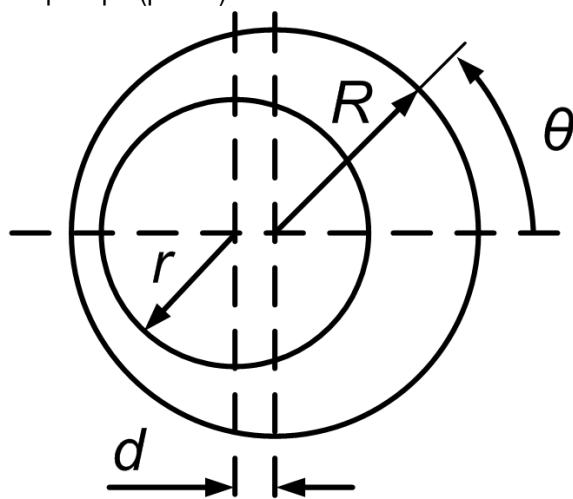


Рис. 2. Эксцентриситет ротора асинхронного двигателя

Циклическое изменение индуктивностей вызывает циклическое изменение сопротивлений обмоток ротора и статора. Вследствие изменения этих сопротивлений появляются пульсации тока статора на частоте  $f_{\text{экс}}$ , определяемой выражением



$$f_{\text{экс}} = f_{\text{сети}} \left( 1 \pm \frac{1-s}{p} \right), \quad (7)$$

где  $f_{\text{сети}}$  – частота напряжения питающей сети;  $s$  – скольжение ротора.

При эксцентриситете ротора меняется удельная магнитная проводимость зазора

$$\lambda(\theta) = \frac{\mu_0}{k_\delta \delta_m (1 + \varepsilon \cos(\theta))}, \quad (8)$$

где  $\mu_0$  – магнитная постоянная;  $k_\delta$  – коэффициент Картера;  $\varepsilon = d/\delta_m$  – относительный эксцентриситет.

С учетом выражения (8) взаимная индуктивность при эксцентриситете ротора определяется выражением

$$M_m(\theta) = \omega_s k_s \omega_r k_r \tau l_a \frac{\mu_0}{k_\delta \delta_m (1 + \varepsilon \cos(\theta))}. \quad (9)$$

С учетом выражения (9) система уравнений (5) примет вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_{sa}}{dt} &= u_{sa} - R_s i_{sa}; & \frac{d\Psi_{s\beta}}{dt} &= u_{s\beta} - R_s i_{s\beta}; \\ \frac{d\Psi_{ra}}{dt} &= \omega_r \Psi_{ra} - R_r i_{r\beta}; & \frac{d\Psi_{r\beta}}{dt} &= \omega_r \Psi_{r\beta} - R_r i_{r\alpha}; \\ i_{sa} &= \frac{L_r \Psi_{ra}}{(L_s L_r - M_m^2(\theta))}; \\ i_{s\beta} &= \frac{L_r \Psi_{s\beta}}{(L_s L_r - M_m^2(\theta))} - M_m(\theta) \Psi_{sa} (L_s L_r - M_m^2(\theta)); \\ i_{ra} &= \frac{M_m(\theta) \Psi_{ra}}{(L_s L_r - M_m^2(\theta))} - M_m(\theta) \Psi_{sa} (L_s L_r - M_m^2(\theta)); \\ i_{r\beta} &= \frac{M_m(\theta) \Psi_{r\beta}}{(L_s L_r - M_m^2(\theta))} - M_m(\theta) \Psi_{s\beta} (L_s L_r - M_m^2(\theta)); \\ M_3 &= (mp/2)(M_m(\theta)/L_r)(i_{s\beta} \Psi_{ra} - i_{ra} \Psi_{r\beta}); & \frac{d\omega_r}{dt} &= \frac{p}{J(M_3 - M_c)}. \end{aligned} \quad (10)$$

**Выводы.** Полученные математические выражения позволяют смоделировать работу асинхронного двигателя при различных значениях эксцентриситета ротора. В результате расчетов можно получить функциональные зависимости угловой скорости вращения ротора, тока статора и момента на валу в функции времени  $\omega_r(t)$ ,  $i(t)$ ,  $M_3(t)$ .

### Литература

1. Петухов В.С. Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока // Новости электротехники. – 2005. – № 1(31). – С. 23–26.
2. Копылов И.П. Математическое моделирование асинхронных машин: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.
3. Копылов И.П. Электрические машины: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., Логос, 2000. – 607 с.



## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ МАТРИЦЫ УЗЛОВЫХ ПРОВОДИМОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХемой СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА–ЗВЕЗДА»

*Получено аналитическое выражение для матрицы узловых проводимостей трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда–звезда», не требующее процедуры обращения матриц.*

**Ключевые слова:** трансформатор, аварийный режим, несимметричный режим, метод фазных координат, матрица узловых проводимостей, схема соединения обмоток, аналитическое выражение.

V.A. Soldatov, E.A. Chebesov

## ANALYTICAL EXPRESSION OF THE BUS ADMITTANCE MATRIX OF THE TRANSFORMER WITH THE SCHEME OF THE WINDING CONNECTION «STAR – STAR»

*The analytical expression for the bus admittance matrix of the transformer with the scheme of the winding connection “star–star” that does not require the matrix converting procedure is received.*

**Key words:** transformer, emergency operation, asymmetrical operation, method of phase coordinates, bus admittance matrix, scheme of winding connection, analytical expression.

---

**Введение.** Расчет аварийных несимметричных режимов электрических сетей является актуальной задачей. Для этого используют либо координаты трех симметричных составляющих, либо фазные координаты [1–3]. В электрических сетях класса 110 кВ и выше метод фазных координат хорошо себя зарекомендовал. В распределительных сетях 0,38–6–10–35 кВ этот метод применяется пока ограниченно. Метод трех симметричных составляющих строго справедлив только для трехфазных и симметричных электрических сетей. Кроме того, он требует составления сложных схем замещения относительно аварийной точки сети. В методе фазных координат нет этих недостатков.

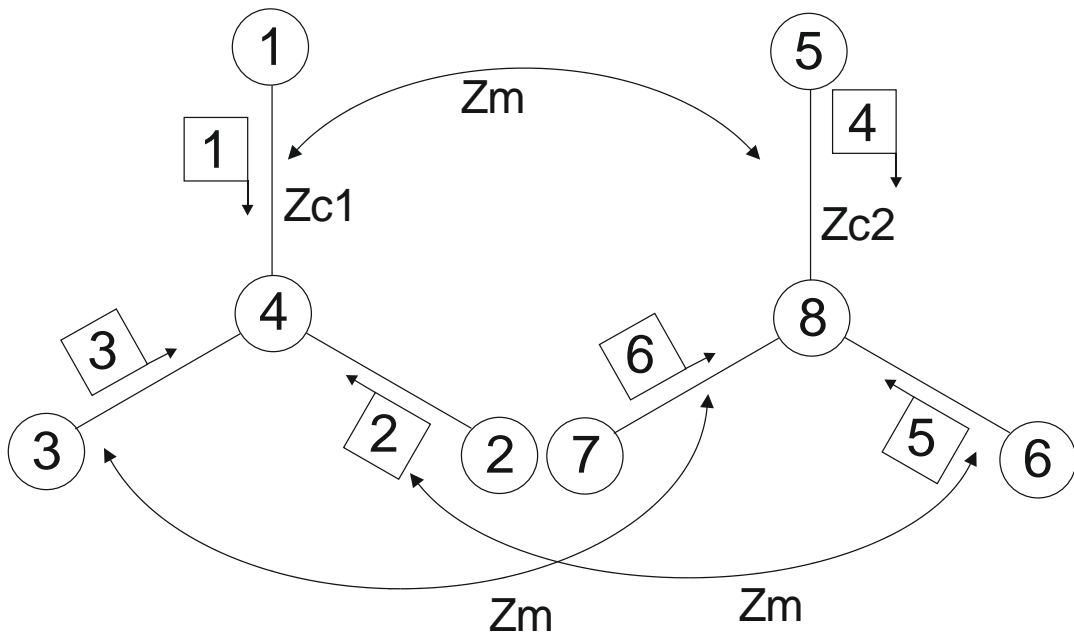
В основном методики расчета несимметричных аварийных режимов основываются на матрицах узловых проводимостей элементов электрической сети (линий, двухобмоточных трансформаторов, трехобмоточных трансформаторов, автотрансформаторов, компенсирующих устройств, нагрузок, источников реактивной мощности и др.). По матрицам узловых проводимостей строят схемы замещения как самих элементов сети, так и сети в целом. Таким образом, для каждого элемента сети необходимо знать матрицу узловых проводимостей.

Наиболее сложными для моделирования являются трансформаторы. В большинстве методик, чтобы найти матрицу узловых проводимостей трансформатора, используют процедуру обращения комплексной матрицы собственных и взаимных сопротивлений трансформатора. Это вызывает определенные трудности, так как требуется компьютерная программа обращения матриц. В данной статье поставлена задача получения аналитических выражений для матрицы узловых проводимостей трансформатора в фазных координатах без необходимости использования процедуры обращения матрицы.

В сетях 0,38 кВ используется потребительский трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда–звезда». Получим матрицу узловых проводимостей для данного трансформатора. При необходимости нулевую точку трансформатора на выходе можно заземлить. В этом случае получим трансформатор со схемой соединения «звезда–звезда с нулем» [4].

Расчетная схема данного трансформатора представлена на рисунке. На этой схеме номера узлов указаны в кружках, а номера ветвей в квадратах. На схеме обозначены собственные сопро-

тивления входной ( $Z_{c1}$ ) и выходной ( $Z_{c2}$ ) обмоток и взаимные ( $Z_m$ ) сопротивления между ними. Эти сопротивления можно определить по паспортным данным трансформатора.



Расчетная схема трансформатора «звезда-звезда»

После нумерации узлов и ветвей трансформатора можно составить матрицу соединений (инциденции)  $M$

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Если известна матрица соединений  $M$  и матрица собственных и взаимных сопротивлений ветвей  $ZV$ , то матрица узловых проводимостей трансформатора определится как

$$Y = M \cdot ZV^{-1} \cdot M^T. \quad (2)$$

Данный трансформатор может быть трехбакового исполнения (обмотки каждой из фаз А, В, С размещены в трех отдельных баках) и однобакового исполнения (все обмотки размещены в одном баке). Рассмотрим оба указанных случая исполнения трансформатора.

**Трехбаковое исполнение трансформатора.** Для двухобмоточного трехфазного трехбакового трансформатора матрица сопротивлений ветвей  $ZV$  имеет вид

$$ZV = \begin{bmatrix} Zc1 & 0 & 0 & Zm & 0 & 0 \\ 0 & Zc1 & 0 & 0 & Zm & 0 \\ 0 & 0 & Zc1 & 0 & 0 & Zm \\ Zm & 0 & 0 & Zc2 & 0 & 0 \\ 0 & Zm & 0 & 0 & Zc2 & 0 \\ 0 & 0 & Zm & 0 & 0 & Zc2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Обратная матрица  $ZV^{-1}$  будет иметь вид

$$ZV^{-1} = \frac{1}{d} \begin{bmatrix} -Zc2 & 0 & 0 & Zm & 0 & 0 \\ 0 & -Zc2 & 0 & 0 & Zm & 0 \\ 0 & 0 & -Zc2 & 0 & 0 & Zm \\ Zm & 0 & 0 & -Zc1 & 0 & 0 \\ 0 & Zm & 0 & 0 & -Zc1 & 0 \\ 0 & 0 & Zm & 0 & 0 & -Zc1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Здесь

$$d = Zm^2 - Zc1 \cdot Zc2. \quad (5)$$

Подставляя (1), (4) и (5) в (2), получим искомую матрицу узловых проводимостей  $Y$  трансформатора

$$Y = \frac{1}{d} \begin{bmatrix} -Zc2 & 0 & 0 & Zc2 & Zm & 0 & 0 & -Zm \\ 0 & -Zc2 & 0 & Zc2 & 0 & Zm & 0 & -Zm \\ 0 & 0 & -Zc2 & Zc2 & 0 & 0 & Zm & -Zm \\ Zc2 & Zc2 & Zc2 & -3 \cdot Zc2 & -Zm & -Zm & -Zm & 3 \cdot Zm \\ Zm & 0 & 0 & -Zm & -Zc1 & 0 & 0 & Zc1 \\ 0 & Zm & 0 & -Zm & 0 & -Zc1 & 0 & Zc1 \\ 0 & 0 & Zm & -Zm & 0 & 0 & -Zc1 & Zc1 \\ -Zm & -Zm & -Zm & 3 \cdot Zm & Zc1 & Zc1 & Zc1 & -3 \cdot Zc1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Разделяя (6) на блоки относительно узлов входа (1–4) и узлов выхода (5–8), получим блоки матрицы узловых проводимостей трансформатора

$$Y_{11} = \frac{1}{d} \cdot \begin{bmatrix} -Zc2 & 0 & 0 & Zc2 \\ 0 & -Zc2 & 0 & Zc2 \\ 0 & 0 & -Zc2 & Zc2 \\ Zc2 & Zc2 & Zc2 & -3 \cdot Zc2 \end{bmatrix} \quad Y_{12} = \frac{1}{d} \cdot \begin{bmatrix} Zm & 0 & 0 & -Zm \\ 0 & Zm & 0 & -Zm \\ 0 & 0 & Zm & -Zm \\ -Zm & -Zm & -Zm & 3 \cdot Zm \end{bmatrix}$$

$$Y_{21} = \frac{1}{d} \cdot \begin{bmatrix} Z_m & 0 & 0 & -Z_m \\ 0 & Z_m & 0 & -Z_m \\ 0 & 0 & Z_m & -Z_m \\ -Z_m & -Z_m & -Z_m & 3 \cdot Z_m \end{bmatrix} \quad Y_{22} = \frac{1}{d} \cdot \begin{bmatrix} -Z_{c1} & 0 & 0 & Z_{c1} \\ 0 & -Z_{c1} & 0 & Z_{c1} \\ 0 & 0 & -Z_{c1} & Z_{c1} \\ Z_{c1} & Z_{c1} & Z_{c1} & -3 \cdot Z_{c1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Таким образом, полученные аналитические выражения (6)–(7) позволяют определять матрицу узловых проводимостей трансформатора «звезда–звезда» в трехбаковом исполнении без необходимости обращения матриц.

**Однобаковое исполнение трансформатора.** Как показано в [3], для однобакового трансформатора можно принять, что взаимные сопротивления отличаются от соответствующих собственных сопротивлений на одно и то же число  $N$ . В этом случае для двухобмоточного трехфазного однобакового трансформатора матрица сопротивлений ветвей  $ZV0$  будет иметь вид

$$ZV0 = \begin{bmatrix} Z_{c1} & Z_{c1} \cdot N & Z_{c1} \cdot N & Z_m & Z_m \cdot N & Z_m \cdot N \\ Z_{c1} \cdot N & Z_{c1} & Z_{c1} \cdot N & Z_m \cdot N & Z_m & Z_m \cdot N \\ Z_{c1} \cdot N & Z_{c1} \cdot N & Z_{c1} & Z_m \cdot N & Z_m \cdot N & Z_m \\ Z_m & Z_m \cdot N & Z_m \cdot N & Z_{c2} & Z_{c2} \cdot N & Z_{c2} \cdot N \\ Z_m \cdot N & Z_m & Z_m \cdot N & Z_{c2} \cdot N & Z_{c2} & Z_{c2} \cdot N \\ Z_m \cdot N & Z_m \cdot N & Z_m & Z_{c2} \cdot N & Z_{c2} \cdot N & Z_{c2} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Обратная матрица  $ZV0^{-1}$  будет иметь вид

$$ZV0^{-1} = \frac{1}{d \cdot dn} \begin{bmatrix} -Z_{c2} \cdot (N+1) & -N \cdot Z_{c2} & -N \cdot Z_{c2} & -Z_m \cdot (N+1) & N \cdot Z_m & N \cdot Z_m \\ -N \cdot Z_{c2} & -Z_{c2} \cdot (N+1) & -N \cdot Z_{c2} & N \cdot Z_m & -Z_m \cdot (N+1) & N \cdot Z_m \\ -N \cdot Z_{c2} & -N \cdot Z_{c2} & -Z_{c2} \cdot (N+1) & N \cdot Z_m & N \cdot Z_m & -Z_m \cdot (N+1) \\ -Z_m \cdot (N+1) & N \cdot Z_m & N \cdot Z_m & Z_{c1} \cdot (N+1) & -N \cdot Z_{c1} & -N \cdot Z_{c1} \\ N \cdot Z_m & -Z_m \cdot (N+1) & N \cdot Z_m & -N \cdot Z_{c1} & Z_{c1} \cdot (N+1) & -N \cdot Z_{c1} \\ N \cdot Z_m & N \cdot Z_m & -Z_m \cdot (N+1) & -N \cdot Z_{c1} & -N \cdot Z_{c1} & Z_{c1} \cdot (N+1) \end{bmatrix} \quad (9)$$

Здесь

$$d = Z_m^2 - Z_{c1} \cdot Z_{c2}; \quad dn = (N-1) \cdot (2N+1) \quad (10)$$

Подставляя (1), (9) и (10) в (2), получим искомую матрицу узловых проводимостей трансформатора  $Y0$ , которую разделим на блоки

$$Y0 = \begin{bmatrix} Y_{011} & Y_{012} \\ Y_{021} & Y_{022} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

В (11) блоки матрицы  $Y0$  равны

$$\begin{aligned}
 Y_{011} &= \frac{1}{d \cdot dn} \cdot \begin{bmatrix} Zc2 \cdot (N + 1) & -N \cdot Zc2 & -N \cdot Zc2 & Zc2 \cdot (N - 1) \\ -N \cdot Zc2 & Zc2 \cdot (N + 1) & -N \cdot Zc2 & Zc2 \cdot (N - 1) \\ -N \cdot Zc2 & -N \cdot Zc2 & Zc2 \cdot (N + 1) & Zc2 \cdot (N - 1) \\ Zc2 \cdot (N - 1) & Zc2 \cdot (N - 1) & Zc2 \cdot (N - 1) & -3 \cdot Zc2 \cdot (N - 1) \end{bmatrix} \\
 Y_{012} &= \frac{1}{d \cdot dn} \cdot \begin{bmatrix} -Zm \cdot (N + 1) & N \cdot Zm & N \cdot Zm & -Zm \cdot (N - 1) \\ N \cdot Zm & -Zm \cdot (N + 1) & N \cdot Zm & -Zm \cdot (N - 1) \\ N \cdot Zm & N \cdot Zm & -Zm \cdot (N + 1) & -Zm \cdot (N - 1) \\ -Zm \cdot (N - 1) & -Zm \cdot (N - 1) & -Zm \cdot (N - 1) & 3 \cdot Zm \cdot (N - 1) \end{bmatrix} \\
 Y_{021} &= \frac{1}{d \cdot dn} \cdot \begin{bmatrix} -Zm \cdot (N + 1) & N \cdot Zm & N \cdot Zm & -Zm \cdot (N - 1) \\ N \cdot Zm & -Zm \cdot (N + 1) & N \cdot Zm & -Zm \cdot (N - 1) \\ N \cdot Zm & N \cdot Zm & -Zm \cdot (N + 1) & -Zm \cdot (N - 1) \\ -Zm \cdot (N - 1) & -Zm \cdot (N - 1) & -Zm \cdot (N - 1) & 3 \cdot Zm \cdot (N - 1) \end{bmatrix} \\
 Y_{022} &= \frac{1}{d \cdot dn} \cdot \begin{bmatrix} Zc1 \cdot (N + 1) & -N \cdot Zc1 & -N \cdot Zc1 & Zc1 \cdot (N - 1) \\ -N \cdot Zc1 & Zc1 \cdot (N + 1) & -N \cdot Zc1 & Zc1 \cdot (N - 1) \\ -N \cdot Zc1 & -N \cdot Zc1 & Zc1 \cdot (N + 1) & Zc1 \cdot (N - 1) \\ Zc1 \cdot (N - 1) & Zc1 \cdot (N - 1) & Zc1 \cdot (N - 1) & -3 \cdot Zc1 \cdot (N - 1) \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{12}$$

**Выводы.** Таким образом, полученные аналитические выражения (8)–(12) позволяют определять матрицу узловых проводимостей трансформатора «звезда–звезда» в однобаковом исполнении без необходимости обращения матриц.

Полученные аналитические выражения (3)–(12) облегчают задачу расчета аварийных несимметричных режимов электрических сетей с данным трансформатором, так как не требуется процедура обращения комплексных матриц.

### Литература

1. Мельников Н.А. Матричный метод анализа электрических сетей. – М.: Энергия, 1972.
2. Лосев С.Б., Чернин А.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 528 с.
3. Бернас С., Цек З. Математические модели элементов электроэнергетических систем: пер. с пол. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
4. Солдатов В.А., Баранов А.А. Аналитические выражения для матрицы передачи трансформатора "звезда–звезда с нулем" // Актуальные проблемы науки в АПК: мат-лы 61-й Междунар. науч.-практ. конф. – Кострома, 2010. – Т.2.



## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНОГО РИСКА ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОБЪЕКТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*В статье приведен алгоритм анализа интегрального риска при эксплуатации электроустановок на объектах АПК. Показана структурная схема анализа риска. Указаны области уровней интегрального риска электроустановки. Рассмотрены иницирующие факторы в системе «человек-электроустановка-среда». Дан перечень рискообразующих факторов человеко-машинной системы. Определены уровни частот опасных техногенных ситуаций и уровни вычисления интегрального риска.*

**Ключевые слова:** электроустановка, уровень риска, человеко-машинная система, техногенная опасность, электротравматизм, рискообразующие факторы, интегральная оценка риска.

*A.F. Kalinin, T.V. Eremina*

## THE METHODOLOGY OF THE DANGER INTEGRAL RISK ASSESSMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OBJECT ELECTRO-INSTALLATIONS

*The analysis algorithm of the integral risk in the operation of electro-installations in AIC objects is given in the article. The block diagram of the risk analysis is shown. The level areas of the integral risk of electro-installation are indicated. The initiating factors in the system “man-electro-installation-environment” are considered. The list of risk-forming factors of the man-machine system is given. The frequency levels of dangerous technogenic situations and levels of integral risk calculation are determined.*

**Key words:** electro-installation, risk level, man-machine system, technogenic danger, electro-traumatism, risk-forming factors, integrated assessment of risk.

---

**Введение.** В соответствии с концепцией анализа риска [1, 2] в основе обеспечения техногенной безопасности должна лежать методология определения частоты (вероятности) и последствий негативных событий. Сочетание этих событий является достаточным основанием признания факта объективного существования риска опасности электроустановки.

**Цель исследования.** Прогнозирование опасных событий и обоснование оценок рисков при реализации организационных и технических мероприятий, направленных на их снижение. Определение уровней допустимых (приемлемых) рисков.

**Методология исследования.** На рисунке 1 представлен алгоритм анализа интегрального риска электроустановок объектов АПК. Процедура анализа риска электроустановки следующая.

*Этап 1.* Обоснование методологии, выбор и описание объекта исследования (системы).

При анализе рисков необходимо придерживаться концепции трехкомпонентной человеко-машинной системы «человек-электроустановка-среда» (Ч-ЭУ-С), характеризующей взаимодействие: а) с человеком (социальный фактор); б) с электроустановкой (техногенный фактор); в) с окружающей средой (экологический фактор).

Подчеркнем, что целями риска-анализа может быть либо оценка безопасности объекта, либо определение эффективности (количественно) мероприятий по повышению техногенной безопасности. Для определения критериев и уровней приемлемого риска применены рекомендации [3–5], из которых следует, что предельно допустимый уровень техногенного риска устанавливается на основании так называемой экономической целесообразности (рис. 2).

Номер этапа	Процедура	Методологический аппарат анализа. Методы моделирования
1. Обоснование методологии, выбор и описание объекта (системы)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;">Электроустановка</div> <p>Определение целей анализа</p>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Детерминистический</div>
2. Идентификация опасностей системы	<p>Анализ надежности, уязвимости, отказов и аварий</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Выделение опасных подсистем</div> <div style="font-size: 20px;">↔</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Выделение опасных воздействий</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Статистический</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Вероятностный</div>
3. Изучение условий реализации опасностей	<p>Формирование перечня рискообразующих факторов компонентов человеко-машинной системы</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <pre> graph LR     C[Ч] &lt;--&gt; EU[ЭУ]     EU &lt;--&gt; S[С]     S --&gt; C     S --&gt; EU     </pre> </div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Логико-вероятностный</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Метод нечетких множеств</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Качественный анализ</div>
4. Получение вероятностных оценок	<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;">Сбор и анализ статистических данных</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;">Экспертная оценка надежности и опасности ЭУ</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">Оценка вероятности возникновения опасных техногенных ситуаций</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-top: 10px;">Диаграммы влияния</div>
5. Анализ последствий	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Анализ поражающих факторов</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Анализ вредодействующего фактора</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Анализ деструктивных факторов</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Оценка ущербов и потерь</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Дерево событий</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Дерево отказов</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Сети GERT</div>
6. Оценка риска (критерии)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Учет неопределенностей</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Обоснование качественно-количественных индикаторов</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Имитационные модели</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Экспертные системы</div>
7. Вычисление интегрального риска	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">Определение индивидуального, коллективного и социального R</div>	

Рис. 1. Структурная схема анализа риска



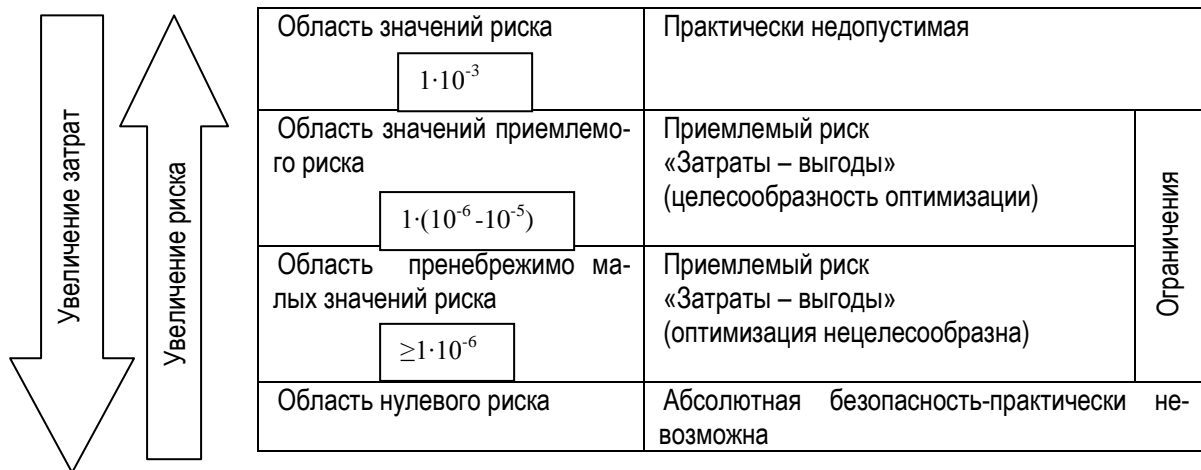


Рис. 2. Области уровней интегрального риска электроустановки

Этап 2. Идентификация техногенных опасностей.

Рассмотрим инициирующие события, которые могут привести к негативным последствиям (аварии, травме, пожару):

1. Подсистема «человек» – свойства, характеризующие «надежность» человеческого фактора.
2. Подсистема «электроустановка» характеризуется параметрами надежности и живучести (уязвимости).
3. Подсистема «среда» характеризуется штатными и аварийными нагрузками, оказывающими негативное воздействие на функционирование системы.

На этом этапе выявляется перечень неблагоприятных событий, проявление которых способно нанести вред человеку.

Изучение физических закономерностей накопления повреждений при учете различных факторов среды позволило провести систематизацию основных дефектов электроустановки, приводящих к отказу (табл. 1).

Таблица 1

**Систематизация основных эксплуатационных дефектов электроустановки**

Проводящие и конструкционные элементы	Изоляционные элементы
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Окисление</li> <li>- Усталость металла</li> <li>- Коррозия металла</li> <li>- Нагрев токоведущих элементов</li> <li>- Нагрев контактных соединений</li> <li>- Образование свищей и трещин</li> <li>- Частичные микроразрывы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Электрическое и тепловое старение диэлектрика</li> <li>- Снижение поверхностного и объемного сопротивлений</li> <li>- Повышение диэлектрических потерь</li> <li>- Эрозионный износ</li> <li>- Образование токопроводящих мостиков</li> <li>- Кавитация</li> <li>- Увлажнение</li> <li>- Искрообразование</li> <li>- Облучение</li> <li>- Пробой (электрический, тепловой)</li> </ul>

К инициирующим факторам среды (производственные сельскохозяйственные объекты) отнесем:

- температуру;
- относительную влажность воздуха;
- наличие агрессивной среды (химически активных загрязнителей);
- резкие колебания параметров микроклимата производственных помещений.

Процедура идентификации риска ЭУ представлена на рисунке 3.

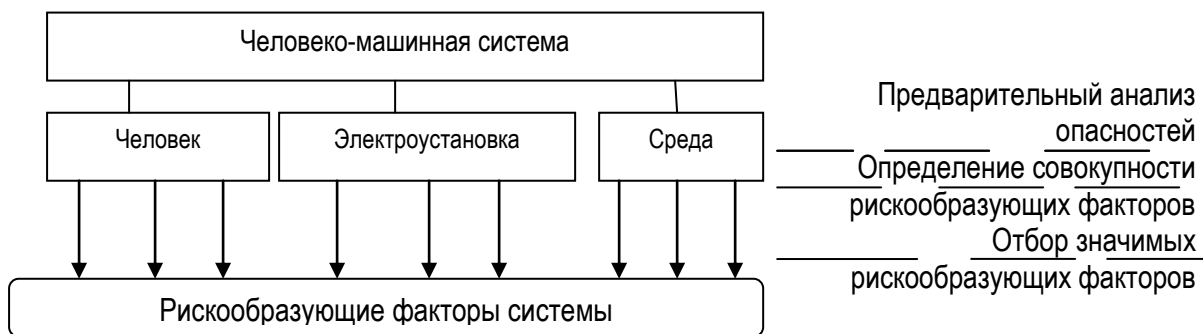


Рис. 3. Процедура идентификации риска

Этап 3. Для изучения условий реализации техногенных опасностей формируется перечень рискообразующих факторов компонентов человеко-машинной системы с учетом следующих информационных блоков: 1) отказы электроустановки; 2) перерывы электроснабжения потребителей; 3) электротравматизм людей; 4) пожары от электроустановок; 5) потери электроэнергии; 6) ухудшение показателей качества электроэнергии; 7) электропоражение и электропатология сельскохозяйственных животных.

Этап 4. Получение вероятностных оценок (частот) опасных событий (табл. 2) относится к первому шагу анализа риска [6]. Частота возникновения опасной техногенной ситуации (ОТС) в электроустановке может быть задана как количественно (в виде точечных или интервальных оценок), так и качественно (с помощью лингвистических переменных).

Для определения частоты возникновения опасного события в ЭУ могут быть использованы следующие подходы:

1. Сбор и анализ статистических данных (отказы, аварии, несчастные случаи и т.д.), накопленных за определенный период эксплуатации объектов.
2. Прогнозирование частоты ОТС с использованием анализа деревьев событий и отказов [7].

Таблица 2

**Типовые уровни частот возникновения ОТС**

Уровень частоты события	Частота событий, $f$ , год <sup>-1</sup>	Описание
Частое	$f > 10^{-3}$	Вероятность частого возникновения. Постоянное наличие опасности
Вероятное	$5 \cdot 10^{-4} \leq f < 10^{-3}$	Неоднократное возникновение. Ожидается частое возникновение опасного события
Случайное	$10^{-4} \leq f < 5 \cdot 10^{-4}$	Вероятность неоднократного возникновения. Ожидается неоднократное возникновение опасного события
Редкое	$10^{-5} \leq f < 10^{-4}$	Вероятность того, что событие будет иногда возникать на протяжении жизненного цикла объекта. Обоснованное ожидание возникновения опасного события
Крайне редкое	$10^{-6} \leq f < 10^{-5}$	Возникновение события маловероятно, но возможно. Можно предположить, что опасная ситуация может возникнуть в исключительном случае
Маловероятное	$f \leq 10^{-6}$	Вероятность возникновения крайне маловероятна. Можно предположить, что опасное событие не возникнет

Этап 5. Анализ последствий (исходов) направлен на оценку ущербов (потерь), вызванных: - простоем технологического оборудования и недоотпуском продукции из-за перерывов электроснабжения потребителей;

- компенсационными издержками вследствие возникших аварий и отказов электроустановок;
- электротравматизмом людей с летальным или тяжелым исходом (потерей трудоспособности);
- потерей молокоотдачи у коров и привесов у животных на откорме, вызванных электропатологией;
- потерей электроэнергии в сетях из-за несимметрии нагрузок и наличия высших гармоник напряжения и тока.

Этап 6. Оценка риска (критерии) включает в себя анализ частот (или вероятностей), анализ последствий, определение условия риска и его составляющих, определение уровня риска и его сопоставление с нормативным (приемлемым) значением. При этом критерии приемлемого риска могут задаваться нормативно-технической документацией.

В настоящее время принято считать, что техногенный риск должен находиться в пределах  $1...2 \cdot 10^{-6}$  (смертельных случаев чел<sup>-1</sup> · год<sup>-1</sup>), а величина  $1 \cdot 10^{-6}$  является максимально приемлемым уровнем индивидуального риска [8].

Этап 7. Процедура вычисления интегрального риска сводится к определению его составляющих:

- 1) индивидуального, которому подвергается человек, получивший электротравму (оценивается вероятностью попадания человека под напряжение или прогнозируемой частотой смертности или инвалидности);
- 2) коллективного, определяемого ожидаемым числом смертельно травмированных в результате возникновения техногенной опасности за определенный период времени;
- 3) социального, характеризующегося отношением числа погибших от электротравм к определенному множеству людей.



Рис. 4. Методология оценки интегрального риска ЭУ

**Выводы.** Как было отмечено выше, все риски могут быть определены статистическим либо вероятностным (с помощью математического моделирования) методом. Последующие этапы, связанные с сопоставлением полученных расчетных значений интегрального риска с приемлемым, установленным соответствующими нормативами, наглядно иллюстрируются на рисунке 4.

Заключительным этапом анализа является так называемая обработка риска, описываемая процессом выбора и выполнения мероприятий для изменения риска (уменьшение значения или его предотвращение).

### Литература

1. ГОСТ Р. 51.901.11-2005. Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство. – М.: Изд-во станд., 2005.
2. ГОСТ Р. 51.901. 12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. – М.: Изд-во станд., 2007.
3. Еремина Т.В. Вероятностный анализ безопасности сельских электроустановок / под ред. О.К. Никольского. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2010. – 200 с.
4. Ерёмина Т.В., Калинин А.Ф. Метод математического моделирования травмоопасных ситуаций при эксплуатации ручных электрических машин // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 11. – С. 292–296.
5. Техническая диагностика и остаточный ресурс электроустановок / О.К. Никольский, Н.П. Воробьёв, Н.И. Черкасова [и др.]. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 207 с.
6. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. 2001.
7. Хенли Дж., Куматото Х. Надежность технических систем и оценка риска: пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
8. Основы электромагнитной совместимости: учеб. для вузов / Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников [и др.]; под ред. Р.Н. Карякина. – Барнаул: ОАО «Алтайский Полиграфический Комбинат», 2007. – 408 с.



УДК 658.382.2

Н.И. Чепелев, Э.А. Будьков, И.Н. Чепелев

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН

*В статье приводятся результаты экспериментальных исследований эффективности методов и технического средства повышения безопасности труда и прогнозирования производственного травматизма операторов тестомесильных машин пищевых производств.*

**Ключевые слова:** анализ травматизма, безопасность, несчастный случай, травмирование оператора, травмоопасность, травмоопасная зона.

N.I. Chepelev, E.A. Budkov, I.N. Chepelev

#### THE EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS OF METHODS AND MEANS FOR LABOUR SAFETY PERFECTION OF THE DOUGH-MIXING MACHINE OPERATORS

*The experimental research results of the effectiveness of methods and technical means for labour safety perfection and the on-the-job traumatism forecasting of the dough-mixing machine operators are given in the article.*

**Key words:** traumatism analysis, safety, accident, injury of operator, traumatism danger, traumatic zone.

---

**Введение.** Обеспечение безопасных условий труда является актуальной проблемой и основополагающей целью, к которой стремится государство и общество. Охрану труда как систему мероприятий, направленных на улучшение условий и безопасности труда, необходимо рассматривать как средство достижения этой цели.

**Цель работы.** Повышение безопасности труда операторов при обслуживании оборудования пищевых и перерабатывающих производств.

**Задачи исследования:** провести экспериментальные исследования вероятности травмирования операторов тестомесильных машин и математическую обработку результатов экспертного

опроса работников пищевых производств; разработать рекомендации для прогнозирования производственного травматизма работников пищевых производств.

На основании анализа травматизма с тяжелым и смертельным исходом на предприятиях за 2013 год специалистами служб производственного контроля на пищевых и перерабатывающих предприятиях **рекомендуется** внедрить устройство для отключения технологического оборудования с помощью предохранительной ступени [1]. Данное устройство разработано кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Красноярского ГАУ. Разработанное устройство направлено на предотвращение получения травм работниками от вращающихся рабочих органов машин и оборудования.

Для определения закономерности динамики исследуемого травматизма и составления краткосрочного прогноза на последующие 4...5 лет было установлено математическое описание этого процесса, выраженное уравнением

$$T_p = -0,765 \tau_i + 20,108 \pm 11,166. \quad (1)$$

Анализируя полученное уравнение линейной парной регрессии, можно сделать вывод, что имеется незначительная тенденция снижения исследуемого травматизма. Вместе с тем большое значение  $\varepsilon$  значительно превышает значение коэффициента  $\alpha$ , что указывает на недопустимо широкий разброс ожидаемого в перспективе удельного показателя травматизма.

При этом коэффициент корреляции  $K_{Tp} \tau$  для уравнения (1) не находится в допустимых для упомянутого показателя границах (-1; +1). Следовательно, уравнение недостаточно описывает рассматриваемый процесс.

Используя широко известную программу для определения корреляционных уравнений различных видов, была осуществлена попытка определения более точного математического описания исследуемого процесса. Для этого были использованы уравнения следующего вида:

$$y = ax + b_0; \quad (2)$$

$$y = ax^2 + bx + b_0; \quad (3)$$

$$y = \frac{a}{x} + b_0; \quad (4)$$

$$y = a \ln x + b_0; \quad (5)$$

$$y = b \cdot e^{ax}, \quad (6)$$

где  $y$  – удельный показатель травматизма  $T_p$ , %;

$x$  – порядковый номер года;

$a, b$  – коэффициент регрессии;

$b_0$  – свободный член.

Используя вычислительную машину, получили следующие зависимости:

$$T_p = -0,76 \tau_i + 20,08, \quad K_{Tp} \tau = -0,39; \quad (7)$$

$$T_p = -1,14 \tau_i^2 + 2,48 \tau + 0,37, \quad K_{Tp} \tau = 0,36; \quad (8)$$

$$T_p = 1,29 / \tau_i + 16,32, \quad K_{Tp} \tau = 0,035; \quad (9)$$

$$T_p = 1,75 \cdot l_n \tau_i + 19,15, \quad K_{Tp} \tau = -0,17; \quad (10)$$

$$T_p = 20,04 e^{-0,049 \tau_i}, \quad K_{Tp} \tau = -0,32. \quad (11)$$

Из анализа полученных уравнений (7)...(11) по коэффициенту корреляции  $T_p$  и  $\tau$  видно, что ни одно из представленных уравнений не описывает анализируемый процесс с достаточной достоверностью. Это связано с большим разбросом исходных данных и недостаточной выборкой массива, которая не позволяет определить закономерность и исключить влияние случайностей.

С учетом того, что коэффициент корреляции уравнения (7) больше, чем аналогичные коэффициенты других уравнений ( $K_{Tp} \tau = -0,39$  – слабая взаимосвязь), процесс наилучшим образом описывается линейным уравнением.

Сравнивая уравнение (1) без учета  $\varepsilon$  с уравнением (7), полученные различными методами, отмечаем соответствие  $a$  и  $b_0$ .

Улучшения условий труда и снижения травматизма можно добиться различными мерами и способами. В определении уровня эффективности отдельных мероприятий по безопасности труда операторов тестомесильных машин методом экспертных оценок принимали участие операторы, непосредственно обслуживающие тестомесильные машины типа ТМ-63 и имеющие стаж на этой работе не менее двух лет.

Количество экспертов, задействованных в исследованиях, составляет 20 человек

$$m_э = \frac{12,6}{(0,1+1) \cdot (7-1) \cdot 0,1} \approx 20.$$

Полученные от экспертов количественные значения оценки эффективности предлагаемых мероприятий подвергаются обработке согласно известной методике.

На основании мнений экспертов можно утверждать, что из всех приведенных мероприятий наибольшее предпочтение они отдают разработке предохранительной ступени.

Следовательно, разработка и внедрение блокировочного устройства в виде предохранительной ступени, способного отключить привод рабочих органов тестомесильной машины при попытке оператора попасть в тестомесильную ёмкость, является актуальной научно-технической проблемой профилактики несчастных случаев.

Это заключение производственников полностью согласуется с теоретическим обоснованием необходимости разработки инженерно-технического средства обеспечения безопасности операторов тестомесильных машин.

Из организационных мероприятий, по мнению респондентов, только введение форм материальной заинтересованности (таких, как штрафы, лишение материальных поощрений и т.п.) за нарушение правил безопасных приемов работы может позитивно отразиться на состоянии производственного травматизма при обслуживании тестомесильных машин. На апробирование других мероприятий производственники не возлагают особых надежд.

Причем это мнение не отдельных операторов тестомесильных машин, а целой группы независимых экспертов из различных предприятий и регионов страны, что подтверждает определенный коэффициент конкордации  $W$  :

$$W = \frac{12(121 + 1089 + 1600 + 100 + 2916 + 196 + 2116)}{400 \cdot (343 - 7)} = 0,73.$$

При таком  $W$  согласованность экспертов считается удовлетворительной, следовательно, и представленные результаты экспертных исследований являются достоверными. В свою очередь, оценка значимости коэффициента конкордации исходит из определения критерия  $\chi^2$

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 8138}{20 \cdot 7 \cdot (7 + 1)} = 87,2.$$

При сравнении  $\chi^2$  расчетного с  $\chi^2$  табличным следует, что  $\chi^2$  расчетное = 87,2 >  $\chi^2$  табличное = 16,8, на основании чего можно утверждать, что согласованность респондентов не является случайной.

Таким образом, подтверждается правильность выбранного направления работы по снижению травматизма операторов тестомесильных машин за счет разработки предохранительной ступени и согласования ее конструктивных параметров с эксплуатационным режимом тестомесильной машины.

В результате экспертного опроса, натурных наблюдений и хронометража было установлено, что оператор попадает в зону тестомесильной ёмкости за время, примерно равнозначное, которое в зависимости от навыков, возраста и личностных качеств работающего составляет не менее 6,5 секунд.

После установки предохранительной ступеньки на полу непосредственно напротив тестомесильной ёмкости, предусмотренной системой блокировки, определяется оптимальный кратчайший маршрут до тестомесильной ёмкости. Применение предохранительной ступени одновременно повышает удобство при попадании к рабочим органам и сокращает время на выполнение этой операции. Хронометрирование проводилось в группе операторов с многократной повторностью, причем имеющих стаж работы на данном месте не менее двух лет и в возрасте до 45 лет.

В зависимости от личностных факторов и физических способностей оператора время, фиксируемое с момента захода на предохранительную ступеньку до попадания в зону действия рабочего органа тестомесильной машины, находится в пределах от 3,7 до 6,0 секунд.

Для дальнейшей обработки полученной информации [2] вариационный ряд из 100 значений функции отклика предпочтительно сгруппировать в восемь классов с интервалом 0,3 секунды. Результаты хронометрирования приведены ниже в таблице и изображены в виде гистограммы на рисунке 1.

На основании данных, представленных в таблице и на рисунке 1, получим зависимость частоты попадания исполнителя работ в опасную зону от времени, необходимого для наступления этого события (рис. 2).

Из полученного графика видно, что зависимость  $P(t)$  подчиняется нормальному закону распределения с некоторой отрицательной асимметрией.

Результаты хронометража по классам

Показатель	Класс							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Интервал	3,7-3,9	4,0-4,2	4,3-4,5	4,6-4,8	4,9-5,1	5,2-5,4	5,5-5,7	5,8-6,0
Середина интервала	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9
Количество наблюдений	2	5	10	23	32	17	8	3
Частость	0,02	0,05	0,10	0,23	0,32	0,17	0,08	0,03

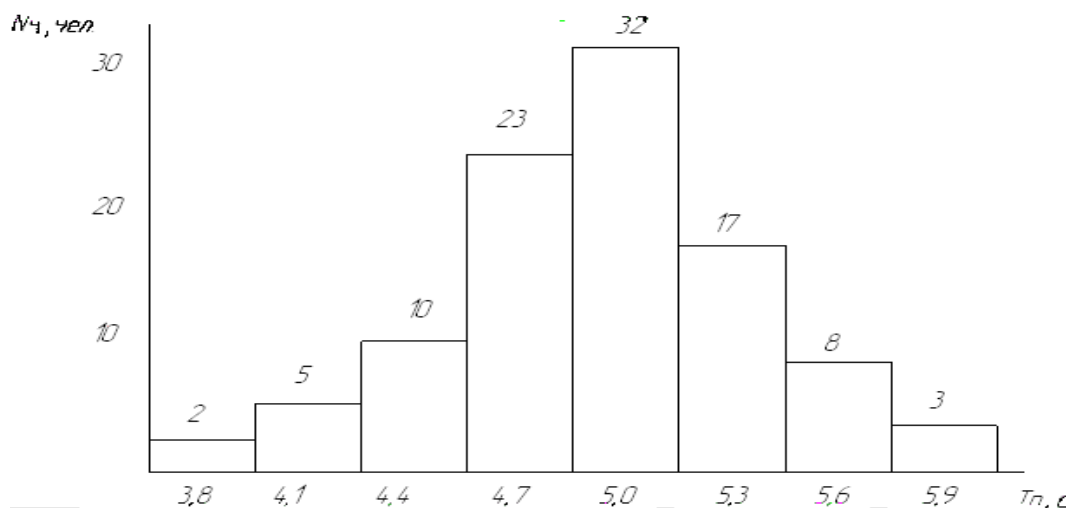


Рис. 1. Гистограмма распределения времени, затрачиваемого оператором для попадания в зону тестомесильной ёмкости

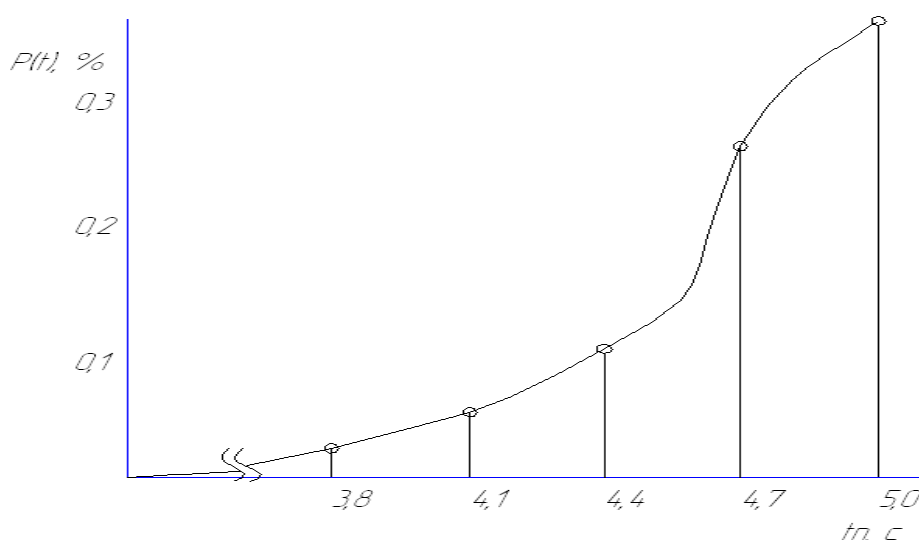


Рис. 2. Вероятность попадания оператора в опасную зону тестомесильной машины в зависимости от времени



Но поскольку нас интересует только часть зависимости от 0 до  $t_n = m_t$  (согласно условию  $t_B < t_{II}$ ), то именно она и была аппроксимирована выражением по закону Гаусса

$$I(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}}. \quad (12)$$

Для рассматриваемого случая обеспечения безопасности операторов тестомесильных машин зависимость, представленная на рисунке 2, с учетом уравнения (1) принимает вид

$$P(t) = 0,972 \cdot e^{-\frac{(t_B - 4,92)^2}{0,34}}. \quad (13)$$

Тогда искомое выражение для определения параметра безопасности при обслуживании тестомесильных машин типа ТМ-63 имеет вид

$$K_d = 1 - 0,972 \cdot e^{-\frac{(t_B - 4,92)^2}{0,34}}. \quad (14)$$

Последнее выражение рекомендуется для использования при прогнозировании производственного травматизма операторов тестомесильных машин.

**Выводы.** С помощью стандартных методик планирования и обработки экспериментальных данных на основе экспертного опроса работников пищевых производств исследована вероятность травмирования операторов тестомесильных машин. Предложено выражение (14) для прогнозирования производственного травматизма работников пищевых производств.

### Литература

1. *Челелев Н.И., Будьков Э.А.* Основные направления повышения безопасности труда операторов технологического оборудования пищевых производств // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 10. – С. 226–229.
2. *Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1986. – 279 с.



### ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ ПОСТАВОК С ЗАДАННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ

*В данной работе рассматриваются вопросы формирования сетей и цепи поставок исходя из требования безотказности каналов поставок. Обеспечение надежности поставок является одним из факторов успешного функционирования сети и цепи поставок. Предлагается модель выбора наиболее экономичного и надежного канала цепи поставок.*

**Ключевые слова:** сеть поставок, цепь поставок, надежность цепи поставок.

G.S. Mukhanova, M.B. Tyshkanbayeva,  
K.S. Chakeyeva, S.K. Untupov

### THE TASK OF THE FORMATION OF THE SUPPLY NETWORK WITH THE SPECIFIED RELIABILITY

*The issues of the formation of the networks and the supply chain based on the requirements of the supply chain reliability are considered in the article. The provision of the supply reliability is one of the factors in the network and supply chain successful operation. The model of selecting the most cost-effective and reliable channel of the supply chain is offered.*

**Key words:** supply network, supply chain, supply chain reliability.

---

Повышение надежности цепей поставок является важнейшей задачей современной логистики. Один из пунктов концепции логистики 7P предполагает требование по обеспечению надежности поставок (по данным экспертов, уровень надежности должен составлять не менее 97%) [1], и он входит в состав индекса логистической эффективности (LPI) Всемирного банка.

В понятие надежности входит доставка груза в срок, его защищенность, сохранность, адекватность сопровождающих документов и т.д. Стабильность, защищенность и устойчивость состояния цепи поставок зависят от слаженной работы всех элементов, входящих в цепь поставок. Конечная цель логистики – снижение затрат на логистические услуги, прогноз вероятности отказов системы. С этой позиции расчет показателей надежности цепи поставок – основа оптимального функционирования цепи поставок. Вопросам надежности цепей поставок посвящены работы многих специалистов, занимающихся проблемами оптимизации [2].

В связи со сложностью и стохастичностью процессов и многообразием целей оптимизации при построении модели для решения конкретных проблем планирования можно исследовать лишь часть общей цепи поставок компании и связанных с ней издержек. Число задач оптимизации в цепях поставок чрезвычайно велико, их состав также многообразен. Поэтому в целях экономии ресурсов любой экономический субъект должен правильно выстроить систему ограничений на используемые ресурсы и ключевые факторы на любом уровне цепи поставок. Например, задача о планировании поставок с учетом функциональной надежности перевозчиков состоит из следующих шагов [3]:

1. Построение функциональной схемы работы сети с указанием всех перевозчиков 2-го уровня и их характеристик.
2. Определение понятия отказа и установление значения критерия по функциональным возможностям перевозчиков исходя из требований заказчика.
3. Составление последовательно-параллельной схемы и модели расчета структурной надежности исходя из требований к безотказности поставки и функциональных возможностей перевозчиков.
4. Определение оптимального плана поставок, обеспечивающего минимум затрат при соблюдении требований к безотказности.

В работе [3] приведена аутсорсинговая модель планирования, где для заказчика задача формирования сети поставок переходит в задачу выбора каналов с наименьшими затратами при условии соблюдения требований к параметрам и безотказности. Условие безотказности определяется по формуле простейшей параллельно-последовательной схемы

$$1 - \prod_{i=1}^m \left( 1 - \prod_{j=1}^n P_j \right) \geq P_0; \quad \text{if } X_{ij} > 0,$$

где  $n$  – количество каналов (поставщиков);  $m$  – количество цепочек поставок;  $X_{ij}$  – бинарная переменная, принимающая значения 0 или 1. Бинарная переменная  $X_{ij}$  служит для формирования  $m$  цепочек и  $n$  каналов.

Математическая модель задачи имеет следующий вид:

$$S(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} * Z_j * C_j; \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} * Z_j = Q_0; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} * Z_j \leq q_j; \quad j = 1, n; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = \text{двоичный}; \quad j = 1, n; \quad (4)$$

$$1 - \prod_{i=1}^m \left( 1 - \prod_{j=1}^n P_j \right) \geq P_0; \quad \text{if } X_{ij} > 0; \quad (5)$$

$$Z_j \geq d; \quad j = 1, n; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} * q_j \geq Q_0. \quad (7)$$

В модели целевая функция (1) определяет наиболее выгодную цепь по минимуму затрат, ограничение (2) – требование к объему поставок, (3) – ограничение на мощность каналов поставок; (4) – условие включения канала в одну цепочку; (5) – требование безотказности; (6) – ограничение на минимальный заказ; (7) – условие формирования цепочки.

В модели (1)–(7) определяется цепь поставок по критерию минимума затрат. Авторами данной статьи предлагается модель с включением величины надежности каналов в целевую функцию. Рассмотрим сеть поставок, состоящую из цепочек каналов. Из каналов формируется сеть поставок с последовательно-параллельной схемой структурной надежности. Оптимальный план поставок находится в результате решения задачи математического программирования, где в план оптимизации включена надежность канала сети, тогда целевая функция системы может быть записана в следующем виде:

$$S(X_0) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( 1 - \prod_{j=1}^n P_{ij} \right) * X_{ij} * Z_j * C_j \rightarrow \min,$$

при ограничениях (2)–(7).

Таким образом, предложенный подход позволяет решить задачу не только обеспечения требуемой безотказности поставок с минимальными затратами, но и выбрать цепь из каналов с наибольшей надежностью. Данная модель является одним из направлений в развитии моделей оптимизации планирования поставок с учетом надежности (безотказности) исполнения стратегических планов и определения цепей поставок с высокой надежностью.

## Литература

1. Анализ результатов рейтинга Всемирного банка LPI 2014 по Республике Казахстан и пути совершенствования логистического климата / Г.С. Муханова, М.Б. Тышканбаева [и др.] // Логистика – Евразийский мост: мат-лы IX Междунар. науч.-практ. конф. (15–16 мая 2014 г., г. Красноярск). – Красноярск, 2014. – С. 225–230.
2. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики: учеб. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.
3. Смирнова Е.А. Управление цепями поставок: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2009. – 120 с.



## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 641.13:613.26

Т.Н. Сафронова, О.М. Евтухова, Т.Л. Камоза

### НОВЫЙ ВИД ДРОЖЖЕВОГО ОПАРНОГО ТЕСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО ПЮРЕ НА ОСНОВЕ ТОПИНАМБУРА

*Разработана технология и рецептура сдобного дрожжевого теста с использованием плодово-ягодного пюре на основе топинамбура. Установлено, что оптимальной добавкой в тесто является 10–20 % пюре из плодово-ягодного сырья на основе топинамбура с одновременным снижением закладки дрожжей на 15–30 %. Определены органолептические, физико-химические показатели нового вида дрожжевого сдобного теста.*

**Ключевые слова:** дрожжевое сдобное тесто, плодово-ягодное пюре на основе топинамбура, ускоренное брожение, полуфабрикат.

T.N. Safronova, O.M. Evtukhova, T.L. Kamoza

### THE NEW TYPE OF THE YEAST LEAVENED DOUGH WITH THE USE OF THE FRUIT-BERRY PUREE ON THE TOPINAMBOUR BASIS

*The technology and the formulation of the short yeast dough new type with the use of the fruit-berry puree on the topinambour (*Helianthus tuberosus* L.) basis are developed. It is established that optimal additive into the dough is 10–20 % puree from fruit-berry raw materials on the topinambour basis with the simultaneous decrease in the yeast introduction by 15–30 %. The organoleptic, physical-chemical indices of the short yeast dough new type are defined.*

**Key words:** yeast short dough, fruit puree on the topinambour basis, accelerated fermentation, semi-finished product.

---

**Введение.** Среди групп функциональных продуктов большое значение имеет группа хлебобулочных и мучных изделий. Благодаря биохимическому составу клубней, топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) является одной из самых популярных сырьевых культур и ценным сырьем для пищевой промышленности и общественного питания. Выбор ягодного сырья – брусники – обусловлен ее химическим составом (высокое содержание физиологически функциональных пищевых ингредиентов), высокими технологическими свойствами (способность к желированию, высокая концентрация окрашенных веществ; микробиологическая стойкость ягод), широким распространением в Красноярском крае.

**Цель работы.** Разработка технологии дрожжевого опарного теста с пониженным содержанием дрожжей за счет введения в рецептуру продукта переработки топинамбура – пюре «Топибрусника».

**Задачи исследования:** определение влияния количества пюре «Топибрусника» в дрожжевом опарном тесте на процесс развития дрожжей.

**Научная новизна.** Установлено влияние количества пюре «Топибрусника» в дрожжевом опарном тесте на процесс развития дрожжей, разработаны технология и рецептуры нового вида дрожжевого опарного сдобного теста с использованием пюре «Топибрусника» и пониженным содержанием дрожжей.

**Объекты и методы исследования.** Пюре «Топибрусника», выработанное из пасты топинамбура и свежей брусники, имеет следующие показатели: содержание сухих веществ –  $20 \pm 0,03$  %; pH  $3,78 \pm 0,02$ ; инулин  $5,2 \pm 0,08$  %; пектин  $5,5 \pm 0,06$  %; В<sub>2</sub>  $1,5 \pm 0,02$  мг; цвет – насыщенный розовый;

консистенция – однородная мажущая масса, имеются единичные включения частиц кожицы; запах – приятный, свойственный отварному топинамбуру и бруснике без постороннего запаха [1].

В работе использовались разработанные технологии ведения опарного дрожжевого теста и выпечки готовых изделий с применением пароконвекционного аппарата SCC101E-RA-3NAC400/50. Органолептические, физико-химические методы исследований проводились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52462-2005 для хлебобулочных изделий из муки высшего сорта [2]. С целью проверки полученных результатов был использован непараметрический критерий Колмагорова-Смирнова. При сравнении средних значений разница считалась достоверной при  $p < 0,05$ . Для расчета статистических показателей использовались программа «Microsoft Excel» и пакет прикладных программ «Statistica 6.0».

**Результаты и их обсуждение.** С целью расширения ассортимента сдобных булочных изделий в рецептуру опарного дрожжевого теста вводили пюре «Топибрусника» в количестве 10–25 %, исследовали влияние количества пюре на процесс развития дрожжей по интенсивности брожения опары. Контроль готовили по рецептуре № 169 Сборника рецептов на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия (2000 г.). Полученные результаты исследований приведены на рисунке 1.

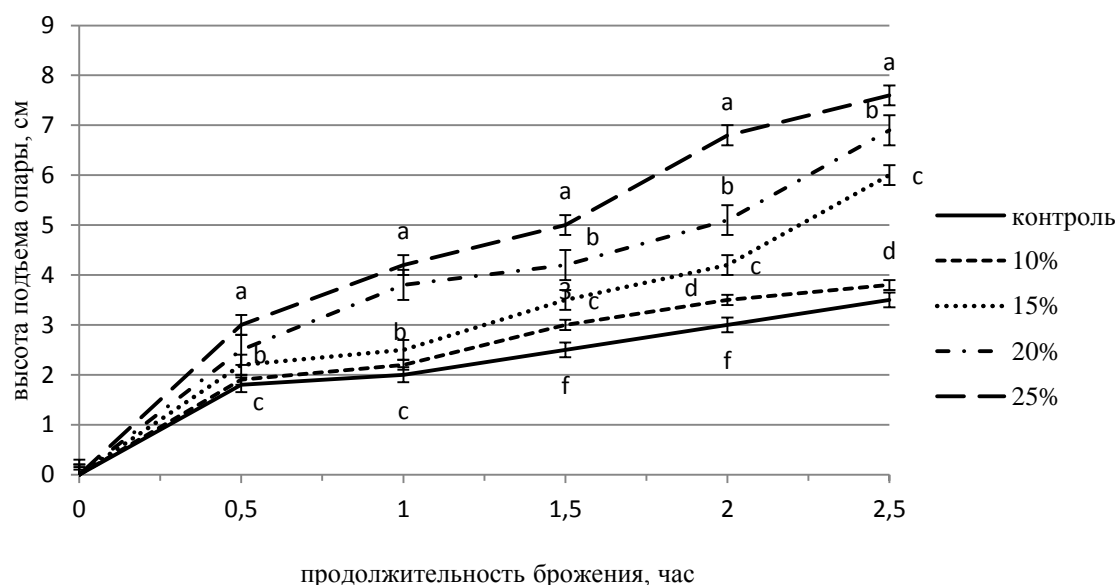


Рис. 1. Влияние количества пюре на процесс развития дрожжей при брожении опары ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

Согласно полученным результатам, установлено, что рост опары во всех образцах с содержанием пюре происходит намного активнее, чем у контрольного образца. При добавлении пюре максимальная высота опары наблюдалась при введении его в количестве 25 %, на 100 % больше, чем в контрольном образце. В этом образце наблюдался интенсивно-кислый запах опары. Введение 10–20 % пюре к массе опары увеличило высоту опары соответственно на 15–70 % по сравнению с контролем за один и тот же период времени.

После окончания брожения опары замешивали тесто и анализировали процесс его брожения по высоте подъема теста (через 0,5 часа после каждой обминки). Полученные результаты исследований приведены на рисунке 2.

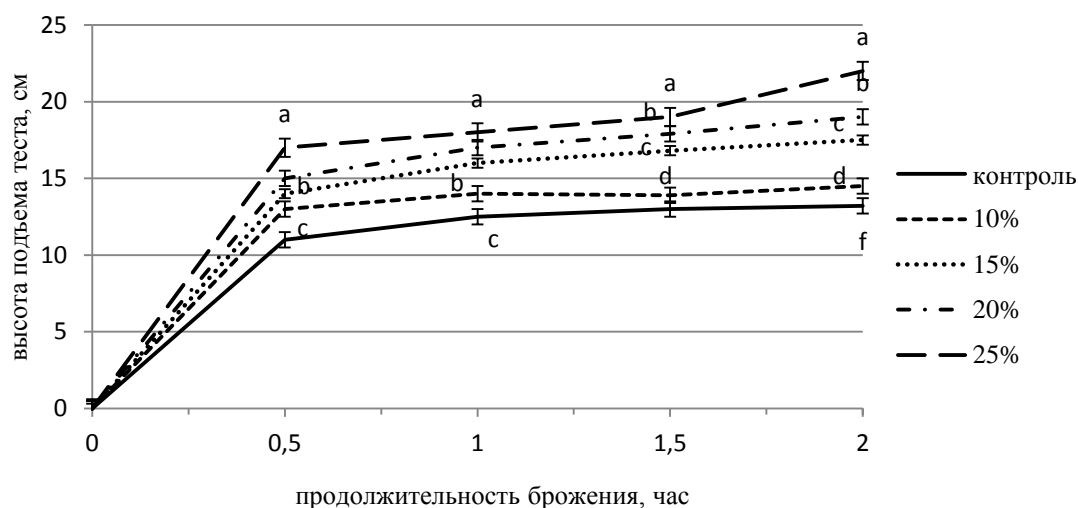


Рис. 2. Влияние количества пюре на процесс развития дрожжей при брожении теста ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

Анализ полученных результатов подъема теста при брожении показал, что значительное увеличение высоты подъема теста (до 65 %) наблюдается при введении 15–25 % пюре «Топибрусника».

Контроль качества теста в части физико-химических показателей осуществляли по хлебобулочным изделиям, выпеченным из модельных образцов теста и контрольного образца (150 г). Перечень физико-химических и органолептических показателей приведен в таблице.

#### Физико-химические и органолептические показатели хлебобулочных изделий, выпеченных из модельных образцов дрожжевого теста

Показатель	Контроль	Количество пюре, %			
		10	15	20	25
Влажность мякиша, %	36,0±0,01 <sup>f</sup>	36,9±0,01 <sup>d</sup>	37,2±0,02 <sup>c</sup>	38,8±0,01 <sup>b</sup>	42,3±0,02 <sup>a</sup>
Кислотность мякиша, град	2,6±0,01 <sup>f</sup>	2,7±0,01 <sup>d</sup>	2,9±0,03 <sup>c</sup>	3,5±0,01 <sup>b</sup>	4,5±0,04 <sup>a</sup>
Внешний вид: форма и поверхность, цвет	Форма округлая, сохранена, без загрязнения Поверхность светло-желтого цвета без подгорелости	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу	Форма соответствует контролю. Поверхность светло-коричневого цвета без подгорелости	Форма соответствует контролю. Поверхность светло-коричневого цвета без подгорелости
Состояние мякиша	Пропеченный, эластичный не влажный на ощупь, с развитой пористостью без следов непромеса	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу	Пропеченный, эластичный, влажный на ощупь, с развитой пористостью без следов непромеса	Пропеченный, эластичный, влажный на ощупь, с развитой пористостью без следов непромеса
Вкус	Сдобного изделия без постороннего привкуса	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу
Запах	Сдобного изделия без постороннего запаха	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу	Соответствует контрольному образцу

Примечание: различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ .

Согласно полученным результатам, установлено, что образцы с введением пюре «Топибрусника» в количестве 20–25 % не соответствуют показателям ГОСТ Р 52462-2005 (хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта), образцы с введением пюре в количестве 10–15 % имели высокие органолептические оценки и физико-химические показатели, соответствующие нормативной документации.

В модельных образцах с дозировкой пюре 10–25 % от массы опары уменьшали закладку дрожжей на 15; 30 и 50 % в сравнении с контролем. Аналогично предыдущим исследованиям изучали процесс брожения опары и теста. Результаты исследований представлены на рисунках 3–10.

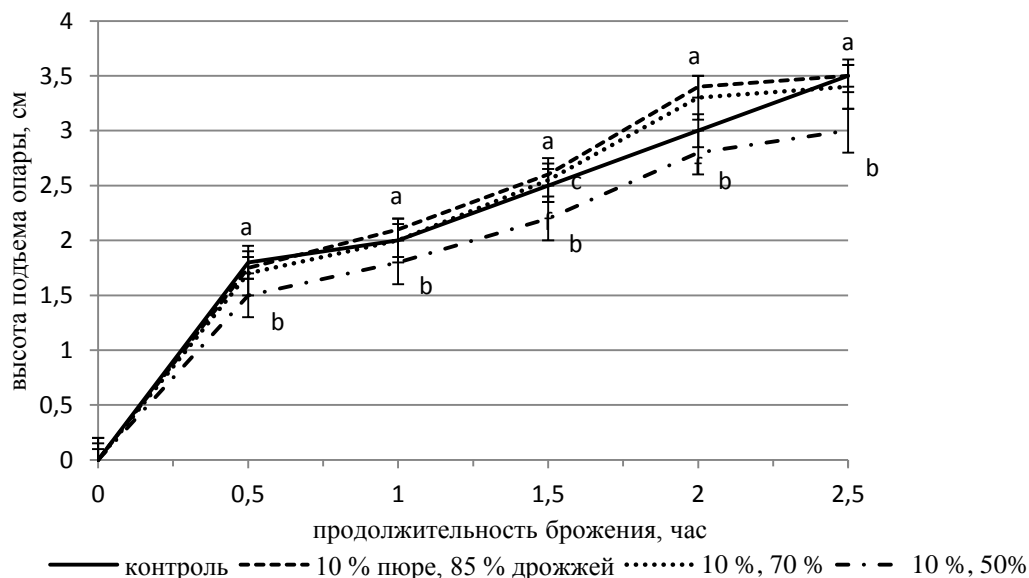


Рис. 3. Влияние количества дрожжей на процесс брожения опары теста с добавлением 10 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

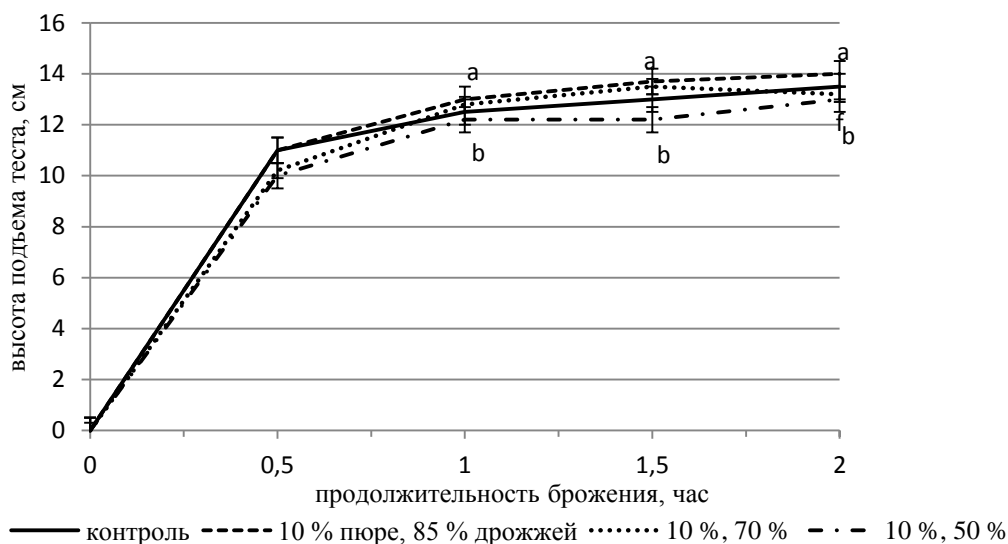


Рис. 4. Влияние количества дрожжей на процесс брожения теста с добавлением 10 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

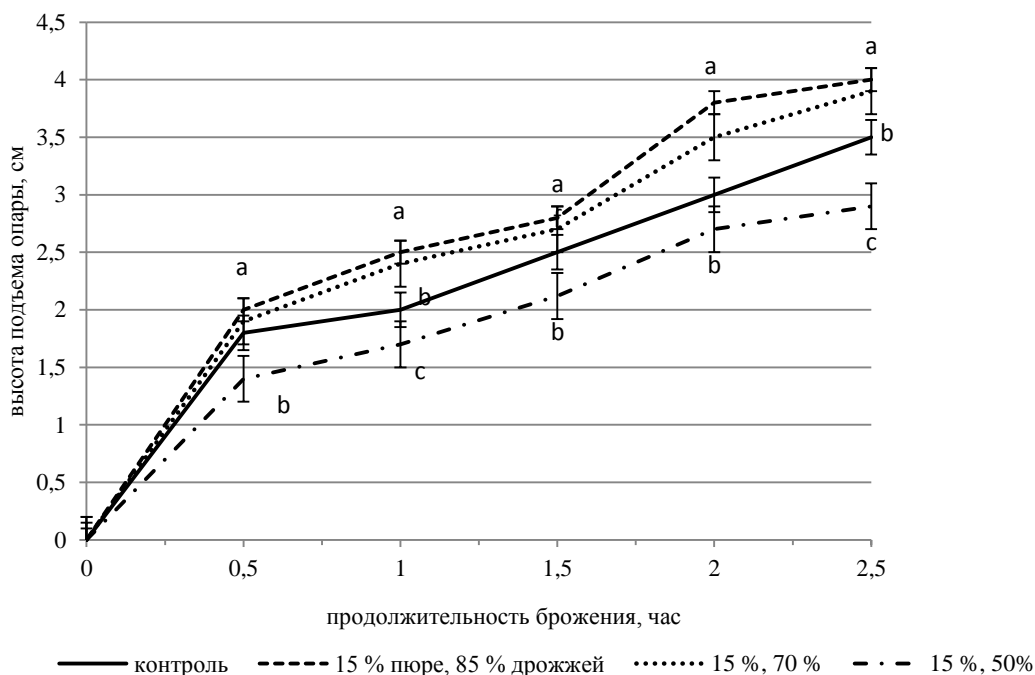


Рис. 5. Влияние количества дрожжей на процесс брожения опары теста с добавлением 15 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

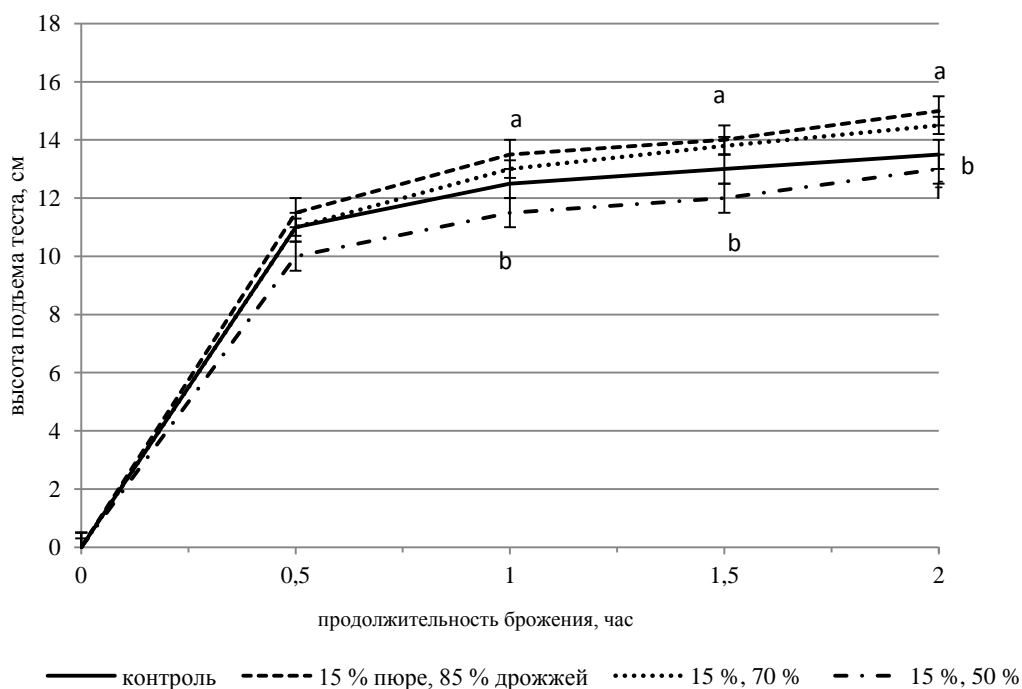


Рис. 6. Влияние количества дрожжей на процесс брожения теста с добавлением 15 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )



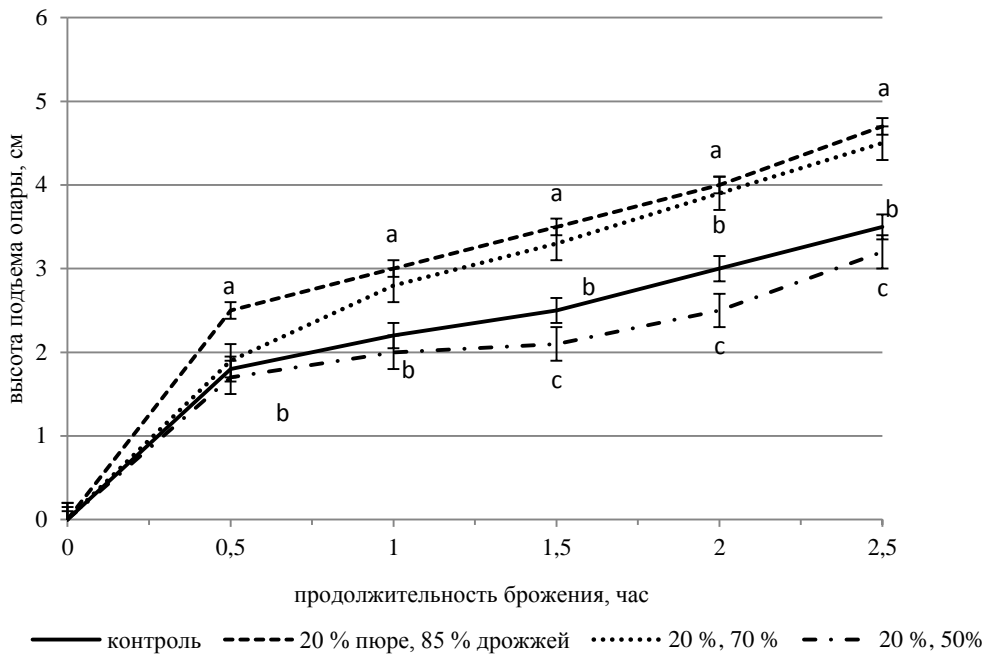


Рис. 7. Влияние количества дрожжей на процесс брожения опары теста с добавлением 20 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

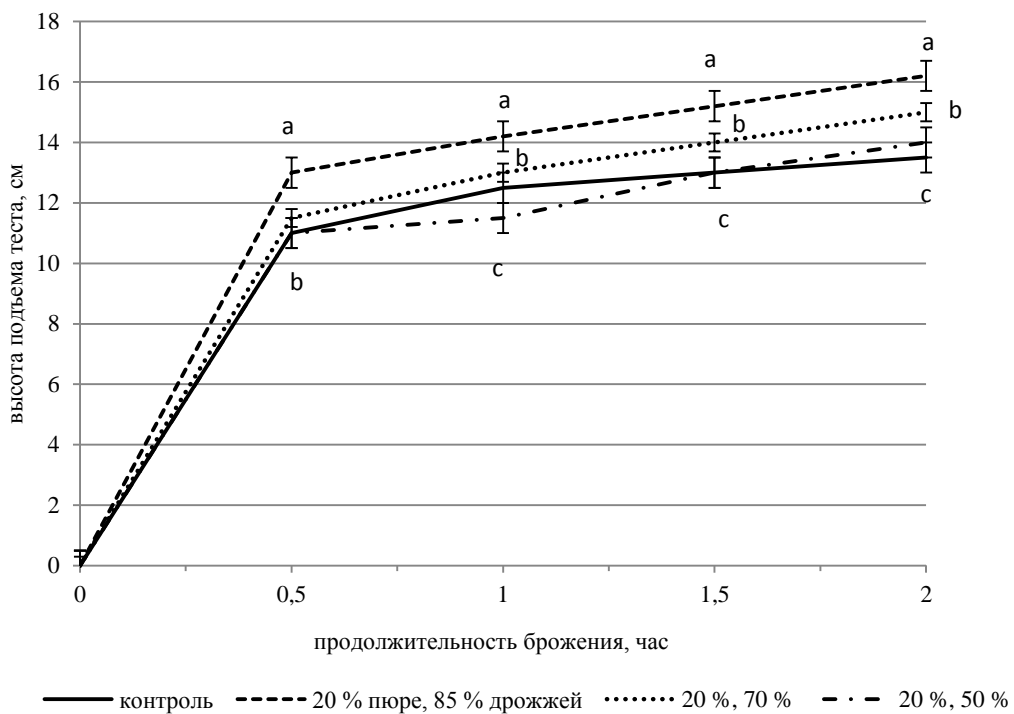


Рис. 8. Влияние количества дрожжей на процесс брожения теста с добавлением 20 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )



Рис. 9. Влияние количества дрожжей на процесс брожения опары теста с добавлением 25 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

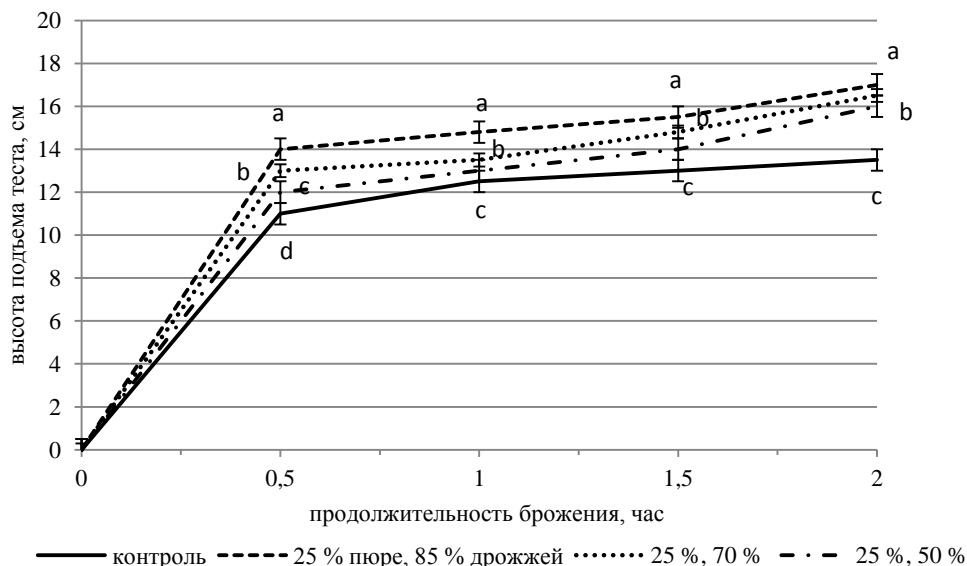


Рис. 10. Влияние количества дрожжей на процесс брожения теста с добавлением 25 % пюре ( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ )

Анализ полученных результатов показал, что уменьшение закладки дрожжей на 15–30 % по сравнению с контролем возможно в образцах с содержанием пюре «Топибрусника» 10–25 %, так как в них наблюдается активное брожение, при этом высота опары превышает высоту опары контрольного образца на 5–65 % соответственно. Уменьшение закладки дрожжей на 50 % не дает высоких результатов. Значительное увеличение высоты опары наблюдается только при дозировке пюре 25 %. Аналогичные зависимости наблюдались при брожении теста.

Изучали физико-химические и органолептические показатели выпеченных хлебобулочных изделий из модельных образцов теста. Высокие органолептические показатели наблюдались в образцах с введением пюре «Топибрусника» в количестве 10–20 % с одновременным уменьшением закладки дрожжей на 15–30 %. Значения влажности (36,5–37 %) и кислотности (2,6–2,8 град) соответствовали значениям ГОСТ Р 52462-2005 [2] в данных образцах.

**Выводы.** В результате проведенных исследований нами разработаны технология и рецептуры нового вида дрожжевого опарного сдобного теста с использованием пюре «Топибрусника» и пониженным содержанием дрожжей. Тесто имеет следующий рецептурный состав: содержание пюре – 10–20 %; содержание дрожжей снижено на 15–30 % по сравнению с контролем. Тестоведение проведено по технологии с применением пароконвекционного аппарата SCC101E-RA-3NAC400/50 (использование заданных параметров температуры, влажности и времени).

### Литература

1. Сафронова Т.Н., Ермош Л.Г., Березовикова И.П. Разработка технологий и рецептур кулинарной продукции с использованием продуктов переработки топинамбура. – Красноярск: Изд-во КГТЭИ, 2011. – 166 с.
2. ГОСТ Р 52462-2005. Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – 15 с.



УДК 615.322:547.913

Л.В. Наймушина, И.Д. Зыкова

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ВЕРОНИКИ КОЛОСКОВОЙ (*VERONICA SPICATA* L.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В НИЖНЕМ ПРИАНГАРЬЕ

*Изучение эфирного масла растения (вероника колосковая) методом хромато-масс-спектрометрии позволило зарегистрировать наличие в его составе более 40 компонентов, являющихся преимущественно кислородсодержащими терпеноидами и углеводородами. Последовательная экстракция образцов растения растворителями различной полярности и спектроскопическое изучение поглощения экстрактами УФ- и видимого излучения показали присутствие различных классов биологически активных соединений, обеспечивающих широкий спектр фармакологического действия *Veronica spicata* L.*

**Ключевые слова:** *вероника колосковая (*Veronica spicata* L.), компонентный состав эфирного масла, УФ- и видимая спектроскопия, биологически активные вещества.*

L.V. Naimushina, I.D. Zyкова

#### THE RESEARCH OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCE BASIC CLASS OF THE SPICATE VERONICA (*VERONICA SPICATA* L.) GROWING IN LOWER ANGARA REGION

*The study of the essential oil of the plant (spicate veronica) by the method of chromat-mass-spectrometry allowed to register the presence of more than 40 components in its composition that are mainly oxygenated terpenoids and hydrocarbons. The sequential extraction of plant samples by the different polarity solvents and the spectroscopic study of the UV- and visible light absorption by the extracts showed the presence of different classes of biologically active compounds that provide a wide range of *Veronica spicata* L. pharmacological actions.*

**Key words:** *spicate veronica (*Veronica spicata* L.), essential oil component composition, UV- and visible spectroscopy, biologically active substances.*

**Введение.** Для обновления ассортимента лекарственных средств природного происхождения современной фармацевтической промышленностью решаются важные задачи, связанные с поиском новых источников растительного сырья. Таким многообещающим, но пока не востребованным в медицине растением может быть вероника колосковая – *Veronica spicata* L. семейства норичниковых (*Scrophulariaceae*).

Растения рода *Veronica* L. повсеместно распространены по всем континентам; сегодня их насчитывается более 500 видов [1–2]. Некоторые из них достаточно хорошо изучены (*Veronica chamaedrys* L., *V. anagallis* L., *V. officinalis* L., *V. virginica* L., *V. incana* L. и др.) и используются в ряде европейских фармакопей (Дания, Австрия, Швейцария) [3]. Известно, что препараты из растений этого рода обладают противовоспалительным, отхаркивающим, седативным, кровоостанавливающим, антиоксидантным и ранозаживляющим действием [4].

Наше внимание было привлечено к виду *Veronica spicata* L., произрастающему в Нижнем Приангарье. Местные жители используют это растение в качестве целебного средства в виде водного, спиртового и масляного настоев для лечения кожных заболеваний (фурункулез, лишай, себорея), открытых ран (ожоги, порезы, язвы), а также при воспалительных процессах (ангины, стоматиты, артриты, гастриты, респираторные заболевания).

*Veronica spicata* L. – неприхотливое многолетнее травянистое растение, предпочитающее сухие, освещаемые солнцем участки поверхности. Стебли одиночные или немногочисленные, 20–30 см высотой, прямые или восходящие, крепкие, неветвистые. Стебли и листья – сероватые от густого опушения короткими волосками. Листья супротивные, нижние сближенные, длинночерешчатые, пластинки их продолговато-эллиптические, средние и верхние – от короткочерешчатых ланцетных до узколанцетных, самые верхние – цельнокрайные. Цветки сине-голубые в верхушечных одиночных кистях 5–20 см длиной, собраны в колос [1].

Этот вид вероники не имеет фармакопейную статью [5]. Несмотря на широкую распространенность *V. spicata* L., сведения о химическом составе растения немногочисленны. По данным научной литературы, в траве и корнях вероники колосковой присутствуют органические кислоты, иридоиды (аукубозид, изокаталпол, ацетат метилкаталпола, каталпозид, ацетат каталпола, гарпагид, ацетат гарпагида), карденолиды, сапонины, холин, фенолкарбоновые кислоты и их производные (кофейная, феруловая, изоферуловая, сиреневая, п-кумаровая, протокатехоловая, вератровая), дубильные вещества, кумарины, флавоноиды [4, 6]. Также для этого вида вероники есть данные о содержании эфирного масла, дубильных веществ, флавоноидов, углевода маннита, хинной кислоты, иридоидов, карденолидов, сапонинов, холина, кумарина, фенолкарбоновых кислот и их производных [7]. Сведения о компонентном составе эфирного масла *Veronica spicata* L. отсутствуют.

**Цель исследования.** Изучение компонентного состава эфирного масла *Veronica spicata* L., а также спектрофотометрическое исследование классов биологически активных веществ надземной части этого вида вероники.

**Задачи исследования.** Получение и хромато-масс-спектрометрическое изучение компонентного состава эфирного масла *Veronica spicata* L.; последовательная экстракция БАВ надземной части растения растворителями возрастающей полярности; спектрофотометрическое изучение поглощения экстрактами УФ- и видимого излучения.

**Материалы и методы исследований.** В качестве исходного сырья использовали надземную часть (соцветия, листья, стебли) вероники колосковой (*Veronica spicata* L.), собранную в июле 2014 г., отобранную и подготовленную по ГОСТ 2855-90.

Эфирное масло получали методом исчерпывающей гидродистилляции из воздушно-сухого сырья в течение 12–14 часов с использованием стеклянной колбы и насадки Клевенджерера.

Хромато-масс-спектрометрический анализ эфирного масла проводили на хроматографе Agilent Technologies 7890 A с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5975 C в качестве детектора. Применяли 30-метровую кварцевую колонку HP-5 (сополимер 5%-дифенил – 95%-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0,25 мм. Температура испарителя – 280°C, температура источника ионов – 173°C, газ-носитель – гелий, объемная скорость – 1 мл/мин. Температурный режим колонки: 50°C (2 мин), программируемый нагрев от 50 до 270°C (со скоростью 4°C/мин), изотермический режим при 270°C в течение 10 мин.

Содержание компонентов оценивали по площадям пиков на хроматограмме, а их идентификацию производили на основе сравнения времен удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов эталонных масел и чистых соединений. Для идентификации также использовались данные библиотеки масс-спектров Wiley275 (275 тысяч масс-спектров) [8] и атласа масс-спектров и линейных индексов удерживания [9]. При полном совпадении масс-спектров и линейных индексов удерживания идентификация считалась окончательной.

Для выделения экстрактивных веществ, принадлежащих к различным классам, использовали методику фракционированного экстрагирования высушенного препарата органическими растворителями возрастающей полярности (диэтиловый эфир, этилацетат, изопропанол, вода). Содержание экстрактивных веществ определяли по убыли массы образца после исчерпывающей экстракции в аппарате Сокслета в течение 20 и более часов с последующей сушкой образца при 105<sup>0</sup>С.

Наличие различных классов химических соединений определяли по спектрам поглощения с использованием сканирующего спектрофотометра UV-1700 «Shimadzu» (Германия, Эспелькамп).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Эфирное масло надземной части *V. spicata* представляет собой легкоподвижную жидкость желтого цвета с характерным запахом. В результате проведенного анализа методом хромато-масс-спектрометрии в эфирном масле *Veronica spicata* L. выявлено более 40 компонентов, из них идентифицировано – 37, составляющих 98,60 вес. % от общего веса вводимой пробы. Состав масла представлен преимущественно кислородсодержащими терпеноидами и углеводородами. Основными компонентами масла являются алифатический одноненасыщенный спирт фитол  $C_{20}H_{40}O$  (24,7%) и одноосновная насыщенная пальмитиновая кислота  $C_{16}H_{32}O_2$  (15,0%).

Фитол является преобладающим компонентом достаточно большого количества эфирных масел лекарственных растений (*Jasminum officinale* L., *Geranium Sibiricum* L., *Phlomis tuberosa* L. и др.) [10]. Известно, что этот компонент входит в состав хлорофилла, витамина Е, витамина К<sub>1</sub>. Пальмитиновая кислота тоже широко распространена в природе; как компонент эфирных масел может быть как в чистом виде, так и в виде эфиров [10].

Также в эфирном масле *Veronica spicata* L. с содержанием  $\geq 1\%$  присутствуют компоненты: ди-изобутилфталат (7,6 %), линолевая кислота (6,4 %), палюстрол (5,2 %), *n*-гексакозан (4,3 %), тетрадекановая кислота (4,2 %), ледол (2,5 %), *n*-генэйкозан (2,3%), 3,10-эпокси-гермакр-4(14)-ен-8-он (2,0%), *n*-пентозан (1,8 %), тетракозан (1,7 %).%, изокаламендиол (1,5%), циклоколоренол (1,3%), дигидроизокаламендиол (0,9%). Практически все перечисленные компоненты входят в состав эфирных масел лекарственных растений, представленных в Фармакопее РФ.

Так, бициклические спирты с циклопропановым фрагментом палюстрол и ледол являются основными компонентами эфирного масла багульника (*Ledum palustre* L.), являющегося признанным лекарственным средством отхаркивающего и противовоспалительного фармакологического действия [11]. Минорные компоненты эфирного масла *V. spicata* изокаламендиол и дигидроизокаламендиол входят в состав эфирных масел донника белого и желтого [12] и корня аира обыкновенного (*Acorus calamus*) [13].

Таким образом, проведенный сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла *Veronica spicata* L. указывает на наличие ряда соединений, определяющих фармакологические свойства некоторых востребованных современной медициной лекарственных средств растительного происхождения.

**Спектрофотометрическое исследование основных классов экстрактивных веществ *Veronica spicata* L.** Большинство экстрактивных веществ относятся к биологически активным соединениям. Содержание химических соединений в экстрактах вероники колосковой, рассчитанное в процентах от абсолютно сухой навески, представлено в таблице.

**Содержание экстрактивных веществ, выделенных растворителями  
различной полярности из *Veronica spicata* L.**

Экстрагент	Содержание, % от а.с. н.
Диэтиловый эфир	6,31 ± 0,18
Этиловый эфир уксусной кислоты	6,42 ± 0,19
Изопропанол	3,62 ± 0,09
Вода	25,1 ± 0,50
Всего	41,45 ± 0,96

В результате спектрофотометрического исследования установлено, что в электронном спектре эфирного экстракта *Veronica spicata* L. регистрируются полосы поглощения, которые свидетельствуют о наличии в экстракте фенольных веществ различных групп (рис. 1). В соответствии с литературными данными максимумы поглощения могут указывать, что в экстракте растения диэтиловым эфиром, возможно, присутствуют следующие классы соединений: тах при 315 нм – флавоны и кумарины, тах при 410 нм – флавоноиды (рутин, кверцетин), тах при 450 – ауруны, тах при 534 нм – антоцианы, тах при 606 и 665 нм – хлорофилл и его замещающие [14–15]. Можно отметить, что достаточно небольшая ширина полос поглощения с выраженными максимумами указывает на индивидуальность соединений, входящих в перечисленные классы.

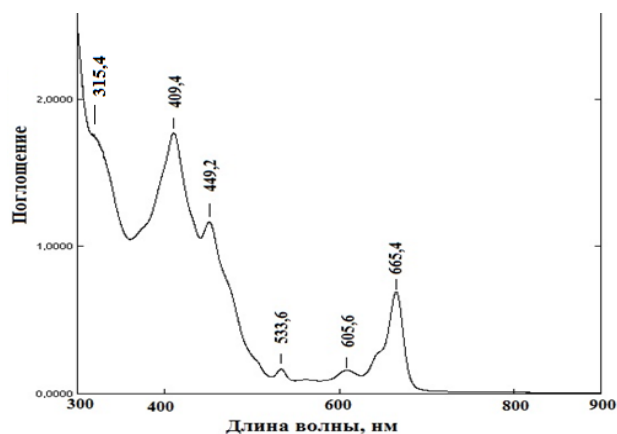


Рис. 1. Электронный спектр экстракта *Veronica spicata* L. диэтиловым эфиром

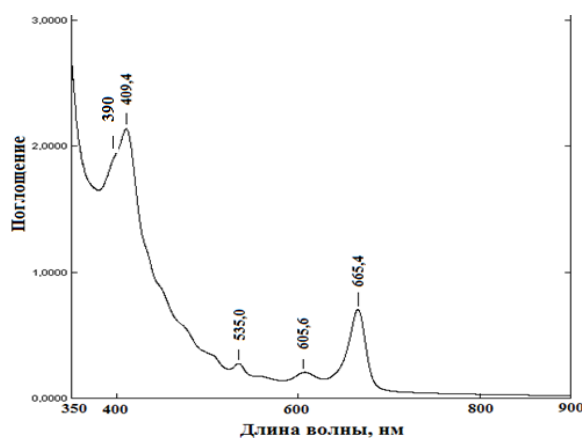


Рис. 2. Электронный спектр экстракта *Veronica spicata* L. этилацетатом

В электронном спектре экстракта растения этилацетатом регистрируются полосы поглощения, во многом аналогичные таковым на спектре эфирного экстракта (рис. 2). Дополнительно лишь можно выделить плечо при 390 нм, что, возможно, указывает на извлечение данным растворителем соединений, входящих в такие классы БАВ, как ауроны и халконы [14–15].

В экстракте *Veronica spicata* L. изопропанолом отмечается наименьшее содержание экстрактивных соединений (3,62 %). В УФ-спектре экстракта отмечается только поглощение при  $\approx 330$  нм (рис. 3). Известно, что в этом диапазоне значений длины волны поглощают флавононы [14–15].

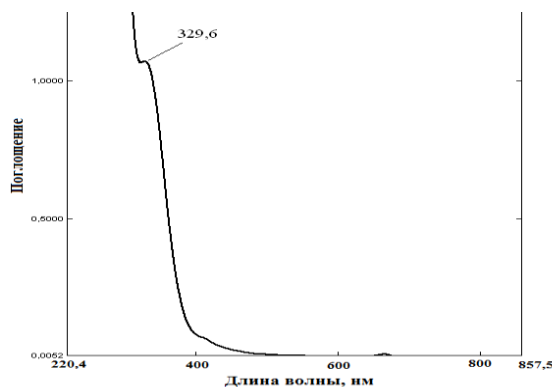


Рис. 3. Электронный спектр экстракта *Veronica spicata* L. изопропанолом

При изучении выделения экстрактивных веществ наиболее полярным растворителем – водой – дополнительно была проведена тестовая экстракция без предварительного последовательного выделения БАВ менее полярными растворителями (рис. 4, А, Б). При сравнении спектров водных экстрактов растения можно отметить, что в УФ-спектре тестового экстракта более отчетливо наблюдается широкая полоса поглощения с тах при 288 нм (рис. 4, А). Это, возможно, указывает на присутствие водорастворимых оксибензойных и оксикоричных органических кислот (кофейной, хлорогеновой, феруловой, кумариновой и др.), поглощающих в диапазоне 270–290 нм [14–15], которые могут разрушаться при более длительном последовательном экстрагировании.

Поглощение на спектрах водных экстрактов в области 230–260 нм обусловлено наличием в экстракте водорастворимых флавонов и флавонолов, углеводных компонентов, дубильных веществ, катехинов. Полоса поглощения с тах при 328 нм может быть отнесена к лейкоантоцианам, кумаринам и флавононам [14–15].

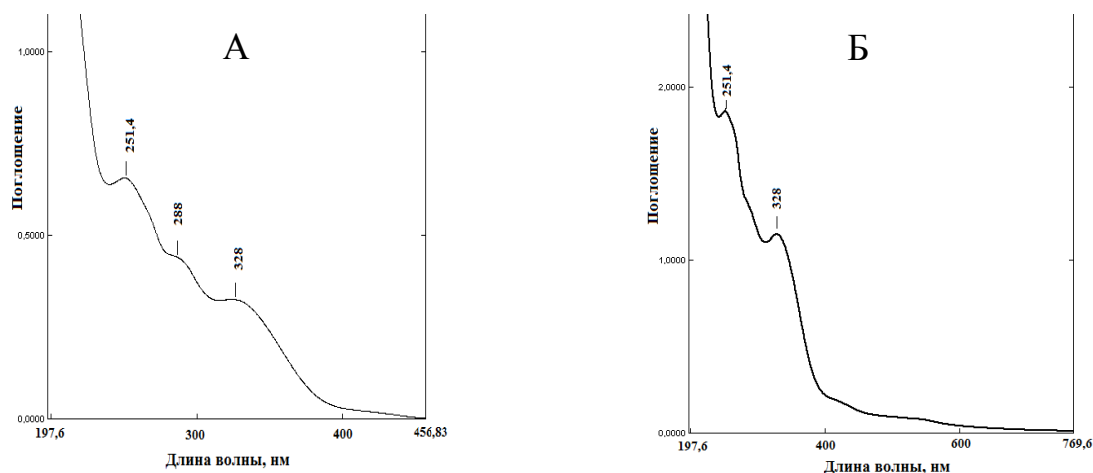


Рис. 4. Электронные спектры водных экстрактов *Veronica spicata* L.:  
А – без предварительной экстракции растворителями меньшей полярности;  
Б – после последовательной экстракции растворителями меньшей полярности

Результаты проведенного спектрофотометрического исследования подтверждают наличие в *Veronica spicata* L. различных классов биологически активных соединений, обеспечивающих широкий спектр фармакологического действия растения: хлорофиллсодержащих соединений, комплекса биофлавоноидов, углеводных компонентов, антоцианов и дубильных веществ.

Известно, что хлорофилл и хлорофиллсодержащие соединения оказывают регенерирующее, антимикробное и ранозаживляющее действие. Биофлавоноиды являются мощными антиоксидантами: связывая свободные радикалы, они предотвращают окислительные процессы в клетках организма, обеспечивая его нормальную жизнедеятельность [16]. Наличие дубильных веществ и антоцианов обеспечивает бактерицидные свойства препаратов. Полифенолы обладают Р-витаминной активностью и отличаются противогипертоническим и капилляроукрепляющим действием [16].

### Выводы

1. Хромато-масс-спектрометрическое изучение химического состава эфирного масла наземной части *Veronica spicata* L. выявило наличие в нем более 40 компонентов; из них идентифицировано 37, составляющих 98,60 вес. % от общего веса вводимой пробы. Состав масла представлен преимущественно кислородсодержащими терпеноидами и углеводородами. Основными компонентами масла являются алифатический спирт фитол (24,7%) и пальмитиновая кислота (15,0%).

2. Спектрофотометрическое исследование состава экстрактивных веществ, выделенных из наземной части *Veronica spicata* L., позволило зарегистрировать большой фармакологический потенциал данного растения как источника разнообразных классов биологически активных соединений.

### Литература

1. Асеева Л.А. Некоторые морфологические признаки венчика представителей *Veronica* (Scrophulariaceae) и их значение для систематики рода // Ботанический журнал. – 2003. – Т. 87. – № 8. – С. 69.
2. Губанов И.А. *Veronica officinalis* L. – Вероника лекарственная // Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3 т. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. – С. 212.
3. Фармакопеи Европейского союза. – URL: <http://www.fptl.ru/biblioteka/farmakopei.html>.
4. Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. К вопросу о содержании биогенных элементов в растениях рода *Veronica* L. Предуралья // Вестник ОГАУ. – 2004. – № 4 (29). – С. 30–32.
5. Кьосьев П.А. Полный справочник лекарственных растений. – М.: Эксмо, 2007. – С. 925–926.
6. Гусев Н.Ф., Глумов Г.А., Теслов С.В. Флавоноиды *Veronica spicata* L. // Химия природных соединений. – Ташкент: Изд-во АН УзССР. – 1977. – С. 704–705.
7. Zielinska-Sowicka, R. Badanie zwiazkow flawonoidowych w zielu *Veronica spicata* L. // Farm. pol. – 1971. – Т. 27. – № 4. – S. 347.
8. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. – Новосибирск: Наука, 2008. – 969 с.
9. McLafferty F.W. The Wiley. NBS Registry of Mass Spectral Data; Wiley. – London: Interscience, 1989. – 563 p.
10. Гуринович Л.К., Пучкова Т.В. Эфирные масла: химия, технология, анализ и применение. – М.: Школа косметических химиков, 2005. – 192 с.
11. Белоусова Н.И., Хан В.А., Ткачев А.В. Химический состав эфирного масла багульников // Химия растительного сырья. – 1999. – № 3. – С. 5–38.
12. Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Сравнительный анализ составов эфирных масел *Melilotus albus medikus* и *Melilotus officinalis* L. // Сибирский медицинский журнал. – 2013. – № 5. – С. 112–114.
13. Ефремов А.А., Зыкова И.Д., Дрожжина М.В. Изменения компонентного состава и физико-химических показателей эфирного масла корневищ *Acorus calamus* (araseae) в зависимости от продолжительности его выделения // Раст. ресурсы. – 2011. – Т. 47, Вып. 1. – С. 118–123.



14. Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1974. – 214 с.
15. Клышев, Л.К., Бандюкова В.А., Алюкина Л.С. Флавоноиды растений (распространение, физико-химические свойства, методы исследования). – Алма-Ата, 1978. – 220 с.
16. Ross J.A., Kasum C.M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety // Annu Rev Nutr. – 2002. – Т. 22. – С. 19–34.



УДК 663.32

Г.С. Гусакова, С.Н. Евстафьев

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СОКА ИЗ ПЛОДОВ ГРУШИ УССУРИЙСКОЙ (PYRUS USSURIENSIS MAXIM)

*Приведены результаты изучения физико-химического состава сока из плодов груши уссурийской, выращенной в Иркутской области. Разработана аппаратно-технологическая схема переработки плодов на сок. Экспериментально определены параметры технологической обработки. Показано положительное влияние дигидрокверцетина и ферментных препаратов на качественные показатели и выход сока.*

**Ключевые слова:** плоды, сок, груша уссурийская, ферменты, дигидрокверцетин.

G.S. Gusakova, S.N. Evstafiev

### THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF JUICE FROM THE USSURI PEAR (PYRUS USSURIENSIS MAXIM) FRUITS

*The research results of the physical-chemical composition of the juice from the fruit of the Ussuri pear (PyrusUssuriensis)cultivated in the Irkutsk region are presented. The apparatus-technological scheme of processing fruits into juice is developed. The technological processing parameters are experimentally determined. The positive influence of dihydroquercetin and enzyme preparations on the juice quality indices and output is shown.*

**Key words:** fruits, juice, Ussuri pear (Pyrus Ussuriensis), enzymes, dihydroquercetin.

**Введение.** При создании и развитии мелких фермерских хозяйств большой интерес представляет изучение потенциала груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim.), получившей широкое распространение в садоводстве Прибайкалья. Данный вид дает стабильные урожаи в условиях сурового климата. Многогранность использования груши обусловлена ее высокой урожайностью, зимостойкостью, пищевыми и лекарственными свойствами плодов. Возможности использования данного вида в качестве биоресурса в Сибири изучены пока недостаточно. При переработке плодов важное значение имеет правильная оценка факторов, оказывающих влияние на выход и качество продуктов переработки. Обоснованный выбор режимных параметров при получении сока требует научного подхода, с учетом исключительно сложной цепи химических взаимодействий компонентов сырья в процессе переработки.

**Цель исследования.** Научное обоснование выбора технологических операций в приготовлении сока из плодов уссурийской груши.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований явились плоды уссурийской груши, собранные в первой половине сентября; ферментный препарат «Целлолюкс А» с целлюлаз-

ной активностью 2000 ед/г, производства ООО ПК «Сиббиофарм»; ферментный препарат «Фруктоцим П6-Л» с пектолитической активностью 200 ед/г (изготовитель «ERBSLOEHGeisenheimAG» (ФРГ); дигидрокверцетин (ДКВ), выделенный из древесины лиственницы сибирской по оригинальным методикам [2].

Микробиологические показатели определяли по общепринятым методикам: для определения количества клеток микроорганизмов в 1 см<sup>3</sup> сока и виноматериала проводили подсчет в счетной камере, ориентировочное определение систематических групп микроорганизмов проводили по морфологическому признаку при микроскопировании. Пробы, инфицированные дрожжами и уксуснокислыми бактериями, выявляли по времени их развития, для этого пробу (10 см<sup>3</sup>) в стерильной пробирке помещали в термостат с температурой 26±1°С. Оценку проводили по методике «Экспресс-оценка микробиологического состояния виноматериалов» [3]. Инфицирование молочнокислыми бактериями выявляли по времени развития их после посева на селективные питательные среды (капустная среда). Для различия уксуснокислых и молочнокислых бактерий при микроскопировании использовали метод окраски по Граму.

Определение органолептических показателей сока проводили по методикам, приведенным в [5], физико-химических – в [7].

Эфирный экстракт выделяли из сока исчерпывающей экстракцией диэтиловым эфиром с последующей отгонкой растворителя. Состав анализировали методом ГХ-МС на газовом хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies». Энергия ионизации – 70 эВ. Температура сепаратора – 280°С, ионного источника – 230°С. Кварцевая колонка 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95 % диметил-5 % дифенилполисилоксан). Условия анализа эфирных экстрактов: 3 минуты изотермы при 60°С с последующим подъемом температуры до 250°С со скоростью 6°С в минуту с выдержкой в течение 20 мин при 250°С.

Схема этапов производства концентрированного сока из плодов уссурийской груши приведена на рисунке 1.

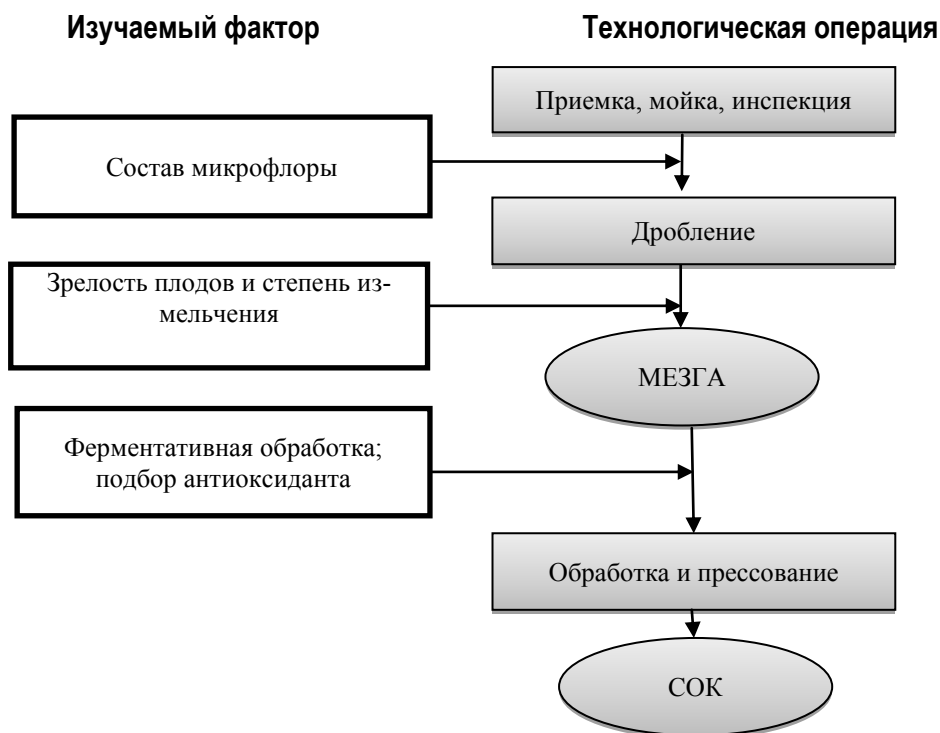


Рис. 1. Схема этапов производства концентрированного сока из плодов уссурийской груши

**Результаты исследований и их обсуждение.** Изменения, происходящие в плодах груши уссурийской при созревании, хранении и переработке, имеют биохимическую и микробиологическую природу. Количественный микробиологический анализ кожицы груши показал, что на 1 г плодов приходится около 4,5 тыс. клеток микроорганизмов. Качественный микробиологический анализ свежих плодов обнаружил наличие микроорганизмов различных родов. В основном это *Hanseniaspora apiculata* (в виноделии относится к сорнякам брожения) и несбраживающие дрожжи р. *Torula*. Кроме них присутствуют мицелиальные грибы: *Botrytis*, *Mucor*, *Penicillium* и *Aspergillus*. В больших количествах выявлены уксуснокислые и молочнокислые бактерии. Винные дрожжи, принадлежащие роду *Saccharomyces*, присутствуют в незначительном количестве. По форме клеток и другим морфологическим признакам отдельные расы дрожжей различаются между собой весьма незначительно и поэтому не были идентифицированы.

При хранении плодов для дозревания в течение 5 суток при температуре помещения 20 °С и влажности 65 % отмечено незначительное увеличение дикой микрофлоры. Проникновения микроорганизмов вовнутрь плодов не выявлено, возможно, из-за наличия толстого воскового налета на их кожице. Более длительное хранение в этих условиях ведет к спонтанному заброживанию и порче плодов.

Для выявления изменений качественного и количественного состава микрофлоры были исследованы следующие варианты плодов груши: здоровые плоды без механических повреждений, механически поврежденные, падалица, поврежденные вредителями и болезнями.

Наибольшее количество плесневых грибов (*Aspergillus*, *Penicillium* и *Mucor*) было выявлено на поверхности падалицы и плодов, поврежденных вредителями и болезнями, наименьшее – на здоровых плодах. Грибы рода *Botrytis* найдены в меньшем количестве.

При исследовании химического состава сока, полученного из плодов груши, поврежденных мицелиальными грибами, установлено незначительное снижение концентрации сахаров с 12,0 до 11,7 г/100 см<sup>3</sup>. При этом содержание титруемых кислот уменьшилось на 23 % (с 22,0 до 17,0 г/дм<sup>3</sup>) и в 1,7 раза возросло количество летучих кислот (с 0,5 до 0,85 г/дм<sup>3</sup>).

Глюконовая кислота и ее производные в соке исследованных образцов груши обнаружены в следовых количествах, что подтверждает отсутствие активной патогенной микрофлоры [1].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о протекании сложных биохимических превращений в плодах при развитии плесневых грибов, которые могут оказывать существенное влияние на химический состав сока. Экспериментально установлено, что использование в производстве сока поврежденных гнилью плодов приводит к потере титруемых кислот и накоплению летучих, отрицательно влияющих на органолептические показатели сока.

Для исследования влияния степени зрелости плодов на выход сока использованы плоды уссурийской груши с разным состоянием мякоти. Твердые – в стадии технологической зрелости, мягкие – после дозревания во время хранения при температуре 20 °С и плоды, клеточная структура которых была разрушена действием низких температур во время хранения в течение пяти дней при температуре минус 18°С. По схеме, приведенной на рисунке 2, приготовлено 7 образцов сока.

Наибольший выход сока (60 %) получен из размороженных плодов (рис.3), плодовая ткань которых после размораживания была мягкой и хорошо отдавала сок без дробления. Сок содержал мало взвесей и быстро осветлялся. Выход сока из свежих плодов выше на 2–5 %, чем из плодов после дозревания.

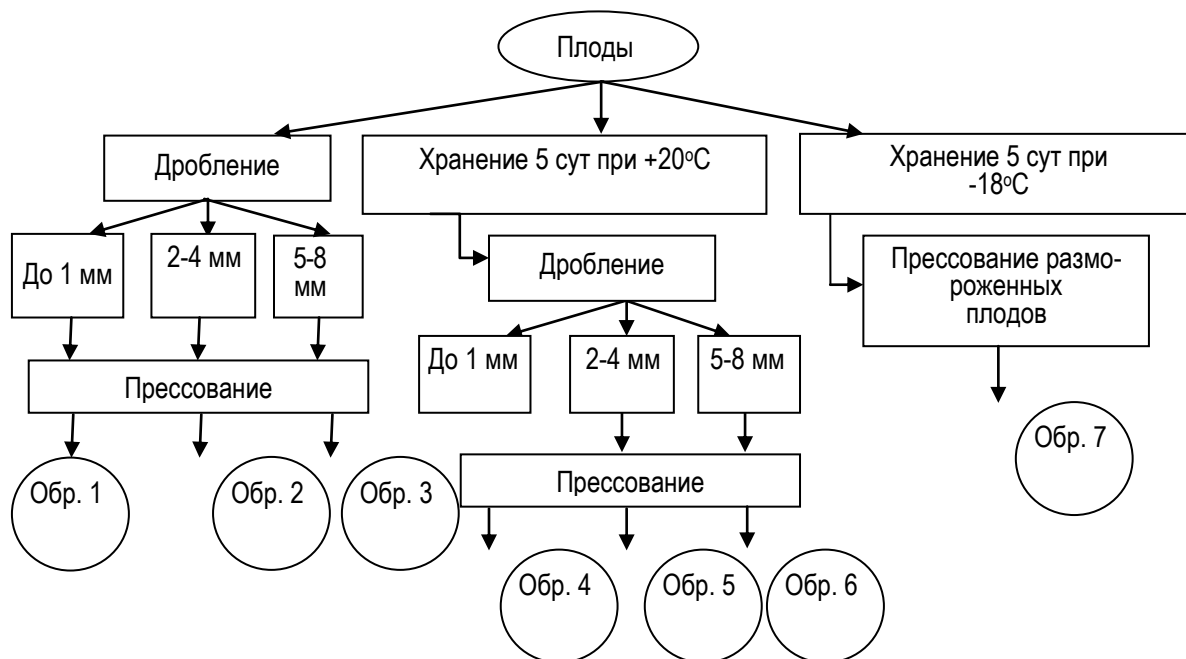


Рис. 2. Схема приготовления сока

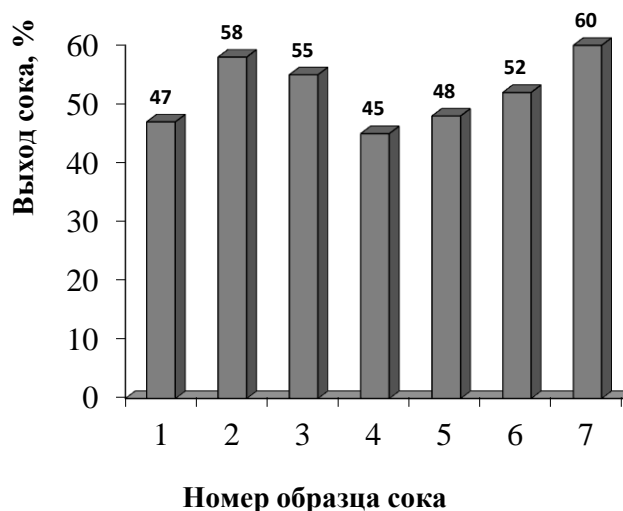


Рис. 3. Зависимость выхода сока от условий обработки плодов груши

Вероятно, снижение выхода сока, как и повышение его плотности (от 1,040 до 1,054 г/дм<sup>3</sup>), является следствием потери влаги за счет испарения ее при хранении.

Причиной низкого выхода образцов сока 1 и 4 стало слишком мелкое дробление, в результате которого образовалась пюреобразная масса, обладающая плохими дренажными свойствами. Кроме того, полученный сок плохо осветлялся из-за высокого содержания мелких взвешенных частиц. При увеличении размера частиц выход сока возрос для образца 5 на 3 % и для образца 6 на 7 %, при этом наблюдалось быстрое формирование осадка, а сок лучше осветлялся. Для образцов сока 2 и 3 наблюдалось снижение выхода при увеличении размера частиц мезги, несмотря на её высокие дренажные свойства. Вероятно, это связано с тем, что крупные частицы твердой плодовой ткани свежесобранных груш затрудняют выделение сока, а при равном давлении это приводит к снижению выхода на 3,5 %.

Таким образом, экспериментально установлено, что для свежесобранных плодов с твердой мякотью оптимальная степень измельчения должна быть в пределах 2–4 мм. Для груш, подвергнутых хранению, в результате которого плодовая ткань дозревает и становится мягкой, частицы мезги не должны быть крупнее 5–8 мм. После размораживания, напротив, плоды груши становятся настолько мягкие, что легко отдают сок при прессовании, даже без дополнительного измельчения. Однако замораживание вызывает денатурацию плодовой ткани, но не инактивирует ферменты, поэтому при оттаивании, особенно медленном, под действием ферментов ткани темнеют, вещества плодов окисляются, что может отрицательно сказаться на качестве сока.

Увеличению выхода сока на 7–10 % способствовало использование пектолитических (Фруктоцим П6-Л) и цитолитических (Целлолюкс А) ферментных препаратов. Наибольший эффект наблюдали при дозировках для «Фруктоцим П6-Л» – 0,005 мл/кг, а для «Целлолюкс А» – 3 г/кг. Совместное применение ферментных препаратов «Фруктоцим П6-Л» (0,005 см<sup>3</sup>/кг) и «Целлолюкс А» (3 г/кг) позволило сократить время обработки до одного часа при увеличении выхода сока на 10 %.

При дроблении наблюдали покоричневение мезги, как следствие ферментативного окисления фенольных структур. В результате сок приобретает более интенсивную окраску, органолептическая оценка понижается на 0,5 балла. Для ингибирования процессов окисления в промышленности широко используется сульфитирование [4], одним из недостатков которого является образование серной кислоты и, как следствие, появление в соке неприятного окисленного тона и жесткости во вкусе.

Не менее эффективным, но более безопасным для потребителей является использование для ингибирования процессов окисления флавоноидных соединений, например дигидрокверцетина (ДКВ). Оптимальную дозу ДКВ выбирали, оценивая изменение интенсивности окраски сока по оптической плотности при  $\lambda = 420$  нм. Контролем служил сок, полученный без использования ДКВ.

При введении в мезгу груши до 100 мг/дм<sup>3</sup> ДКВ отмечено снижение оптической плотности сока, которая при увеличении дозировки практически не изменялась. Полученный сок оставался светло-соломенного цвета на протяжении длительного времени.

На основании результатов проведенного исследования разработана аппаратурно-технологическая схема производства сока из плодов груши уссурийской (рис. 4).

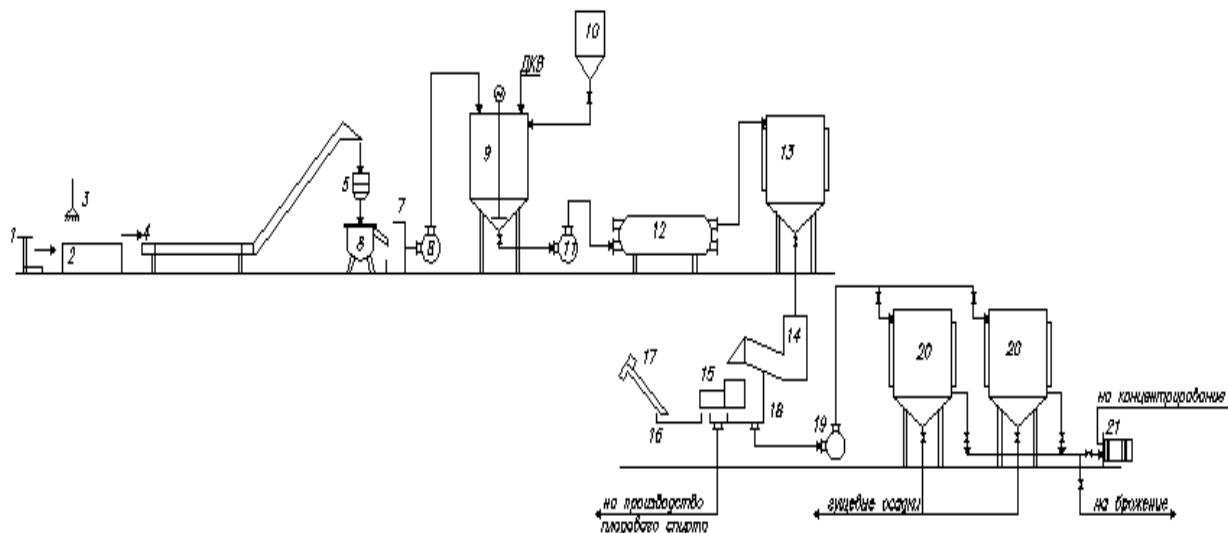


Рис. 4. Аппаратурно-технологическая схема получения сока из плодов уссурийской груши:  
 1 – весы; 2 – бункер-питатель; 3 – моечная душевая установка; 4 – инспекционный конвейер;  
 5 – автоматические порционные весы; 6 – дробилка; 7 – сборник мезги; 8, 11 – мезгонасос;  
 9 – емкость с мешалкой; 10 – емкость для приготовления ферментов; 12 – мезгоподогреватель;  
 13 – емкость для ферментации; 14 – стекатель; 15 – пресс; 16 – сборник для выжимки;  
 17 – транспортер; 18 – сборник для сока; 19 – насос; 20 – емкости для осветления сока; 21 – фильтр

По схеме предусмотрено хранение плодов для послеуборочного дозревания при температуре 20°C в течение 5 суток, мойка с последующим дроблением до размера частиц 5–8 мм, введение в мезгу ДКВ (100 мг/дм<sup>3</sup>), обработка мезги комплексом ферментных препаратов «Фруктоцим П6-Л» (0,005 см<sup>3</sup>/кг) и «Целлолюкс А» (3 г/кг) при температуре 40°C, через 2 ч отжим сока и отстаивание в течение 4 ч при температуре 10°C.

Сок груши – прозрачная жидкость светло-соломенного цвета с зеленоватым оттенком. Аромат характерный плодовой, вкус умеренно кислый, терпкий. Содержание общего экстракта 24,0 г/дм<sup>3</sup>, сахаров – 130,0 г/дм<sup>3</sup>, аминокислот – 385,0 мг/дм<sup>3</sup>, пектина – 0,6 г/100 см<sup>3</sup>, титруемых кислот – 17,0 г/дм<sup>3</sup> (в т.ч. яблочная – 14,0; лимонная – 0,16; янтарная – 0,1), рН – 3,6, Eh – 340,0 мВ. Сравнительно низкое значение окислительно-восстановительного потенциала (Eh) позволяет говорить о слабой активности окислительных ферментов, что может обеспечить в дальнейшем сохранение красящих и ароматических веществ сока.

Среди 22 аминокислот, идентифицированных в составе сока, выделяются повышенным содержанием аспарагиновая кислота и аспаргин. На их долю приходится 73,8 %, на долю незаменимых кислот – 19,9 %, а на долю серосодержащих аминокислот (цистин, метионин), участвующих в образовании сероводородного тона, – 4,1% от общего содержания аминокислот.

Содержание макро- и микроэлементов в соке, в мг/дм<sup>3</sup>: Са – 112; Mg – 78; Fe – 0,9; К – 1530; Na – 7,1; Sr – 0,5; Mn – 0,65; Rb – 3,1; Cu < 0,05; Zn – 0,11; Pb < 0,01.

В эфирном экстракте сока с выходом 0,2 г/дм<sup>3</sup> идентифицировано 24 соединения, представленных ангидридами кислот (49,74 %), спиртами (35,97 %), кислотами (6,78 %), ацетальдами (5,09), сложными эфирами (2,15 %) и кетонами (0,27 %). Среди ангидридов 93,4 % приходится на ангидрид малеиновой кислоты.

Кислоты сока представлены в основном яблочной кислотой (63 %), что характерно для плодово-ягодного сырья, в меньшем количестве присутствуют янтарная (31%) и изовалериановая (6%) кислоты. В составе спиртов идентифицированы бутандиол-2,3, гександиол-1,2, пропиленгликоль и пентанол-2. Эфиры в соке представлены моноацетатом этиленгликоля и этиловыми эфирами 3-гидроксипутановой и гексановой кислот.

В целом состав соединений, формирующих вкус и аромат сока, соответствует составу исходных компонентов используемого сырья [6]. Сок имеет высокую органолептическую оценку (9,4 балла), по основным физико-химическим показателям соответствует ГОСТ Р 52184-2003 «Консервы. Продукция соковая. Соки фруктовые прямого отжима. Технические условия».

**Заключение.** В работе экспериментально определены параметры технологической обработки плодов, предусматривающие: использование дозревших плодов после их хранения, применение дигидрокверцетина в качестве антиоксиданта, обработку мезги комплексом пектолитических и целлюлитических ферментов. Такой подход позволяет максимально сохранять биологически активные вещества сока, обеспечивая высокое качество и стабильность готового продукта. На основании выполненных исследований разработана аппаратно-технологическая схема переработки плодов уссурийской груши на сок.

## Литература

1. Метод оценки гигиеничности винограда и вина по концентрации органических кислот / Н.М. Агеева, Т.И. Гугучкина, Е.Н. Гондарева [и др.] // Новации и эффективность производственных процессов в виноградарстве и виноделии / Сев.-Кавказ. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства. – Краснодар, 2005. – Т. 2. – С. 220–224.
2. Ресурсосберегающая и экологически безопасная переработка древесины и коры лиственницы / В.А. Бабкин, Л.А. Остроухова, Ю.А. Малков [и др.] // Наука – производству. – 2004. – №1. – С. 52–58.
3. Валушко Г.Г. Технология виноградных вин. – Симферополь: Таврида, 2001. – 624 с.

4. Валуйко Г.Г., Зинченко В.И., Мехузла Н.А. Стабилизация виноградных вин. – Изд. 3-е, доп. – Симферополь: Таврида, 2002. – С. 208.
5. ГОСТ 21713-76. Груши свежие поздних сроков созревания. Технические условия ОКС: 67.080.10 КГС: С32 Семечковые плоды Действие: С 01.07.77 Изменен: ИУС 1/84, 5/87, 8/88, 12/90. Примечание: переиздание 2003 в сб. «Государственный контроль качества винодельческой продукции». – 6 с.
6. Гусакова Г.С., Евстафьев С.Н. Перспективы использования плодов уссурийской груши в виноделии // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С.173–178.
7. Методы теххимического контроля в виноделии / под ред. В.Г. Гержиновой. – Симферополь: Таврида, 2002. – 260 с.



УДК 664.864

С.В. Глазырин, Н.Н. Типсина,  
Г.А. Демиденко

### ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ ПЛОДОВ ЧЕРЁМУХИ ОБЫКНОВЕННОЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

*Разработана технология получения нового полуфабриката – пюре из мякоти плодов черёмухи обыкновенной. В статье проведена сравнительная оценка плодов черёмухи обыкновенной и полученного полуфабриката.*

**Ключевые слова:** плоды черёмухи, полуфабрикат, пюре, схема производства.

S.V. Glazyrin, N.N. Tipsina  
G.A. Demidenko

### THE RECEIVING OF THE SEMI-FINISHED PRODUCT FROM THE BIRD CHERRY FRUITS IN EASTERN SIBERIA

*The technology of the new semi-finished product – the puree from the bird cherry fruit pulp is developed. The comparative assessment of the bird-cherry fruit and the received semi-finished product is conducted in the article.*

**Key words:** bird cherry fruit, semi-finished product, puree, production scheme.

---

**Введение.** Проблема сохранения здоровья населения тесно связана с потреблением продуктов питания. Население должно питаться продуктами на основе сырья, которое произрастает в местности их проживания. При этом дикорастущее сырьё, как правило, содержит больше полезных веществ, чем культурные растения [1]. Одним из редко применяемых видов дикорастущего сырья является черёмуха обыкновенная, которая имеет обширный ареал произрастания на территории Восточной Сибири. Рациональным способом применения данного сырья является внесение его в виде полуфабрикатов в кондитерские изделия, потому что они являются очень популярными среди населения страны. Применение в производстве пищевых наполнителей позволяет повысить биологическую ценность продуктов, а также расширить ассортимент предлагаемых товаров для населения. Наполнители в виде полуфабрикатов значительно уменьшают затраты ресурсов на технологические процессы, а также исключают потребность во внесении искусственных пищевых добавок (ароматизаторов, усилителей вкуса, красителей, стабилизаторов).

Ограничением в использовании плодов черёмухи обыкновенной в условиях Восточной Сибири является их сезонность. В связи с этим встаёт вопрос о хранении сырья и создании его резер-

вов. В свежем виде плоды черёмухи обыкновенной нельзя долго хранить, так как они содержат достаточно значительное количество воды – до 89,1 % [2]. Этот факт играет две роли: плоды сочные, что благоприятно влияет на активность биохимических процессов при созревании, но эта же среда позволяет активно развиваться вредным бактериям, за счёт чего сырьё быстро приходит в негодность.

При проведении анализа способов получения полуфабрикатов из плодов черёмухи выявлено, что в производстве используют порошок из сушеных плодов. При органолептической оценке этого полуфабриката косточка ощутима, чувствуется характерный хруст на зубах. Самым распространённым направлением его применения являются хлебобулочные и мучные кондитерские изделия (торты, пряники и т.п.) [3].

Для улучшения органолептических свойств сырья из черёмухи обыкновенной и расширения ассортимента продукции, получаемой с применением данного сырья, предлагается получить пюре из плодов черёмухи обыкновенной.

**Цель исследований.** Разработка технологии получения нового полуфабриката из плодов черёмухи обыкновенной Восточной Сибири.

**Задачи исследований:** разработать технологию и определить оптимальные параметры получения нового полуфабриката; произвести сравнительную оценку исходного сырья и полученного полуфабриката.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований были плоды черёмухи обыкновенной. Сбор сырья производился в разных районах на территории Восточной Сибири. Проверка сырья – с учётом требований ГОСТ 3318-74 «Плоды черёмухи обыкновенной». Органолептическая оценка полученного полуфабриката – по ГОСТ 32684-2014. Массовая доля растворимых сухих веществ определялась рефрактометрическим методом; массовая доля бензойной кислоты – фотометрическим методом; массовая доля минеральных примесей – флотацией, а тяжелые примеси отделяют осаждением; посторонние примеси – визуально.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Перед использованием в производстве плоды черёмухи обыкновенной в стадии их полного созревания были подвергнуты исследованию на соответствие п. 1.1 ГОСТ 3318-74 [4]. За основу были взяты показатели, определяемые органолептическим путём (табл. 1).

Таблица 1

**Оценка плодов черёмухи обыкновенной на соответствие ГОСТ 3318-74**

Показатель	Характеристика и нормы в соответствии с ГОСТ 3318-74	Исследуемые плоды
1	2	3
Внешний вид, размер и строение плода	Плоды-костянки шарообразные или продолговато-яйцевидные, иногда к верхушке несколько заостренные, диаметром до 8 мм, морщинистые, без плодоножек, с округлым белым рубцом на месте ее отпадания. Внутри плода содержится одна округлая или округло-яйцевидная, очень плотная, светло-бурая косточка диаметром до 7 мм с одним семенем. Поверхность косточки поперечно-ребристая, плодов – морщинистая	Соответствуют, у некоторых плодов имеются дефекты кожицы
Цвет	Черный, матовый, реже блестящий. Складки иногда покрыты беловато-серым или красноватым налетом выкристаллизовавшегося сахара	Соответствуют



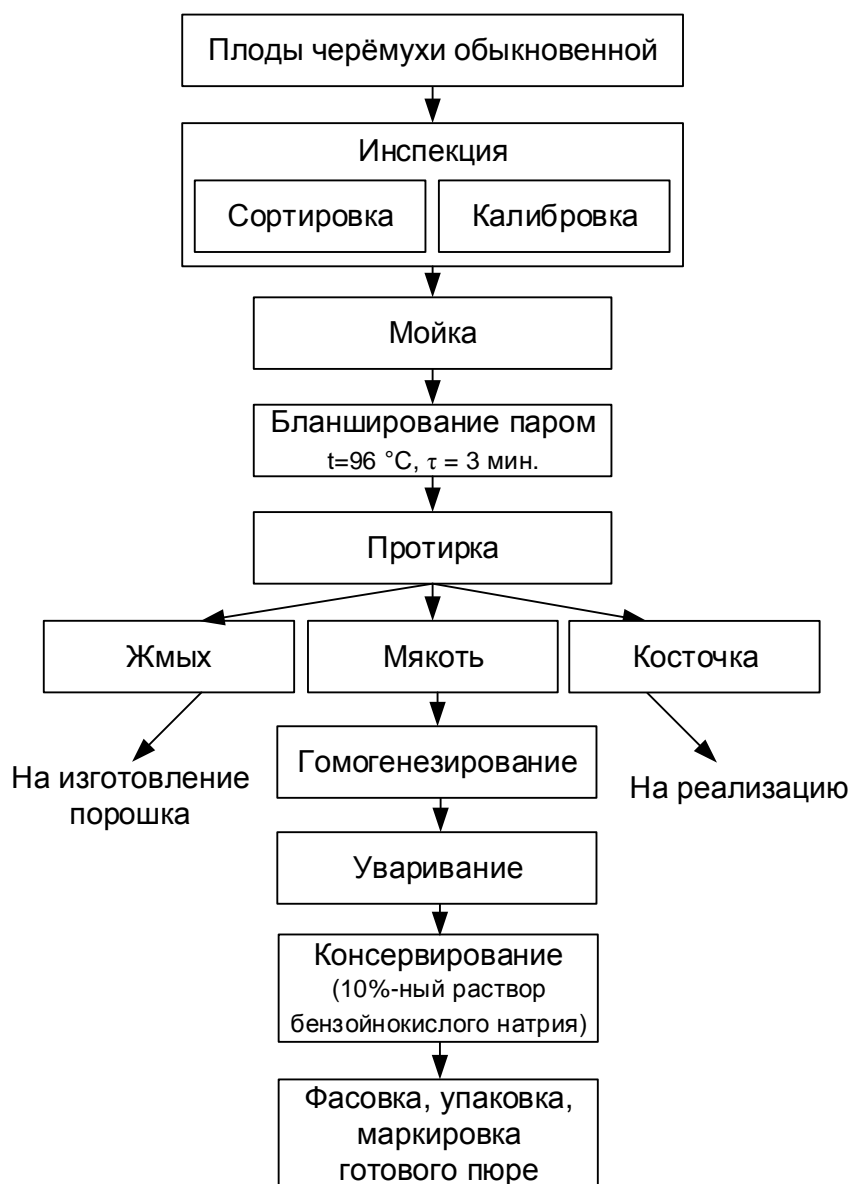
Окончание табл. 1

1	2	3
Запах	Слабый, свойственный плодам черемухи	Соответствуют
Вкус	Сладковатый, слегка вяжущий	Соответствуют
Массовая доля плодов, пригоревших и поврежденных насекомыми, %	Не более 3,0	1,8
Массовая доля плодов незрелых, с неотделенными плодоножками, бурых, %	Не более 4,0	3,7
Массовая доля других частей черемухи (плодоножек, веточек), %	Не более 2,0	1,9
Массовая доля посторонних примесей, %: органической (плоды и части других неядовитых растений)	Не более 1,0	0,4
минеральной (земля, песок, камешки)	Не более 0,5	0,5
Наличие ядовитых растений и их частей	Не допускается	Отсутствуют
Наличие плесени и гнили	Не допускается	Отсутствуют
Наличие устойчивого постороннего запаха, не исчезающего при проветривании	Не допускается	Отсутствуют

Проведённая оценка исходного сырья показала, что оно соответствует требованиям ГОСТа. Повреждённых плодов оказалось всего 1,8 %. Количество посторонних примесей также находится в пределах нормы. По вкусовым качествам и аромату плоды соответствуют полному описанию по ГОСТу, но имеются дефекты кожицы вследствие ненадлежащей транспортировки. Значительного влияния на конечный продукт этот дефект не оказывает.

Принципиальная схема производства полуфабриката из черёмухи обыкновенной представлена на рисунке.

Разработанная технология реализуется следующим образом. К обработке принимают плоды черёмухи обыкновенной в состоянии зрелости. Плоды инспектируются с целью удаления испорченных, незрелых плодов и посторонних предметов. Далее плоды попадают в моечную машину с тёплой водой. Для их окончательной подготовки к получению пюре дополнительно требуется произвести кратковременное бланширование. При  $t=96$  °С в течение 3 минут на ленточном бланширователе происходит паровая обработка. Такая обработка позволяет с лёгкостью отделить мякоть от косточки и кожицы (жмыха). Кроме этого, процесс бланширования позволяет уничтожить микроорганизмы, что благоприятно отражается на конечном продукте. После бланширования плоды протирают в протирочной машине, в которой происходит отделение мякоти от косточек и кожицы. Косточки отправляют на реализацию. Кожица идёт на сушку для использования в приготовлении порошка.

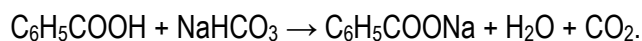


Принципиальная схема производства полуфабрикатов из черёмухи обыкновенной

Полученную мякоть отправляют в гомогенизатор для получения равномерной массы.

Мякоть получается жидкой, содержание сухих веществ 14 %. К примеру, такая масса в качестве начинки не оптимальна, так как имеет свойство растекаться. Для дальнейшего использования в производстве полученную мякоть требуется сгущать. Потому после гомогенизации сырьё попадает в варочный котёл для увеличения концентрации сухих веществ. Чтобы выявить оптимальное содержание сухих веществ, были проведены опыты по получению пюре с концентрацией сухих веществ 20 %, 25, 30 %. Проведённая оценка полученных образцов показала, что пюре с содержанием сухих веществ 30 % имеет наилучшую консистенцию для использования его в качестве полуфабриката. Образцы 20 и 25 % по-прежнему имели довольно жидкую консистенцию.

После уваривания производится консервирование продукта. В качестве консерванта используется 10%-й раствор бензойнокислого натрия, который получают в результате реакции взаимодействия между бензойной кислотой и двууглекислым натрием в водном растворе по реакции



Количество консерванта регулируется пропорцией 1% от массы. Консервирование проводится в смесителе при перемешивании.

Полученное пюре из черёмухи обыкновенной, согласно ГОСТ 32684-2014, фасуют в полимерную упаковку вместимостью не более 200 дм<sup>3</sup> с полиэтиленовыми мешками-вкладышами по ГОСТ 19360. Маркировка тары производится по ГОСТ Р 51074-2003.

По разработанной технологии на кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Красноярского государственного аграрного университета были составлены проекты технических условий и технических инструкций.

Проведённая органолептическая оценка полученного пюре отражена в таблице 2.

Таблица 2

**Органолептическая оценка пюре из плодов черёмухи обыкновенной  
с содержанием сухих веществ 30%**

Показатель	Внешний вид	Вкус	Запах
Характеристика	Цвет бордовый. Консистенция однородная густая, косточка и кожица отсутствуют	Сладковатый, свойственный плодам черёмухи, слегка вяжущий, без посторонних привкусов	Слабый, свойственный плодам черёмухи, без посторонних запахов

По вкусу и аромату полученное пюре очень близко к исходному сырью – свежим плодам черёмухи обыкновенной. Отсутствуют какие-либо примеси, частицы косточек, кожица, плодоножки.

Была проведена оценка контролируемых физико-химических показателей готового пюре (табл. 3).

Таблица 3

**Оценка физико-химических показателей пюре из плодов черёмухи обыкновенной**

Показатель	Норма (ГОСТ 32684-2014)	Исследуемое пюре
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	Не менее 10,0	14
Массовая доля бензойной кислоты, %	Не более 0,1	0,1
Массовая доля минеральных примесей, %	Не допускаются	Отсутствуют
Посторонние примеси	Не допускаются	Отсутствуют

Контролируемые показатели готового пюре, по ГОСТ 32684-2014, находятся в пределах нормы.

**Заключение.** С помощью разработанной технологии получен новый полуфабрикат из плодов черёмухи обыкновенной, органолептические свойства которого значительно выше, чем у существующего на рынке полуфабриката – порошка из сушеных плодов черёмухи («черёмуховая мука»). Установлено, что содержание сухих веществ в размере 30 % в пюре из черёмухи является оптимальным. Плоды черёмухи обыкновенной, собранные на территории Восточной Сибири, соответствовали требованиям ГОСТ 3318-74 «Плоды черёмухи обыкновенной». Сравнительная оценка свойств исходного сырья с полученным полуфабрикатом показало, что вкусовые качества идентичны, и органолептические и физико-химические свойства соответствуют ГОСТу.

## Литература

1. Дикорастущие и культивируемые в Сибири ягодные и плодовые растения / А.Б. Горбунов, В.Н. Васильева, В.С. Смагин [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 262–264.
2. Кощеев А.К., Кощеев А.А. Дикорастущие съедобные растения. – 2-е изд. – М.: Колос, 1994. – 351 с.
3. Типсина Н.Н., Яковчик Н.Ю., Глазырин С.В. Перспективы использования черёмухи обыкновенной // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №10. – С. 262–270.
4. ГОСТ 3318-74. Плоды черёмухи обыкновенной. – М.: Изд-во стандартов, 1974.



УДК628.1:66.065.512

Е.В. Короткая, И.А. Короткий, А.В. Учайкин

### ОЧИСТКА ВОДЫ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ В ЕМКОСТНОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

*В работе представлены результаты исследования процесса разделительного вымораживания воды в кристаллизаторе емкостного типа при различных температурах хладоносителя и продолжительности кристаллизации. Установлена зависимость массы образующегося льда от времени кристаллизации и температуры хладоносителя. Изучено влияние скорости льдообразования на качественные показатели воды (цветность, содержание сухого остатка, общая жесткость, окисляемость, содержание хлоридов и фторидов). На основании полученных зависимостей определены режимы разделительного вымораживания, позволяющие получить воду с высокими показателями качества.*

**Ключевые слова:** криоконцентрирование, разделительное вымораживание, очистка воды, емкостный кристаллизатор.

E.V. Korotkaya, I.A. Korotkiy, A.V. Uchaykin

### WATER PURIFICATION BY FREEZING IN CAPACITIVE CRYSTALLIZER

*The research results of the water separating freezing process in the capacitive type crystallizer in various coolant temperatures and crystallization duration are presented in the article. The dependence of the formed ice mass on the crystallization time and coolant temperature is determined. The influence of the ice formation speed on the water quality parameters (color, solid content, total hardness, oxidation, chloride and fluoride content) is studied. Based on the received dependencies the separating freezing modes allowing to get the water with the high quality indices are defined.*

**Key words:** cryo-concentration, separating freezing, water purification, capacitive crystallizer.

---

**Введение.** Вода является важнейшим компонентом среды обитания человека. Человеческий организм находится в состоянии непрерывного водного обмена с окружающей средой. Вода обеспечивает прохождение всех жизненных процессов в организме.

Вода, находящаяся в природе, представляет собой многокомпонентный раствор органических и неорганических соединений, механических примесей, газов. Для того чтобы сделать воду пригодной для использования в промышленности или питья, она должна пройти специальную подготовку, в процессе которой воду освобождают от вредных примесей. Такой технологический процесс называют водоподготовкой. Набор технологических процессов, используемых в технологиях

водоподготовки, зависит от состояния исходной воды, требований к конечному продукту, а также от возможностей производителя [1, 2].

Для использования в пищевых производствах перспективным методом очистки воды представляется вымораживание.

Физико-химическая основа очистки воды методом вымораживания заключается в следующем: при замерзании растворов кристаллизуется чистый растворитель – вода, а раствор насыщается остатком растворенных веществ. Удаление насыщенного примесями раствора и плавление льда завершают процесс водоподготовки.

Применение технологии вымораживания позволит исключить из технологического процесса водоподготовки этапы: очистка воды от механических примесей, осветление воды и удаление активного хлора, умягчение, обессоливание, удаление растворенных газов.

Процессы разделительного вымораживания происходят в кристаллизаторах косвенного охлаждения. В таких кристаллизаторах на теплообменной поверхности происходит намораживание льда за счет отвода теплоты кристаллизации хладоносителем. В таких аппаратах не происходит механического удаления льда с поверхности теплообмена, по завершении процесса кристаллизации жидкий остаток с примесями сливается из центральной части емкости, после чего замороженный лед плавится и удаляется из аппарата. Это позволяет значительно упростить технологию разделительного вымораживания и повысить эффективность очистки воды разделительным вымораживанием.

**Цель исследований.** Изучение процесса разделительного вымораживания воды в кристаллизаторе емкостного типа и определение показателей качества замороженной воды.

**Материалы и методы.** Для проведения экспериментальных исследований был использован емкостный кристаллизатор [3].

Контрольно-измерительный комплекс регистрации температур раствора, хладоносителя, узловых точек цикла холодильной машины и поддержания заданной температуры хладоносителя включал в себя термодары, измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ1, преобразователь интерфейса RS-485, модуль ввода аналоговый ОВЕН МВА8 и персональный компьютер. Перед началом каждого эксперимента в криоконцентратор заливалось 3500 мл воды, предварительно охлажденной до температуры 1° С. Измерителем-регулятором ОВЕН ТРМ1 задавалась температура хладоносителя -2, -5, -7 и -10° С, эксперимент проводился в течение 15, 30, 60, 90, 120 и 180 минут. По истечении заданного времени незамерзшая вода сливалась, и с помощью мерного цилиндра определялось количество замороженной воды.

Расчет высоты замороженного льда ( $h_{л}$ , м) проводили по формуле

$$h_{л} = \frac{4 \cdot V_{см}}{\pi \cdot D^2}, \quad (1)$$

где  $V_{см}$  – объем водолеяной смеси (определяется как сумма объема незамороженной воды и замороженного льда), м<sup>3</sup>;  $D$  – диаметр рабочей емкости криоконцентратора, равный 0,174 м. При определении объема водолеяной смеси учитывались значения плотности воды и льда, составляющие соответственно 0,9982 и 0,917 г/см<sup>3</sup>.

Внутренний диаметр ледяного массива ( $D_{л.м.}$ , м) рассчитывали по формуле

$$D_{л.м.} = \sqrt{\frac{D^2 - 4 \cdot V_{л}}{\pi \cdot h_{л}}}, \quad (2)$$

где  $V_{л}$  – объем образовавшегося льда, м<sup>3</sup>.

Толщина замороженного слоя льда ( $S$ , мм) определялась по формуле

$$S = \frac{D - D_{\text{л.м.}}}{2} \cdot 1000. \quad (3)$$

В качестве исходной воды использовали воду из водопроводной сети города Кемерово. Определяли показатели качества вымороженной воды: цветность по ГОСТ 3351-74; содержание сухого остатка по ГОСТ 18164-72; общая жесткость по ГОСТ 4151-72; перманганатная окисляемость по ГОСТ 55684-2013; содержание хлоридов по ГОСТ 4245-72, массовая концентрация фторидов по ГОСТ 4386-89.

**Результаты и их обсуждение.** Холодильная машина после запуска работает непрерывно до тех пор, пока температура хладоносителя не достигнет заданного значения. Необходимое для этого время при установленных значениях температуры хладоносителя ( $t_{\text{хл}}$ ) -2, -5, -7 и -10° С составило 25, 60, 96 и 160 мин соответственно (рис. 1). Далее на графиках наблюдается волнообразный характер температурных кривых, при этом холодильная машина работает в циклическом режиме для поддержания заданной температуры хладоносителя в допустимом диапазоне, установленном перед началом эксперимента.

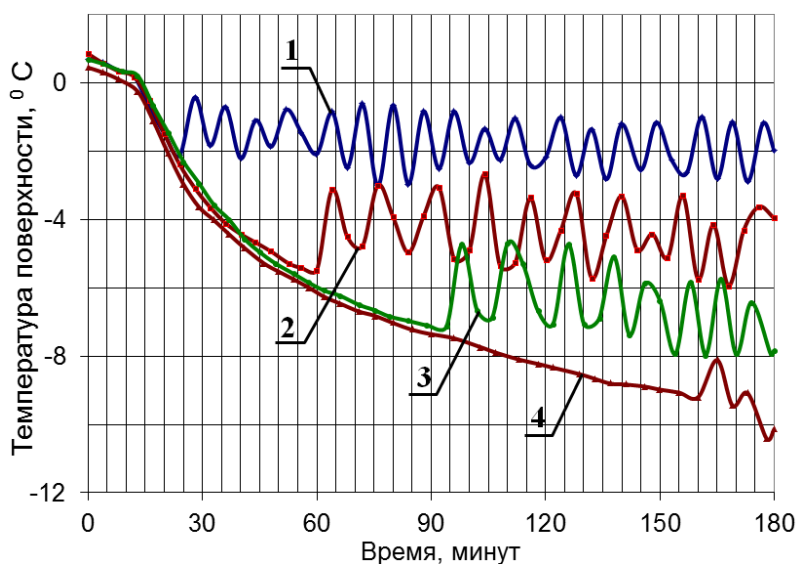


Рис. 1. Зависимость температуры теплообменной поверхности кристаллизатора от времени замораживания при  $t_{\text{хл}}$ : 1 – минус 2° С; 2 – минус 5° С; 3 – минус 7° С; 4 – минус 10° С

Результаты определения количества вымороженной воды в процессе кристаллизации в зависимости от времени и температуры хладоносителя представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Количество вымороженной воды в процессе кристаллизации, кг**

Время, мин	Температура хладоносителя $t_{\text{хл}}$ , °С			
	-2	-5	-7	-10
15	0,2	0,2	0,2	0,2
30	0,41	0,45	0,45	0,45
60	0,66	0,95	1,00	1,01
90	0,87	1,24	1,43	1,46
120	1,08	1,50	1,70	1,81
180	1,39	1,95	2,25	2,43

Анализ полученных данных свидетельствуют, что через 30 мин количество вымороженной воды при всех заданных температурах хладоносителя практически совпадает, так как к этому времени температура его достигает заданного уровня лишь при установленном значении температуры  $-2^{\circ}\text{C}$  (рис. 1). В дальнейшем масса вымороженной воды увеличивается, причем тем больше, чем больше длительность вымораживания и ниже температура хладоносителя.

Масса льда, образовавшегося в процессе кристаллизации, зависит от продолжительности вымораживания, температуры хладоносителя, а также размера и формы кристаллизатора. Поэтому, помимо массы льда, для разработки технологического процесса криоконцентрирования важной характеристикой является толщина слоя намораживаемого льда.

Для определения толщины слоя намороженного льда использовали формулы (1)–(3). По полученным данным был построен график зависимости толщины слоя намораживаемого льда от времени кристаллизации при различных значениях температуры хладоносителя (рис. 2).

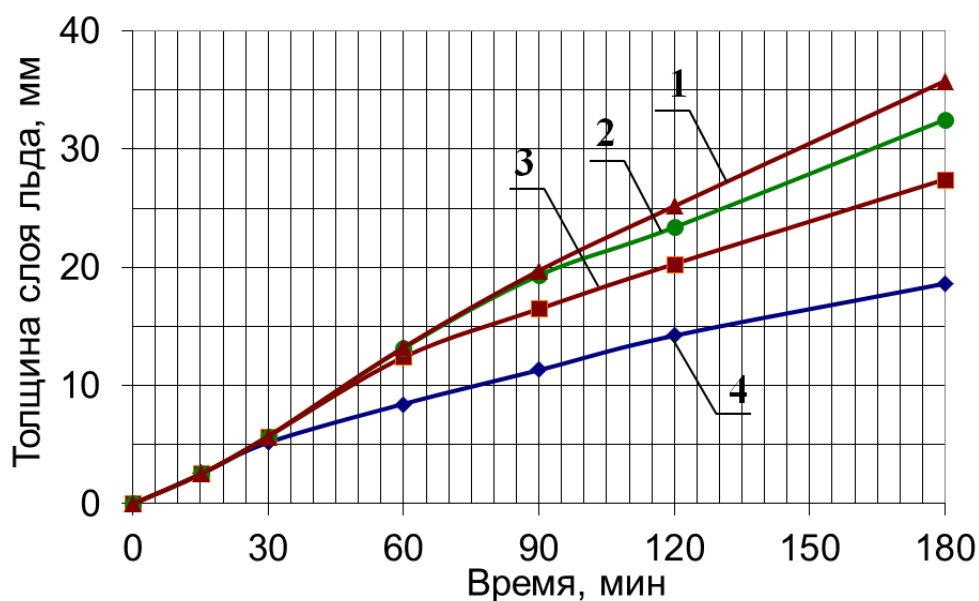


Рис. 2. Зависимость толщины слоя намораживаемого льда от времени при  $t_{\text{хл}}$ : 1 – минус  $10^{\circ}\text{C}$ ; 2 – минус  $7^{\circ}\text{C}$ ; 3 – минус  $5^{\circ}\text{C}$ ; 4 – минус  $2^{\circ}\text{C}$

Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать вывод, что скорость образования льда имеет нелинейный характер. При температурах хладоносителя  $-10$ ,  $-7$  и  $-5^{\circ}\text{C}$  наибольшая скорость льдообразования наблюдалась в диапазоне от 30 до 60 мин и в среднем составила  $0,24$  мм/мин. При температуре хладоносителя  $-2^{\circ}\text{C}$  максимальная скорость льдообразования наблюдалась в первые 30 мин замораживания. Дальнейшее увеличение времени кристаллизации до 180 мин приводило к снижению скорости льдообразования в среднем в  $1,4$ – $1,8$  раза при различных температурах хладоносителя. Уменьшение скорости льдообразования при увеличении продолжительности замораживания обусловлено тем, что по мере роста толщины слоя льда термическое сопротивление между теплообменной поверхностью и водой повышается, что снижает эффективность отвода теплоты.

Оценка качества воды осуществляется по совокупности различных характеристик, учитывающих широкий спектр органолептических и химических показателей. Для определения показателей качества вымороженной воды процесс разделительного вымораживания осуществляли до толщины слоя льда  $10$ – $12$  мм. По указанным выше методикам определяли некоторые органолептические и химические показатели вымороженной воды (табл. 2).

Химический состав исследованных образцов воды

Показатель	Исходная	Вымороженная, при °С		Незамерзшая, при °С		Гигиенические нормы
		при -2	при -5	при -2	при -5	
Цветность, градус	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	20
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	154,4	19,6	26,8	157,1	142,3	1000
Жесткость общая, ° Ж	2,5	0,4	0,6	3,0	2,9	7,0
Окисляемость перманганатная, мгО/дм <sup>3</sup>	1,61	0,25	0,42	1,84	1,79	5,0
Хлориды, мг/ дм <sup>3</sup>	8,2	1,1	2,3	9,4	9,1	350
Фториды, мг/дм <sup>3</sup>	0,19	0,07	0,10	0,24	0,22	1,50

Приведенные результаты свидетельствуют о значительном влиянии разделительного вымораживания на содержание растворенных веществ. Наименьший сухой остаток имеет вода, вымороженная при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ , наибольший – вода, оставшаяся незамерзшей при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ . Вода, вымороженная при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$ , имела несколько больший сухой остаток, в то же время вода, оставшаяся незамерзшей, имела несколько меньший сухой остаток по сравнению с водой, разделяемой при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ . Это обусловлено, вероятно, большей скоростью процесса разделительного вымораживания при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$ . При более высокой скорости кристаллизации в формирующийся массив льда захватывается большее количество растворенных веществ и, соответственно, меньшее их количество остается в жидкой фазе. Это подтверждается и распределением солей жесткости в исследуемых образцах воды. Наименьшую жесткость имеет вода, вымороженная при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ , наибольшую – оставшаяся незамерзшей при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Наименьшая окисляемость воды обнаружена у воды, вымороженной при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ . Наибольшая – у воды, не замерзшей при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ . При этом окисляемость воды, оставшейся не замерзшей при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$  и при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$ , отличается незначительно. Существенное снижение окисляемости вымороженной воды объясняется тем, что при кристаллизации из воды вытесняются растворенные в ней газы, в том числе и кислород.

Наименьшее содержание фторидов отмечено в воде, вымороженной при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ , а наибольшее – в воде, оставшейся незамерзшей при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ . Характер полученных результатов свидетельствует о накоплении фторидов в незамерзшей воде и эффективном освобождении от них вымороженной воды.

Содержание хлоридов в исследуемых образцах воды соответствовало характеру распределения содержания фторидов в тех же образцах воды. Наименьшее содержание хлоридов наблюдалось у образцов воды, вымороженной при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ , наибольшее – в воде, оставшейся незамерзшей при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ .

**Заключение.** В целом результаты проведенных исследований свидетельствуют о значительном улучшении показателей вымороженной воды по сравнению с водой из водопроводной сети. Показатели воды вымороженной при  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-7^{\circ}\text{C}$  и  $-10^{\circ}\text{C}$  также более высокие по сравнению с водой из водопроводной сети, но имеют худшие значения по сравнению с водой, вымороженной при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$ . Это объясняется тем, что процесс разделительного вымораживания при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$  идет медленнее, чем при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$ , поэтому выделение чистой воды идет более эффективно.



## Литература

1. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
2. Ивлева А.М., Образцов С.В., Орлов А.А. Современные методы очистки воды. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 78 с.
3. Короткий И.А., Федоров Д.Е., Тризно Н.А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – С. 120–125.



УДК 631.363.258/638.178

*Н.В. Бышов, Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин,  
И.А. Успенский, В.В. Павлов*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВОСКА ИЗ ВОСКОВОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА

*Описана методика проведения опыта, позволяющего установить влияние количества загрязнений, содержащихся в суши пчелиных сотов, на выход воска при использовании традиционной пасечной технологии перетопки воскового сырья. Описана методика проведения эксперимента по установлению зависимости пластических свойств восковой основы сота от температуры. Установлены математические модели исследованных свойств и процесса.*

**Ключевые слова:** воск, вощина, перга, восковитость, сушь сотов, температура, прочностные свойства.

*N.V. Byshov, D.N. Byshov, D.E. Kashirin,  
I.A. Uspenskiy, V.V. Pavlov*

### THE RESEARCH OF THE PROCESS OF THE WAX RECEIVING FROM THE WAX RAW MATERIALS OF DIFFERENT QUALITY

*The experiment conducting methodology allowing to determine the influence of the amount of pollution contained in the bee empty honeycombs on the wax output in the use of the traditional apiary technology of the wax raw material melting is described. The methodology of the experiment carrying out to establish the dependence of the plastic properties of the honeycomb wax base on the temperature is described. The mathematical models of the researched properties and process are established.*

**Key words:** wax, honeycombs, ambrosia, wax property, dry combs, temperature, stability properties.

**Введение.** Воск имеет исключительно важное значение для народного хозяйства. Более 40 отраслей промышленности используют его в качестве сырья. Источник поступления воска в народное хозяйство – крупные и мелкие пасеки, пчелокомбинаты, которые сдают на заготовительные пункты лишь часть производимого ими товарного воска и воскосырья. Основная же часть уходит на обновление и увеличение сотового хозяйства пасек. Исходя из этого, важной задачей для пчеловодов представляется увеличение объемов получения и использования качественного воска I и II сортов.

Традиционно для получения воска в условиях пасеки пчеловоды перетапливают в паровых или солнечных воскотопках выбракованные пчелиные соты, которые, как правило, сильно загряз-

нены испорченной пергой. Перга существенно загрязняет получаемый воск, при этом снижает его сортность, а также впитывает большое количество воска, образуя при этом так называемую мерву – отход, образуемый при перетопке сотов. В большинстве случаев мерва не подлежит дальнейшей переработке в качестве воскового сырья. Очистка суши сотов от перги перед перетопкой позволяет увеличить выход товарного воска [6]. Для обоснования рациональных условий переработки воскового сырья необходимо иметь точные данные о влиянии количества перги в суши сотов на выход товарного воска в процессе перетопки.

Механизированные технологии очистки воскового сырья могут включать также ряд дополнительных операций. В связи с этим необходимо иметь также данные об основных физико-механических свойствах подлежащих переработке пчелиных сотов. Известно, что основным элементом, обеспечивающим прочность пчелиного сота, является вощина [3, 4]. Поскольку воск относится к упруговязкопластичным материалам, характеризовать прочностные свойства сотов целесообразно показателем относительного удлинения восковой основы сота после разрыва. Исследуемый показатель позволяет определить температурные диапазоны, при которых продукт обнаруживает по большей части хрупкие или пластичные прочностные свойства. Поэтому для создания рациональных температурных условий, при которых возможно проводить механизированную очистку суши сот, необходимо учитывать теплофизические свойства восковой основы сота.

**Цель и задачи исследований.** Установление влияния количества содержащейся в суши сотов перги на выход товарного воска в процессе переработки посредством паровой воскотопки и изучение влияния температуры на пластические свойства восковой основы.

**Материал и методы исследований.** Для опытов были получены очищенный воск I и II сортов и гранулы перги, извлеченные из суши сотов. Воск измельчали до среднего размера частиц 2÷5 мм, после чего смешивали в заданной для эксперимента пропорции с пергой.

Поскольку из литературных источников известно, что количество воска в пчелиных сотах варьирует в диапазоне от 0,16 до 0,48 кг, а количество перги в выбракованных перговых сотах может составлять от 0,1 до 0,86 кг [1, 2, 5], для проведения эксперимента были выбраны следующие процентные соотношения перга/воск: 25/75; 33/67; 42/58; 50/50; 66/34.

Массу добавляемых к воску загрязнений определяли по следующей формуле:

$$\Delta m_B = M_{BH} \cdot \left( \frac{W_K - W_H}{100 - W_K} \right), \quad (1)$$

где  $\Delta m_B$  – масса добавляемых загрязнений, г;  $M_{BH}$  – масса навески воска, в которую добавляли загрязнения, г;  $W_K$  – процент загрязнений, требуемый для опыта, %;  $W_H$  – исходный процент содержания загрязнений, принимаем равным 0.

Образовавшуюся воскоперговую массу перемешивали до однородной консистенции. Из массы формировались навески массой  $3000 \pm 10$  г, которые загружались в паровую воскотопку марки ВТП. В процессе перетопки получался воск, внутри воскотопки оставалась масса перговых гранул, пропитанная воском, дальнейшее извлечение из которой воска посредством воскотопки не представляется возможным. Количество полученного воска взвешивали на весах марки ВЛТК-500М с точностью до 0,01 г. Выход воска из перетопленной искусственно загрязненной суши сотов определяли по следующей формуле:

$$W_B = \frac{M_{BP}}{M_{BH}} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $W_B$  – выход воска, %;  $M_{BP}$  – масса воска, полученная в результате перетопки искусственно загрязненной суши, г;  $M_{BH}$  – масса навески воска, в которую добавляли загрязнения, г.

Опыты проводились с 3-кратной повторностью в каждой точке.

Для выявления зависимости прочностных свойств восковой основы сота (вощины) от температуры был проведен эксперимент на установке РМБ-10-2М при различной температуре вощины.

Исследование проводилось следующим образом. Из листа восковой вошины вырезали полоски длиной 180 мм и шириной  $15 \pm 0,1$  мм. Полоски выдерживались в сушильном шкафу СЭШ-3М при заданной температуре, превышающей необходимую для эксперимента на  $5 \dots 10$  °С, в течение 10..15 мин. Затем из сушильного шкафа извлекали две одинаковые полоски, в одну из которых внедряли термодатчик мультиметра М-838 для контроля за температурой, а другую закрепляли в зажимах установки РМБ-10-2М. Когда температура контрольной полоски снижалась до необходимого значения, проводили испытание в соответствии с инструкцией по эксплуатации установки [7]. Испытуемая полоска подвергалась растяжению до разрыва, скорость растяжения была постоянна для всех измерений и составляла 180 мм/мин. Куски вошины извлекали из рабочих органов машины и вторично измеряли их длину.

Относительное удлинение  $\delta(\%)$  вошины после разрыва определяется по формуле

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $l_0$  – длина полоски до разрыва, мм;  $l_1$  – длина полоски после разрыва, мм.

За показатель удлинения принимали среднее арифметическое результатов 5 параллельных определений для каждого значения температуры, соответствующего одному опыту.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате статистической обработки экспериментальных данных установлена следующая эмпирическая зависимость выхода воска (в % от первоначального количества) от процента добавляемых загрязнений:

$$y = 56,06 + 0,74 \cdot x - 0,021 \cdot x^2, \quad (4)$$

где  $y$  – выход воска, %;  $x$  – содержание загрязнений, %.

Коэффициент детерминации составляет  $R^2 = 0,958$ .

Установленная зависимость представлена графически на рисунке 1.

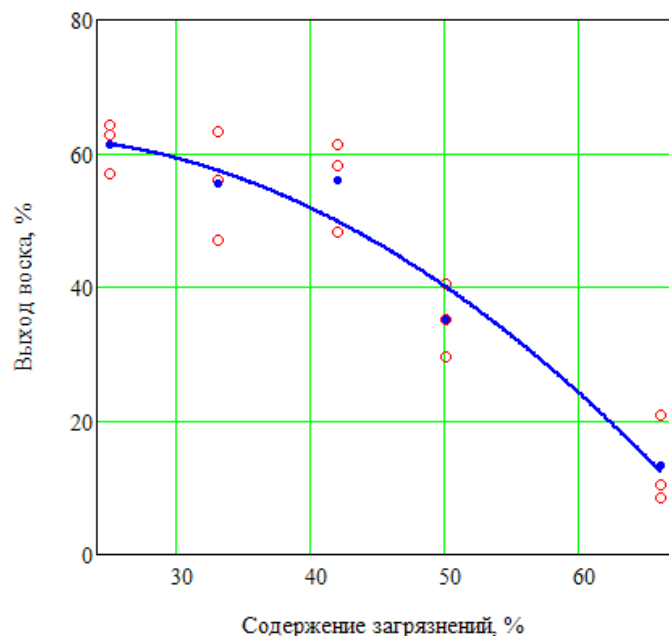


Рис. 1. Графическая зависимость процента выхода воска от процентного содержания загрязнений

Необходимо отметить, что в процессе опыта наблюдался процесс частичного растворения перги в воске, что в условиях пасеки приводит к снижению сортности воска.

Анализ полученной зависимости показывает, что с увеличением количества перги в «искусственной» суши сотов существенно снижается количество получаемого товарного воска, а также ухудшается его качество. Особенно интенсивно процесс протекает при содержании перги в количестве 40 % и больше от общей массы суши.

Представляется целесообразным проводить очистку суши сотов от загрязнений перед перетопкой. Соблюдение этого требования позволит увеличить выход воска и повысить его качество.

При содержании перги в количестве 25...30 % от общей массы сота потери воска составляют порядка 40 %, а при увеличении количества загрязнений до 66 % потери воска возрастают до 80...85 %.

В результате статистической обработки опытных данных по определению влияния температуры восковой основы на ее пластические свойства установлено, что с наибольшей достоверностью исследуемая зависимость описывается полиномом 3-й степени

$$y = 1,794 - 0,162 \cdot x + 0,038 \cdot x^2 - 0,00074 \cdot x^3, \quad (5)$$

где  $y$  – относительное удлинение, %;  $x$  – температура восковой основы, °C.

Коэффициент детерминации составляет  $R^2 = 0,964$ .

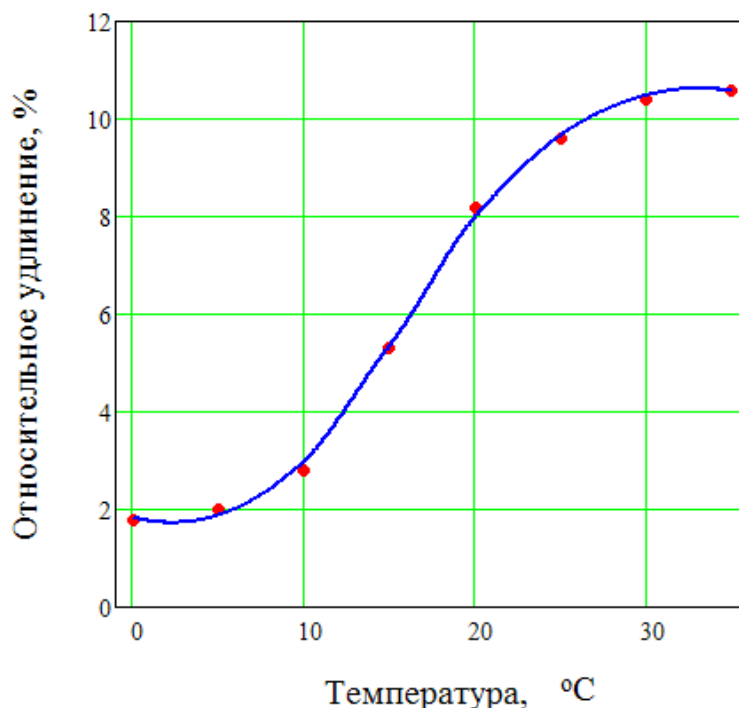


Рис. 2. Графическая зависимость показателя остаточного относительного удлинения восковой основы сота от температуры

**Выводы.** Установленная зависимость, представленная графически на рисунке 2, позволяет утверждать, что при температуре от 0 до +10°C у восковой основы наблюдается незначительное, в пределах 3%, удлинение. В диапазоне температур от +10 до +20°C происходит резкое увеличение пластических свойств. Так, при температуре +20°C относительное удлинение достигает 8 %. При дальнейшем увеличении температуры происходит замедление увеличения пластических свойств восковой основы.

## Литература

1. Бышов Н.В., Каширин Д.Е. Исследование отделения перги от восковых частиц // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 26–27.
2. Каширин Д.Е. Исследование массы и геометрических параметров перговых сотов // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 152–154.
3. Каширин Д.Е., Куприянов А.В. Исследование некоторых прочностных характеристик восковой основы пчелиных сотов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 8. – С. 199–202.
4. Каширин Д.Е., Куприянов А.В. К вопросу определения прочности восковой основы пчелиных сотов // Инновационные технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Рязань, 2011. – С. 105–107.
5. Каширин Д.Е. К вопросу отделения перги из измельченной воскоперговой массы // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 1. – С. 138–139.
6. Каширин Д.Е., Куприянов А.В. К вопросу очистки суши пчелиных сотов от загрязнений перед перетопкой // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию Института механики и энергетики (16–19 октября 2012). – Саранск, 2012. – С. 235–236.
7. Разрывная машина для бумаги и картона РМБ-10-2М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М., 1988. – 31 с.



УДК 664.859.4

Г.С. Гуленкова, О.Ю. Веретнова

### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЮРЕ ИЗ ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ

Фруктовое пюре является хорошим физиологически функциональным наполнителем для традиционных десертов, также может быть использовано как самостоятельный продукт. Плоды облепихи богаты биологически активными веществами и обладают высокими товарно-технологическими свойствами для производства подобных консервов. В работе приведена рецептура и математическая модель технологических процессов производства облепихового пюре.

**Ключевые слова:** облепиха, пюре, биологически активные вещества, рецептура, модель технологических процессов.

G.S. Gulenkova, O.Yu. Veretnova

### THE TECHNOLOGY OF PRODUCING PUREES FROM THE SEA BUCKTHORN FRUIT

The fruit puree is a good physiologically functional filling for traditional desserts it can also be used as a separate product. Sea buckthorn fruit is rich in the biologically active substances and possesses high goods-technological properties for the production of such canned goods. The formulation and the mathematical model of the technological processes of the sea buckthorn puree production are presented in the article.

**Key words:** sea buckthorn, fruit puree, biologically active substances, formulation, model of technological processes.

---

**Введение.** В Восточной Сибири широко распространены плодовые деревья и кустарники, ягоды которых, произрастающие в достаточных для промышленной переработки объемах, имеют большую практическую ценность. Среди них следует выделить облепиху крушиновидную (*Hippophae rhamnoides* L.), обладающую уникальным комплексом биологически активных веществ и технологическими характеристиками.

Анализ научной литературы показал, что многочисленные разработки с использованием плодов облепихи затрагивают узкий ассортимент пищевых продуктов – в основном соки, а также мучные кондитерские изделия с использованием облепихового жмыха [6].

В данной работе приведена целесообразность получения пюре из плодов облепихи. Технология производства пюре достаточно проста и позволяет выпускать его в больших количествах. Кроме того, выбор оптимальных режимов обработки позволит максимально сохранить пищевые вещества, сократить потери массы, обеспечить высокие вкусовые качества и хорошую перевариваемость продукта.

**Цель работы.** Разработка рецептуры и модели технологических процессов получения пюре из плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides L.*).

В соответствии с целью поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ соответствия безопасности и товарного качества облепихового пюре.
2. Разработать модель и методику исследования для обоснования эффективных технологических процессов получения пюре из плодов облепихи с учетом биохимических показателей сырья.

Для решения поставленных задач в работе использовались общепринятые методы испытаний. Статистическая обработка экспериментальных данных и определение достоверности различий проводились с помощью пакетов Statistica 6.0 и DataFit 8.0.

Для разработки рецептуры пюре использовали сорт облепихи Чуйская, обладающий высокими товарно-технологическими свойствами и оптимальными биохимическими характеристиками [4].

Была проведена оценка безопасности и качества продуктов переработки из плодов облепихи. Результаты органолептических и физико-химических показателей качества свидетельствуют, что пюре из плодов облепихи является ценным в пищевом отношении сырьем (табл.). В ходе исследований установлено, что пюре из плодов облепихи по микробиологическим показателям соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», Федерального закона «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей» №178-ФЗ, а также СанПиН 2.3.2.1078-01 [1–3, 5].

#### Пищевая и биологическая ценность продуктов переработки плодов облепихи

Показатель	Значение	
	Пюре натуральное	Пюре с добавлением сахара
Массовая доля растворимых сухих веществ, x, %	46,89±0,57	63,92±1,12
Общее содержание сахаров, y, %	4,02±0,2	26,03±1,1
Массовая доля титруемых кислот, z, %	1,2±0,008	0,9±0,05
Массовая доля каротиноидов, мг/100 г	12,9±0,02	12,7±0,31
Массовая доля витамина С, мг/100 г	41,9±0,09	43,1±0,42
Массовая доля витамина Е, мг/100 г	11,0±0,36	11,7±0,03
Массовая доля витамина РР, мг/100 г	0,83±0,3	0,87±0,1
Энергетическая ценность, 100 г/ккал	240	272

Схема технологических процессов производства продуктов переработки из плодов облепихи представлена в виде информационно-логической модели, на которой даны обозначения звеньев и интенсивностей переходных процессов (рис. 1).

Для модельного представления процессов в технологической линии предлагается следующая система дифференциальных уравнений, зависящая от параметров  $x, y, z$ :

$$W_I'(t, x, y, z) = \lambda_{VI} \cdot W_V(t, x, y, z) - \lambda_{IO} \cdot W_I(t, x, y, z) + \lambda_{\varepsilon I} \cdot W_{\varepsilon(t)},$$

$$\begin{aligned}
 W'_O(t, x, y, z) &= \lambda_{IO} \cdot W_I(t, x, y, z) - \lambda_{OM} \cdot W_O(t, x, y, z), \\
 W'_M(t, x, y, z) &= \lambda_{OM} \cdot W_O(t, x, y, z) - \lambda_{MZ} \cdot W_M(t, x, y, z), \\
 W'_Z(t, x, y, z) &= \lambda_{MZ} \cdot W_M(t, x, y, z) - \lambda_{ZR} \cdot W_Z(t, x, y, z), \\
 W'_R(t, x, y, z) &= \lambda_{ZR} \cdot W_Z(t, x, y, z) - \lambda_{RP} \cdot W_R(t, x, y, z) - \lambda_{RPs} \cdot W_R(t, x, y, z), \\
 W'_P(t, x, y, z) &= \lambda_{PR} \cdot W_R(t, x, y, z) - \lambda_{PT} \cdot W_P(t, x, y, z), \\
 W'_{Ps}(t, x, y, z) &= \lambda_{RPs} \cdot W_R(t, x, y, z) + \lambda_{SPs} \cdot W_S(t, x, y, z) - \lambda_{PsTs} \cdot W_{Ps}(t, x, y, z) \\
 W'_T(t, x, y, z) &= \lambda_{PT} \cdot W_P(t, x, y, z) - \lambda_{TF} \cdot W_T(t, x, y, z), \\
 W'_{Ts}(t, x, y, z) &= \lambda_{PsTs} \cdot W_{Ps}(t, x, y, z) - \lambda_{TsFs} \cdot W_{Ts}(t, x, y, z), \\
 W'_F(t, x, y, z) &= \lambda_{TF} \cdot W_T(t, x, y, z) - \lambda_{FH} \cdot W_F(t, x, y, z), \\
 W'_{Fs}(t, x, y, z) &= \lambda_{TsFs} \cdot W_{Ts}(t, x, y, z) - \lambda_{FSh} \cdot W_{Fs}(t, x, y, z), \\
 W'_H(t, x, y, z) &= \lambda_{FH} \cdot W_F(t, x, y, z) + \lambda_{FSh} \cdot W_{Fs}(t, x, y, z),
 \end{aligned}$$

где  $t$  – время, ч;  $x$  – содержание сухих веществ, %;  $y$  – содержание сахаров, %;  $z$  – содержание кислот в пюре из плодов облепихи, %;  $W_\varepsilon(t)$  – случайный гауссовский процесс.

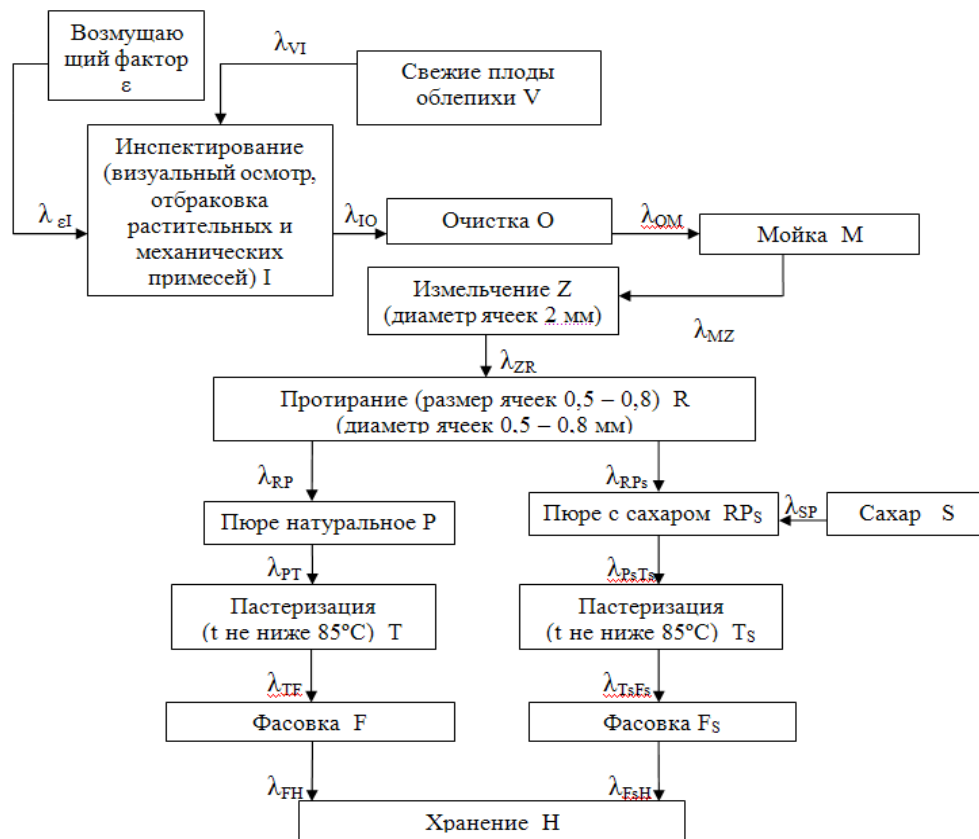


Рис. 1. Информационно-логическая модель технологических процессов производства пюре из плодов облепихи

Начальные условия:  $W_V(0)=v$  (начало процесса – в начальный момент времени),  $t=0$ ,  $W_V(0)=v$ ,  $W_I(0)=0$ ,  $W_O(0)=0$ ,  $W_M(0)=0$ ,  $W_I(0)=0$ ,  $W_P(0)=0$ ,  $W_{Ps}(0)=0$ ,  $W_S(0)=s$ ,  $W_T(0)=0$ ,  $W_{Ts}(0)=0$ ,  $W_F(0)=0$ ,  $W_{Fs}(0)=0$ ,  $W_H(0)=0$  вместе с предложенной системой дифференциальных уравнений определяют задачу Коши. В результате вычислительного эксперимента при различных значениях интенсивностей процессов установлено, что решение задачи Коши для системы дифференциальных уравнений, зависящей от параметров  $x, y, z$ , является моделью динамики технологических процессов.

Содержание сухих веществ ( $x$ ) для пюре натурального изменяется в диапазоне от 46,233 до 47,215 %, причем оптимум достигается в точке  $x^0=46,925$  % (рис. 2); для пюре с сахаром – от 63,547 до 64,211 %,  $x^0=63,898$  % (рис. 3).

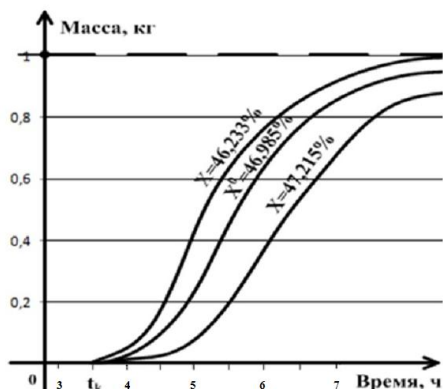


Рис. 2. Выход пюре натурального в зависимости от содержания сухих веществ при  $y=4,02$  %,  $z=1,2$  %

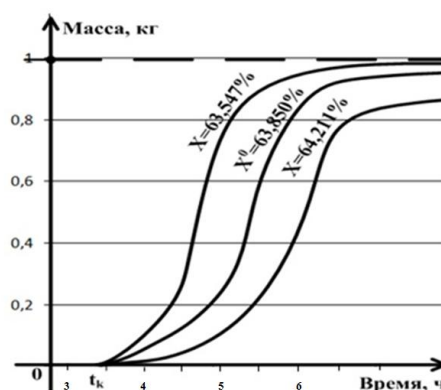


Рис. 3. Выход пюре с сахаром в зависимости от содержания сухих веществ при  $y=26,03$  %,  $z=0,9$  %

Содержание сахаров ( $y$ ) для пюре натурального находится в диапазоне от 3,987 до 4,225 %, оптимум достигается в точке  $y^0=4,031$  % (рис. 4); для пюре с сахаром – от 24,999 до 26,251 %,  $y^0=26,281$  % (рис. 5).

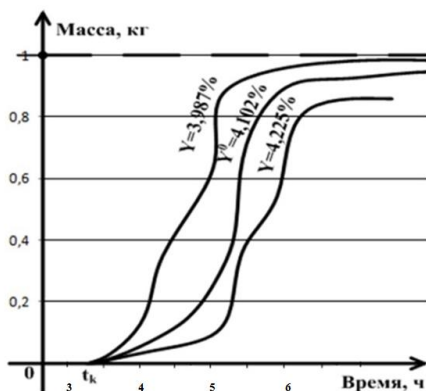


Рис. 4. Выход пюре натурального в зависимости от содержания сахаров при  $x=46,89$  %,  $z=1,2$  %

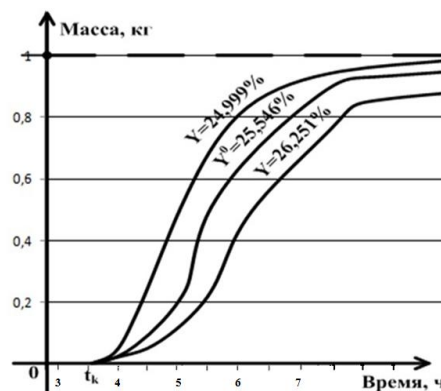


Рис. 5. Выход пюре с сахаром в зависимости от содержания сахаров при  $x=63,92$  %,  $z=0,9$  %

Расчеты при соотношении 1:1 (пюре:пюре с сахаром) при различных значениях загружаемой массы сырья  $v$  показали асимптотическую устойчивость процесса: выход продукта с сахаром составляет  $\frac{V}{2}(1 + \sigma)$ , без сахара –  $\frac{V}{2}$ ; заполнение звена хранения начинается с критической точки  $t_k = 3,52$  ч независимо от начальной загружаемой массы сырья  $v$ . По завершении технологического процесса из загружаемой массы  $V + \frac{V\sigma}{2}$  получено пюре, где  $\frac{V\sigma}{2}$  – прибавка за счет введения сахара (рис. 6).



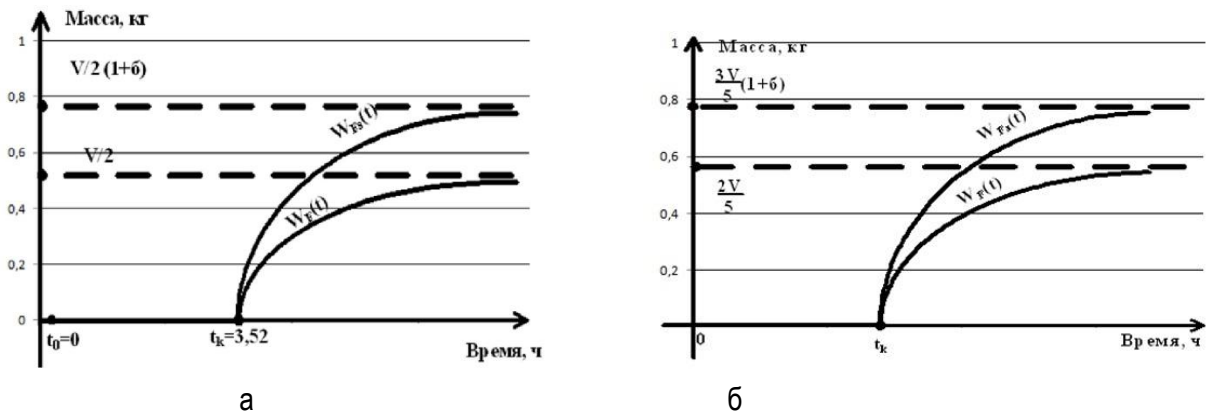


Рис. 6. Сравнение динамического производства продукта с сахаром ( $F_s$ ) и без сахара ( $F$ ): а – при соотношении 1:1; б – при соотношении 2:3,  $\sigma=0,2$

Аналогичные эксперименты на компьютере при соотношении 2:3 (пюре:пюре с сахаром) показали, что выход продукта из загруженной массы сырья  $v$  для пюре с сахаром составляет  $\frac{3V}{5}(1+\sigma)$ , а без сахара  $\frac{2V}{5}$ . Общий выход составляет  $V + \frac{3V}{5}\sigma$ , где  $\frac{3V}{5}\sigma$  – прибавка за счет введения сахара. В результате лабораторных исследований при различных соотношениях пюре:пюре с сахаром методом хронометража построены эмпирические зависимости  $W_{FS}^*(t)$ . Так, при соотношении 2:3 максимальное отклонение эмпирической кривой от теоретической (расчетной по модели) составляет 2,57 % (рис. 7).

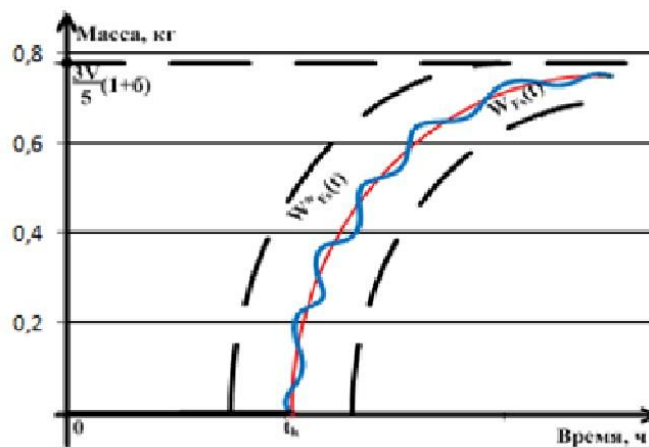


Рис. 7. Динамики производства продукта с сахаром ( $F_s$ ):  $W_{FS}(t)$  – теоретическая кривая,  $W_{FS}^*(t)$  – эмпирическая кривая

В целом при различных соотношениях пюре:пюре с сахаром эмпирическая кривая  $W_{FS}^*(t)$  отклоняется от теоретической  $W_{FS}(t)$  не более чем на 5 %. Случайность процессов обусловлена неоднородностью загружаемого сырья, поэтому кривая динамики, полученная в лабораторных условиях, отличается от расчетов на компьютере. Следовательно, разработанная модель может быть использована для прогнозных целей. Выход пюре натурального из плодов облепихи по представленной схеме составляет 77 %. Оптимальное соотношение компонентов в пюре с сахаром: 1: 0,2 (пюре : сахар).

**Выводы.** Таким образом, продукты переработки из плодов облепихи являются ценным и безопасным сырьем, что позволяет использовать их в качестве самостоятельного продукта и как физиологически функциональный наполнитель для традиционных продуктов питания. Пюре нату-

ральное и пюре с сахаром из плодов облепихи по показателям безопасности и качества отвечают требованиям действующей нормативной документации.

### Литература

1. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011: утв. Решением Комиссии Таможенного союза 09.12.2011. – № 880.
2. Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей: Федер. закон: принят Гос. думой 10.10.2008 // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 44. – Ст. 4984.
3. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М.: Минздрав России, 2002. – 164 с.
4. Гуленкова Г.С. Особенности биохимического состава плодов облепихи // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 9. – С. 206–210.
5. Гуленкова Г.С., Чепелева Г.Г. Функциональные продукты на основе плодов облепихи крушиновидной *Hippophae rhamnoides* L. // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 11. – С. 262–265.
6. Золотарева А.М. Перспективы совершенствования производства продуктов питания на основе биологически активных веществ облепихи // Изв. вузов. Пищевая биотехнология. – 2003. – № 4. – С. 55–57.



УДК 664.3:613.26

О.Ю. Веретнова

### ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*В статье представлены результаты товароведной оценки местного растительного сырья с целью дальнейшего использования в производстве продуктов питания функционального назначения.*

**Ключевые слова:** нетрадиционное растительное сырье, функциональные продукты, идентификация, доброкачественность.

O. Yu. Veretnova

### THE POSSIBILITIES TO USE THE NON-TRADITIONAL VEGETABLE RAW MATERIALS FOR THE FUNCTIONAL FOOD PRODUCTION

*The results of the merchandising assessment of the local vegetable raw materials with the aim of the further use for the functional food production are presented in the article.*

**Key words:** non-traditional vegetable raw materials, functional products, identification, high quality.

---

**Введение.** Целями государственной политики в области здорового питания являются сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием.

Одной из основных задач государственной политики в области здорового питания является развитие производства пищевых продуктов функционального назначения [1].

Стремление к полезному сбалансированному питанию является неотъемлемой частью современной тенденции заботы о своем здоровье. Мировой рынок функциональных продуктов интенсивно развивается, ежегодно увеличиваясь на 15–20 %. В целом потребление функциональных

продуктов питания увеличивалось за последние шесть лет, и при благоприятной экономической обстановке в пищевой отрасли будет происходить дальнейший рост данного показателя [2].

Разработка и производство функциональных пищевых продуктов на основе новых нетрадиционных видов местного растительного сырья является одним из основных способов, позволяющих решить проблему оптимизации питания, и одной из значимых областей исследования для инновационного развития региона.

Выполнение работ по вовлечению растительных ресурсов Красноярского края в производство функциональных продуктов питания рассматривается с точки зрения реализации инновационных проектов в рамках тематического инновационного кластера с привлечением малого бизнеса. Малые перерабатывающие предприятия смогут осуществлять технологический процесс от заготовки сырья, ресурсосберегающей переработки растений до получения из них товарных продуктов функционального назначения [3].

Растительное сырье – это богатый источник функциональных ингредиентов, в первую очередь витаминов и минеральных веществ, оно содержит аскорбиновую кислоту, Р-активные вещества, органические кислоты и пектиновые вещества.

Использование продукции из отечественного растительного сырья ограничено. Это обусловлено недостаточной изученностью химического состава местного растительного сырья. Также одним из важных вопросов является идентификация и подлинность растительного сырья и продуктов, полученных на его основе.

**Цель исследований.** Товароведная оценка новых видов нетрадиционного растительного сырья для дальнейшего использования в производстве функциональных продуктов питания.

В соответствии с целью поставлены следующие **задачи**: установить подлинность и доброкачественность, а также показатели безопасности исследуемого растительного сырья для дальнейшего использования в производстве продуктов с заданными функциональными свойствами.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследования были взяты лекарственные растения, произрастающие на территории Красноярского края: трава полыни горькой – *Artemisia absinthium* L., побеги багульника болотного – *Ledum palustre* L., цветки пижмы обыкновенной – *Tanacetum vulgare* L. Сырьем являлись воздушно-сухая смесь растений, а также полученные из вышеперечисленного растительного сырья эфирные масла.

Соответствие лекарственного растительного сырья и эфирных масел нормируемым показателям качества определяли путем проведения товароведного анализа, состоящего из комплекса методов, позволяющих определить подлинность и доброкачественность растительного сырья. Для этого использовались органолептические, физические и химические методы анализа в соответствии с методиками [4, 5].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Первым этапом исследования лекарственного растительного сырья являлось определение подлинности (идентификации) сырья. Результаты представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1

## Идентификационные показатели травы полыни горькой

Показатель	Норма, согласно НД	Фактические
Внешний вид	Цветочные корзинки, кусочки стеблей и листьев различной формы размером от 1 до 7 мм	Цветочные корзинки, кусочки стеблей и листьев различной формы размером 5-6 мм
Цвет	Серовато-зеленый, серебристо-серый	Серовато-зеленый, серебристо-серый
Запах	Ароматный, своеобразный, сильный	Ароматный, своеобразный, сильный
Вкус	Пряно-горький	Пряно-горький

## Идентификационные показатели побегов багульника болотного

Показатель	Норма, согласно НД	Фактические
Внешний вид	Кусочки стеблей, листьев и плодов размером от 1 до 5 мм	Кусочки стеблей, листьев и плодов размером 3-4 мм
Цвет	Цвет зеленый, темно-зеленый, оранжево-коричневый, серовато-коричневый	Цвет зеленый, темно-зеленый, оранжево-коричневый, серовато-коричневый
Запах	Резкий, специфический	Резкий, специфический
Вкус	Не определяется	Не определяется

## Идентификационные показатели цветков пижмы обыкновенной

Показатель	Норма, согласно НД	Фактические
Внешний вид	Цельные цветочные корзинки, отдельные трубчатые цветки, цветоложа и кусочки цветоносов размером от 1 до 7 мм	Цельные цветочные корзинки, отдельные трубчатые цветки, цветоложа и кусочки цветоносов размером 4-6 мм
Цвет	Цвет цветков желтый, листочков обертки – буровато-зеленый, цветоносов – светло-зеленый	Цвет цветков желтый, листочков обертки – буровато-зеленый, цветоносов – светло-зеленый
Запах	Своеобразный	Своеобразный
Вкус	Пряный, горький	Пряный, горький

Как видно из полученных данных, исследуемое растительное сырье соответствует требованиям нормативной документации по внешнему виду, цвету, запаху, вкусу [4, 6] и является подлинным, что служит основанием для дальнейшего исследования растительного сырья.

С целью дальнейшего исследования сырья на доброкачественность были изучены физико-химические показатели (степень измельчения сырья, влажность, содержание органической примеси, содержание минеральной примеси). Степень измельчения растительного сырья не превышает 7 мм (у полыни горькой и пижмы обыкновенной) и 5 мм – у багульника болотного, что соответствует требованиям НД. Содержание частиц, проходящих через сито с отверстиями диаметром 0,5 мм, не превышает требований, установленных стандартами. Влажность исследуемых образцов сырья находится в норме и не превышает стандартного значения – 13 %. Отсутствие органической и минеральной примесей, посторонних запахов, плесени и гнили, а также зараженности вредителями свидетельствует о соблюдении правил при заготовке, сушке и транспортировании растений. Следовательно, по всем показателям лекарственно-растительное сырье является доброкачественным и соответствует требованиям нормативной документации на каждый вид растительного сырья.

Растительное сырье и пищевые продукты должны соответствовать установленным нормативными документами требованиям к допустимому содержанию токсичных элементов, представляющих опасность для здоровья человека.

В связи с этим на данном этапе исследовали безопасность растительного сырья на содержание токсичных элементов в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1280-01 [8]. Для этого опре-

деляли содержание свинца, ртути, кадмия и мышьяка. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4

## Показатели токсичной безопасности растительного сырья

Вещество	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Фактическое содержание в сухом сырье, мг/кг		
		Трава полыни горькой	Побеги багульника болотного	Трава пижмы обыкновенной
Свинец	10,0	0,403 ± 0,03	0,10 ± 0,01	0,30 ± 0,02
Кадмий	1,0	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Мышьяк	1,0	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ртуть	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Концентрации токсичных элементов не превышают допустимых уровней по п. 1.6.10 СанПиН 2.3.2.1078-01, что свидетельствует о безопасности сырья и позволяет использовать данное растительное сырье в производстве продуктов питания.

Одним из основных компонентов растительного сырья является эфирное масло, которое получали методом гидродистилляции.

Установлено, что среднее содержание эфирного масла в траве полыни горькой и побегах багульника болотного составляет около 2,0 % от веса исходного воздушно-сухого сырья, в цветках пижмы обыкновенной – 0,8 %.

Органолептические показатели эфирных масел являются основными идентификационными признаками [7], а также характеризуют степень его пригодности для использования в качестве ароматизирующего компонента в пищевой и парфюмерно-косметической промышленности. Физико-химические показатели также являются идентификационными признаками при сертификации эфирных масел (табл. 5).

Таблица 5

## Органолептические и физико-химические показатели эфирных масел исследуемого ЛРС

Показатель	Характеристика эфирного масла		
	травы полыни горькой	побегов багульника болотного	цветков пижмы обыкновенной
Внешний вид	Густая однородная жидкость без примесей воды и осадка	Однородная жидкость без примесей воды и осадка	Густая однородная жидкость без примесей воды и осадка
Цвет	Сине-зеленый	Насыщенный желтый	Темно-желтый
Запах	Горьковато-полынный	Своеобразный горьковатый	Своеобразный горьковатый
Вкус	Горьковатый	Горьковатый	Горьковатый
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,949	0,933	0,894
Показатель преломления, n <sub>d</sub> <sup>20</sup>	1,5021	1,4813	1,4727
Температура начала кипения, °С	144,0	174,5	-
Эфирное число	110,06	160,20	-
Кислотное число	7,76	2,23	-

«-» – величины не определялись ввиду небольшого содержания масла в сырье.

Также методом хромато-масс-спектрометрии был идентифицирован состав эфирных масел исследуемого ЛРС.

Эфирные масла пижмы обыкновенной и полыни горькой можно рекомендовать для применения в пищевой промышленности в качестве ароматизаторов в кондитерском и ликероводочном производстве.

После получения эфирного масла остается шрот, в котором присутствует значительное количество экстрактивных веществ, извлекаемых водой [9], рациональное использование которых может привести к расширению ассортимента товарных продуктов функционального назначения.

Так, например, в дальнейшем планируется использование шрота, оставшегося после отгонки эфирного масла, для производства леденцовой карамели с заданными фармакологическими свойствами.

**Заключение.** Исследованы потребительские свойства травы полыни горькой, побегов багульника болотного и соцветий пижмы обыкновенной, произрастающих в Красноярском крае, в том числе по показателям безопасности. Дана товароведная оценка эфирных масел, полученных методом гидродистилляции из исследуемого растительного сырья. Экспериментальные данные дают основание для использования нетрадиционного местного растительного сырья в производстве продуктов питания. Это позволяет не только расширять ассортимент региональных продовольственных товаров, но и придавать им профилактические и функциональные свойства.

### Литература

1. Об утверждении основ государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г.: Распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р // Российская газета. – 2010. – 03 нояб.
2. Скобелев В. Рынок функциональных продуктов питания в России: маркетинговый обзор. – М.: ИА «КредИнформ», 2012. – 204 с.
3. Губаненко Г.А. Изучение возможности использования новых видов растительного сырья Красноярского края в производстве функциональных пищевых продуктов // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 1. – С. 182–186.
4. Государственная фармакопея СССР. – М., 1990. – Вып. 2.
5. ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирных масел. – М., 1980. – 10 с.
6. ГОСТ 3558-89. Трава и листья полыни горькой. Технические условия. – Введ. 01.06.1990. – М., 1990. – 7 с.
7. ГОСТ 30145-94. Масла эфирные и продукты эфиромасличного производства. Правила приемки, отбор проб и методы органолептических испытаний. – Введ. 01.01.1997. – М., 1997. – 10 с.
8. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: СанПиН 2.3.2.1078-01. – М.: ФГУП «Интер СЭН», 2002.
9. Веретнова О.Ю., Ефремов А.А. Использование водных экстрактов некоторого растительного сырья в производстве продуктов питания // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: сб. мат-лов III Всерос. конф. – Барнаул, 2007. – Кн. 2. – С. 336–338.



УДК 664.8

И.А. Бакин, А.С. Мустафина, П.Н. Лунин

**ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ**

*В статье рассмотрено влияние технологических процессов переработки на химический состав ягод черной смородины. Обоснованы технологические параметры получения экстрактов ягод черной смородины.*

**Ключевые слова:** черная смородина, экстрагирование, экстракт, переработка, химический состав.

I.A. Bakin, A.S. Mustafina, P.N. Lunin

**THE STUDY OF THE BLACK CURRANT BERRY CHEMICAL COMPOSITION IN THE PROCESSING**

*The influence of the technological processes on the black currant berry chemical composition is considered in the article. The technological parameters to receive the black currant berry extracts are substantiated.*

**Key words:** black currant, extraction, extract, processing, chemical composition.

**Введение.** В настоящее время актуальной задачей является разработка рациональной технологии переработки плодово-ягодного сырья с целью наиболее полного извлечения и сохранения полезных веществ, а также обеспечение оптимальных условий проведения процессов с минимальными энерго- и материалозатратами. Пищевая ценность плодов и ягод зависит от химического состава, который определяет лечебное или лечебно-профилактическое воздействие сырья на организм человека. Биологически активные вещества ягод черной смородины (*Ribes nigrum*) известны своим лечебно-профилактическим воздействием на организм человека. Лечебные свойства ягоды обусловлены высоким содержанием биологически активных веществ, которые представлены преимущественно фенольными соединениями: антоцианами, лейкоантоцианами, катехинами, флавонолами [1, 2]. Ягоды черной смородины служат источником природного витамина С. В отличие от многих других плодов и ягод, в черной смородине низкое содержание ферментов, разрушающих аскорбиновую кислоту. Это позволяет использовать сырье как в свежем виде, так и в консервированном: сушеное и замороженное; продукты переработки – варенье, джемы, настои, морсы, экстракты. Извлечение биологически активных веществ из ягод черной смородины в жидком виде, например в виде экстрактов и настоев, широко применяется в пищевой промышленности, медицине, косметологии.

С целью мониторинга химических компонентов ягод черной смородины проанализированы литературные данные по их составу [2–5]. Выявлено, что содержание компонентов в ягоде зависит от сортовых особенностей растения и региона произрастания, поэтому в работе изучалось сырье Сибирского региона.

**Цель исследований.** Анализ химического состава ягод черной смородины в свежем сырье и в продуктах переработки (быстрозамороженная ягода, водно-спиртовые и водные экстракты) для обоснования технологических параметров процесса переработки, позволяющих обеспечить сохранность высоких товарных и вкусовых свойств.

**Задачи:** изучение изменения химического состава ягод черной смородины в технологических процессах переработки.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились на свежих ягодах черной смородины сорта «Дачница», урожая 2014 года, и продуктах переработки черной смородины: хранившиеся шесть месяцев замороженными при температуре -18 °С; водно-спиртовые и водные экстракты.

Режимы экстрагирования приняты на основе ранее проведенных исследований [6]. Экстрагент – вода и водно-спиртовой раствор (40 об. %). Соотношение расхода масс сырья и жидкости выбрано 1:2 [4]. Использовались общепринятые количественные методы определения химического состава ягод черной смородины [7]. Массовая доля сухих веществ определялась по ГОСТ 29031-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения сухих веществ, нерастворимых в воде». Массовую долю растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ 28562-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ».

Известно, что правильное функционирование организма обеспечивается благодаря аскорбиновой кислоте. Однако витамин С разрушается при длительном воздействии высоких температур, света, воздуха, поэтому представляет интерес изучить содержание аскорбиновой кислоты на каждом этапе переработки ягод. Количественное определение аскорбиновой кислоты проводилось по ГОСТ 24556 – титрометрическим методом, с помощью реактива Тильманса. Метод основан на окислительно-восстановительной реакции между аскорбиновой кислотой и индикатором – 2,6-дихлорфенолиндофенолом (реактивом Тильманса).

Важным фактором является вкус ягоды, формируемый соотношением и количеством в ней сахаров и органических кислот. Содержание титруемых кислот определялось методом титрования в пересчете на яблочную кислоту по ГОСТ 25555.0-82 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности». Исследовалась группа редуцирующих (восстанавливающих) сахаров – моносахариды, декстроза и фруктоза, дисахариды, лактоза и мальтоза. Исключение составила сахароза, являющаяся дисахаридом. Редуцирующие сахара определялись йодометрическим методом.

Общее содержание фенольных соединений определялось методом прямой спектрометрии с использованием реактива Фолина-Дениса. Измерялась оптическая плотность окрашенных продуктов реакции, образованных в результате окисления фенольных соединений вольфрамовой кислотой в щелочной среде. С помощью калибровочного графика находилась концентрация полифенольного комплекса черной смородины.

Ягоды смородины богаты антоцианами, относящимися к Р-активным полифенолам. Они обладают разнообразным фармакологическим действием, поэтому сфера их терапевтического применения велика. Биофлавоноиды, кроме нормализации и укрепления состояния капилляров и повышения их прочности, обладают способностью активизировать окислительные процессы в тканях, а также усиливать восстановление дегидроаскорбиновой кислоты в высокоактивную аскорбиновую кислоту, т.е. повышают обеспеченность организма витамином С. Содержание в черной смородине антоцианов исследовалось методом спектрофотометрии, путем пересчета на цианидин-3-рутинозид, основного компонента антоцианового комплекса [7]. Полученные данные представлены в таблице.

#### Химический состав ягод черной смородины и продуктов переработки

Показатель	Интервал изменения, по литер. данным, в свежей ягоде	Свежая ягода	Замороженная ягода	Экстракт водный	Экстракт спиртованный
Массовая доля влаги, %	83...85	85,2	83,61	-	-
Массовая доля сухих веществ, %	17...15	14,8	16,39	-	-
- растворимые	14,9...12,1	13,6±0,2	14,24±0,2	4,2±0,2	5,3±0,2
Массовая доля титруемых кислот (в пересчете на лимонную кислоту), %	2,5...4,5	6,75±0,2	6,21±0,2	0,92±0,2	1,4±0,2
Массовая доля сахаров, %:	9,0...11,05	8,62±0,3	8,84±0,1	6,2±0,3	5,9±0,3
- общие					
- редуцирующие	4,5...16,8	6,97±0,1	6,55±0,2	3,8±0,02	4,9±0,02
Сумма фенольных соединений, мг/%	400...500	691±5	702,32±5	320±5	336±5
Антоцианы, мг/100 г	780...1770	359±7,5	378±3,5	243,6±3,5	274,8±4,5
Витамин С, мг/100 г	100...800	253,27±0,5	241,21±3,0	39,6±1,05	88,42±3,5



По полученным данным содержание сухих веществ в свежей ягоде составило 14,8 %. В замороженном сырье, по сравнению с приводимыми в литературных источниках данными, доля сухих веществ выше (16,39%), а массовая доля влаги меньше (83,61%). Это можно объяснить тем, что в процессе замораживания сырья происходит выделение части свободной воды в виде кристаллов льда, приводящее к увеличению сухих веществ. Применение экстрагента с концентрацией спирта 40 % об. позволяет увеличить выход водорастворимых веществ.

По данным М.А. Макаркиной и Т.В. Янчук, в ягодах черной смородины органические кислоты представлены в основном лимонной, яблочной, винно-каменной, в меньших количествах янтарной, салициловой, фосфорной [3]. Общее количество органических кислот в ягодах сорта «Дачница», выращенных в условиях Центрально-Черноземного региона РФ, составляет 2,12 % (расчет произведен по преобладающей лимонной кислоте). По результатам проведенных исследований, содержание титруемых кислот в сорте «Дачница» составило  $6,45 \pm 0,2\%$ , т.е. для ягоды, выращенной в условиях Сибирского региона, отмечается повышенная кислотность. В процессе низкотемпературного хранения содержание кислот снижается незначительно ( $6,21 \pm 0,2\%$ ). В водно-спиртовом экстракте содержание общих кислот ( $1,4 \pm 0,2\%$ ) выше, чем в водном ( $0,92 \pm 0,2\%$ ).

В литературных источниках, как следует из таблицы, по результатам различных исследователей отмечается, что общее количество сахаров варьируется в широких пределах – от 9,0 до 11,05 %. По данным проведенного исследования, содержание этих веществ составило  $8,62 \pm 0,3\%$ . Обработка в условиях пониженной температуры способствует накоплению сахаров до  $8,84 \pm 0,1\%$ . При этом для опытов, где в качестве экстрагента использовалась вода, выявлено извлечение общих сахаров в большей степени ( $6,2 \pm 0,3\%$ ), чем при использовании водно-спиртовых экстрагентов ( $5,9 \pm 0,3\%$ ).

Основной группой биологически активных веществ, обеспечивающих лечебный эффект ягод черной смородины являются фенольные соединения. По данным разных авторов, сумма фенольных соединений составляет 400...500 мг %. По данным наших исследований, сумма фенольных соединений составляет значительное количество –  $691 \pm 5$  мг фенольных веществ в 100 г ягоды. В процессе хранения выявлено увеличение фенольных веществ в среднем на 2 %. Степень извлечения фенольных веществ выше при использовании водно-спиртованного экстрагента на 8 %.

В изученном сорте черной смородины содержание антоцианов ( $359 \pm 7,5$  мг/100 г) значительно ниже литературных данных (780...1770 мг/100 г). В процессе замораживания и хранения происходит накопление антоцианов ( $378 \pm 3,5$  мг/100 г сырого веса ягоды). Красящих веществ в водных экстрактах на 8–16 % меньше, чем в спиртованных. По результатам анализов выявлено, что образцы, полученные методом настаивания 40 % об. раствором спирта, имеют более высокое содержание красящих веществ, обладают стабильной темно-красной окраской, прозрачностью, выраженным ароматом черной смородины.

Проведенные исследования подтвердили, что ягоды черной смородины являются ценным источником витамина С. По сравнению с данными литературных источников, где содержание этого витамина составляет 100...800 мг/100 г, для ягод исследованного сорта и условий произрастания отмечается достаточно высокое содержание витамина С ( $253,27 \pm 0,5$  мг/100 г). В условиях низкотемпературного хранения выявлено незначительное уменьшение содержания аскорбиновой кислоты – на 5 %. Содержание витамина С в водных экстрактах уменьшилось на 55 %, что можно объяснить окислением кислородом воды в процессе экстрагирования и низким содержанием антоцианов в исследованных ягодах.

**Выводы.** Ягоды черной смородины и продукты её переработки содержат водорастворимые и спирторастворимые химические соединения, обладающие антиоксидантными свойствами. В процессе переработки необходимо учитывать особенности химического состава сырья, вида растворителя.

Выявлено, что в процессе хранения происходит изменение химического состава ягод черной смородины, при этом увеличивается содержание сухих растворимых веществ, что в дальнейшем благоприятно влияет на диффузию при получении экстрактов. Наблюдается снижение содержания витамина С при хранении быстрозамороженной ягоды в течение шести месяцев на 5 %.

Антиоксидантные свойства черной смородины при хранении не изменяются, имеется небольшое увеличение содержания антоцианов в ягодах, изучаемых после низкотемпературного хранения.

Установлено, что вид растворителя влияет на эффективность извлечения биологически активных веществ. В водных экстрактах содержание витамина С меньше на 55 %, а фенольных соединений меньше на 5 % по сравнению со спиртованными извлечениями.

В качестве рекомендаций по технологии получения натуральных красителей из ягод черной смородины можно предложить использовать 40 %-й водно-спиртовой экстрагент, который позволяет повысить растворение антоциановых веществ, а также использовать сырье с большим содержанием антоцианов.

### Литература

1. A review on bioactive compounds in black currants (*Ribes nigrum* L.) and their potential health-promoting properties. *Acta Horticulturae* / R. Karjalainen, M. Anttonen, N. Saviranta [et al.]. – 2009. – 839.301–307.
2. Antioxidative properties of commercial fruit preparations and stability of bilberry and black currant extracts in milk products / G. Skrede, V. Larsen, Bryhn [et al.] // *J. Food Sci.* – 2004. – 69, № 9. – S. 351–356.
3. Макаркина М.А., Янчук Т.В. Характеристика сортов смородины чёрной по содержанию сахаров и органических кислот // *Современное садоводство*. – 2010. – № 2. – С. 9–12.
4. Биологически активные вещества плодов *Ribes* L / Е.И. Шапошник, Л.А. Дейнека, В.Н. Сорокопудов [и др.] // *Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки*. – 2011. – № 9-2 (104). – С. 239–249.
5. Сазонов Ф.Ф., Никулин А.Ф. Сравнительная оценка качества ягод черной смородины и продуктов переработки // *Вестник ФГОУ ВПО «Брянская ГСХА»*. – 2008. – № 4. – С. 21–29.
6. Химический состав российских пищевых продуктов: справ. / И.М. Скурихин [и др.]; под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
7. Исследование технологических процессов получения экстрактов ягод черной смородины / И.А. Бакин, А.С. Мустафина, Л.А. Алексенко [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. – 2014. – № 12. – С. 227–230.
8. Мясищева Н.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // *Техника и технология пищевых производств*. – 2013. – № 3. – С. 36–40.





## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

### АГРОНОМИЯ

УДК 582.542.11 (282.256.67)

А.И. Федорова, М.М. Черосов

#### ВИТАЛИТЕТНАЯ И ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРЫ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ЛИСОХВОСТА ТРОСТНИКОВИДНОГО (*ALOPECURUS ARUNDINACEUS* (POIR.)) В УСЛОВИЯХ ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ\*

*Впервые были изучены виталитетный состав и возрастная структура ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus* в природных условиях Лено-Вилюйского междуречья. Выявлены 3 типа виталитета: процветающие, равновесные и депрессивные. Возрастной спектр нормальный, неполночленный, в основном левосторонний, преобладают молодые прегенеративные особи.*

**Ключевые слова:** виталитет, критерий виталитета Q, индекс виталитета IVC, возрастная структура, Лено-Вилюйское междуречье.

A.I. Fedorova, M.M. Cherosov

#### VITALITY AND AGE STRUCTURE OF ARUNDINACEOUS FOXTAIL (*ALOPECURUS ARUNDINACEUS* (POIR.)) COENOPULATIONS IN THE LENA-VILUY INTERFLUVE CONDITIONS

*For the first time the vitality composition and the age structure of the arundinaceous foxtail (*Alopecurus arundinaceus*) coenopopulations in the natural conditions of the Lena-Viluy interfluve are studied. 3 types of vitality are revealed: flourishing, equilibrium and depressive. The age spectrum is normal, non-complete, mostly left-handed, dominated by young pre-generative species.*

**Key words:** vitality, Q criterion of vitality, vitality index IVC, age structure, Lena-Viluy interfluve.

**Введение.** В настоящее время популяционные исследования ведутся в различных направлениях. Одним из них является жизненное (виталитетное) и возрастное состояние. Виталитетная и возрастная структуры являются основными показателями состояния ценопопуляций, реально отражающими жизненное состояние и устойчивость к воздействию стресса.

Жизненность (виталитет) – это усредненный уровень процветания или угнетения ценопопуляций растений в зависимости от условия обитания. Жизненность не всегда связана с массой ценопопуляций, так как есть виды, для которых оптимальным является доминирование, но есть виды, которые лучше себя чувствуют при рассеянном произрастании в сообществе [1].

Возрастная структура является интегральным показателем состояния ценопопуляций растений. Она определяется индивидуальными свойствами видов (характером и продолжительностью он-

\* Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИБПК СО РАН по проекту № 0376-2014-002. Тема 52.1.11. «Разнообразие растительного мира таежной зоны Якутии: структура, динамика, сохранение». Направление 52. «Биологическое разнообразие программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы».

тогенеза, особенностями возобновления), ценоотическими условиями и этапом большой волны развития ценопопуляции. Таким образом, возрастной состав ценопопуляции отражает ее состояние в данных ценоотических условиях в определенный период и определяет ее устойчивость [2].

**Цель исследования.** Изучение возрастной и виталитетной структуры ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus* в условиях Лено-Вилкойского междуречья.

**Объект и методы исследований.** Лисохвост тростниковидный *Alopecurus arundinaceus* (Poir) – гемикриптофит, гигромезофит, галофит, евразийский, бореальный. Встречается в Якутии: Верхнеленском, Центрально-Якутском, Алданском районах [3]. Произрастает на пойменных приозерных засоленных, солонцеватых лугах, по берегам рек и водоемов [4]. Лисохвост тростниковидный является слабоизученным видом в отношении состояния его популяций в Вилкойской зоне Якутии.

Наши исследования проводились в Нюрбинском районе Вилкойской зоны Якутии. Изучено 7 ценопопуляций (далее ЦП) в природных условиях, которые отличаются по градиентам увлажнения, засоления, видовому составу и по степени антропогенного воздействия. Распространение изучаемых ЦП по сообществам и оценка фитоценозов по экологическим шкалам представлены в таблице 1 [5].

Оценка виталитета особи рассчитывалась усреднением нормированных значений всех оцениваемых признаков растений по средним для всей выборки особей. Результаты ранжировались по трем классам: а – высокий виталитет, b – средний, с – низкий. Оценку виталитетного типа ценопопуляций проводили с использованием критерия Q:

- 1)  $Q = \frac{1}{2}(a + b) > c$  – процветающие ценопопуляции;
- 2)  $Q = \frac{1}{2}(a + b) = c$  – равновесные ценопопуляции;
- 3)  $Q = \frac{1}{2}(a + b) < c$  – депрессивные ценопопуляции [1].

Таблица 1

**Экологическая оценка ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus* (Poir)**

Ценопопуляция	Экологические показатели				
	Увлажнение	Засоление	Роль в сообществе	Степень антропогенного воздействия	Состояние виталитета
1. Лисохвостно-ячменная	66,2	13,6	Доминант	Средняя	Депрессивное
2. Лисохвостно-ячменная	62,9	12,6	Доминант	Сильная	Депрессивное
3. Клеверо-мышиногоршковоя	59,8	12,7	Спутник	Средняя	Депрессивное
4. Осоково-лисохвостная	63,9	12,8	Содоминант	Средняя	Равновесное
5. Бекманиево-осоковая	67,3	12,9	Содоминант	Слабая	Процветающее
6. Лисохвостно-мышиногоршковоя	60,8	12,9	Доминант	Слабая	Процветающее
7. Бекманиево-осоковая	65,2	12,6	Содоминант	Отсутствует	Процветающее

Для оценки степени процветания или депрессивности ценопопуляции использовали отношение  $I_Q = (a + b) / 2c$ . В этом случае значения  $> 1$  будут соответствовать процветающему состоянию,  $< 1$  – депрессивному, а степень отклонения от 1, соответствующей равновесному состоянию, будут отражать степень процветания или депрессии. Для оценки жизненности ценопопуляций А.Р. Ишбирдиным, М.М. Ишмуратовой [6] был предложен популяционный индекс – индекс виталитета

ценопопуляций (IVC), рассчитываемый по размерным спектрам составляющих ценопопуляции особей генеративного состояния. Индекс рассчитывался с использованием выравнивания методом взвешивания средних

$$IVC = \frac{\sum_{i=1}^N x_i / \bar{x}_i}{N},$$

где  $x_i$  – среднее значение  $i$ -го признака в ценопопуляции;  $\bar{x}_i$  – среднее значение  $i$ -го признака для всех ценопопуляций;  $N$  – число признаков.

Для построения размерного спектра были взяты следующие признаки: высота побега, число листьев и побегов, длина соцветия, количество узлов, количество колосков в соцветии, длина и ширина листьев. В каждой ценопопуляции было проанализировано по 30 особей среднегенеративного состояния. Выбранные признаки хорошо раскрывают жизненные показатели растений и весьма удобны для измерения в полевых условиях, охватывают как вегетативные, так и репродуктивные признаки вида.

Для исследования возрастной структуры ценопопуляций вида в конкретных природных условиях использован метод учетных площадок. При определении возрастной структуры ценопопуляций, согласно стандартным критериям, учитывались следующие возрастные состояния: проростки ( $p$ ), ювенильные ( $j$ ), имматурные ( $im$ ), виргинильные ( $v$ ), молодые генеративные ( $g1$ ), средние генеративные ( $g2$ ), старые генеративные ( $g3$ ), субсенильные ( $ss$ ).

Построение возрастных спектров проведено по методике, предложенной Т.А. Работновым [7] и получившей дальнейшее развитие в работах школы А.А. Уранова [8, 9], О.В. Смирновой и др. [10]. Индекс возрастности ценопопуляций определен по методике А.А. Уранова [11]. Индекс эффективности и тип ценопопуляций – по методике Л.А. Животовского [12], которая основана на совместном использовании индекса возрастности ( $\Delta$  – дельта) и индекса эффективности ( $\omega$  – омега). Для общей оценки самоподдержания ценопопуляции использованы индексы восстановления [13] и старения [14]. Все данные были обработаны статистически при помощи пакетов прикладных программ MS Excel и Statistica 7.0.

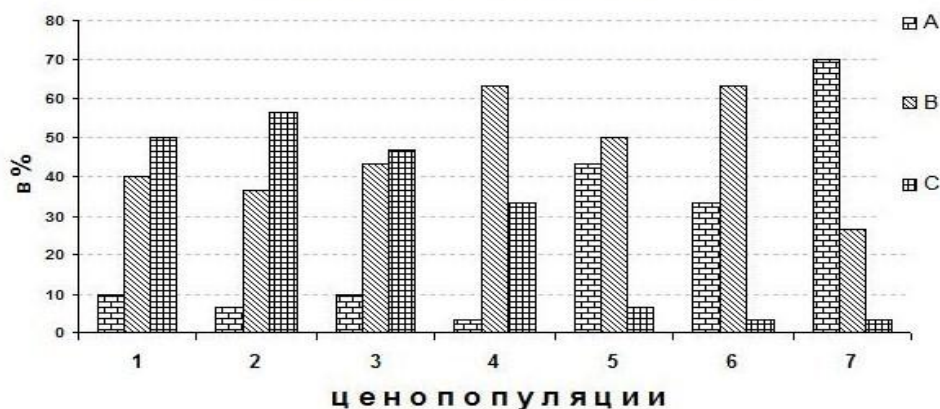
**Результаты исследований.** Анализ местообитаний по экологическим шкалам показал, что изученные ценопопуляции по фактору увлажнения почв располагаются от сухолугового (59,8–62,9 балла) – 34,1 % до влажнолугового (63,9–67,3 балла) – 45,9 %. В экологическом ряду по ступеням богатства-засоленности почв располагаются довольно богатые (12,6–13,6 баллов) – 56,9 %.

Оценка жизнестойкости ЦП *Alopecurus arundinaceus* по размерному спектру особей показала, что в наиболее благоприятных условиях находятся растения ЦП 5 и 7, IVC составляет 1,18 и 1,07 соответственно, в наименее благоприятных условиях находятся растения ЦП 2 и 3 – IVC составляет 0,89 и 0,83 соответственно.

На основе морфометрических параметров вычислен индекс виталитета для ранжирования каждой особи по классам виталитета. Для *Alopecurus arundinaceus* объем выборки составил 210 особей, минимальное значение индекса виталитета особи – 0,83; максимальное – 1,18; при этом получены следующие объемы классов виталитета: 53а – 97b – 60с.

Как видно из рисунка, наибольшая доля особей класса виталитета «а» отмечена в ценопопуляциях 5 и 7. Эти ценопопуляции имеют левосторонний спектр виталитетной гистограммы, обеспечивают воспроизводство и в наибольшей степени трансформируют среду обитания, а также имеют высокие показатели IVC и Q. Средний уровень жизнестойкости отмечен в ЦП 4 и ЦП 6, связан с высокой представленностью среднего класса виталитета «b», и небольшим числом представлены особи высшего «а» и низшего «с» классов. Эти ценопопуляции имеют центрированный спектр виталитетной гистограммы, обеспечивают устойчивость популяции и контроль за размерами реализованной экологической ниши.

**Виталитетный спектр  
*Alopecurus arundinaceus* (Poir.)**



Виталитетный спектр ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus* в процентных соотношениях (классы: а – высший, b – средний, с – низший)

Низший уровень жизненности отмечен в ценопопуляциях 1, 2 и 3, имеющих правосторонний виталитетный спектр, с высокой представленностью особей низшего класса «с», небольшим числом особи среднего класса «b» и высшего класса «а».

Жизненность изученных ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus*: несмотря на сходство возрастного состава на различных ступенях градиента, виталитетный тип варьирует от процветающего до депрессивного. Ценопопуляции процветающего типа с высоким индексом качества приурочены в ЦП 5, 6 и 7, равновесного типа – в ЦП 4, депрессивного типа – в ЦП 1, 2 и 3. Можно отметить, что максимальным значениям виталитета соответствует максимальная выраженность цветения, а минимальным значениям виталитета соответствуют минимально выраженные депрессивные состояния (табл.2).

Таблица 2

**Оценка жизненности ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus* по критерию виталитета и размерного спектра**

Номер ЦП	(a+b)/2c	Q	Индекс виталитета (IVC)	Особи по классам виталитета, %			Виталитетный тип ценопопуляции
				a	b	c	
1	7,5	0,35	0,93	10	40	50	Депрессивная
2	6,5	0,38	0,89	6,6	36,6	56,6	Депрессивная
3	8	0,57	0,83	10	43,3	46,6	Депрессивная
4	10	1	0,93	3,3	63,3	33,3	Равновесная
5	14	7	1,07	43,3	50	6,6	Процветающая
6	14,5	14,5	1,03	33,3	63,3	3,3	Процветающая
7	14,5	14,5	1,18	70	26,6	3,3	Процветающая

Средняя плотность ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus* варьирует от 55,3 до 146,6 шт/ 1 м<sup>2</sup>. Максимальная плотность выявлена в ЦП 5 – (146,6 шт/ 1 м<sup>2</sup>), средняя – в ЦП 4 (118 шт/ 1 м<sup>2</sup>), минимальная – в ЦП 2 (55,3 шт/ 1 м<sup>2</sup>). Высокие показатели индексов восстановления и замещения наблюдаются в ЦП 4 и 5. Индекс восстановления изменяется от 1,0 до 2,87, индекс замещения от 0,71 до 2,54. Низкие показатели индекса восстановления и замещения отмечены в ЦП 1 и 2. Высокая доля генера-

тивных особей от суммы взрослых особей и от суммы общего числа особей отмечена в ЦП 1 и 2, а доля молодых особей – в ЦП 5 и 7 (табл. 3).

Все исследованные ценопопуляции *Alopecurus arundinaceus* по критерию абсолютного максимума и по классификации «дельта–омега» относятся к молодым и переходным, так как большинство особей находятся в имматурных и виргинильных онтогенетических состояниях.

Все изученные ЦП *Alopecurus arundinaceus* являются нормальными неполночленными, возрастные спектры в основном левосторонние, по характеру с различными максимумами – одновершинные, двухвершинные и многовершинные.

Таблица 3

### Некоторые демографические показатели ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus*

Показатель	Ценопопуляции						
	1	2	3	4	5	6	7
Средняя плотность, экз/м <sup>2</sup>	72,6	55,3	61,6	118	146,6	129	136,6
Индекс восстановления – I <sub>v</sub>	1,04	1	1,57	2,87	2,72	2,03	2,1
Индекс замещения – I <sub>з</sub>	0,71	0,80	1,28	2,54	2,33	1,7	1,75
Индекс старения – I <sub>с</sub>	0,18	0,12	0,08	0,04	0,05	0,07	0,07
Доля генеративных особей от суммы взрослых особей (g/ v+g)	0,68	0,82	0,64	0,42	0,58	0,49	0,68
Доля генеративных особей от суммы общего числа особей (g/p+j+im+v+g)	0,48	0,48	0,38	0,25	0,25	0,32	0,31
Доля молодых особей (j+im), %	17	18,6	22,3	43,6	72	39,6	65,3
Доля взрослых особей (v+g), %	42,3	28,6	34,3	66	62	77,6	58,6
Индекс возрастности – Δ	0,39	0,32	0,28	0,20	0,20	0,24	0,22
Индекс эффективности – ω	0,53	0,48	0,47	0,41	0,38	0,45	0,41

К одновершинным относятся: ЦП 3, 4, 5, 6, 7. В ЦП 3 максимум в спектре приходился на имматурные (im) особи (23,7). В ЦП 4 максимум в спектре приходился на виргинильные (v) особи (31,9). В ЦП 5 и 7 максимумы приходились на имматурные (im) особи (34,3 – 36). В ЦП 6 максимум в спектре приходился на виргинильные (v) особи (30,2). К двухвершинным относится ЦП 2, абсолютные максимумы наблюдаются на ювенильных (j) (22,8) и молодых (g1) генеративных (20,4) особях. К многовершинным относится ЦП 1, в этой ценопопуляции наблюдается три пика на виргинильном (v) (18,3), среднегенеративном (g2) (15,1) и субсеньильном (ss) (18,3). Число растений каждого возрастного состояния выражено в процентах от общего числа особей (табл.4).

Таблица 4

### Возрастные спектры ценопопуляций *Alopecurus arundinaceus*

Номер ЦП	Доля особей онтогенетических состояний, %							
	p	j	im	v	g1	g2	g3	ss
1	0	11	12,3	18,3	11,9	15,1	12,8	18,3
2	1,8	22,8	10,8	9	20,4	11,4	10,8	12,6
3	0	12,4	23,7	20	10,8	13,5	11,3	8,1
4	2,8	13,8	23,1	31,9	9	8,4	6,4	4,2
5	3,1	14,7	34,3	17,7	9	8,4	7	5,4
6	2	12,4	18,3	30,2	11,8	10,5	7,4	6,9
7	2,1	11,7	36	13,6	12,4	11,2	5,6	7

**Заключение.** Влияние увлажненности почв на качество ценопопуляций неодинаково: высокий Q зарегистрирован и в увлажненных, и в сухих местообитаниях. Из наших данных видно, что реакция виталитетного состава ценопопуляций зависит от антропогенного воздействия (сенокос, выпас, тебеневка и т.д.) и от видового состава.

Анализ виталитетных спектров показывает, что высокое качество популяций может достигаться по-разному: а) на увлажненных почвах главным образом за счет особей высшего класса виталитета; б) на сухих почвах благодаря высокой частоте особей как среднего, так и высшего классов. Это свидетельствует о различной виталитетной структуре процветающих популяций на разных типах почв. Чем благоприятнее экологический режим, тем больше в ней оказывается особей высшего и промежуточного классов виталитета, а антропогенные воздействия ведут к увеличению в ценопопуляциях доли угнетенных особей, превращая их в депрессивные с выраженной правосторонней асимметрией.

Анализ возрастного спектра показал, что все исследованные ценопопуляции можно отнести к зрелым нормальным неполночленным, имеющим выраженную левосторонность. Характерным является наличие большой доли растений прегенеративного периода, представленного в основном имматурными и виргинильными растениями, небольшое участие генеративных растений и незначительная доля субсенильных особей. Высокий процент участия имматурных и виргинильных растений свидетельствует о молодости ценопопуляции за счет нормальной партикуляции и преимущественно вегетативного способа возобновления.

Наиболее оптимальными условиями во всех исследованных ценопопуляциях являются влажнолуговые сообщества на достаточно засоленных почвах при минимальных антропогенных нагрузках.

### Литература

1. Злобин Ю.А. Принципы и методы ценологических популяций растений. – Казань, 1989. – 146 с.
2. Заугольнова Л.Б., Денисова Л.В., Никитина С.В. Подходы к оценке состояния ценопопуляций растений // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1993. – Т. 98, Вып. 5. – С. 100–108.
3. Гоголева П.А. Конспект флоры высших сосудистых растений Центральной Якутии: справ. пособие. – Якутск, 2003. – 64 с.
4. Определитель высших растений Якутии. – Новосибирск, 1974. – С. 56–57.
5. Королюк А.Ю., Троева Е.И., Черосов М.М. Экологическая оценка флоры и растительности Центральной Якутии. – Якутск, 2005. – 108 с.
6. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М. Адаптивный морфогенез и эколого-ценологические стратегии выживания травянистых растений // Методы популяционной биологии: мат-лы докл. VII Всерос. популяционного семинара (16–21 февраля 2004). – Сыктывкар, 2004. – Ч. 2. – С. 113–120.
7. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – Вып. 6. – С. 7–204.
8. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. – М.: Наука, 1967. – С. 3–8.
9. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7–33.
10. Ценопопуляции растений: основные понятия и структура / О.В. Смирнова [и др.]; отв. ред. Т.И. Серебрякова. – М.: Наука, 1976.
11. Уранов А.А., Смирнова О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1969. – Т. 79, Вып. 1. – С. 119–134.
12. Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3–7.
13. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. – Йошкар-Ола: РИИИ «Ланар», 1995. – 224 с.



14. Глотов Н.В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. – Йошкар-Ола, 1998. – Ч. 1. – С. 146–149.



УДК 581.46:582.675.1(571.56)

Л.А. Приходько, О.А. Сорокопудова

### ХАРАКТЕРИСТИКА И ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЦВЕТКОВ ВИДОВ РОДА *AQUILEGIA* (L.) В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ\*

В статье приведены данные морфологического изучения и оценки variability 14 признаков цветков 11 видов рода *Aquilegia*, интродуцированных в Центральной Якутии. Установлено, что количественные признаки варьировали в слабой и средней степени. Выявлены виды с наиболее высоким и низким варьированием комплекса признаков.

**Ключевые слова:** *Aquilegia*, morphology, flower, variability.

L.A. Prikhodko, O.A. Sorokopudova

### THE QUANTITATIVE INDICATOR CHARACTERISTICS AND THE VARIABILITY OF THE FLOWER SPECIES OF THE GENUS *AQUILEGIA* (L.) IN CENTRAL YAKUTIA

The data on the morphological study and the variability assessment of 14 flower indicators of 11 species of the genus *Aquilegia* introduced in Central Yakutia are given in the article. It is established that quantitative indicators varied from weak to moderate degree. The species with the highest and the lowest variability of the indicator complex are revealed.

**Key words:** *Aquilegia*, morphology, flower, variability.

**Введение.** Виды рода водосбор, или аквилегия (*Aquilegia* L.), – декоративные многолетние травы, одни из самых распространенных в культуре. Растения отличаются разнообразием оттенков и формы листьев, окраской и формы цветков и всего растения в целом. Описано около 120 видов *Aquilegia*, распространенных в умеренных широтах и горных областях Северного полушария. В культуре используется около 35 видов и множество гибридных форм и сортов.

В Якутском ботаническом саду ИБПК СО РАН собрана значительная коллекция видов рода *Aquilegia*, насчитывающая до 20 видов, подвидов и форм растений, большинство из которых введены в культуру впервые – *A. alpina* L., *A. atrata* W. D. J. Koch, *A. canadensis* L., *A. einseleana* F. W. Schultz, *A. flabellata* Siebold et Zucc. var. *pumila* Kudo f. *yezoense*, *A. formosa* var. *truncata* (Fisch. et C.A. Mey.) Baker, *A. kitaibelii* Schott, *A. oxysepala* Trautv. et C.A. Mey., *A. viridiflora* Pall., *A. viscosa* ssp. *hirsutissima* (Timb.-Lagr.) Breistr. и др. Некоторые виды, интродуцированные ранее, но позже выпавшие, восстановлены – *A. flabellata* Siebold et Zucc., *A. glandulosa* Fisch. ex Link., *A. vulgaris* L.

В условиях культуры в Якутии морфологические признаки цветков и их изменчивость у видов рода *Aquilegia* не изучены, за исключением *A. glandulosa* [1].

**Цель работы.** Выявление морфологических особенностей и variability количественных признаков видов рода *Aquilegia* в интродукционных ценопопуляциях на территории Якутского ботанического сада ИБПК СО РАН.

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИБПК СО РАН на 2014–2017 гг. по теме (проекту) №0376-2014-002 «Тема №52.1.11. Разнообразие растительного мира таежной зоны Якутии: структура, динамика, сохранение. № гос. регистрации 01201282190»

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований являлись растения 11 видов рода *Aquilegia* в коллекции декоративных многолетников Якутского ботанического сада, выращенных из семян, полученных по обмену из различных ботанических учреждений мира. Это виды европейского происхождения – *A. alpina*, *A. einseleana*, *A. kitaibelii*, *A. viscosa* ssp. *hirsutissima*, *A. vulgaris*, виды азиатского происхождения – *A. flabellata* f. *alba*, *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*, *A. glandulosa*, *A. oxysepala*, *A. viridiflora* и виды североамериканского происхождения – *A. canadensis* и *A. formosa* var. *truncata*.

Учет морфологических признаков проводили в 2011–2014 гг. в фазу массового цветения растений – с конца мая до середины июля. Объем выборки для большинства видов составлял 30–60 измерений. При изучении цветков руководствовались атласами по описательной морфологии высших растений [2–3]. Математическая обработка данных проводилась по методике Г.Н. Зайцева [4] с использованием статистической программы PAST [5].

**Результаты и обсуждение.** В коллекции ботанического сада среди представителей видов рода *Aquilegia* наблюдалось большое разнообразие цветков и их частей по ряду признаков. Благодаря вариабельности величины и формы лепестков, шпорцев и чашелистиков, растения водосборов в коллекции во время цветения имеют разнообразный облик: с цветками от самых мелких с длинными шпорцами, цветущих в большом количестве на ажурных побегах американских видов, до растений с самыми крупными цветками с очень короткими шпорцами, формирующимися на поникающих слабоветвистых тонких цветоносах, как у *A. glandulosa*, легко раскачивающихся ветром (рис.1).

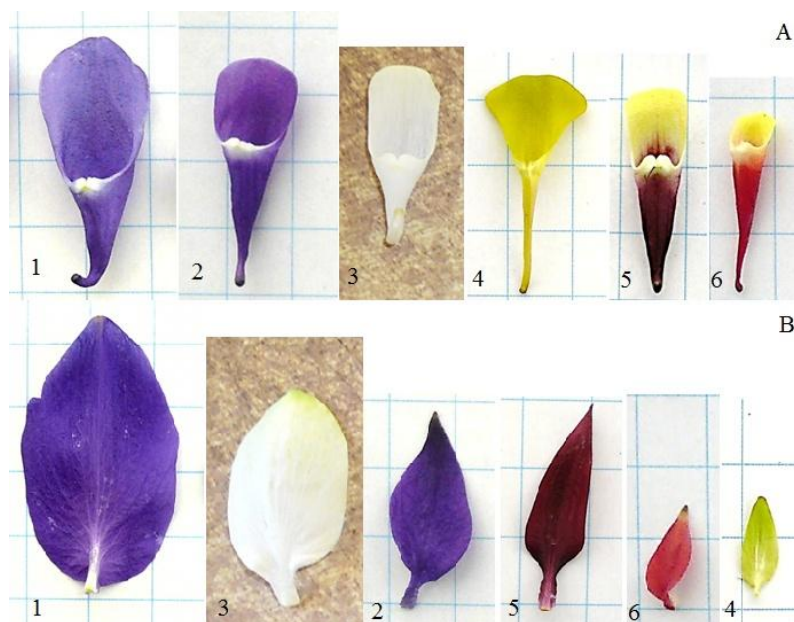


Рис. 1. Лепестки со шпорцами (А) и чашелистики (В) у типичных растений видов *Aquilegia* в сравнении: 1 – *A. glandulosa*; 2 – *A. vulgaris*; 3 – *A. flabellata* f. *alba*; 4 – *A. viridiflora*; 5 – *A. oxysepala*; 6 – *A. viridiflora*

На основании анализа морфологических признаков цветков и их компонентов у изученных видов водосборов проведено их ранжирование с выделением групп (табл. 1–2). Наибольшее число видов характеризовалось средними значениями по большинству изученных признаков.

Морфологическая характеристика и изменчивость количественных признаков цветков видов *Aquilegia*, 2011–2014 гг.

Признак	<i>A. alpina</i>	<i>A. flabellata</i> var. <i>pumila</i> f. <i>yezoense</i>	<i>A. canadensis</i>	<i>A. einseleana</i>	<i>A. flabellata</i> f. <i>alba</i>	<i>A. viscosa</i> ssp. <i>hirsutissima</i>	<i>A. kitaibelii</i>	<i>A. oxysepala</i>	<i>A. vulgaris</i>	<i>A. formosa</i> var. <i>truncata</i>	<i>A. glandulosa</i>	<i>A. viridiflora</i>
f	$\frac{4,72 \pm 0,06}{7,3}$	$\frac{3,7 \pm 0,14}{12,2}$	$\frac{2,49 \pm 0,07}{15,7}$	$\frac{4,59 \pm 0,06}{7,8}$	$\frac{4,97 \pm 0,21}{13,2}$	$\frac{4,58 \pm 0,15}{12,2}$	$\frac{3,41 \pm 0,06}{12,1}$	$\frac{4,72 \pm 0,11}{12,3}$	$\frac{5,50 \pm 0,09}{8,7}$	$\frac{2,56 \pm 0,10}{12,7}$	$\frac{7,56 \pm 0,17}{12,7}$	$\frac{2,44 \pm 0,03}{8,6}$
v	$\frac{2,26 \pm 0,06}{15,3}$	$\frac{1,55 \pm 0,08}{16,8}$	$\frac{1,44 \pm 0,03}{11,8}$	$\frac{2,10 \pm 0,04}{9,5}$	$\frac{1,97 \pm 0,06}{10,4}$	$\frac{2,43 \pm 0,07}{13,2}$	$\frac{2,13 \pm 0,03}{11,2}$	$\frac{1,66 \pm 0,03}{11,4}$	$\frac{2,05 \pm 0,05}{13,96}$	$\frac{1,17 \pm 0,03}{11,7}$	$\frac{3,98 \pm 0,10}{13,7}$	$\frac{2,44 \pm 0,03}{8,6}$
g	$\frac{2,93 \pm 0,06}{10,6}$	$\frac{3,31 \pm 0,06}{6,1}$	$\frac{4,06 \pm 0,08}{10,3}$	$\frac{3,07 \pm 0,06}{11,7}$	$\frac{2,70 \pm 0,03}{3,8}$	$\frac{2,96 \pm 0,08}{9,9}$	$\frac{2,64 \pm 0,03}{9,2}$	$\frac{3,46 \pm 0,07}{11,6}$	$\frac{3,32 \pm 0,04}{7,5}$	$\frac{3,08 \pm 0,06}{8,4}$	$\frac{4,25 \pm 0,10}{13,5}$	$\frac{3,91 \pm 0,04}{7,2}$
h	$\frac{2,60 \pm 0,03}{9,4}$	$\frac{2,76 \pm 0,03}{5,5}$	$\frac{1,70 \pm 0,02}{11,4}$	$\frac{2,79 \pm 0,03}{7,9}$	$\frac{3,18 \pm 0,04}{5,8}$	$\frac{2,74 \pm 0,03}{5,9}$	$\frac{1,82 \pm 0,02}{12,5}$	$\frac{3,08 \pm 0,05}{13,6}$	$\frac{3,30 \pm 0,02}{5}$	$\frac{1,45 \pm 0,04}{15,7}$	$\frac{4,85 \pm 0,05}{8,9}$	$\frac{1,61 \pm 0,02}{11,8}$
i	$\frac{1,09 \pm 0,02}{13,5}$	$\frac{1,66 \pm 0,02}{6,1}$	$\frac{0,73 \pm 0,01}{10,96}$	$\frac{1,36 \pm 0,02}{13,2}$	$\frac{1,51 \pm 0,05}{13,7}$	$\frac{1,31 \pm 0,02}{8,5}$	$\frac{0,69 \pm 0,01}{14,7}$	$\frac{1,05 \pm 0,01}{10,5}$	$\frac{1,45 \pm 0,02}{9,8}$	$\frac{0,51 \pm 0,01}{13,3}$	$\frac{2,30 \pm 0,05}{17,1}$	$\frac{0,64 \pm 0,01}{13,7}$
x	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$
j	$\frac{1,00 \pm 0,02}{20,9}$	$\frac{1,23 \pm 0,03}{9,9}$	$\frac{0,50 \pm 0,01}{19,9}$	$\frac{1,06 \pm 0,02}{13,2}$	$\frac{1,43 \pm 0,04}{12,7}$	$\frac{1,16 \pm 0,02}{10,8}$	$\frac{0,80 \pm 0,01}{19,7}$	$\frac{1,18 \pm 0,02}{11,9}$	$\frac{1,15 \pm 0,01}{7,3}$	$\frac{0,31 \pm 0,01}{20,6}$	$\frac{2,05 \pm 0,18}{6,8}$	$\frac{1,25 \pm 0,01}{6,2}$
k	$\frac{1,07 \pm 0,02}{17,0}$	$\frac{0,95 \pm 0,01}{5,2}$	$\frac{0,63 \pm 0,01}{9,5}$	$\frac{1,15 \pm 0,02}{10,4}$	$\frac{1,12 \pm 0,01}{6,2}$	$\frac{1,09 \pm 0,01}{7,4}$	$\frac{1,05 \pm 0,01}{11,2}$	$\frac{1,09 \pm 0,01}{7,3}$	$\frac{1,02 \pm 0,021}{616,4}$	$\frac{0,50 \pm 0,004}{5,0}$	$\frac{1,55 \pm 0,02}{8,8}$	$\frac{1,46 \pm 0,01}{10,7}$
z	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,10 \pm 0,07}{6,0}$	$\frac{5,10 \pm 0,10}{6,2}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{4,93 \pm 0,07}{7,4}$	$\frac{5,02 \pm 0,02}{3,1}$
l	$\frac{1,87 \pm 0,04}{18,6}$	$\frac{1,73 \pm 0,04}{9,6}$	$\frac{2,34 \pm 0,03}{9,8}$	$\frac{1,78 \pm 0,03}{11,8}$	$\frac{1,40 \pm 0,05}{17,5}$	$\frac{1,72 \pm 0,03}{10,0}$	$\frac{1,43 \pm 0,02}{13,4}$	$\frac{2,15 \pm 0,02}{6,0}$	$\frac{2,08 \pm 0,02}{7,7}$	$\frac{1,95 \pm 0,01}{4,6}$	$\frac{1,77 \pm 0,02}{9,6}$	$\frac{2,13 \pm 0,01}{6,6}$
sp	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,10 \pm 0,07}{6,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$	$\frac{4,93 \pm 0,07}{7,4}$	$\frac{5,00 \pm 0,00}{0,0}$
w	$\frac{2,88 \pm 0,06}{16,5}$	$\frac{2,96 \pm 0,03}{4,8}$	$\frac{2,85 \pm 0,03}{9,5}$	$\frac{2,83 \pm 0,03}{8,1}$	$\frac{2,77 \pm 0,03}{5,4}$	$\frac{2,88 \pm 0,03}{5,8}$	$\frac{2,23 \pm 0,02}{9,8}$	$\frac{3,34 \pm 0,02}{4,5}$	$\frac{3,23 \pm 0,02}{5,6}$	$\frac{2,28 \pm 0,03}{8,7}$	$\frac{3,82 \pm 0,03}{6,8}$	$\frac{3,38 \pm 0,02}{5,7}$
m	$\frac{1,21 \pm 0,02}{7,7}$	$\frac{1,17 \pm 0,06}{16,6}$	$\frac{1,68 \pm 0,03}{9,5}$	$\frac{1,19 \pm 0,01}{5,9}$	$\frac{1,14 \pm 0,05}{18,8}$	$\frac{1,32 \pm 0,02}{6,3}$	$\frac{1,12 \pm 0,016,6}{8}$	$\frac{1,28 \pm 0,02}{7,8}$	$\frac{1,34 \pm 0,01}{6,3}$	$\frac{1,41 \pm 0,02}{6,4}$	$\frac{1,54 \pm 0,05}{19,1}$	$\frac{1,65 \pm 0,02}{6,8}$
n	$\frac{2,13 \pm 0,04}{13,7}$	$\frac{1,37 \pm 0,03}{6,6}$	$\frac{2,09 \pm 0,04}{11,0}$	$\frac{1,40 \pm 0,03}{10,7}$	$\frac{1,68 \pm 0,05}{10,3}$	$\frac{1,38 \pm 0,03}{8,7}$	$\frac{1,22 \pm 0,02}{11,5}$	$\frac{1,36 \pm 0,02}{8,1}$	$\frac{1,45 \pm 0,02}{7,3}$	$\frac{1,16 \pm 0,02}{9,2}$	$\frac{1,60 \pm 0,04}{13,7}$	$\frac{2,27 \pm 0,02}{6,6}$

Примечание. f – диаметр цветка; v – диаметр венчика; g – длина цветка; h – длина чашелистика; i – ширина чашелистика; x – число чашелистиков; j – длина лепестка; k – ширина лепестка; z – число лепестков; l – длина шпорца; sp – число шпорцев; w – длина лепестка со шпорцем; m – длина тычинок; n – длина пестика; в числителе – средняя арифметическая с ошибкой (см или шт.), в знаменателе – коэффициент вариации, %.

**Характеристика биоморфологических признаков в совокупности  
у изученных видов *Aquilegia***

Признак	Интервал средних значений	Середина интервала средних значений	Средний коэффициент вариации, %
Диаметр цветка, см	2,44-7,56	5,0	11,3
Диаметр венчика, см	1,17-3,98	2,6	12,3
Длина цветка, см	2,64-4,06	3,4	9,2
Длина чашелистика, см	1,45-4,85	3,2	9,4
Ширина чашелистика, см	0,51-2,30	1,4	12,1
Число чашелистиков	5,00-5,00	5,0	0,0
Длина лепестка, см	0,31-2,05	1,2	13,3
Ширина лепестка, см	0,50-1,55	1,0	9,6
Число лепестков	4,93-5,10	5,0	1,9
Длина шпорца, см	1,40-2,34	1,9	10,4
Число шпорцев	4,93-5,00	5,0	1,1
Длина лепестка со шпорцем, см	2,23-3,82	3,0	7,6
Длина тычинок, см	1,12-1,68	1,4	9,8
Длина пестика, см	1,16-2,27	1,7	9,8

*Величина цветков водосборов.* У изученных видов преобладают цветки со средней длиной, средним диаметром цветка и венчика. Диаметр цветка обычно превышает диаметр венчика и зависит главным образом от длины и степени отгиба чашелистиков, лишь у вида *A. viridiflora* значения диаметров цветка (f) и венчика (v) равны (индекс  $f/v=1$ ).

По диаметру цветка выделены группы видов с очень крупными цветками – от 7 см и больше, крупными – от 6 до 7 см, средними – от 4 до 6 см, мелкими – от 3 до 4 см, очень мелкими – до 3 см. Лишь один вид среди изученных имеет цветки крупнее, чем в средней группе (с очень крупными цветками), – *A. glandulosa*, два вида характеризуются мелкими цветками – *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense* и *A. kitaibelii*, три вида (североамериканские *A. canadensis*, *A. formosa* var. *truncata* и азиатский *A. viridiflora*) – очень мелкими.

По диаметру венчика выделены группы с крупными значениями – от 3,6 см в диаметре и более; средними – от 1,6 до 3,6 см; мелкими – до 1,6 см. Широко раскрытый и крупный венчик имел лишь один вид – *A. glandulosa*, мелкие венчики, как и цветки в целом, характерны для североамериканских видов, а также азиатского вида *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*.

По длине (g) цветки подразделены на длинные – от 4 см и более, средние – от 2,8 до 4 см и короткие – до 2,8 см. Длинные цветки имеют виды *A. glandulosa* и *A. canadensis*, короткие – *A. flabellata* f. *alba* и *A. kitaibelii*.

Соотношение диаметра цветка к его длине различно. Только у трех видов – *A. canadensis*, *A. formosa* var. *truncata* и *A. viridiflora* – индекс  $f/g < 1$ , т.е. длина цветка больше диаметра. У остальных видов диаметр цветка больше его длины; максимальные значения  $f/g$  – у *A. flabellata* f. *alba* и *A. glandulosa* ( $f/g=1,8$ ). Длина цветка у большинства изученных признаков варьирует слабо (коэффициент вариации менее 10%), степень варьирования диаметра цветка и венчика чуть выше (см. табл. 1).

*Величина и число чашелистиков.* Чашелистики преимущественно крупнее других частей цветка, лишь по длине (h) у трех видов – *A. canadensis*, *A. formosa* var. *truncata* и *A. viridiflora* – чашелистики короче шпорцев ( $h/l = 0,7$ , где l – длина шпорцев). У всех видов чашелистики длиннее лепестков; исключения составляют отдельные экземпляры *A. viridiflora*, цветки которых могут иметь чашелистики немного короче лепестков (на 1–2 мм) или им равные. Максимальные различия между длиной чашелистиков и лепестков – у североамериканских видов *A. canadensis* и *A. formosa* var. *truncata* (индексы  $h/j=3,4$  и  $h/j=4,7$ , где j – длина лепестков).

Величина чашелистиков водосборов – наиболее отличительный признак у видов: самыми миниатюрными чашелистиками характеризуются виды *A. canadensis*, *A. formosa* var. *truncata*, *A.*

*kitaibellii* и *A. viridiflora*, самыми крупными, гигантскими по сравнению с мелкими – *A. glandulosa* (см. рис.1). По длине чашелистиков виды разделены на группы с длинными чашелистиками – от 4,2 см и более, средними – от 2,2 до 4,2 см и короткими – до 2,2 см; по ширине (i) – с широкими – от 2 см и более, средними – от 2 до 0,8 см, узкими – до 0,8 см чашелистиками.

Длина чашелистиков водосборов всегда превышает их ширину. По соотношению длины чашелистика к его ширине ( $h/i$ ), отражающему их форму, выделены две группы: первая группа с вытянутыми чашелистиками, длина которых превышает ширину более чем в 2,5 раза, – у видов *A. kitaibellii*, *A. oxysepala*, *A. formosa* var. *truncata*; вторая группа – с более округлыми чашелистиками, длина которых превышает ширину менее чем в 2,5 раза, – у остальных видов. Наиболее округлые чашелистики с отношением длины к ширине в 1,7 раза отмечены у вида *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*. По нашим данным, у большинства изученных видов ширина чашелистиков варьирует больше, чем их длина.

Число чашелистиков у всех изученных видов в годы наблюдений было постоянным и равнялось 5.

**Величина и число лепестков.** Лепестки водосборов (без шпорцев) – наиболее короткие части цветка; лишь у двух видов – *A. flabellata* f. *alba* и *A. glandulosa* они незначительно длиннее шпорцев (индекс  $l/j$  равен 0,98 и 0,90 соответственно). Самыми миниатюрными лепестками отличаются североамериканские виды, самыми огромными – азиатский вид *A. glandulosa* (см. рис.1). По длине лепестков (j) нами выделены группы: с длинными лепестками – от 1,7 см и более; средними – от 0,7 до 1,7 см; короткими – до 0,7 см. Лепестки по ширине (k) подразделены на широкие – от 1,3 см и шире; средние – от 0,7 до 1,3 см; узкие – до 0,7 см.

Соотношение длины и ширины лепестков в цветках водосборов различно. Выделены две группы по форме лепестков, которую отражает отношение их длины к ширине ( $j/k$ ): в первой группе лепестки слегка удлинённые, их длина превышает ширину (*A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*, *A. flabellata* f. *alba*, *A. viscosa* ssp. *hirsutissima*, *A. oxysepala*, *A. glandulosa*); во второй группе лепестки укороченные, их длина меньше ширины (у остальных 7 видов).

В отличие от чашелистиков у большинства изученных видов ширина лепестков – более стабильный признак, чем их длина.

Шпорцы видов водосборов также отличаются длиной и толщиной в основании (см. рис.1). У одних видов они изящные – тонкие и длинные, как у *A. viridiflora*, *A. formosa* var. *truncata*, другие такие же длинные, но несколько расширены к основанию – у *A. canadensis*; некоторые за счет расширения в основании выглядят очень массивно, как у *A. oxysepala*, или бывают очень короткие, как, например, у *A. kitaibellii*, *A. flabellata* f. *alba*. Выделены группы водосборов по длине шпорцев (l): с длинными шпорцами – от 2,2 см и более; средними по длине – от 1,6 до 2,2 см; короткими – до 1,6 см.

Как правило, шпорцы в цветках водосборов длиннее пластинок лепестков (далее по тексту – лепестков). Исключение составляют два вида – *A. flabellata* f. *alba* и *A. glandulosa* (индексы  $h/j=1,0$  и  $h/j=0,9$ ), шпорцы которых равны или короче лепестков. Выделены три группы по соотношению длины шпорцев к длине лепестков ( $l/j$ ): в первой шпорцы значительно длиннее лепестков (более чем в 4 раза) – у североамериканских видов *A. canadensis* и *A. formosa* var. *truncata*; во второй группе, в которую входит большинство видов, шпорцы длиннее лепестков в 1,5–2 раза; в третьей группе отношение  $l/j$  менее 1,5 – у видов *A. viscosa* ssp. *hirsutissima*, *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*, *A. flabellata* f. *alba*, *A. glandulosa*; у последнего вида шпорцы короче лепестков.

В годы исследований наблюдалось редкое явление – увеличение числа лепестков со шпорцами в цветке от 5 до 6 лишь у вида *A. einseleana* и увеличение только лепестков (до 6) у двух видов – *A. flabellata* f. *alba* и *A. viridiflora*. О выявлении редукции лепестков и шпорцев (до 3) у *A. glandulosa* описывалось ранее [1].

**Величина тычинок и пестиков.** У большинства видов водосборов тычинки и пестики длиннее лепестков. Тычинки значительно длиннее лепестков (более чем в 3 раза) – у двух североамериканских видов; тычинки немного длиннее лепестков – у большинства видов; тычинки почти вровень с лепестками – у *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*; тычинки короче лепестков – у *A. flabellata* f. *alba*, *A. glandulosa*.

В цветках водосборов тычинки (m) чаще короче пестиков (n): значительно короче пестика ( $n/m > 1,4$ ) – у *A. alpina*, *A. flabellata* f. *alba*, *A. viridiflora*, незначительно короче пестика – у *A. oxysepala*, *A. kitaibellii*, *A. vulgaris* ( $n/m=1,1$ ), *A. canadensis*, *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*, *A. ein-*

*seleana* (n/m=1,2). Тычинки равны длине пестика у *A. glandulosa*, *A. viscosa* ssp. *hirsutissima* (n/m=1,0); длиннее пестика – у *A. formosa* var. *truncata* (индекс n/m=0,8).

Проведенные исследования количественных параметров различных частей цветка у видов рода *Aquilegia* позволили выявить особенности строения цветков и характер изменчивости их частей. Количественные параметры признаков цветка варьировали в слабой и средней степени: по усредненным показателям всех видов коэффициент вариации составил от 7,6 до 13,3 % (см. табл.1–2, рис. 2). Наиболее низкий уровень изменчивости выявлен у пяти видов водосборов со слабым варьированием 7–9 из 11 биометрических признаков: *A. vulgaris* (9 признаков), *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense* (8), *A. viridiflora* (8), *A. viscosa* ssp. *hirsutissima* (7) и *A. formosa* var. *truncata* (6) различного эколого-географического происхождения. Наибольшее варьирование комплекса изученных признаков выявлено у видов *A. alpina*, *A. kitaibelii*, *A. canadensis* и *A. flabellata* f. *alba*. Полученные данные изменчивости количественных параметров частей цветка в Центральной Якутии могут быть основой для отбора форм водосборов в селекционных целях.

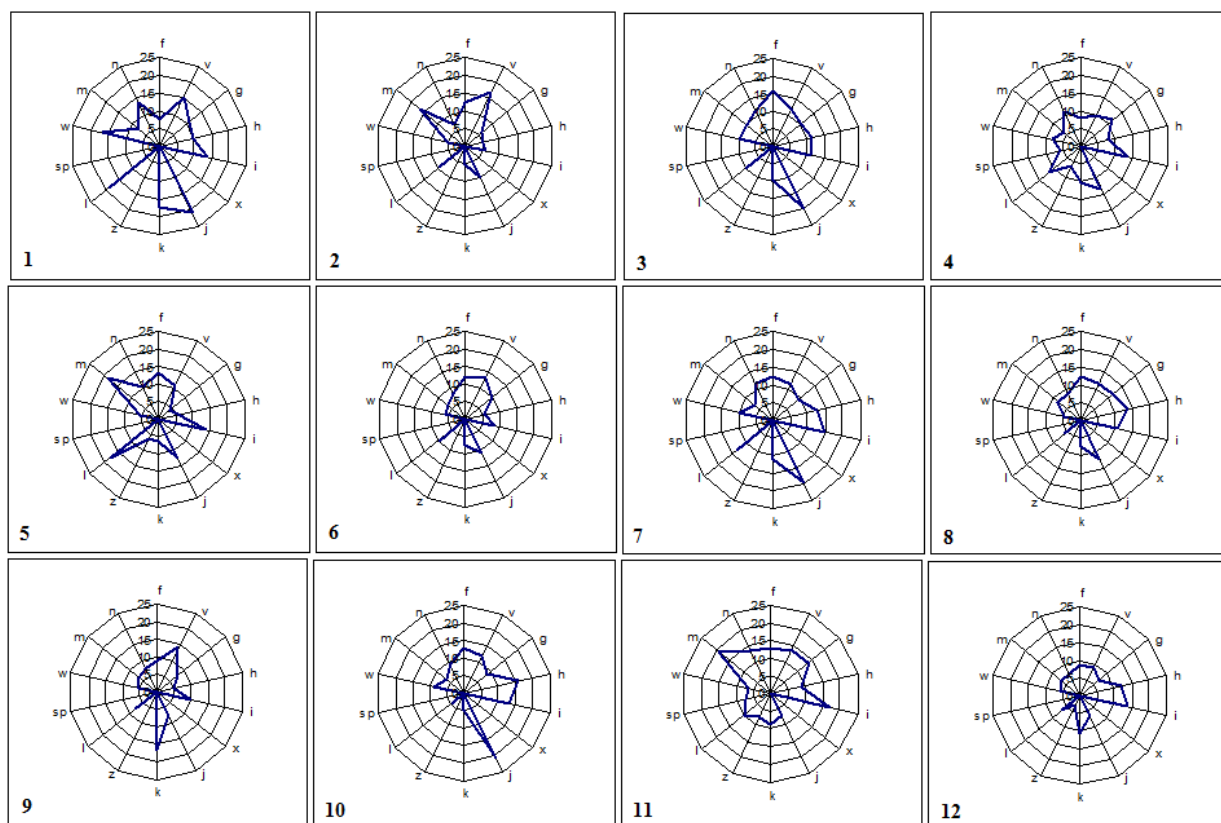


Рис. 2. Изменчивость количественных признаков цветков (V, %) у видов *Aquilegia* (обозначения осей соответствуют признакам в табл. 1): 1 – *A. alpina*; 2 – *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*; 3 – *A. Canadensis*; 4 – *A. einseleana*; 5 – *A. flabellata* f. *alba*; 6 – *A. viscosa* ssp. *hirsutissima*; 7 – *A. kitaibelii*; 8 – *A. oxysepala*; 9 – *A. vulgaris*; 10 – *A. formosa* var. *truncate*; 11 – *A. glandulosa*; 12 – *A. viridiflora*

**Заключение.** Оценка индивидуальной изменчивости количественных признаков у видов рода *Aquilegia*, интродуцированных в Якутском ботаническом саду, выявила их однородность – количественные параметры частей цветка варьировали в слабой и средней степени. Наиболее низкий уровень изменчивости комплекса признаков выявлен у видов *A. vulgaris*, *A. flabellata* var. *pumila* f. *yezoense*, *A. viridiflora*, *A. viscosa* ssp. *hirsutissima* и *A. formosa* var. *truncate*; наиболее высокий – у *A. alpina*, *A. kitaibelii*, *A. canadensis* и *A. flabellata* f. *alba* различного эколого-географического происхождения. Выявлена редкая аномалия цветков у видов *A. einseleana*, *A. flabellata* f. *alba* и *A. viridiflora* – увеличение числа лепестков и шпорцев до шести.

Полученные данные могут быть основой для выделения в культурных ценопопуляциях видов водосборов оригинальных форм, отличающихся по изученным признакам от большинства особей в условиях Центральной Якутии, в селекционных целях.

### Литература

1. Приходько Л.А., Сорокопудова О.А. Морфологические особенности и индивидуальная изменчивость цветков *Aquilegia glandulosa* Fisch. ex Link в культуре // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 11. – С. 119–124.
2. Федоров Ал.А., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Цветок. – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1975. – 352 с.
3. Федоров Ал.А., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Лист. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – 303 с.
4. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
5. Hammer H., Harper D.A.T., Ryan P.D. Paleontological Statistics software package for education and data analysis // Paleontologica electronica. – 2001. – Vol. 4. – № 1. – P. 1–9.



УДК 582.6/.9+ 581.9

Н.В. Степанов

#### НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЖЕЛТОЦВЕТКОВЫХ ХОХЛАТКАХ (*CORYDALIS* DC.–*FUMARIACEAE*) СЕКЦИИ *CORYDALIS* КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье представлены результаты таксономической ревизии желтоцветковых хохлаток Красноярского края. Приведено описание новых видов: *Corydalis bombylina* и *Corydalis talpina*.

**Ключевые слова:** хохлатка, новый вид, Саяны, заповедник «Столбы», природный парк «Ергаки», *Corydalis bombylina*, *Corydalis talpina*, *Fumariaceae*.

N.V. Stepanov

#### NEW DATA ABOUT YELLOW-FLOWERED *CORYDALIS* (*FUMARIACEAE*) OF SECTION *CORYDALIS* IN KRASNOYARSK REGION

The results of taxonomical revision of yellow-flowered *Corydalis* from Krasnoyarsk region are presented in the article. The description of the new species: *Corydalis bombylina* and *Corydalis talpina* are given.

**Key words:** *Corydalis*, new species, Sayan mountains, «Stolby» reservation, «Ergaki» Nature Park, *Corydalis bombylina*, *Corydalis talpina*, *Fumariaceae*.

**Введение.** Как считалось до недавнего времени, род Хохлатка (*Corydalis* DC.) представлен на территории Красноярского края 7 видами, из которых только один относится к желтоцветковым представителям секции *Corydalis* – вид *C.bracteata* (Stephan) Pers. [1]. В отличие от синефиолетовых хохлаток этой же секции, характеризующихся высокой степенью изменчивости, эта группа хохлаток представлялась достаточно стабильной. Однако подробные исследования экологии, географии и морфологии желтоцветковых хохлаток на юге Красноярского края показали, что их однообразие было обусловлено неполнотой данных и слабой исследованностью флоры Саян.

**Цель работы.** Провести ревизию желтоцветковых хохлаток секции *Corydalis* на территории Красноярского края.

**Задачи:** анализ литературных источников и критическая ревизия коллекционных материалов; поиск таксономически значимых признаков и выявление их связи с морфологическими и эколого-географическими особенностями различных рас желтоцветковых хохлаток секции *Corydalis*.

**Результаты и их обсуждение.** «Флора Сибири» [1] и все её дополнения [2-4] для Красноярского края приводят единственный вид хохлатки из типовой секции с желтыми цветками – *Corydalis bracteata*. Как оказалось, С.Ф. Ledebour [5] в 1842 г. описывает еще один эндемичный вид *Corydalis gracilis* Ledeb. с севера Красноярского края (предположительно из окрестностей г. Мангазеи, ныне – Туруханска) [6]. Н.А. Буш [7] понижает ранг описанного С.Ф. Ledebour таксона до формы (*Corydalis bracteata* f. *gracilis* (Ledeb.) Busch). В большинстве современных отечественных флористических работ этот таксон оказался забытым и не приводился даже в синонимах *Corydalis bracteata*. При этом *Corydalis gracilis* была принята зарубежными монографами хохлаток и подробно характеризуется в их работах [8, 9]. Лишь в 2008 г. М.А. Михайлова вновь обосновывает видовой статус этого забытого сибирского таксона [6].

При сравнении характеристик *Corydalis gracilis*, приводимых в различных источниках, выявилось их заметное противоречие. Так, М. Liden и Н. Zetterlund [8] по культивируемым растениям, собранным в окрестностях г. Красноярска, в заповеднике «Столбы», приводят в качестве основного отличия вида – способность развивать дополнительный клубень в пазухе чешуевидного листа. При этом расстояние от чешуевидного листа до основного клубня может быть достаточно большим. Неверно приписывая видовой статус вида Н.А. Бушу, авторы характеризуют его ареал: «...*Corydalis gracilis* N.Busch grows in the upper Jenisei area of Siberia... together with *Corydalis solida* subsp. *subremota*.» [9, с. 88]. Общий ареал, приводимый авторами, охватывает юг Красноярского края и Иркутскую область. Подобная точка зрения возникла, вероятно, из-за неоднозначного понимания таксона Н.А. Бушем [7], считавшим главным (и единственным) диагностическим признаком цельные (ненадрезанные) прицветники и приводившим для этой расы два местонахождения: Канский уезд и Тасеевская волость, что, конечно, далеко не «upper Jenisei».

М.А. Михайлова [6, 10], изучившая типовые образцы *Corydalis gracilis*, считает, что «locus classicus» расположен на севере Красноярского края, далеко за пределами того «ареала», о котором пишут М. Liden и Н. Zetterlund [8]; на юге же Красноярского края встречается только *Corydalis bracteata* [6]. Кроме того, среди особенностей настоящей *Corydalis gracilis* не отмечено дополнительного клубнеобразования в пазухе чешуевидного листа. Другой особенностью этого вида является сближенное расположение основного клубня и чешуевидного листа (0,5–0,8 см). Это весьма серьезное противоречие заставляет усомниться в правильности отождествления красноярских растений с *Corydalis gracilis* авторами М. Liden и Н. Zetterlund [8] и др. Особенности растений, встречающихся под Красноярском, не соответствуют и первоописанию вида С.Ф. Ledebour [5]. Так, например, в протологе отмечена малоцветковость растений: «*Racemus pauci-* (in nostro specimine 2-) *florus*», в то время как красноярские «*Corydalis gracilis*», по М. Liden и Н. Zetterlund [8], могут иметь в соцветии до 7 цветков. Таким образом, в окрестностях г. Красноярска, а также в более южных районах наряду с *Corydalis bracteata* распространена другая желтоцветковая хохлатка, неверно называемая в зарубежной литературе «*Corydalis gracilis*». Мы описываем эту расу как особый, новый вид.

***Corydalis bombylina* Stepanov sp.nov.** (fig.1). – *Corydalis gracilis* auct.: Liden M., Zetterlund H. *Corydalis: a gardner's guide*., 1997:49; Tebbitt M. et al. *Breeding Hearts, Corydalis, and their Relatives*, 2008:88.

Perennial plant 10–35 cm tall, with more or less globose tuber 0,8–1,2 cm in diameter. Stem single, leafy. Scaly leaf remote from tuber at 4–16 cm, subterranean, in its sinus at the time of flowering youthful tuber 0,3–0,5 cm in diameter formed. Stem leaves twice ternate, with triangular lobes deeply divided on lanceolate leaf blades 3–5 (7) mm wide. Petioles 1–5 cm long. Inflorescence is apical raceme with (1) 2–5 (8) flowers. Bracts elliptical with rounded-cuneate base, to 1/2–1/3 incised or dentate, rarely lobed, 1–1,7 cm long, 0,8–1,3 cm wide. Pedicels 4–5 (7) mm long. Corolla yellow 26–32 mm long, 4–5 mm wide in the part of pedicels attachment; spur is 15 mm long .





Рис. 1. *Corydalis bombylina*: а – куртина на поляне в черневом лесу; б – верхние части цветущих растений; в – куртина диам. 3 м на пахотной почве (снято со вспышкой: растение серебристое от росы); г – цветки и прицветники; д – выкопанное растение с расставленными клубнем и чешуевидным листом; е – часть побега с чешуевидным листом и образующимся в его пазухе клубнем

**Holotype:** Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district (Western Sayan), Tanzybey village, weed plants in the garden. NV Stepanov. 19.04.2014 (KRSU); **isotypes:** (KRSU). **Isotopotypes:** Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district (Western Sayan), Tanzybey village, weed plants in the garden. NV Stepanov. 05.05.2013 (KRSU); 07.05.2012 (KRSU). **Paratypes:** Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district, «Ergaki» Nature Park, Polka locus, along the stream. NV Stepanov. 06.06.2011. (KRSU); Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district, Kulumys ridge (Western Sayan), on slope of Lokatornaya Mount, along the

stream. NV Stepanov. 22.06.1994 (KRSU); Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district, «Ergaki» Nature Park, Uss river near the mouth of the Nistaforovka river, floodplain meadow. NV Stepanov. 10.06.2013 (KRSU); Krasnoyarsk Territory, env. of the Krasnoyarsk city, reserve «Stolby», Laletina river near the «Chertov Palez» rock, in the bottom of the slope. NV Stepanov. 13-05-2012. (KRSU); Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district, env. of the Tanzybey village, Kitaeva mount, glade in mixed chern forest. NV Stepanov. 06.05.2014 (KRSU).

**Relationship.** The species differs from related ones (*Corydalis bracteata* (Stephan) Pers. and *Corydalis gracilis* Ledeb.) by presence of additional tuber in sinus of scaly leaf and capacity to intensive vegetative reproduction differ.

***Corydalis bombylina* Stepanov sp.nov.** – Хохлатка шмелиная (рис.1). Многолетнее растение 10–35 см выс. с более или менее шаровидным клубнем 0,8–1,2 см в диам. Стебель одиночный, облиственный. Чешуевидный лист удален от клубня на 4–16 см, подземный, в его пазухе ко времени цветения развивается дочерний шаровидный клубенок 0,3–0,5 см в диам. Стеблевые листья дважды тройчатые, с треугольными долями, глубоко разделенными на ланцетные лопасти 3–5 (7) мм шир., черешки 1–5 см дл. Соцветие – верхушечная кисть из (1) 2–5 (8) цветков. Прицветники округло-эллиптические с клиновидным основанием, на треть-половину надрезанно-зубчатые, редкостно-пастные 1–1,7 см дл., 0,8–1,3 см шир. Цветоножки 4–5 (7) мм дл. Венчик желтый 26–32 мм дл., 4–5 мм шир. в месте прикрепления цветоножки; шпорец 15 мм дл.

**Голотип:** Красноярский край, Ермаковский р-н (Западный Саян), пос. Танзыбей, полусорное на приусадебном участке. Н.В. Степанов. 19.04.2014 (KRSU); **Изотипы** – KRSU. **Изотопотипы:** Красноярский край, Ермаковский р-н (Западный Саян), пос. Танзыбей, полусорное на приусадебном участке. Н.В. Степанов. 05.05.2013 (KRSU); 07.05.2012 (KRSU). **Паратипы:** Красноярский край, Ермаковский р-н, парк «Ергаки», район Полки, по ключу. Н.В. Степанов. 06.06.2011. (KRSU); Красноярский край, Ермаковский р-н, хребет Кулумыс (Западный Саян), склон Локаторной горы, у Полки по берегу ключа. Н.В. Степанов. 22.06.1994 (KRSU); Красноярский край, Ермаковский р-н, парк «Ергаки», р. Ус близ устья р. Нистафоровки, пойменный луг. Н.В. Степанов. 10.06.2013 (KRSU); окрестности г.Красноярска, заповедник «Столбы», р. Лалетина у скалы Чертов Палец, в основании склона. Н.В. Степанов. 13.05.2012. (KRSU); Красноярский край, Ермаковский р-н, окр. пос. Танзыбей, Китаева гора, лесная поляна в смешанном черневом лесу. Н.В. Степанов. 06.05.2014 (KRSU).

**Родство.** От родственных видов (*Corydalis bracteata* (Stephan) Pers. и *Corydalis gracilis* Ledeb.) отличается наличием дополнительного клубня в пазухе чешуевидного листа, способностью к интенсивному вегетативному размножению.

В экологическом отношении описанный выше вид – одно из редких исключений, когда хохлатка из рассматриваемой группы может проявлять свойства синантропного сегетального вида. Так, в Ермаковском районе Красноярского края *Corydalis bombylina* часто встречается по краям полей и на огородах, где успевает, будучи эфемероидом, отцвести (плоды созревать не успевают и почти не завязываются), а затем уходит под вспашку. При этом растение не только не гибнет, но успешно размножается дочерними клубеньками, образующимися в пазухах чешуевидных листьев. В ранневесенний период (конец апреля) пашни и огороды имеют лимонно-желтый аспект от этого вида, образующего сплошной покров без примеси других растений. При этом именно вспашка и выращивание на участках полевых и огородных культур, например картофеля, благоприятствуют развитию и доминированию этого вида. На начальных этапах на месте поселения отдельных растений образуются густые куртины. За счет вспашки клубеньки из куртин переносятся на другие участки и со временем образуют новые «островки». За 10 лет растение способно на распахиваемых землях освоить таким образом несколько сотен квадратных метров. В природных условиях *Corydalis bombylina* часто поселяется на пойменных лугах, в долинах рек, разреженных лиственных лесах. На открытых участках в отсутствии конкурентов растение также образует густые куртины 0,5–1 м диаметром, где густо переплетены разновозрастные особи, и легко опознается по этой особенности. *Corydalis bracteata* по сравнению с рассматриваемым видом более «индивидуалистична». Она, как правило, растет отдельными растениями, размножается преимущественно семенами и не способна успешно осваивать сегетальные участки.

Еще одной особенностью *Corydalis bombylina* является значительная расставленность нижнего чешуевидного листа и материнского клубня (до 16 и более см). Эта особенность проявляется независимо от глубины расположения материнского клубня. Прорастание происходит еще до стаивания снега, в талой почве. Росток из клубня при этом может расти горизонтально (если клубень

неглубоко) и косо, меняя направления роста. Это, очевидно, способствует отдалению будущего дочернего клубенька от материнского и более эффективному вегетативному размножению и расселению растения без помощи внешних факторов. При благоприятных условиях растение из дочернего клубенька зацветает на следующий год и образует в свою очередь новый дочерний клубенек. Всё это способствует очень быстрому размножению растения.

За время исследования желтоцветковых хохлаток (1990–2014 гг.) были обнаружены растения, также клубнеобразующие, но имеющие несколько иные особенности, которые проявлялись и внешне, и ценотически. Эти растения имели, как правило, более крупные цельные или слаборазрезанные прицветники, крупные размеры растений, относительно широкие доли листьев, крупные веретеновидные дочерние клубни. Несмотря на наличие дочерних клубней, способность к вегетативному размножению выражена существенно слабее: растение не образует густые разновозрастные куртины, не проявляет активности на сегетальных участках и, более того, не способно там устойчиво существовать. Возможно, что дочерние клубни развиваются в дальнейшем медленно, так как даже в культуре увеличение численности растений происходит очень медленно. Неплохо развито размножение семенами. Экологически растения более тяготеют к затененным, сырым участкам вдоль берегов ручьев и рек в черневых и таежно-черневых сообществах. Так же, как и предыдущий вид, данная раса имеет «блуждающий» (при развитии от материнского клубня) побег, причем «блуждающие» способности выражены заметнее: росток может в начале своего развития расти не только горизонтально, но меняя при этом направление в пределах плоскости роста. У цветущего растения побег в основании весьма уточенный, меняющий направления, и даже в мягком субстрате добраться до клубня непросто: стебель обрывается при малейшем механическом воздействии на него. В природе такие растения встречаются очень редко (*Corydalis bombylina* – массовый обычный вид). При культивировании растений в течение 10 лет было выяснено, что их особенности сохраняются, и отличия от *Corydalis bombylina* заметны также при выращивании их в одних и тех же условиях. Мы считаем, что это особый вид, описание которого приводится ниже. Еще одна особенность – позднее цветение (примерно на полмесяца-месяц позже, чем *Corydalis bombylina* в тех же местообитаниях).

***Corydalis talpina* Stepanov sp.nov.** (fig.2). Perennial plant 20-45 cm tall with more or less spherical tuber 0,8–1,2 cm in diameter. Stem single, leafy, thinning at the base (near tuber). Scaly leaf subterranean, remote from tuber at 6–20 cm; in its sinus at the time of flowering youthful fusiform tuber (3) 5–10 mm in diam., 7–17 mm long formed. Stem leaves twice ternate, with triangular lobes deeply divided into lanceolate - broadly lanceolate or ovate leaf blades 5–16 mm wide. Petioles 3–10 cm long. Inflorescence is apical raceme with 2–10 flowers. Bracts oval 1,5–5 cm long, 1–2,3 cm wide. At the apex entire or shallowly incised into narrow-lanceolate - broadly triangular teeth. Pedicels 6–20 mm long. Corolla yellow 35–40 mm., 4–5 mm wide in the part of pedicels attachment; spur is 15–20 mm long.

**Holotype:** Krasnoyarsk Territory, env. of the Krasnoyarsk city, near the «Stolby» reserve, Laletina river, thickets of wild cherry and others floodplain shrubs. NV Stepanov. 31.05.2014. (KRSU); **isotypes:** (KRSU). **Isotopotypes:** ibid. NV Stepanov. 13.05.2012 (KRSU); 28.05.2011 (KRSU). **Paratypes:** Krasnoyarsk Territory, env. of the Krasnoyarsk city, near the «Stolby» reserve, valley of the Kashtak river, in thickets of floodplain shrubs. NV Stepanov. 20.05.1990 (KRSU); Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district, env. of the Tanzybey village, «Vtoroe Koltzo» locus, glade in mixed chern forest. NV Stepanov. 09.05.2014 (KRSU); Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district, env. of the Tanzybey village, Kitaeva mount, glade in mixed chern forest. NV Stepanov. 06.05.2014 (KRSU); Krasnoyarsk Territory, Ermakovskiy district, Tanzybey village, in culture in the garden. NV Stepanov. 07.05.2012 (KRSU); ibid. NV Stepanov. 12.05.2009 (KRSU).

**Relationship.** From related species (*Corydalis bracteata* (Stephan) Pers. and *Corydalis gracilis* Ledeb.) it differs by presence of additional tuber in the sinus scaly leaf and capacity to vegetative reproduction differ. From *Corydalis bombylina* by large fusiform youthful tubers, large and oval entire or shallowly incised bracts differs.

***Corydalis talpina* Stepanov sp.nov.** – Хохлатка кротовая (рис. 2). Многолетнее растение 20–45 см выс., с более или менее шаровидным клубнем 0,8–1,2 см в диам. Стебель одиночный, облиственный, в основании у клубня сильно утончающийся. Чешуевидный лист удален от клубня на 6–20 см, подземный, в его пазухе ко времени цветения развивается дочерний веретеновидный клубень (3) 5–10 мм в диам., 7–17 мм дл. Стеблевые листья дважды тройчатые, с треугольными долями, глубоко разделенными на ланцетные – широко-ланцетные или овальные лопасти 5–16 мм

шир., черешки 3–10 см дл. Соцветие – верхушечная кисть из 2–10 цветков. Прицветники овальные 1,5–5 см дл., 1–2,3 см шир., на верхушке цельные или неглубоко надрезанные на узко-ланцетные – широко-треугольные зубцы. Цветоножки 6–20 мм дл. Венчик желтый 35–40 мм дл., 4–5 мм шир. в месте прикрепления цветоножки; шпорец 15–20 мм дл.



а



б



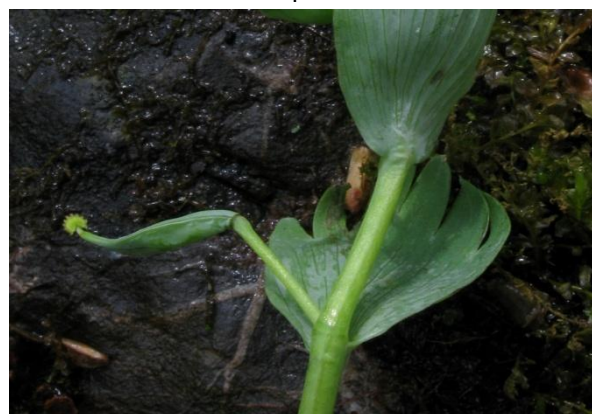
в



г



д



е

Рис. 2. *Corydalis bracteata*: а – выкопанное растение с чешуевидными листьями, сближенным с клубнем; *Corydalis talpina*: б – надземная часть выкопанного цветущего растения (окр. Красноярск, руч. Каштак); в – соцветие с цветками и незрелыми плодами, шкала – 4 см; г – часть побега с чешуевидным листом и образующимся в его пазухе веретеновидным клубнем; д – соцветие с прицветниками; е – незрелый плод, выходящий из пазухи прицветника

**Голотип:** Окрестности г.Красноярска, близ заповедника «Столбы», долина р. Лалетина, заросли черемухи и др. пойменных кустарников. Н.В. Степанов. 31.05.2014. (KRSU); **Изотипы** – KRSU. **Изотопотипы:** там же. Н.В. Степанов. 13.05.2012 (KRSU); 28.05.2011 (KRSU). **Паратипы:** окрестности г.Красноярска, близ заповедника «Столбы», долина ручья Каштак, в зарослях пойменных кустарниках. Н.В. Степанов. 20.05.1990 (KRSU); Красноярский край, Ермаковский р-н, окр. пос. Танзыбей, урочище «Второе Кольцо», лесная поляна в смешанном черневом лесу. Н.В. Степанов. 09.05.2014 (KRSU); Красноярский край, Ермаковский р-н, окр. пос. Танзыбей, Китаева гора, лесная поляна в смешанном черневом лесу. Н.В. Степанов. 06.05.2014 (KRSU); Красноярский край, Ермаковский р-н, пос. Танзыбей, в культуре. Н.В. Степанов. 07.05.2012 (KRSU); там же, Н.В. Степанов. 12.05.2009 (KRSU).

**Родство.** От родственных видов (*Corydalis bracteata* (Stephan) Pers. и *Corydalis gracilis* Ledeb.) отличается наличием дополнительного клубня в пазухе чешуевидного листа, способностью к вегетативному размножению; от *Corydalis bombylina* отличается крупными веретеновидными дочерними клубнями, крупными, овальными цельными или слабонадрезанными прицветниками.

**Заключение.** Желтоцветковые хохлатки секции *Corydalis* на территории Красноярского края представлены четырьмя видами: широко распространенным монгольско-южносибирским *Corydalis bracteata*, нижеенсейским эндемичным – *Corydalis gracilis*, сравнительно обычным южносибирским – *Corydalis bombylina*, вышеенсейским эндемичным – *Corydalis talpina*.

### Литература

1. Пешкова Г.А. Семейство *Fumariaceae* DC. Дымянковые // Флора Сибири. *Berberidaceae* - *Grossulariaceae*. – Новосибирск: Наука, 1994. – Т.7. – С. 32–43.
2. Черепнин Л.М. Флора южной части Красноярского края. – Красноярск, 1961. – Вып. 3. – 252 с.
3. Гудошников С.В. Семейство *Fumariaceae* DC. Дымянковые // Флора Красноярского края. – Томск: Изд-во Томс. ун-та, 1975. – Вып. 5. – Ч. 4. – С. 7–9.
4. Пешкова Г.А., Доронькин В.М. Семейство *Fumariaceae* Bercht.et J.Presl. // Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – С. 60–63.
5. Ledebour C.F. *Corydalis gracilis* Ledeb. // Flora Rossica. – Stuttgartiae, 1842. – Vol.1. – P. 97–106.
6. Михайлова М.А. О самостоятельности *Corydalis gracilis* Ledeb. (*Fumariaceae* DC) // Новости систематики высших растений. – М.: Тов. науч. изд. КМК, 2008. – Т. 40. – С. 70–72.
7. Буш Н.А. Род Хохлатка – *Corydalis* DC. // Флора Сибири и Дальнего Востока. – СПб., 1913. – Вып.1. – С. 30–71.
8. Liden M., Zetterlund H. *Corydalis*: a gardner's guide and a monograph of the tuberous species. – AGS Publication Limited, 1997. – 144 p.
9. Tebbitt M., Liden M., Zetterlund H. Breeding Hearts, *Corydalis*, and their Relatives. – Portland-London: Timber Press, 2008. – 176 p.
10. Михайлова М.А. Типовые таксоны рода *Corydalis* DC. (*Fumariaceae*) Сибири и российского Дальнего Востока, хранящиеся в Гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова (LE) // *Turczaninowia*. – 2013. – Т.16. – № 3. – С. 34–37.



## ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА И УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

*В данной статье изложены результаты исследований по изучению элементов технологии возделывания льна масличного сорта Санлин в условиях южной части Нечерноземной зоны России. Представлены данные по влиянию норм высева и уровней минерального питания на урожайность льна масличного сорта Санлин.*

**Ключевые слова:** Нечерноземная зона России, лен масличный, норма высева, удобрение, урожайность, масличность.

*D.V. Vinogradov, A.A. Kuntsevich*

## THE INFLUENCE OF THE SOWING NORMS AND FERTILIZERS ON THE EFFICIENCY OF THE OIL-YIELDING FLAX

*The research results of studying the technology elements of the oil-yielding flax sort Sangling cultivation in the conditions of the southern part of the Russia Nonchernozem zone are stated in the article. The data on the influence of the sowing norms and the mineral fertilizing levels on the crop capacity of the oil-yielding flax sort Sangling are presented.*

**Key words:** Nonchernozem zone of Russia, oil-yielding flax, sowing norm, fertilizer, crop capacity, oil-content.

---

**Введение.** Лен масличный является культурой, обладающей высокой биологической пластичностью, а также устойчивостью к низким температурам воздуха [2, 9]. Благодаря относительно ранним срокам сева, короткому периоду вегетации и отсутствию общих патогенов, является хорошим предшественником для большинства возделываемых в Рязанской области сельскохозяйственных культур [1, 10]. Такие особенности делают лен масличный идеальной страховой культурой в случае гибели озимых, а также позволяют формировать планируемые урожаи в неблагоприятных условиях засушливого лета за счет эффективного использования зимних запасов влаги.

Исследования по созданию генотипов льна масличного с соотношением жирных кислот, наиболее оптимальным для использования в пищевых целях, завершились созданием нового сорта Санлин, у которого состав масла близок к составу масла подсолнечника, при повышенной доле линоленовой кислоты. Данный сорт характеризуется высокой потенциальной урожайностью (до 30 ц/га) семян и оптимальной биологической пластичностью [10–12]. Семена льна масличного сорта Санлин могут использоваться как для производства масла с длительным сроком хранения, биологически активных добавок, каш, компонентов хлебулочных и кондитерских изделий, при производстве соусов, кормов для животных и птиц, так и в качестве натурального продукта для пищевых и лечебных целей [6].

Поэтому в дополнение к традиционным масличным культурам актуальным становится внедрение в производство во многих регионах, в том числе и в Нечерноземной зоне РФ, льна масличного как важного источника пищевого масла и полноценного белка [3–5, 7, 8].

**Цель работы.** Разработать и научно обосновать элементы технологии возделывания льна масличного сорта Санлин в условиях юга Нечерноземной зоны России.

**Объекты и методы исследований.** Объект исследований – сорт льна масличного Санлин, масло которого отвечает всем пищевым требованиям. Исследования проводились на агротехнологической опытной станции Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева на темно-серых лесных почвах. Основным методом исследований был полевой опыт, сопровождающийся многочисленными наблюдениями, учётами и лабораторными анализами.

Агротехнические мероприятия по возделыванию льна масличного проводились в соответствии с существующими зональными рекомендациями.

Предшественник – озимая пшеница. Агротехника: осенняя зяблевая вспашка 22–24 см, ранне-весеннее боронование, культивация на глубину 12–14 см и предпосевная культивация на глубину посева.

Удобрения вносились под предпосевную культивацию. Применялись аммиачная селитра, хлористый калий, аммофос в пересчете на действующее вещество. Посев проводился на глубину 2–2,5 см сплошным рядовым способом сеялкой «Евродриль Lemken» в агрегате МТЗ-1221. Обработку пестицидами, согласно схеме опыта, с помощью опрыскивателя ОПШ-15-01 и Квазар-12. Норма расхода рабочей жидкости 250 л/га. Уборку посевов проводили механизированно – Тарион-2010, ПолессеGS-12 в фазу полной спелости.

**Результаты исследований.** Растения сорта Санлин характеризовались средней высотой, густой облиственностью. Наиболее интенсивный рост растений отмечался после прохождения фазы елочности вплоть до фазы цветения, после цветения линейное развитие растений прекращалось. Интенсивный рост корня в глубину приходился на ранние фазы развития.

За время наших исследований растения льна предъявляли повышенные требования к теплу, особенно в период созревания. При низких температурах воздуха прорастание семян и появление всходов в значительной мере замедлялись. Засуху первого периода вегетации, до начала цветения, лен переносил почти безболезненно.

Отметим, что на полевую всхожесть, а также на первые недели роста и развития, положительное влияние у льна масличного оказывают слизи, которые составляли от 2 до 7 % от массы абсолютно сухих семян. Присутствие слизей, покрывающих внешнюю поверхность семян, является специфической особенностью семян льна, позволяющей семенам легче закрепляться на почве при прорастании.

Продолжительность цветения при посеве в первой декаде мая в среднем составила 26–28 дней. В то же время обильные осадки в период созревания в сочетании с теплой погодой наносили вред культуре, так как вызвали дополнительное ветвление, образование новых бутонов, что осложняло уборку, просыхание валков и послеуборочную обработку семян. Коробочки, образовавшиеся при вторичном цветении, не успевали вызреть и мешали при уборке, обмолоте и очистке семян от примесей. В наших исследованиях, в 2008 г. и частично в 2010 г., наблюдалось вторичное цветение (рис.).



*Вторичное цветение у льна масличного*

Исследования показали, что с увеличением среднесуточной температуры воздуха межфазные периоды роста и развития растений сокращались в среднем на 4–9 суток. В среднем за годы исследований период от всходов до полного созревания льна составлял 94–117 суток.

Известно, что в начале вегетации лен растет медленно, в связи с этим обязательным условием для его выращивания являются чистые от сорняков поля. На засоренных полях его сильно угнетают сорняки, что крайне отрицательно сказывается на урожае данной культуры. Участки льна масличного с нормой высева 4 млн шт/га всхожих семян были сильнее засорены, чем с более высокими нормами высева, вследствие чего растения не выдерживали конкуренции с сорняками и развивались слабее. В то же время дальнейшее повышение нормы высева являлось менее эффективным.

В результате загущенных посевов у льна формировались худшие показатели элементов структуры урожая, что привело к недобору урожая. Загущенные посевы льна масличного (10–12 млн всхожих семян на гектар) подвергались самозатемнению, что сопровождалось повышением влажности семян культуры и отрицательно сказывалось при уборке. В загущенных посевах, особенно в засушливых условиях, в результате конкуренции между растениями часто завязывалось меньшее количество коробочек, и они были более мелкими.

Продуктивность растений с повышенной нормой высева была ниже даже по сравнению с продуктивностью растений, которые высевались при норме 4 млн шт/га.

Анализ роста и развития льна масличного показывает, что на всех вариантах минерального питания складывались благоприятные условия и растения достигали своего полного развития к концу вегетации, т.е. формировали полноценные семена. Влияние минеральных удобрений на линейный рост растений начинало проявляться в фазе ёлочки. Именно с этого периода наблюдался интенсивный рост льна и продолжался вплоть до фазы цветения; после цветения линейное развитие растений, как правило, прекращалось.

Внесение минеральных азотных удобрений способствовало удлинению периода вегетации.

Применение удобрений способствовало увеличению густоты стеблестоя, что положительно сказывалось на продуктивности посевов культуры. Среди основных элементов питания ведущая роль в повышении урожайности и качества семян принадлежит азотным удобрениям. Усиление азотного питания способствовало разрастанию растений, увеличивалось количество коробочек на одном растении. Максимальное число коробочек наблюдалось на вариантах с  $N_{90}P_{60}K_{60}$  – 26,0–29,6 штук.

В среднем количество коробочек у одного растения льна с нормой высева 4 млн шт/га составило 27,2–29,6 шт., с нормой высева 8 млн шт/га – на 2,5–3,6 шт. меньше, в зависимости от уровня минерального питания. Лучше развитые и облиственные растения льна масличного при низких нормах высева формируют большее количество коробочек на одном растении и массу 1000 семян. Но это не компенсирует снижения количества растений при низких нормах высева. Поэтому при посевной норме от 4 до 6 млн шт/га количество коробочек на 1 м<sup>2</sup> посева хоть и возрастает, но их всё равно меньше, чем при посеве 8 млн шт/га. Дальнейшее увеличение нормы высева также приводит к уменьшению общего количества коробочек на 1 м<sup>2</sup> посева.

Масса 1000 семян также зависела от дозы вносимых минеральных удобрений. Максимальная масса 1000 семян наблюдалась при внесении  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Применение минеральных удобрений, прежде всего азотных, привело к увеличению показателей элементов структуры урожая. Особенно при внесении азотных удобрений  $N_{90}$  повышалось количество коробочек на одном растении и масса 1000 семян, что повышало урожайность культуры.

Отметим высокую биологическую пластичность, устойчивость к недостатку влаги, особенно в начальный период вегетации, и высокую отзывчивость на улучшение агрофона. В Рязанской и Тульской областях лен масличный почти не имел вредителей и болезней, что не могло не отразиться на более высокой урожайности, в том числе и при аномально высоких температурах 2010 года.



В период проведения опытов наиболее благоприятные условия для роста и развития льна масличного складывались в 2008, 2011, 2012 годах, все это способствовало получению высокой урожайности при высокой масличности.

За годы исследований средняя урожайность семян льна масличного составила от 1,40 до 1,86 т/га (табл.).

#### Урожайность семян льна масличного (2008–2012 гг.)

Вариант	Норма высева, млн шт/га	Урожайность, т/га					
		2008	2009	2010	2011	2012	В среднем
Контроль	4	1,53	1,37	1,20	1,55	1,34	1,40
	6	1,89	1,57	1,34	1,79	1,66	1,65
	8	2,11	1,65	1,42	1,85	1,80	1,76
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4	1,75	1,39	1,30	1,72	1,44	1,52
	6	1,96	1,60	1,37	1,83	1,71	1,69
	8	2,18	1,71	1,48	1,93	1,91	1,84
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4	2,00	1,46	1,44	1,75	1,50	1,63
	6	2,05	1,63	1,53	1,89	1,72	1,76
	8	2,30	1,78	1,49	1,89	1,86	1,86
НСР <sub>05</sub> фактор А		0,22	0,19	0,10	0,13	0,18	
НСР <sub>05</sub> фактор В		0,14	0,12	0,18	0,18	0,15	

Наибольшая урожайность была получена в 2008 году, который отличался наиболее оптимальными погодными условиями, и составила 1,53–2,3 т/га. Опыты показали, что величина прибавки урожая зависела от нормы высева и дозы вносимого азота, наиболее оптимальным оказался вариант с N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и нормой высева – 8 млн шт/га. Наибольшая прибавка урожая наблюдалась при внесении высоких доз азотных удобрений N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и норме высева 4 млн шт/га.

На содержание масла в семенах льна и сбор его с единицы площади в большой мере влияет сорт. В наших опытах масличность семян за годы исследований находилась в пределах 39,9–43,5 %. С повышением доз минерального питания масличность незначительно, но повышалась (на 0,5–0,7 %).

**Выводы.** Внесение комплекса минеральных удобрений стимулировало развитие растений, а также повышало урожайность культуры. Применение минеральных азотных удобрений обеспечило значительный прирост урожая семян льна по отношению к контролю и повышало выход масла. Наиболее оптимальный вариант минерального питания – N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Четкой закономерности увеличения содержания масла от норм высева установлено не было. Использование разных норм высева и уровней азотного питания не влияло на фракционный состав льняного масла.

### Литература

1. *Виноградов Д.В.* Изучение основных элементов технологии возделывания льна масличного // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. – Солотча: Изд-во ВНИИГиМ, 2008. – С. 188–192.
2. *Виноградов Д.В., Жулин А.В.* Особенности и перспективы возделывания масличных культур в условиях юга Нечерноземья // Перспективные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур: мат-лы V Междунар. конф. молодых ученых и специалистов. – Краснодар: Изд-во ВНИИМК, 2009. – С. 51–54.
3. *Виноградов Д.В.* Этапы развития маслособывающей техники и технологии в России // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: мат-лы III Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. ГАУ, 2009. – С. 78–80.
4. *Виноградов Д.В.* Состояние производства и российский рынок масличных культур // Социально-экономические аспекты современного развития АПК: опыт, проблемы, перспективы: мат-лы II Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. ГАУ, 2009. – С. 20–23.
5. *Виноградов Д.В., Кунцевич А.А., Егорова Н.С.* Возделывание новых сортов льна масличного в условиях Нечерноземной зоны // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. – М.; Рязань, 2012. – С.144–145.
6. *Виноградов Д.В., Лупова Е.И., Кунцевич А.А.* Возделывание льна масличного сорта Санлин в южной части Нечерноземной зоны России // Современные технологии сельскохозяйственного производства: мат-лы XV Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: Изд-во Гроднен. ГАУ, 2012. – С. 27–29.
7. *Vinogradov D.V., Polyakov A.V., Kuntsevich A.A.* Influence of technology of growing on yield and oil chemical composition of linseed in non-chernozem zone of Russia // Journal of agricultural sciences. – Serbia, 2012. – № 3. – Vol. 135–143.
8. *Кунцевич А.А., Егорова Н.С., Виноградов Д.В.* Использование гербицидов в посевах льна масличного // Научно-практические аспекты технологий возделывания переработки масличных культур: мат-лы Междунар. науч. конф. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2013. – С. 118–119.
9. *Хромцев Д.Ф., Кунцевич А.А.* Возделывание масличных и эфиромасличных культур в Рязанской области // Инновационные технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства: мат-лы Междунар. науч. конф. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2014. – С. 352–354.
10. Состав жирных кислот семян льна / *А.В. Поляков, О.Ф. Чикризова, Л.В. Никитина* [и др.] // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: мат-лы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2000. – С.10–11.
11. *Поляков А.В., Загоскина Н.В.* Лен как источник пищевого белка и незаменимых аминокислот // Клиническая фитотерапия и фитохитодестерапия, биологически активные добавки: мат-лы 7-й Междунар. науч. конф. (23–24 января 2009 г.). – Черноголовка: Изд-во ИПФХ, 2009. – С. 128–132.
12. *Поляков А.В.* Биотехнология в селекции льна. – Изд-е 2-е. – М., 2010. – 201 с.



**ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ КОРМОВЫХ БОБОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА**

В статье представлены результаты исследований технологических аспектов кормовых бобов в условиях юго-востока Западной Сибири. Выявлено, что кормовые бобы, обладая высоким биологическим потенциалом продуктивности, характеризуются большими колебаниями урожая. Наибольшая урожайность зерна в среднем формировалась у среднераннего сорта «Русские черные» (2,81 т/га) при позднем сроке посева, коэффициент вариации составил  $V = 30,3\%$ , у среднеспелого сорта «Виндзорские белые» (1,29 т/га) при коэффициенте вариации  $V = 77,7\%$ .

**Ключевые слова:** кормовые бобы, сорта, осадки, температура, полевая всхожесть, вегетационный период, высота растений, урожайность.

V.V. Baranova, E.P. Kondratenko

**THE ASSESSMENT OF THE FODDER BEAN SORT CROP CAPACITY IN DIFFERENT SOWING PERIODS**

The research results of the technological aspects of the fodder beans in the conditions of the Western Siberia south-east are presented in the article. It is revealed that the fodder beans possessing high biological productivity potential are characterized by the large fluctuations in the yield. The highest legume yield (2.81 t / ha) was formed on the average in the mid-ripening sort "Black Russian" in the sowing period, the variation coefficient was  $V = 30.3\%$ , the mid-ripening sort "Windsor white" had the yield of 1.29 t / ha with the variation coefficient of  $V = 77.7\%$ .

**Key words:** fodder beans, sorts, precipitation, temperature, field germination, vegetation period, plant height, crop capacity.

**Введение.** Кормовые бобы – одна из наиболее ценных универсальных зернобобовых культур, занимающих по площади 4,85 млн га в мировом земледелии. В Российской Федерации с 2002 по 2014 г. площадь посева выросла с 15 тыс. га до 31 тыс. га. В Кемеровской области под кормовые бобы отводятся небольшие площади в пределах 1 тыс. га. Это связано с тем, что с началом проведения аграрных реформ в России произошел развал животноводства и интерес к этой культуре пропал, а именно в этой сфере она способна раскрыть свой наибольший потенциал. Поэтому кормовые бобы не занимают на сегодня тех площадей, которые бы отвечали ее потенциальным возможностям.

В Российской Федерации в отдельных хозяйствах урожайность зерна этой культуры была в пределах от 21 до 40 ц/га. Максимальный сбор семян кормовых бобов получен в Эстонии – 62,9 ц/га. В подтаежной зоне Западной Сибири получена урожайность этой культуры 26,5–27,5 ц/га [1].

История культуры бобов уходит в глубокую древность. Существует мнение, что кормовые бобы были первыми среди зернобобовых, которые человек стал выращивать для пищевых целей.

Основная доля выращиваемых кормовых бобов используется для кормовых целей. В кормопроизводстве кормовые бобы имеют большое распространение как культура разнообразного использования. Ценность их определяется способностью давать высокую урожайность зерна и зеленой массы, охотно поедаемой всеми видами сельскохозяйственных животных. Семена кормовых бобов имеют относительный избыток переваримого протеина в расчете на кормовую единицу.

В условиях Кемеровской области недостаток белков в кормах сельскохозяйственных животных восполняется чаще всего введением в их рацион зерна овса, ячменя и других злаков. Однако зерно не является достаточно эффективным дополнением к малобелковым кормам, так как содержит 70–90 г белка на кормовую единицу. Основным источником дешевого полноценного белка могут стать высокобелковые кормовые растения, люцерна, горох и кормовые бобы.

В организации биологически полноценного кормления животных большое значение имеет количество и качество белка. В настоящее время установлено, что кормовые бобы богаты полноценным белком, его содержание составляет до 35 % [2]. По данным [3], бобы являются дешевым ис-

точником растительного белка для пищевых и кормовых целей и одним из важных средообразующих звеньев, от которого зависит баланс органического вещества в почве.

Эта культура богата провитамином А – каротином, витаминами В, С, Д, фосфорной кислотой, содержит большое количество минеральных солей – калия, кальция, железа, меди, кобальта и марганца, до 36 % крахмала, до 15 % жира [4]. Очень важна роль кормовых бобов для получения высокобелковых комбинированных кормов, дающих до 200 и выше центнеров зеленой массы с гектара, с содержанием до 300 кг переваримого белка. Кормовые бобы являются хорошим азотфиксатором, фиксируя азот из воздуха в среднем 70 кг/га [5], оставляя в почве до 250–380 кг азота, 35–50 кг фосфора, 60–90 кг калия. Это важно в связи с тем, что в настоящее время проблема экологически чистого земледелия приобретает большое значение [6]. Кормовые бобы обладают хорошей холодостойкостью, что важно для условий Сибири. В условиях Кемеровской области кормовые бобы наряду с такой традиционной зернобобовой культурой, как горох, могут занять достойное место.

Актуальность изложенных выше проблем определила цель наших исследований.

**Цель исследований.** Изучение урожайности сортов кормовых бобов при разных сроках посева в условиях лесостепной зоны юго-востока Западной Сибири.

**Материал, условия и методы исследований.** В качестве объекта исследований были взяты сорта кормовых бобов разных групп спелости: среднеранний Русские черные российской селекции и среднеспелый Виндзорские белые иностранной селекции.

Полевые опыты проводились на полях КФХ «Надежда» Топкинского района Кемеровской области в 2013–2014 гг. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Мощность гумусного горизонта 0,4 м. Содержание гумуса в пахотном горизонте 9,76 %. Степень обеспеченности почв легкогидролизующим азотом и подвижным фосфором повышенная, обменным калием высокая. Реакция почвенной среды слабокислая и нейтральная  $pH_{\text{сол.}} 5,8–6,2$ .

Посев проводили в первой, второй, третьей декадах мая и первой декаде июля сплошным рядовым с нормой высева 700 тыс. всхожих семян на 1 га, на глубину 4–5 см, на площади 25 м<sup>2</sup>, в четырехкратной повторности.

Агротехника возделывания соответствовала общепринятой для данной зоны.

Метеорологические условия вегетационного периода (2013–2014 гг.) оценивали по данным метеорологической станции г. Топки.

Гидротермические условия в годы исследований различались по количеству, распределению осадков и температурному режиму, что позволило оценить влияние сортовых особенностей кормовых бобов на элементы продуктивности в условиях лесостепи юго-востока Западной Сибири.

В мае, июне, июле и августе 2013 года температура воздуха была выше среднемноголетних значений, отклонения составили соответственно 0,8 °С; 1,7; 1,8 и 1,8 °С, с недобором осадков в мае, июне и сильным увлажнением в июле, августе. В мае, июле ГТК составил 0,5 и 0,9, что говорит о недостаточном увлажнении, в июле и августе ГТК равнялось 1,2 и 2,0. Август был сильноувлажненным.

Май 2014 года оказался достаточно теплым, среднемесячная температура воздуха превышала норму на 2 °С с высокой влагообеспеченностью, отклонения от среднемноголетней составили 10 мм. Июнь характеризовался прохладной дождливой погодой. Среднемесячная температура воздуха была ниже среднемноголетней на 2 °С, осадков выпало выше нормы на 45 мм. Температура в июле и августе была на уровне среднемноголетней, при недоборе осадков в этот период 41 и 21 мм соответственно.

Продуктивность сортов кормовых бобов оценивали по количеству бобов с растения, количеству семян в одном бобе, массе 1000 семян, урожайности с 1 га.

Для оценки степени варьирования рассчитывали коэффициент вариации, определяющийся как отношение среднеквадратичного отклонения к среднему значению, выраженному в процентах ( $V, \%$ ).

**Результаты исследований.** Полевая всхожесть в значительной степени определяет дальнейший рост и развитие растений кормовых бобов и уровень их урожайности.

Как показали опыты, четвертый срок посева (первая декада июня) в среднем приводит к увеличению полевой всхожести семян кормовых бобов (табл. 1) у среднераннего сорта Русские черные на 6,5 %, среднеспелого Виндзорские белые на 2,5 % относительно первого срока посева (первая декада мая).

Таблица 1

**Полевая всхожесть семян сортов кормовых бобов на разных вариантах посева  
(2013–2014 гг.), %**

Сорт	Срок посева				Среднее
	1	2	3	4	
2013 год					
Русские черные	78	82	83	85	82,0
Виндзорские белые	79	82	81	83	81,3
Среднее по сортам	78,5	82,0	82,0	84,0	
Разница между сортами	1	0	2	2	
2014 год					
Русские черные	90	91	88	96	91,3
Виндзорские белые	93	91	90	94	92,0
Среднее по сортам	91,5	91,0	89,0	95,0	
Разница между сортами	3	0	2	2	

Данные таблицы 1 показывают типичную картину изменчивости полевой всхожести под влиянием погоды. Эта закономерность обычно объясняется влажностью почвы (осадками), температурой воздуха. В 2014 году гидротермические условия были лучше для роста и развития растений кормовых бобов при всех сроках посева, чем в 2013 г., когда отмечался недобор осадков в течение всей вегетации, а среднемесячная температура воздуха превышала среднемноголетнюю.

В условиях юго-востока Западной Сибири при первом сроке посева полевая всхожесть сильно изменялась. Размах варьирования у сортов Русские черные составил от 78 до 90 % ( $V=13,3\%$ ), Виндзорские белые от 79 до 93 % ( $V=15,1\%$ ). При втором, третьем и четвертом сроках полевая всхожесть изменялась незначительно и составила у сортов Русские черные соответственно от 82 до 91 % ( $V=9,9\%$ ), от 83 до 88 % ( $V=5,7\%$ ) и от 85 до 96 % ( $V=11,4\%$ ), Виндзорские белые от 82,9 до 91 % ( $V=9,9\%$ ), от 81 до 90 % ( $V=10,0\%$ ), от 83 до 94 % ( $V=11,7\%$ ).

Поздний срок посева в первой декаде июня по показателю «полевая всхожесть» оказался самым оптимальным для обоих сортов кормовых бобов. Максимальная полевая всхожесть в среднем за два года исследований у сортов Русские черные и Виндзорские белые составила 90,5 и 88,5 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

**Варьирование полевой всхожести сортов кормовых бобов в зависимости  
от срока посева (в среднем за 2013–2014 гг.), %**

Показатель	Сорта кормовых бобов							
	Русские черные				Виндзорские белые			
	Сроки посева							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Среднее	84,0	86,5	85,5	90,5	86,0	86,5	85,5	88,5
min- max	78-90	82-91	83-88	85-96	79-93	82-91	81-90	83-94
V, %	13,3	9,9	5,7	11,45	15,1	9,9	10,0	11,7

При первом сроке посева размах варьирования по сортам оказался выше (Русские черные  $V=13,3\%$  и Виндзорские белые  $V=15,1\%$ ), чем при втором, третьем и четвертом, это говорит о том, что лимитирующим фактором роста и развития семян кормовых бобов являются погодные условия (особенно влага) в период всходов. Из основных факторов жизни растений – света, тепла, пищи и влаги – первые три вполне благоприятны для нормального развития бобовых культур. Влага является лимитирующим фактором получения высоких урожаев [7].

Опыт научных учреждений и производственная практика передовых хозяйств свидетельствуют, что сроки посева кормовых бобов оказывают большое влияние на продолжительность вегетации растений.

Изучение двух сортов кормовых бобов при разных сроках их посева показало, что длина вегетационного периода достоверно различается (табл. 3).

Таблица 3

**Длина вегетационного периода кормовых бобов в зависимости от срока сева, дней**

Сорт	Срок сева				Среднее
	1	2	3	4	
2013 год					
Русские черные	95	102	100	105	100,5
Виндзорские белые	97	100	102	108	101,7
Среднее по сортам	96	101	101	106,5	
Разница между сортами	2	2	2	3	
2014 год					
Русские черные	94	100	98	115	101,7
Виндзорские белые	95	102	100	115	103,0
Среднее по сортам	94,5	101	99	115	
Разница между сортами	1	2	2	0	

Изменение длины вегетационного периода у растений кормовых бобов в зависимости от срока посева в 2013 году составило у сортов Русские черные от 95 до 105 дней, при среднем значении 100,5 дней, Виндзорские белые от 97 до 108 дней, при среднем значении 101,7 дней. В среднем различие между сортами составляло от 2 до 3 дней.

В 2014 году на четвертом сроке посева созревание сортов произошло одновременно и составило 115 дней, тогда как в 2013 году у сорта Виндзорские белые вегетационный период при этом сроке посева увеличился на 3 дня. В среднем различие между сортами в зависимости от срока посева в 2014 г. составляло до 2 дней.

Из-за недобора осадков и высоких температур в период роста и развития растений кормовых бобов их вегетационный период в 2013 г. был короче чем в 2014 году на 1–2 дня.

Нами изучена изменчивость высоты растений кормовых бобов сортов Русские черные и Виндзорские белые при разных сроках посева по периодам роста и развития растений (табл.4).

Из таблицы 4 видно, что изменчивость высоты изучаемых сортов по годам исследований, оцененная по размаху варьирования, находится в фазе всходов при всех сроках посева в пределах 44,4–50,0 %. Следовательно, практически оба сорта, при первом сроке посева, при возделывании их в лесостепной зоне, в период всходов характеризуются минимальной стабильностью по способности формировать растения кормовых бобов, за исключением 4-го срока посева. Коэффициент вариации ниже ( $V = 44,4 \%$ ). Это можно объяснить тем, что в лесостепной зоне в начальный период развития кормовых бобов растения в большей степени лимитированы складывающимися гидро-термическими условиями, повышенной температурой воздуха и низкой влагообеспеченностью.

Наиболее высокий линейный рост (74,9 см) в среднем за два года исследований достигал у растений сорта Русские черные при первом сроке посева в фазу созревания. Кормовые бобы сорта Виндзорские белые были на 7,7 см меньше, это говорит о сортовых различиях по этому признаку.

При посеве семян кормовых бобов в четвертый срок посева, то есть в первой декаде июня, высота растений в фазу созревания бобов была 69,9 см, размах варьирования был минимальный ( $V = 16,5 \%$ ). Сорта кормовых бобов отличаются относительно большей стабильностью по формированию данного признака в гидротермических условиях, складывающихся в этот период.

Таблица 4

**Изменение высоты растений сортов кормовых бобов в основные фазы роста и развития, в среднем за 2013–2014 гг.**

Срок посева	Показатель	Высота растений по периодам вегетации, см				
		Всходы	Ветвление	Бутонизация	Цветение	Созревание
1	Среднее	1,7	15,9	42,4	45,4	71,0
	min-max	1,0 – 2,0	14,7 – 19,0	38,0 – 48,0	40,3 – 50,0	62,6 – 78,3
	V, %	50	22,6	20,8	19,4	20,0
2	Среднее	1,7	15,6	40,8	44,4	69,7
	min-max	1,0 – 2,0	14,4-18,7	34,1 – 47,1	39,9 – 48,8	61,7- 77,0
	V, %	50	22,9	27,6	18,2	19,9
3	Среднее	1,5	14,5	31,2	43,0	69,3
	min-max	1,0 – 2,0	13 – 17	36,0 – 45,0	39,0 – 47,0	60,6 – 76,5
	V, %	50	23,5	20,0	17,0	20,8
4	Среднее	1,3	13,6	39,7	42,7	66,9
	min-max	1,0 – 1,8	12,3 – 16,5	36,0 – 44,6	38,8 – 46,7	60,1 – 72,0
	V, %	44,4	25,4	19,3	16,9	16,5
Средние по срокам посева		1,6	14,9	38,5	43,9	67,7

Анализ массы 1000 зерен кормовых бобов показал, что при первом и втором сроках посева семян кормовых бобов в среднем этот показатель у сорта Русские черные составил 1346 г, а у сорта Виндзорские белые – 1096 г. При третьем и четвертом сроках посева масса 1000 семян несколько снижалась и составила у сортов Русские черные 1325 г, Виндзорские белые – 1063 г.

Продуктивность культуры – один из основных критериев его оценки. В среднем за два года опытов прослежено существенное влияние на урожайность погодных условий в период вегетации и сортовых особенностей культуры. Как известно, продуктивность растений бобов обусловлена взаимодействием целого комплекса показателей, среди которых важное значение имеет количество бобов с растений (табл. 5).

Таблица 5

**Элементы структуры урожая кормовых бобов, 2013–2014 гг.**

Срок посева	Показатель	Растения к уборке, шт/ м <sup>2</sup>	Кол-во бобов с растения, шт.	Кол-во семян в 1 бобе, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
1	2	3	4	5	6	7
Русские черные						
1	Среднее	50,5	6,0	4,5	172	1,29
	min-max	47-54	4-8	4-5	134-210	1,0-4,5
	V, %	12,9	50	20	76	77,7
2	Среднее	52,5	5,5	4,5	168,5	2,49
	min-max	50-55	4-7	4-5	135-202	1,1-3,9
	V, %	9,1	42,8	20	33,1	71,8
3	Среднее	51,5	4,5	4,0	159,5	1,76
	min-max	50-53	4-5	4-4	132-187	1,0-2,47
	V, %	2,8	20	0	14,7	59,5

1	2	3	4	5	6	7
4	Среднее	54,5	4,5	3,5	158	2,81
	min-max	51-58	4-5	3-4	134-182	1,1-1,58
	V, %	12,1	20	25	26,4	30,3
Средние по срокам посева		52,3	5,1	4,1	164,5	2,1
Виндзорские белые						
1	Среднее	52,0	4,5	4	148	1,29
	min-max	48-56	4-5	4-4	109-187	0,83-1,75
	V, %	14,3	20	0	41,7	52,6
2	Среднее	52,5	4,5	4	131	1,28
	min-max	50-55	4-5	4-4	110-152	0,88-1,67
	V, %	9,1	20	0	27,6	47,3
3	Среднее	51	4	3,5	121	0,86
	min-max	49-53	4-4	3-4	106-136	0,83-0,88
	V, %	7,5	0	25	22,1	5,7
4	Среднее	54	3	3,5	119	0,65
	min-max	50-58	2-4	3-4	104-134	0,46-0,83
	V, %	13,8	50	25	23,4	44,6
Средние по срокам посева		52,4	4,0	3,75	129,7	1,02

Результаты исследований показали, что сроки посева оказывают различное влияние на формирование количества бобов с растения. При первом сроке посева в сравнении с третьим и четвертым сроками посева в среднем по среднераннему сорту Русские черные прибавка составила 1,5 шт. бобов с растения. Средние значения по данному показателю составили 5,1 шт. У среднеспелого сорта Виндзорские белые по этому признаку прибавка составила 0,5 шт. при среднем значении 4 шт. Однако коэффициенты вариации при первом и втором сроках посева были высокими и составили у сорта Русские черные соответственно  $V = 50$  и  $42,8\%$ , тогда как при третьем и четвертом сроках посева этот показатель был меньше  $V = 20\%$ . У среднеспелого сорта Виндзорские белые, наоборот, при первом сроке посева коэффициент вариации данного признака был меньше  $V = 20\%$ , чем при позднем  $V = 50\%$ .

Выявлена существенная прибавка по массе 1000 семян у обоих сортов на первом сроке посева. В среднем она составила по сравнению со вторым, третьим и четвертым сроками посева соответственно 3,5; 12,5 и 14,0 г (Русские черные) и 17 г, 21 г и 29 г (Виндзорские белые).

Следует отметить, что низкие показатели полевой всхожести семян кормовых бобов при первом их сроке посева в условиях лесостепи обуславливали снижение урожайности испытываемых сортов. В среднем за годы опытов по всем срокам посева урожайность была меньше у сорта иностранной селекции Виндзорские белые на 1 т/га в сравнении с сортом российской селекции Русские черные. Высокая полевая всхожесть на четвертом сроке посева способствовала максимальному формированию продуктивности растений кормовых бобов. В 2013 году разница между сортами в среднем составила 0,2–0,3 т/га, в 2014 г. – 1,1–2,8 т/га.

Исследования показали, что варьирование по годам более сильное у сорта Русские черные при первом и втором сроках посева ( $V = 77,7$  и  $71,8\%$  соответственно), у сорта Виндзорские белые при втором и четвертом сроках посева ( $V = 43,7$  и  $52,9\%$  соответственно).

**Заключение.** Результаты исследований показали, что лучшие гидротермические условия для формирования высокой продуктивности создаются для среднераннего сорта Русские черные при позднем сроке посева (1-я декада июня), среднеспелого Виндзорские белые при раннем (1-, 2-я декады мая).

Производство этой малоизвестной в Кемеровской области культуры позволит увеличить ассортимент зернобобовых культур и снять напряжение в протеиновом питании сельскохозяйственных животных и человека.



## Литература

1. Красовская А.В., Веремей Т.М., Степанов А.Ф. Влияние погодных условий на рост, развитие и урожайность зерна кормовых бобов в подтаежной зоне Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2014. – № 1. – С. 81–83.
2. Вороничев Б.А. Селекционный аспект проблемы повышения устойчивости производства зерна кормовых бобов // Биологический и экономический потенциал зернобобовых, крупяных культур и пути его реализации: мат-лы Междунар. науч. конф., приуроченной к 35-летию ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 1999. – С. 6–7.
3. Задорин А.Д. Научное обеспечение повышения биологического и экономического потенциала зернобобовых и крупяных культур // Биологический и экономический потенциал зернобобовых, крупяных культур и пути его реализации: мат-лы Междунар. науч. конф., приуроченной к 35-летию ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 1999. – С. 3.
4. Казыдуб Н.Г., Казыдуб В.М., Клинг А.П. Продуктивность и качество фасоли овощной в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Селекция и семеноводство овощных культур: сб. науч. тр. – М., 2009. – Вып. 43. – С. 76.
5. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблемы растительного белка. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 255 с.
6. Baudoin J.P., Camrena F., Lobo M. Improving Phaseolus genotypes for multiple cropping system Euphitica. – 1997. – Vol. 96. – № 1. – P. 115–123.
7. Васякин Н.И. Зернобобовые культуры в Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во РАСХН, 2002. – 184 с.



УДК 631.16.633

В.М. Самаров, Е.В. Ганзеловский

### ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЧЕЧЕВИЦЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КУЗБАССА

*В статье рассматриваются различные сроки посева чечевицы в степной зоне Кузбасса, а также влияние различных норм высева на урожайность. Установлено, что оптимальный срок посева чечевицы в степной зоне Кузбасса – первая декада мая.*

**Ключевые слова:** зернобобовая культура чечевица, срок посева, нормы высева.

V.M. Samarov, E.V. Ganzelovskiy

### THE INFLUENCE OF SOWING TERMS AND SOWING NORMS ON THE LENTIL CROP CAPACITY IN KUZBASS STEPPE ZONE

*Different lentil sowing terms in Kuzbasssteppe zone as well as the influence of different sowing norms on the crop capacity are considered in the article. It is established that the optimal time for lentil sowing in Kuzbasssteppe zone is the first decade of May.*

**Key words:** grain-legume culture -lentil, sowing term, sowing norms.

**Введение.** Чечевица (*Lens culinaris* L.) – одно из древнейших сельскохозяйственных растений. Культура разностороннего использования – пищевого, кормового и технического. В 30-е годы прошлого века площади посевов в нашей стране составляли более 1 млн гектаров. На мировом рынке чечевица экспортных кондиций оценивается в 3–4 раза дороже лучших сортов пшеницы [1].

В последние 25–30 лет посевы чечевицы резко сократились, эту культуру практически забыли. Ценность чечевицы состоит в том, что она является отличным предшественником для всех

сельскохозяйственных культур, рано убираемая культура, обогащает почву доступным азотом. Культура слабо поражается вредителями и болезнями, не полегает.

**Цель исследования.** Обоснование норм высева и сроков посева чечевицы, способствующих повышению ее урожайности в степной зоне Кузбасса.

**Объекты и методы исследования.** Экспериментальная часть работы выполнена в условиях степной зоны Кузнецкой котловины. Почвы опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый. Мощность гумусового горизонта колеблется от 30 до 32 см, содержание гумуса – 8,5 %, реакция почвенного раствора слабокислая pH 5,4. Содержание подвижного фосфора и обменного калия составляет соответственно 110–130 мг/кг. Это лучшие пахотно-пригодные почвы области периодически недостаточного увлажнения [2, 3].

Средний многолетний показатель увлажнения степной зоны ГТК составляет 1,2. В 2012 году (засушливый) ГТК составил 0,6. 2013 и 2014 годы были благоприятны для роста и развития всех сельскохозяйственных культур, ГТК = 1,4 достаточного увлажнения.

Предшественник чечевицы – однолетние травы. После уборки проводили лущение ЛДГ-10 на глубину 6–8 см с целью спровоцировать прорастание сорняков. После массового появления сорняков вспашка ПЛН-4-35 на глубину 23–25 см. Предпосевная обработка заключается в ранневесеннем бороновании на глубину 6–8 см, культивации для позднего срока с боронованием на глубину 6–8 см КПС-4 с бороной БЗСС-1, а затем прикатывание ЗККШ-6. Посев проводили сеялкой СЗП-3,6, глубина посева семян 5–6 см.

Учет урожая проводился сплошным методом. Урожайные данные обрабатывались математически, методом дисперсионного анализа [4]. Проводилась биоэнергетическая оценка вариантов в опытах [5] (табл.).

Описание сорта чечевицы Степная 244. Сорт выведен в бывшем Степном отделении ВИРа (ныне НИИСХ ЦЧИ им. В.В. Докучаева). Растения высотой 40–45 см. Листья средней крупности, листочки продолговатые. Цветки средней крупности, белые (парус с синими жилками). Бобы мелкие, длиной 10–14 мм, шириной 5,5–6,5 мм, диаметр 3,2–4,2 мм, масса 1000 семян 25–30 грамм. Сорт среднеспелый, период вегетации 80–85 дней.

**Урожайность чечевицы при разных сроках и нормах высева (средние данные за 2012–2014 гг.), т/га**

Норма высева, млн/га	Срок посева		Прибавка		Срок посева 5 мая		
	5 мая	15 мая	т/га	%	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Совокупный сбор общей энергии, ГДж/га	Прирост общей энергии, ГДж/га
4,0 (st)	0,68	0,54	0,14	100,0	15,77	16,69	0,92
3,5	0,84	0,71	0,13	92,8	15,47	17,72	2,25
3,0	1,25	0,86	0,39	278,6	15,17	25,13	9,96
2,5	1,05	0,71	0,34	242,9	14,87	22,04	7,17
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,03					

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализ таблицы показывает, что наибольшую продуктивность чечевица показала при всех нормах высева при раннем сроке посева 5 мая. При сроке посева 15 мая по всем вариантам опыта продуктивность чечевицы была значительно ниже. Оптимальной нормой высева оказался вариант – 3 млн всхожих семян на гектар. В среднем за 3 года урожайность составила при раннем сроке 1,25 т/га, при позднем сроке 0,86 т/га, прибавка 0,39 т/га, что составляет 278,6 % к контролю, норма высева 4,0 млн/га. Загущенный посев чечевицы (3,5–4,0 млн/га) резко снижает ее урожайность, прибавка здесь составляет только 0,13 и 0,14 т/га.

Урожайность – важный экономический показатель, но он не дает полного представления о затратах и полученных экономических прибавках. В последние годы более широкое распространение получила оценка эффективности того или иного приема – окупаемости затрат дополнительной продукцией.

Однако с переходом на полный хозрасчет, самофинансирование, при учете многоукладности в сельском хозяйстве все большее распространение получает экономическая оценка эффективности технологических приемов по биоэнергетическим показателям сельскохозяйственного производства, сопровождающаяся увеличением затрат на невозобновляемую энергию, в том числе и за счет увеличения себестоимости приемов, поэтому необходимо разрабатывать ресурсосберегающие технологии производства сельскохозяйственной продукции. Это требует от специалистов знаний основ расчета биоэнергетической эффективности. При выращивании сельскохозяйственных культур агрономические приемы необходимо оценивать в биоэнергетических величинах, это способствует более объективной оценке.

Анализ показывает, что прирост общей энергии по всем вариантам при раннем сроке посева оказался положительным и составил от 0,92 до 9,96 ГДж/га. Самые высокие показатели прироста оказались при нормах высева 2,5–3,0 млн/га, прирост 7,17–9,96 ГДж/га. Это в 4–5 раз выше, чем загущенные посевы.

**Выводы.** Оптимальный срок посева чечевицы в степной зоне Кузбасса – первая декада мая. Норма высева при рядовом посеве (15 см) – 2,5–3,0 млн всхожих семян на гектар. Биоэнергетическая оценка показывает, что вышеуказанные нормы экономически выгодны.

### Литература

1. *Васякин Н.И.* Зернобобовые культуры в Западной Сибири / РАСХИ, Сиб. отд-ние, АНИИЗиС. – Новосибирск, 2002. – 181 с.
2. *Брылев В.К.* Почвы Кузбасса и пути повышения плодородия. – Кемерово, 1976. – 81 с.
3. *Горшенин К.П.* Почвы южной части Сибири. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 592 с.
4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Альянс С, 2014. – 251 с.
5. *Ермохин Ю.И., Неклюдов А.Ф.* Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений. – Омск, 1996. – 43 с.



## ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.4.082.4:636.086.783

Г.С. Походня, Т.А. Малахова

### ПОВЫШЕНИЕ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У МОЛОДЫХ СВИНОМАТОК ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ В ИХ РАЦИОН СУСПЕНЗИИ ХЛОРЕЛЛЫ

Установлено, что скормливание молодым свиноматкам суспензии хлореллы в количестве одного литра дополнительно к суточному рациону за 30 суток до опороса и в течение 28 суток после опороса способствует увеличению рождения живых поросят в расчете на одну свиноматку на 25,0 %, валового прироста поросят до 28-суточного возраста на 49,1 %, а стоимости валового прироста живой массы на 280 рублей по сравнению с первой контрольной группой.

**Ключевые слова:** молодые свинки, воспроизводительная функция, рацион, многоплодие, поросята, суспензия хлореллы, живая масса, экономическая эффективность.

G.S. Pokhodnya, T.A. Malakhova

### INCREASE OF THE REPRODUCTIVE FUNCTION OF YOUNG SOWS BY THE CHLORELLA SUSPENSION INTRODUCTION INTO THEIR DIET

It is established that feeding of young sows by Chlorella suspension in the amount of one liter in addition to the daily ration 30 days before farrowing and 28 days after farrowing increases the birth of live piglets per one sow by 25.0%, the gross growth of piglets up to 28-day age by 49.1%, and the value of the gross live weight gain by 280 rubles, compared with the first control group.

**Key words:** young sows, reproductive function, diet, multiple pregnancy, piglets, Chlorella suspension, live weight, economic efficiency.

**Введение.** Для увеличения эффективности применения кормов рынок предлагает широкий выбор различных кормовых добавок, биостимуляторов отечественного и иностранного производства. На сегодняшний день экономическое состояние многих хозяйств не позволяет пойти на такие расходы.

Одним из главных условий дальнейшего повышения продуктивности животных и эффективности производства свинины будет являться в улучшение условий кормления и содержания сельскохозяйственных животных.

В литературе имеются данные, что одним из способов повышения полноценности рационов сельскохозяйственных животных может быть использование суспензия хлореллы [1–9].

Н.И. Богданов [2] считает, что хлорелла в XXI веке займет ведущее положение в животноводстве. Она не только позволит значительно повысить продуктивность животных и валовое производство свинины, но и благодаря своим уникальным свойствам позволит получить экологически чистую животноводческую продукцию. Хлореллу можно включать в кормовой рацион любого вида животных и птицы, не меняя индустриальную технологию кормления.

Хлорелла позволяет наиболее полно использовать корм за счет повышения его усвояемости на 40 % [1]. В результате этого в значительной степени увеличиваются дополнительные приросты животных. Она обладает широким спектром биологической активности, а поэтому использование её в качестве кормовой добавки позволяет повысить устойчивость к инфекционным заболеваниям, нормализовать обмен веществ, улучшить функцию пищеварительной системы, вывести из организма токсины и пр. [10, 11].

В связи с вышесказанным изучение эффективности применения суспензии микроводоросли штамма *Chlorellavulgaris* ИФР № С-111 имеет важное научное и практическое значение.

**Цель исследований.** По показателям воспроизводительной функции и продуктивности свиноматок изучить запас ресурсов выпуска свиноводческой продукции за счет введения в корма животных суспензии хлореллы.

Для эффективного достижения данной цели были сформулированы следующие задачи:

– исследовать влияние введения суспензии хлореллы при кормлении молодых свиноматок на их воспроизводительные показатели;

– определить оптимальную дозу скармливания суспензии хлореллы молодым свиноматкам при подготовке их к осеменению;

– установить зоотехническую и экономическую эффективность введения суспензии хлореллы в рацион молодых свиноматок для стимуляции их половой охоты;

– выявить зоотехническую и экономическую значимость включения в рационы свиноматок суспензии хлореллы.

**Методы и результаты исследований.** Для изучения эффективности стимуляции половой функции у свиноматок за счет скармливания им суспензии хлореллы нами были проведены специальные исследования. В опытах изучали влияние скармливания суспензии хлореллы молодым свиноматкам на проявление ими половой охоты и на результативность их осеменения. В первом опыте для исследований было отобрано по принципу аналогов в возрасте 8 месяцев 6 групп ремонтных свинок по 20 голов в каждой. После перевода свинок в цех воспроизводства условия их содержания были одинаковыми во всех группах, а условия кормления различались: первая группа свинок (контрольная) получала в сутки основной рацион согласно нормам ВИЖа, а свинкам второй, третьей, четвертой, пятой, шестой групп к основному рациону до проявления половой охоты (но не более чем в течение 21 суток) добавляли суспензию хлореллы соответственно по группам в количестве по 2, 4, 6, 8, 10 мл в расчете на 1 килограмм живой массы.

Выборку свинок в охоте проводили в течение 21 суток после перевода в цех воспроизводства с помощью хряков-пробников утром и вечером.

Всех свинок, проявивших половую охоту за 21 сутки, переводили на пункт искусственного осеменения, где проводили их двукратное осеменение: сразу после выборки и через 24 часа. Проявление половой охоты молодыми свинками представлено в таблице 1.

Таблица 1

**Влияние скармливания суспензии хлореллы молодым свинкам  
на проявление ими половой охоты**

Группа опыта	Условия кормления свинок в период подготовки к осеменению	Число свинок в опыте	Из них проявили половую охоту за 21 сутки	
			число	%
1	Основной рацион	20	12	60
2	ОР+2мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	20	13	65
3	ОР+4мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	20	16	80
4	ОР+6мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	20	18	90
5	ОР+8мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	20	18	90
6	ОР+10мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	20	17	85

Данные таблицы 1 показывают, что скормливание молодым свинкам суспензии хлореллы в количестве 2, 4, 6, 8, 10 мл в расчете на 1 килограмм живой массы способствует увеличению проявления молодыми свинками половой охоты соответственно на 5,0; 20,0; 30,0; 30,0; 25,0 % по сравнению с первой контрольной группой. Результаты осеменения молодых свинок представлены в таблице 2.

Данные таблицы 2 показывают, что скормливание молодым свинкам суспензии хлореллы в количестве 2, 4, 6, 8, 10 мл в расчете на 1 килограмм живой массы позволяет повысить у них оплодотворяемость и многоплодие. Так, оплодотворяемость свинок во второй, третьей, четвертой, пятой и шестой группах повысилась соответственно на 2,6; 8,4; 11,1; 11,1; 9,8 %, а многоплодие в этих же группах повысилось на 1,8; 2,9; 7,5; 6,7; 5,8 % по сравнению с первой контрольной группой. Что касается крупноплодности, то этот показатель достоверно не отличался во всех группах.

Таблица 2

**Влияние скормливания суспензии хлореллы молодым свинкам на результативность их осеменения**

Группа опыта	Условия кормления свинок в период подготовки к осеменению	Число осемененных свинок	Из них опоросилось		Получено поросят, гол.		Крупноплодность
			число	%	всего	на 1 опорос	
1	Основной рацион	12	8	66,8	68	8,50±0,1	1,15±0,01
2	ОР+2мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	13	9	69,2	78	8,66±0,1	1,14±0,01
3	ОР+4мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	16	12	75,0	105	8,75±0,1	1,16±0,01
4	ОР+6мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	18	14	77,7	128	9,14±0,1	1,15±0,01
5	ОР+8мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	18	14	77,7	127	9,07±0,1	1,14±0,01
6	ОР+10мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы	17	13	76,4	117	9,00±0,1	1,15±0,01

**Эффективность стимуляции половой охоты у молодых свинок за счет скормливания им суспензии хлореллы.** Для определения зоотехнической и экономической эффективности использования суспензии хлореллы в рационах молодых свиноматок для стимуляции у них половой охоты мы произвели расчёт исходя из результатов, полученных в опытах (табл. 3).

Данные таблицы 3 показывают, что скормливание молодым свиноматкам суспензии хлореллы в период подготовки их к осеменению в количестве 2; 4; 6; 8; 10 мл в расчёте на 1 килограмм живой массы дополнительно к основному рациону способствует повышению половой охоты, оплодотворяемости и многоплодия у свинок, что позволило увеличить общее число полученных поросят соответственно по группам на 14,7; 54,4; 88,2; 86,7; 72,0 %, а себестоимость поросят при рождении снизить соответственно на 108,68; 304,26; 405,40; 398,89; 354,58 рублей, или на 12,3; 34,4; 46,0; 45,2; 40,2 % по сравнению с первой контрольной группой.

Таблица 3

**Зоотехническая и экономическая эффективность использования суспензии хлореллы для стимуляции половой охоты у молодых свиноматок**

Показатель	Группа опыта					
	1-я группа контрольная (основной рацион)	2-я группа – опытная (ОР+2мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы)	3-я группа – опытная (ОР+4мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы)	4-я группа – опытная (ОР+6мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы)	5-я группа – опытная (ОР+8мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы)	6-я группа – опытная (ОР+10мл суспензии хлореллы на 1 кг живой массы)
Число свинок в опыте, гол.	20	20	20	20	20	20
Число свинок, проявивших половую охоту за 21 сутки	12	13	16	18	18	17
Средний период от начала опыта до проявления половой охоты свиноматками, суток	7,5	7,1	6,5	6,6	6,4	6,6
Число опоросившихся свинок	8	9	12	14	14	13
Многоплодие свинок, гол.	8,50	8,66	8,75	9,14	9,07	9,00
Получено поросят, всего, гол.	68	78	105	128	127	117
Затраты на содержание 20 свинок в течение 120 суток, руб.	60000,0	60000,0	60000,0	60000,0	60000,0	60000,0
Затраты на суспензию хлореллы, руб.	0	350,0	700,0	1050,0	1400,0	1750,0
Общие затраты на полученных поросят, руб.	60000,0	60350,0	60700,0	61050,0	61400,0	61750,0
Себестоимость 1 поросенка при рождении, руб.	882,35	773,71	578,09	476,95	483,46	527,77
± по отношению к первой группе, руб.	-	-108,64	-304,26	-405,40	-398,89	-354,58

Таким образом, эти исследования показали, что стимуляция половой охоты у молодых свиноматок за счёт использования в их рационах суспензии хлореллы оправдано как с зоотехнической точки зрения, так и с экономической. В наших исследованиях было установлено, что оптимальной дозой скармливания суспензии хлореллы молодым свинкам является 6 мл.

### **Выводы**

1. Скармливание свиноматкам суспензии хлореллы в количестве 2; 4; 6; 8; 10 мл в расчете на 1 килограмм живой массы в период подготовки их к осеменению способствует повышению:

- половой охоты у молодых свинок на 5,0; 20,0; 30,0; 25,0 %;
- оплодотворяемости у молодых свинок на 2,6; 8,4; 11,1; 11,1; 9,8 %;
- многоплодия у молодых свинок на 1,8; 2,9; 7,5; 6,7; 5,8.

2. Анализ зоотехнической и экономической эффективности использования суспензии хлореллы в рационах свиноматок в период подготовки их к осеменению показал, что из всех вариантов самым эффективным следует считать скармливание суспензии хлореллы молодым свинкам 6 мл. При указанном варианте общее число поросят, полученных в расчете на 100 простимулированных молодых свинок, увеличивается на 88,0 %. Себестоимость поросят при рождении, полученных от непростимулированных молодых свинок, снижается на 46,0%.

### **Литература**

1. *Богданов Н.И.* Хлорелла: зеленый корм круглый год // Комбикорма. – 2004. – № 3. – С. 66.
2. *Богданов Н.И.* Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пенза, 2007. – 48 с.
3. *Походня Г.С., Федорчук Е.Г., Дудина Н.П.* *Chlorellavulgaris* ИФР № С-111 и использование её суспензии в животноводстве. – Белгород, 2009. – 55 с.
4. *Походня Г.С., Федорчук Е.Г., Дудина Н.П.* Зоотехническая и экономическая эффективность использования суспензии хлореллы в рационах свиней. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2011. – 79 с.
5. *Понедельченко М.Н., Походня Г.С.* Использование нетрадиционных кормов в свиноводстве. – Белгород: Везелица, 2011. – 380 с.
6. Организация и технология производства свинины / *В.Я. Горин* [и др.]. – Белгород: Везелица, 2011. – 704 с.
7. *Походня Г.С., Федорчук Е.Г., Дудина Н.П.* Суспензия хлореллы в рационах хряков-производителей // Белгородский агромир. – 2011. – № 2. – С. 40–43.
8. *Походня Г.С., Федорчук Е.Г., Дудина Н.П.* Повышение воспроизводительных функций хряков-производителей за счет использования суспензии хлореллы в их рационах // Перспективное свиноводство. – 2011. – № 2. – С. 20–24.
9. Зоотехническая и экономическая эффективность использования суспензии хлореллы в рационах хряков-производителей / *А.Т. Мысик, Г.С. Походня, Е.Г. Федорчук* [и др.] // Зоотехния. – 2011. – № 11. – С. 9–11.
10. *Походня Г.С., Федорчук Е.Г., Дудина Н.П.* Эффективность использования суспензии хлореллы в рационах хряков-производителей // Вестник Курск. гос. с.-х. академии. – 2012. – № 1. – С. 94–97.
11. Рекомендации по использованию суспензии хлореллы в рационах свиней / *Г.С. Походня, Н.И. Богданов, Е.Г. Федорчук* [и др.]. – Белгород: Везелица, 2012. – 74 с.





УДК 636.4

Н.В. Абрамова, С.В. Мошкина, И.В. Червонова

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБИОТИКА «ПРОВАГЕН» В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОРОСЯТ

*В результате исследований в производственных условиях доказано, что применение пробиотика «Проваген» позволяет повысить рентабельность выращивания поросят в период доращивания.*

**Ключевые слова:** поросята, период доращивания, пробиотик «Проваген», показатели роста.

N.V. Abramkova, S.V. Moshkina, I.V. Chervonova

### THE EFFICIENCY OF THE "PROVAGEN" PROBIOTIC APPLICATION IN THE PIGLET BREEDING TECHNOLOGY

*As a result of the research in the production conditions it is proved that the "Provagen" probiotic application allows to increase the profitability of the piglet breeding during growing.*

**Key words:** piglets, period of growing, probiotic "Provagen", growth indicators.

**Введение.** В рамках федеральных приоритетных направлений развития АПК в обеспечении населения продуктами питания важную роль играет развитое свиноводство. Рациональная система выращивания молодняка свиней занимает основное место в эффективной технологии производства продукции. Она обеспечивает нормальный рост, развитие животного с крепкой конституцией, формирует его будущую продуктивность и долголетие в хозяйственном использовании.

Вместе с тем в промышленном свиноводстве концентрация свиней на небольших площадях приводит к накоплению во внешней среде большого количества всех видов микроорганизмов. В условиях близких контактов и однотипности животных в группе создаются новые механизмы перехода микроорганизмов от одной особи к другой и очень быстрому их развитию. В этих условиях увеличивается вероятность появления различных заболеваний, снижающих продуктивность животных и сохранность молодняка, особенно раннего возраста [1, 3].

Значительные качественные и количественные изменения в составе нормальной микрофлоры поросят могут быть вызваны стрессами, нарушением технологии содержания, скармливанием несбалансированного, недоброкачественного корма, частым и бессистемным применением антибактериальных препаратов [2, 4].

Как известно, наиболее трудным периодом в технологии производства свинины является отъем. В этот период поросята переживают сильнейший стресс, происходит смена рациона, исключается материнское молоко. Все это ведет к ослаблению иммунитета, нарушению показателей роста и развития и, как следствие, к ухудшению экономических показателей производства [1, 3].

Современная промышленная технология выращивания животных и птицы невозможна без эффективных стимуляторов роста и ветеринарных средств профилактики бактериальных инфекций.

И наиболее реальной заменой кормовым антибиотикам считаются спорогенные пробиотики, обладающие сопоставимыми и доказанными результатами экономической эффективности и к тому же не представляющие никакой опасности для человека и окружающей среды [2, 4].

Используемый препарат представляет собой сбалансированный комплекс пробиотических бактерий: анаэробных *Bacillus Licheniformis* и аэробных *Bacillus Subtilis* в соотношении 1:1.

Основная часть бактерий этого пробиотика представлена спорами, и поэтому он сохраняет жизнеспособность при воздействии самых разнообразных агрессивных факторов, не разрушаясь, проходит через кислую среду желудка в тонкий кишечник; устойчив к антибиотикам, сохраняет жизнеспособность при кипячении и допускает замораживание [5].

**Цель исследований.** Изучение эффективности применения спорообразующего пробиотика «Проваген» в производственных условиях.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- изучить влияние пробиотика «Проваген» на переваримость кормов;
- изучить влияние пробиотика «Проваген» на показатели роста поросят-отъемышей;
- определить экономическую эффективность использования вышеуказанных пробиотиков для поросят-отъемышей.

**Методы исследований.** Организацию и проведение опытов, формирование групп животных осуществляли согласно рекомендациям и методикам А.И.Овсянникова (1976); П.И.Викторова, В.К. Менькина (1991).

Для проведения научно-хозяйственного опыта было отобрано 20 голов клинически здоровых поросят-отъемышей крупной белой породы, которые по принципу пар-аналогов были расформированы на две группы по 10 голов в каждой.

Изучение эффективности использования пробиотика «Проваген» производилось согласно схеме, приведенной ниже (табл. 1).

Различия между группами животных заключались в том, что животные контрольной группы находились на рационе, принятом в хозяйстве, животным 2-й опытной группы в состав рациона вводился пробиотик «Проваген» в течение первых пяти дней после отъема в дозировке 0,3 кг/т (согласно инструкции производителя).

Таблица 1

**Схема исследований**

Группа	Поголовье	Продолжительность опыта, дни	Условия эксперимента
Научно-хозяйственный опыт (с 60- по 120-дневный возраст)			
1-я контрольная	10	60	Основной рацион (ОР) без добавок пробиотика
2-я опытная	10	60	ОР + «Проваген» в составе комбикорма в дозировке 0,3 кг/т в течение первых 5 дней после отъема

Рацион кормления соответствовал нормам РАСХН по содержанию основных питательных и биологически активных веществ. Условия содержания животных в опытных группах были одинаковыми и соответствовали зоотехническим нормам.

В течение всего опыта наблюдали за клинико-физиологическими показателями: определяли пульс, частоту дыхания и температуру тела.

**Результаты исследований.** Из научных исследований и производственной практики известно, что достичь высокой продуктивности и рентабельности производства невозможно без полноценного кормления. Затраты на корма – это одна из наиболее веских статей затрат в производстве продукции свиноводства. Следовательно, повысив переваримость питательных веществ кормов, можно увеличить рентабельность производства в целом.

Следовательно, использование пробиотиков для коррекции микробного фона кишечника является оправданным подходом для снижения заболеваемости и гибели поросят после отъема, повышения естественной резистентности, продуктивности и улучшения конверсии корма.

Анализ полученных данных показывает, что в результате применения пробиотика «Проваген» происходит увеличение переваримости питательных веществ. Так, переваримость сухого вещества увеличилась на 1,4 %; сырого протеина – на 2,1; сырого жира – на 3,8; сырой клетчатки – на 2,4; БЭВ – на 3 %. Что позволяет судить о положительном влиянии применения пробиотика на переваримость кормов (табл. 2).

Таблица 2

**Переваримость питательных веществ рациона у поросят-отъемышей, %**

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
Сухое вещество	76,1±0,68	77,5±0,54
Сырой протеин	73,0±0,76	75,1±1,80
Сырой жир	48,3±0,51	52,1±1,45
Сырая клетчатка	42,1±0,22	44,5±1,70
БЭВ	87,3±0,85	90,3±0,90

Анализ продуктивности поросят-отъемышей за период доразивания показал, что лучшие показатели продуктивности были получены у поросят 2-й – опытной группы (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели продуктивности поросят-отъемышей за период доразивания**

Показатель	1-я контрольная	2-я опытная
Количество поросят, голов	10	10
Продолжительность исследований, дней	60	60
Живая масса 1 головы в начале опыта, кг	18,34	18,30
Живая масса 1 головы в конце опыта, кг	40,94±0,54	43,47±0,74
Абсолютный прирост живой массы, кг	22,60	25,17
Среднесуточный прирост живой массы, г	376,67	419,50
Относительный прирост живой массы, %	76,2	81,2
Затраты корма на 1 кг прироста, ЭКЕ	4,75	4,27

Среднесуточный прирост у животных 2-й группы был выше, чем в контроле, на 11,4 %. При этом расход корма на 1 кг прироста живой массы снизился на 10,1 %.

Результаты производственной проверки подтвердили высокую эффективность применения пробиотика «Проваген». Применение препарата в течение первых пяти дней после отъема позволяет повысить рентабельность производства в период доразивания на 6,5 % (табл. 4).

Таблица 4

**Результат производственной проверки спорообразующего пробиотика «Проваген»**

Показатель	1-я контрольная	2-я опытная
Поступило на выращивание, голов	19	20
Продолжительность производственного цикла (доразивание), дней	60	60
Валовый прирост живой массы, ц	4,20	4,70
Среднесуточный прирост живой массы, г	368,67	391,33
Затраты корма на 1 кг прироста, ЭКЕ	4,85	4,57
Затраты за период доразивания, тыс.руб.	48,42	51,01
Себестоимость 1ц прироста, тыс.руб.	11,53	10,85
Средняя цена реализации 1 ц свинины, руб.	12,00	12,00
Прибыль, тыс. руб.	0,47	1,15
Уровень рентабельности, %	4,1	10,6

Расчет экономической эффективности использования пробиотика «Проваген» при выращивании поросят-отъемышей проводили в соответствии с «Методикой определения экономической

эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений».

Было выявлено, что применение препарата позволяет получить экономическую эффективность 68 тысяч рублей в расчете на 100 голов

**Выводы.** Применение пробиотика «Проваген» в первые 5 дней после отъема в дозировке 0,3 кг/т комбикорма позволяет увеличить среднесуточный прирост на 11,4 % и снизить конверсию корма на 10,1 %. За счет этого рентабельность выращивания поросят в период дорацивания увеличивается на 6,5 %.

### Литература

1. Дедкова А.И., Сергеева Н.Н., Дедков В.Н. Изучение влияния лекарственных растений на интенсивность роста и откормочную продуктивность свиней // Вестник Орлов. гос. аграр. ун-та. – 2011. – Т. 28. – № 1. – С. 48–49.
2. Курзюкова Т.А., Крамаренко Н.А. Эффективность производства молока с применением пробиотика «ЛЕВИСЕЛЛ SC» // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 10. – С. 133–136.
3. Масалов В.Н., Дедкова А.И., Сергеева Н.Н. Современное состояние свиноводства в Орловской области // Вестник Орлов. гос. аграр. ун-та. – 2012. – Т. 37. – № 4. – С. 80–83.
4. Тарнавский Д.К., Полева Т.А. Использование микробиовита «Енисей» в кормлении телят // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 77–80.
5. Червонова И.В., Абрамова Н.В. Эффективность применения пробиотиков «Субтилис» и «Проваген» при выращивании цыплят-бройлеров // Главный зоотехник. – 2014. – № 7. – С. 3–6.



УДК 619:636

Ван Бэнь

### ДИНАМИКА ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЕЧЕНИ ОВЕЦ ТУВИНСКОЙ КОРОТКОЖИРНОХВОСТОЙ ПОРОДЫ

*Установлены параметры абсолютной и относительной массы печени, определены сроки наиболее интенсивного роста органа, представлены данные об изменениях линейных размеров долей печени с учетом возраста.*

**Ключевые слова:** печень, овца, тувинская короткожирнохвостая порода.

Vang Ben

### THE DYNAMICS OF THE LIVER AGE-RELATED CHANGES OF THE TUVINIAN SHORT-FAT-TAILED BREED SHEEP

*The absolute and the relative liver mass parameters are determined, the period of the most intensive organ growth are established, the data on the changes in the linear size of the liver lobes taking into account the age are presented.*

**Key words:** liver, sheep, Tuvinian short-fat-tailed breed.

---

**Введение.** Печень – самая крупная железа животного организма, по структуре это паренхиматозный орган, имеющий дольчатое строение. Печень играет ведущую роль в обезвреживании экзогенных и эндогенных токсических веществ, ее клетки фагоцитируют микроорганизмы и инородные частицы, она участвует в белковом, углеводном, жировом, витаминном и других обменах, образует желчь; в эмбриональном периоде в печени осуществляется кроветворение [6].

Знания закономерностей роста, развития и функционирования печени как органа, выполняющего роль биологического фильтра на пути поступления экзогенных токсикантов в системный кровоток, являются актуальными [3].

Об интенсивности увеличения массы, линейных размеров и объемов тела животного или отдельных его тканей и органов судят по абсолютному их росту, а также по показателям относительной скорости роста за определенный период [4, 5]. У разных животных абсолютная, относительная масса печени и интенсивность роста органа различны. Согласно А.И. Акаевскому [2], абсолютная масса печени у собаки составляет 127–1350 г; у свиньи – до 2,5 кг; у быков – от 4,5 до 10 кг; у коров – от 3,4 до 9,2 кг; у овец – в среднем 775 г; относительная масса печени у собаки составляет 1,33–5,95 %; у свиньи – 1,7–2,1; у быков – 1,04; у коров – 1,1; у овец – 1,2 %. В зависимости от породы эти показатели могут отличаться. В настоящее время одной из перспективных пород овец является тувинская короткожирнохвостая, для которой характерна исключительная выносливость и неприхотливость к условиям содержания.

В научной литературе сведения, касающиеся динамики возрастных изменений печени у тувинской короткожирнохвостой породы, не обнаружены, что и послужило поводом к их изучению.

**Цель исследования.** Изучение динамики возрастных изменений печени у овец тувинской короткожирнохвостой породы.

**Материалы и методы исследования.** Работа выполнена в 2013–2015 гг. на базе Аскизской ветеринарной станции Республики Хакасии, а также на кафедре анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета. Объектом исследования являлись овцы (валухи) тувинской короткожирнохвостой породы различного возраста (новорожденные в возрасте трех суток, новорожденные в возрасте пяти суток, 5-месячные, 6,5-месячные, 8-месячные и взрослые особи двух лет). Материалом для исследования послужила печень. Орган взвешивали на весах и измеряли длину и ширину долей печени, желчного пузыря с помощью штангенциркуля. Вычисляли относительную массу печени, производили фотографирование органа с поверхности и на разрезе. О скорости роста живой массы и печени овец судили по абсолютной и относительной величине прироста [1]. Относительный прирост, показывающий энергию роста, его напряженность, рассчитывали по формуле Броди

$$R = \frac{V_2 - V_1}{0,5 \times (V_2 + V_1)} \times 100\%,$$

где  $V_1$  – масса в начале периода, г;  $V_2$  – масса в конце периода, г.

Обработка материала проведена с помощью методов вариационной статистики (программа Statistica), достоверность различий показателей между возрастными группами животных определялась с использованием t-критерия Стьюдента.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Нами установлено, что печень у овец тувинской короткожирнохвостой породы находится в передней части брюшной полости, примыкает к диафрагме в области правого подреберья. На печени овец всех возрастных групп различаются две поверхности: выпуклая диафрагмальная поверхность, примыкающая к диафрагме (рис. 1), и вогнутая висцеральная, обращенная к желудку с преджелудками и кишечнику (рис. 2).

У новорожденных ягнят печень ярко-красного цвета, с возрастом она становится бурого-красного цвета. На тупом крае печени вырезки со стороны острого края делят её на доли: левую и правую. На правой доле различаются хвостатая доля с хвостатым и слабо развитым сосцевидным отростками и квадратная доля. У взрослых овец сосцевидный отросток имеет относительно крупные размеры и нависает над воротами печени (рис. 2).

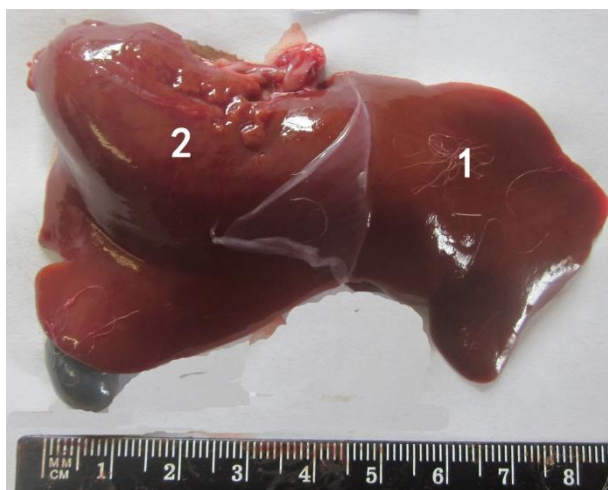


Рис. 1. Печень ягненка, 3 суток.  
Диафрагмальная поверхность: 1 – левая доля;  
2 – правая доля

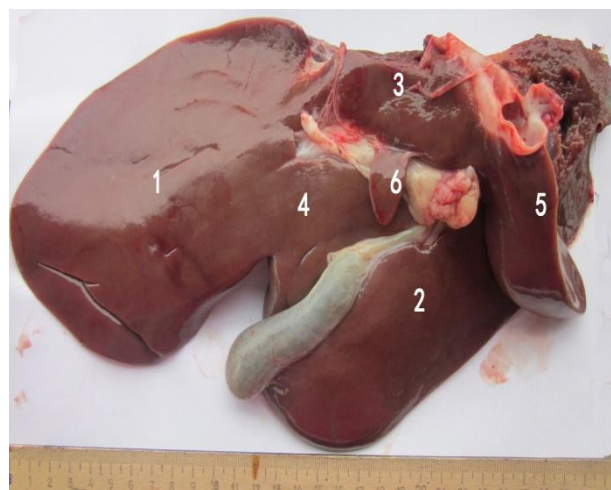


Рис. 2. Печень овцы, 8 месяцев.  
Висцеральная поверхность: 1 – левая доля;  
2 – правая доля; 3 – хвостатая доля;  
4 – квадратная доля; 5 – хвостатый  
отросток; 6 – сосцевидный  
отросток

Для определения относительной массы печени необходимо знать его абсолютную массу и живую массу животного. Живая масса овец после рождения постепенно увеличивается (рис. 3), но в различные периоды постнатального развития интенсивность роста органа неодинакова. Максимальная скорость роста живой массы овец отмечается от рождения до 5-месячного возраста, за этот период она увеличивается в 31,25 раза ( $P < 0,01$ ). После чего скорость роста живой массы замедляется и с 5-месячного до 6,5-месячного увеличивается только в 1,14 раза; с 6,5-месячного до 8-месячного – в 1,06 раза; с 8-месячного до 2 лет – в 1,41 раза ( $P < 0,05$ ).

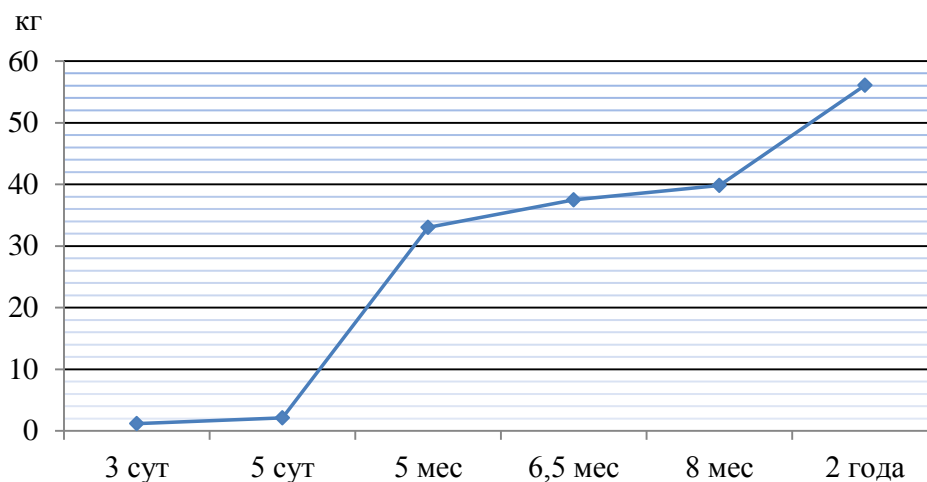


Рис. 3. Динамика живой массы овец тувинской короткожирнохвостой породы

В период от трехсуточного возраста до двух лет абсолютная масса печени с желчным пузырем достоверно увеличивается с  $43,0 \pm 9,03$  до  $712,1 \pm 8,45$  г, то есть в 16,55 раза ( $P < 0,001$ ) (рис. 4). Относительная масса печени овец в трехсуточном возрасте составляет 3,58 %, к двухгодовалому возрасту происходит снижение этого показателя до 1,27 %, то есть в 2,8 раза ( $P < 0,001$ ), за счет более интенсивного роста массы тела по сравнению с ростом массы печени (рис. 5).

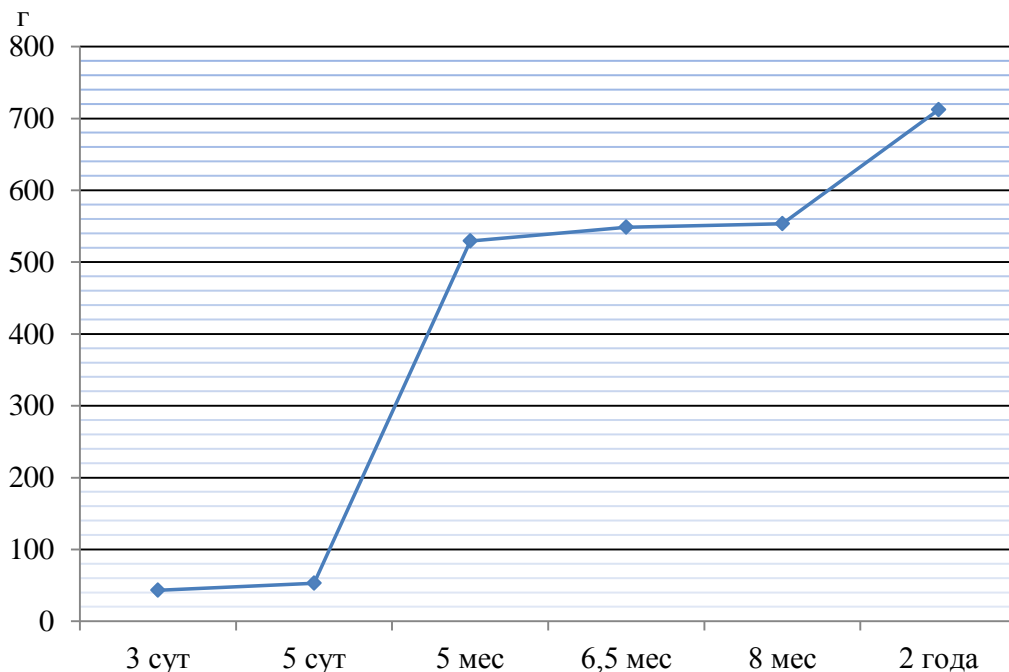


Рис. 4. Динамика возрастных изменений абсолютной массы печени у овец тувинской короткожирнохвостой породы

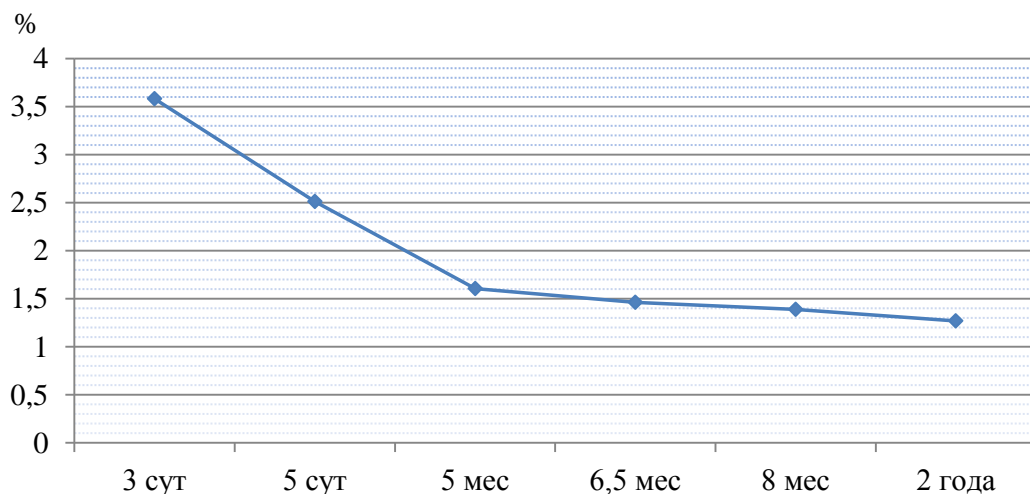


Рис. 5. Динамика возрастных изменений относительной массы печени на этапах постнатального онтогенеза

За весь период выращивания овец интенсивность роста печени также неодинакова (рис.6). Так, абсолютная масса печени с третьих по пятые сутки увеличивается на 22,8 % (относительный прирост 20,5 %); с пятых суток до пяти месяцев – в 10 раз (относительный прирост 163,7 %) ( $P < 0,01$ ); с пяти месяцев до 6,5 месяцев – на 3,6 % (относительный прирост 3,5 %); с 6,5 месяцев до восьми месяцев – на 0,9 % (относительный прирост 0,9 %); с восьми месяцев до двух лет – на 28,7 % (относительный прирост 25,1 %) ( $P < 0,01$ ).

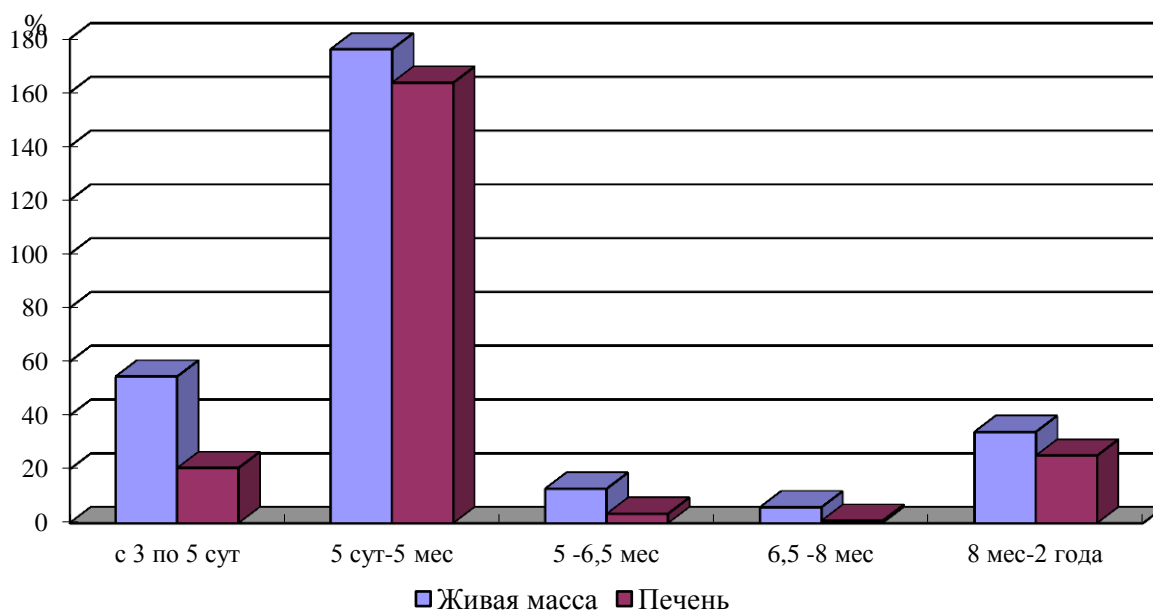


Рис. 6. Динамика относительного прироста живой массы, печени у овец тувинской короткожирнохвостой породы, %

Достоверное увеличение линейных размеров всех долей печени отмечается в период от новорожденности до 6,5-месячного возраста, за исключением длины сосцевидного отростка (табл.). С 6,5-месячного возраста достоверно увеличивается только длина левой доли.

**Динамика возрастных изменений линейных размеров долей печени у овец тувинской короткожирнохвостой породы ( $M \pm m$ ;  $n = 8$ ), см**

Показатель	Новорожденные		6,5 месяцев		2 года	
	Длина	Ширина	Длина	Ширина	Длина	Ширина
Левая доля	4,2±0,12	5,2±0,34	10,3±0,65**	12,6±0,27**	12,5±0,17*	13,3±0,21
Правая доля	5,9±0,21	5,7±0,16	13,0±0,31**	12,8±0,45**	14,4±0,62	13,7±0,13
Хвостатая доля	3,6±0,26	1,1±0,17	6,9±0,14**	3,3±0,35**	7,1±1,08	4,2±0,23
Квадратная доля	2,8±0,26	2,9±0,17	4,5±0,71*	6,7±0,52**	4,7±0,57	6,8±0,47
Хвостатый отросток	1,9±0,11	3,2±0,26	3,6±0,07**	7,8±0,35**	3,9±0,63	8,1±0,29
Сосцевидный отросток	0,9±0,12	0,9±0,21	1,1±0,85	2,2±0,70*	1,6±0,26	2,5±0,52

Примечание. Здесь уровень достоверности различий каждой возрастной группы по сравнению с предыдущей: \*  $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ .

**Выводы.** Таким образом, исследование динамики возрастных изменений печени у овец тувинской короткожирнохвостой породы показало, что максимальная скорость роста живой массы овец отмечается от рождения до 5-месячного возраста, за этот период она увеличивается в 31,25 раза ( $P < 0,01$ ). Абсолютная масса печени с желчным пузырем достоверно увеличивается с 43,0±9,03 до 712,1±8,45 г, то есть в 16,55 раза ( $P < 0,001$ ). Относительная масса печени овец в возрасте трех суток составляет 3,58 %, а к двухгодичному возрасту происходит снижение этого показателя до 1,27 %, то есть в 2,8 раза ( $P < 0,001$ ), за счет более интенсивного роста массы тела по сравнению с ростом массы печени. Наиболее интенсивный рост печени отмечается в период с пяти суток до пяти месяцев, когда масса органа увеличивается в 10 раз (относительный прирост со-



ставляет 163,7 %) ( $P < 0,01$ ). Достоверное увеличение линейных размеров всех долей печени отмечается в период от новорожденности до 6,5-месячного возраста за исключением длины сосцевидного отростка, в дальнейшем достоверно увеличивается длина только левой доли.

### Литература

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.
2. Акаевский А.И. Анатомия домашних животных. – М.: Колос, 1975. – 563 с.
3. Байматов Н.В. Коррекция морфофункциональных нарушений печени в комплексном хирургическом лечении её токсических поражений: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Горький, 2007. – 24 с.
4. Ван Бэнь, Донкова Н.В. Макро- и микроморфология печени овец тувинской короткожирнохвостой породы // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2. – С. 185–189.
5. Луценко А.Е., Иргит Р.Ш. Совершенствование тувинской короткожирнохвостой породы овец. – Красноярск, 2005. – 114 с.
6. Скопичев В.Г., Шумилов В.Б. Морфология и физиология животных. – СПб.: Лань, 2005. – 416 с.



УДК 619:616.33-002:636.22/28

Н.В. Донкова, С.А. Донков

### ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ОСАХАРИВАНИЯ КРАХМАЛА ОТ СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АМИЛОЛИТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ

*Представлены результаты изучения влияния жизненного цикла амилолитических бактерий на степень осахаривания крахмала. Выделение амило- и глюколитических ферментов бактериями происходит в соответствии с прохождением их жизненного цикла. Созревание и прорастание споры характеризуется выделением в окружающую среду разжижающего крахмальный клейстер фермента (амилолитический фермент). Дальнейшее деление вегетативной формы характеризуется выделением осахаривающего фермента (глюколитического фермента).*

**Ключевые слова:** амилолитические бактерии, крахмал, осахаривание.

N.V. Donkova, S.A. Donkov

### THE DEPENDENCE OF THE STARCH SACCHARIFICATION DEGREE ON THE LIFE CYCLE STAGE OF AMYLOLYTIC BACTERIA

*The research results of the amylolytic bacteria life cycle influence on the degree of the starch saccharification are presented. The isolation of amylo- and glycolytic enzymes by bacteria is in accordance with their life cycle passing. The spore maturation and germination is characterized by the release into the environment of the enzyme that thins the starch paste (amylase enzyme). Further the division of the vegetative form is characterized by the release of the saccharification enzyme (glycolytic enzyme).*

**Key words:** amylolytic bacteria, starch, saccharification.

---

**Введение.** Сегодня рынок предлагает более десятка ферментных препаратов отечественного (Бацелл, МЭК-СХ2, Целловиридин Г20Х) и зарубежного (Кемзайм, Ронозим, Роксозим) производства, как для расщепления крахмала, так и некрахмалистых полисахаридов в растительном сырье [2]. Форма выпуска этих препаратов – порошок или мелкие гранулы. Какие из них наиболее эффективны по своему физиологическому действию и экономичности в конкретных условиях кормовой базы хозяйств, как правило, неизвестно, но в целом установлено, что добавление в комбикорма ферментных препаратов способствует повышению усвояемости сложных углеводов и, как след-

ствии этого, повышает энергетическую ценность зерновых кормов на 10–15 % [3]. Согласно Ю.П. Комарову [1], при добавлении в отруби препарата Ровабио фирмы «Авентис», представляющего собой мультиэнзимную композицию, уровень ввода отрубей в комбикорма для молодняка и кур можно увеличить до 20–25 %. Ферментные препараты особенно эффективны для молодняка ранних возрастов, когда у него ещё слабо развита собственная система пищеварительных ферментов. Для таких животных необходимо использовать комплексные ферменты протеолитического, целлюлозо- и амилолитического действия.

Интересное решение предлагает отечественная компания «Биотроф» (г. СПб.). Разработанный её сотрудниками препарат Целлобактерин-Т представляет собой комплекс живых бактерий, расщепляющих клетчатку и одновременно выступающих в роли антагонистов по отношению к ряду энтеропатогенных микроорганизмов [4]. В рационах сельскохозяйственных животных и птиц этот препарат замещает две кормовые добавки: кормовой фермент и пробиотик. Как ферментный препарат Целлобактерин-Т повышает усвояемость зерновых: пшеницы, ячменя, ржи, овса, как пробиотический препарат Целлобактерин-Т подавляет развитие патогенных микроорганизмов и способствует формированию полезной микрофлоры в пищеварительном тракте у животных и птиц.

Одним из важнейших направлений современной науки при получении простых сахаров из крахмала и крахмалсодержащего растительного сырья является частичная или же полная замена солода и минеральных кислот ферментными препаратами микробного происхождения. Преимуществом применения ферментов является то, что они более полно осуществляют гидролиз крахмала, их легче дозировать, отсутствуют производственные затраты, связанные с проращиванием зерна. Большим и неоспоримым достоинством ферментов перед химическими катализаторами является то, что они действуют при нормальном давлении, при температуре от 20 до 70 °С, при pH в диапазоне от 4 до 9 и имеют высокую субстратную специфичность, что позволяет в сложной смеси биополимеров направленно воздействовать только на определенные соединения.

Все это свидетельствует, что производство ферментных препаратов микробного происхождения является одним из перспективных направлений в биотехнологии, которое будет и далее интенсивно развиваться и расширяться. Однако следует сказать, что все ферментные препараты, полученные при участии микроорганизмов, с фармакологической точки зрения являются водными экстрактами питательных сред, в которых культивировались те или иные микроорганизмы. Микроорганизмы в различные стадии своего развития выделяют различные ферменты в окружающую питательную среду. Поэтому ферментативный состав препарата зависит от того, на какой стадии развития технической культуры микроорганизмов было остановлено их развитие. При этом различия между ферментными препаратами заключаются как в составе, так и в степени очистки этих питательных сред.

При разработке технологии получения микробных амилолитических ферментов необходимо учитывать цикл развития микробов в питательной среде, так как синтез ферментов и их состав зависят от стадии развития культуры микроорганизмов.

Для того чтобы иметь чёткое представление об участии микроорганизмов в расщеплении крахмала из растительного сырья в рубце у жвачных животных, необходимо изучить зависимость степени расщепления крахмала от стадии жизненного цикла амилолитических микроорганизмов.

**Цель исследований.** Изучение влияния стадии развития амилолитических микроорганизмов на степень осахаривания картофельного крахмала.

**Материал и методы исследований.** Исследования по изучению влияния стадии жизненного цикла развития амилолитических бактерий на степень осахаривания крахмала проводили на базе лаборатории ветеринарной медицины Красноярского НИИЖа. Используемые в исследованиях микроорганизмы были выделены из предоставленного нами материала в ФГУП ГосНИИ «Генетика» (г. Москва). Там же микроорганизмы были идентифицированы и установлено, что они продуцируют амилолитические ферменты. Каждому из этих штаммов был присвоен регистрационный номер и дано название: *Bacillus subtilis* №2-amyloitic, *Bacillus subtilis* №9-amyloitic и *Bacillus subtilis* №12-amyloitic. Штаммы были приняты на национальное патентное депонирование во Всероссийскую коллекцию промышленных микроорганизмов (ВКПМ).

В качестве испытуемого сырья использовали картофельный крахмал. Его заваривали до состояния клейстера и засеивали в него навеску из комплекса спор амилолитических бактерий (*Bac. subtilis* штаммы №2, №9 и №12-*amylolytic*).

Гидролиз крахмала проводили в термостате при температуре 38°C в течение одних суток.

Степень осахаривания крахмала (наличие декстринов и сахаров) контролировали по наличию цветной реакции с 0,02н водным раствором йода и раствором Люголя [5].

Определение биохимического состава гидролизатов проводили в научно-исследовательском испытательном центре по контролю качества сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов Красноярского государственного аграрного университета.

Развитие бактерий наблюдали при помощи микроскопа. Для этого через равные промежутки времени брали каплю клейстера и помещали её на предметное стекло, на неё сверху капали каплю раствора Люголя, перемешивали, оценивали изменение цвета препаратов йода и проводили микроскопирование.

Микроскопию и фотографирование изучаемого материала проводили при помощи микроскопа МИКМЕД-6 с тринокулярной насадкой и цифрового фотоаппарата Canon-A520, имеющего программное обеспечение для компьютерной обработки получаемых изображений.

Статистический анализ полученных данных проводили при помощи математических функций, заложенных в электронных таблицах Ms.Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Установлено, что лаг-фаза длилась 12 часов, после чего споры начинали прорастать, что характеризовалось появлением из споры палочки. При прорастании споры выделяли фермент, который разжижал крахмальный клейстер. Прорастание спор сопровождалось образованием углекислого газа и, соответственно, появлением пены на поверхности клейстера. Крахмальный клейстер становился жидким как вода. При микроскопировании клейстера в нём обнаруживали короткие палочки (вегетативная форма микроба, предназначенная для размножения), по форме напоминающие сигары с терминальным расположением споры.

Через 14 часов палочки удлинялись, в них накапливалась гранулёза, в которой по мере роста появлялись от 1 до 3 разрывов. Гранулёза является крахмалоподобным веществом, поэтому тело вегетативной палочки хорошо окрашивалось раствором Люголя в тёмно-синий цвет. При большом увеличении видно, что гранулёза не является сплошным образованием, а состоит из отдельных мелких, плотно прижатых друг к другу гранул. Во время роста и деления палочки продуцировали амилолитический фермент, и поэтому происходило полное осахаривание крахмального клейстера.

Схема строения *Bacillus subtilis* представлена на рисунке.

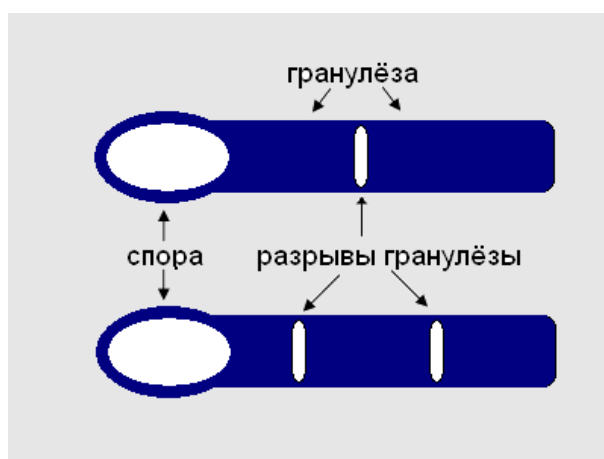


Схема строения *Bacillus subtilis*

Через 18 часов от начала культивирования спора на конце палочки исчезала, а макронуклеус вместе с гранулёзой расходился от центра к противоположным концам палочки. Далее развитие

микробных клеток происходило по одному из двух путей. Одна часть клеток, лишённых споры, начинала делиться. При этом образовавшиеся дочерние клетки могли располагаться друг к другу как под углом, так и могли выстраиваться друг за другом, образуя короткие цепочки. Через 20 часов у дочерних палочек на одном конце вновь появлялась спора. Другая же часть палочек удлинялась, истончалась и образовывала так называемые нити, которые часто сплетались в клубки. Спор у этих палочек не появлялось.

Заканчивался цикл развития у этих двух групп палочек по-разному. У группы палочек, у которых образовывались споры, в дальнейшем тело палочки растворялось и оставались только споры, а палочки, которые образовывали нити, растворялись без остатка. Исчезновение палочек происходило через 24 часа от начала культивирования.

Таким образом, цикл развития амилолитических бактерий состоял из следующих стадий:

1. Спора.
2. Прорастание споры и появление вегетативной палочки.
3. Исчезновение споры у палочки и деление вегетативной палочки.
4. Появление нитей бактерий.
5. Появление на конце дочерней палочки споры.
6. Палочка теряет форму, растворяется, остаётся спора.
7. Нити палочек растворяются.

Цикл развития амилолитической бактерии и количество образующегося сахара из крахмала представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

**Образование сахара из крахмала в зависимости от стадии развития амилолитических бактерий**

Состояние клейстера	Развитие микроорганизмов		Наличие общего сахара
Крахмальный клейстер	Спора		Нет сахара
Разжижение крахмала	Прорастание споры		Нет сахара
Высокомолекулярные декстрины	Исчезновение споры у палочки		Общий сахар – 1%
Низкомолекулярные декстрины	Деление палочки	Образование нитей	Общий сахар – 2%
Расщепление крахмала до глюкозы и мальтозы	Появление споры у дочерних палочек	Нити растворяются	Общий сахар – 4%
Раствор сахаров			Общий сахар – 6%

Во время своего роста и деления бактерии выделяли в окружающую среду сначала разжижающий фермент, а затем осахаривающий фермент, и амилоза и амилопектин крахмала расщеплялись до молекул мальтозы и далее до глюкозы.

При изучении динамики изменения окрашивания крахмального клейстера препаратами йода были получены следующие результаты: 0,02 н водный раствор йода по мере расщепления амилозы и амилопектина до мальтозы и глюкозы изменял свою окраску следующим образом: фиолетовый, сиреневый, розовый, оранжевый, жёлтый и обесцвечивался. Раствор Люголя соответственно окрашивался в цвета: тёмно-синий, гранатовый, тёмно-коричневый, ржаво-коричневый, янтарно-жёлтый.

Тёмно-синий и фиолетовый цвет свидетельствовал, что в растворе присутствуют молекулы крахмала; сиреневый и коричневый цвета – о наличии декстринов; розовый, оранжевый, жёлтый цвета и обесцвечивание – о наличии сахаров.

Результаты исследований, характеризующие наличие цветной реакции крахмала с йодом в зависимости от стадии развития микроорганизмов, представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Динамика изменения окрашивания препаратов йода в крахмальном клейстере в зависимости от стадии развития бактерий**

Время опыта, часов	Состояние крахмального клейстера	Цвет водного 0,02 н раствора йода	Цвет раствора Люголя	Стадия развития микроорганизмов
12	Обильная крупная пена, снизу пузырьки газа	Фиолетовый	Тёмно-синий	Короткие палочки в виде сигары со спорой
14	Мелкая белая пена, пузырьки газа	Сиреневый	Гранатовый	Длинные палочки со спорой и разорванной гранулёзой
18	Остатки пены, раствор мутный	Розовый	Тёмно-коричневый	Палочки теряют споры и делятся. Палочки теряют споры и образуют нити
20	Нет пены, раствор мутный, на дне незначительный осадок	Оранжевый, жёлтый	Ржаво-коричневый	У дочерних палочек появляются споры
24	Раствор прозрачный, на дне незначительный осадок	Обесцветился	Янтарно-жёлтый	Палочки растворяются, остаются споры

Осахаривание крахмала ферментами бактерий заканчивалось к концу первых суток от начала опыта. К концу суток палочки со спорой начинали бледнеть, истончаться и исчезать, но споры оставались. Споры переходили в неактивную стадию хранения. Они снова становились круглыми, уменьшались в размере, у них исчезал перламутровый зелёный цвет. Другая же часть палочек, которая перешла ранее в состояние нитей, в дальнейшем растворялись без остатка. Готовый раствор сахаров был немного прозрачным, на дне имелся незначительный светло-серый осадок.

Содержание общих сахаров в растворе к концу опыта составляло 5 %. А после выпаривания воды содержание общего сахара в получаемой крахмальной патоке составляло 64 % в пересчёте на сухое вещество.

**Заключение.** Таким образом, бактерии *Bacillus subtilis* №2-*amylolytic*, *Bacillus subtilis* №9-*amylolytic* и *Bacillus subtilis* №12-*amylolytic* обладают высокой амилолитической активностью.

Уровень осахаривания крахмала зависит от стадии жизненного цикла амилолитических бактерий.

Помещенные в крахмальный клейстер (гель) споры бактерий прорастают, вырабатывая разжижающий фермент, при этом крахмальный клейстер становится жидким как вода. Палочки выде-

ляли осахаривающий фермент, который разрывал гликозидные связи в молекуле крахмала с освобождением мономера – молекулы глюкозы, которая использовалась как энергетическое вещество для их роста. После окончания роста в бактериях между оставшимися молекулами глюкозы образовывались гликозидные связи, и, соединяясь между собой, молекулы глюкозы вновь образовывали молекулу крахмала, но уже внутри бактерии в виде гранулёзы. При делении палочки на две дочерние гранулёза вместе с макроуклеусом поровну распределялась по противоположным концам палочки. Вместе с генетическим материалом от родительской бактерии передавался и крахмал. При росте дочерней палочки крахмал вновь расщеплялся до молекул глюкозы, которая вновь использовалась для нужд растущего микроорганизма. Но палочка выделяла в окружающую среду фермент с избытком, поэтому из крахмала в окружающей среде накапливалась глюкоза. С повышением концентрации глюкозы свыше 5 % проявлялся её консервирующий эффект. Размножение палочек прекращалось, и они переходили в состояние спор.

Бактерии проходят стадию деления и стадию образования нитей, при этом деление происходит однократно, то есть отсутствует многократное логарифмическое деление, присущее культурам бактерий при их размножении и формировании колонии, что объясняется тем, что сахара являются естественными консервантами.

Выделение амило- и глюколитических ферментов бактериями происходит в соответствии с прохождением их жизненного цикла. Созревание и прорастание споры характеризуются выделением в окружающую среду разжижающего крахмальным клейстер фермента (амилолитического фермента). Дальнейшее деление вегетативной формы характеризуется выделением осахаривающего фермента (глюколитического фермента). Бактерии переводят крахмал из запасной формы в метаболически активные простые углеводы. Культура бактерий способна осахаривать заваренный крахмал до моносахаров, при этом бактерии выделяют как разжижающий, так и осахаривающий экзоферменты.

### Литература

1. *Комаров Ю.П.* Разработка математических моделей динамики накопления биомассы бактериальных культур: дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Горький, 1983. – 132 с.
2. О развитии технологии сахаристых продуктов из крахмала / *Н.Д. Лукин, В.В. Ананских, Т.В. Липидус* [и др.] // *Пища, экология, качество: тр. VII Междунар. науч.-практ. конф.* (Краснообск, 21–22 сентября 2010 г.). – 2010. – С.147–149.
3. *Сканчев А.И., Сканчева Е.А., Солomeйникова Л.В.* Опыт применения пробиотической добавки «Пионер» для повышения продуктивности и сохранности животных // *Био.* – 2005. – № 7. – С. 34–37.
4. *Тарабукин Д.В.* Ферментативный гидролиз как способ повышения питательной ценности трудноусваиваемых компонентов кормов // *Актуальные проблемы биологии и экологии: матлы докл. I Всерос. молодеж. науч. конф.* – Сыктывкар, 2007. – С. 246–249.
5. ГОСТ Р 52060-2003. Патока крахмальная. Общие технические условия. – М.: Изд-во станд., 2003. – 33 с.



## БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОМБИНИРОВАННОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

*В статье рассматриваются результаты проведенного эксперимента по скармливанию премикса «Биолеккс», бентонитовой глины и патоки коровам черно-пестрой породы в период лактации. В опыте определялись комплексное и раздельное влияние добавки на удои, выход молочного жира и молочного белка, а также биохимические показатели крови коров.*

**Ключевые слова:** биохимический показатель крови, кормовая добавка, премикс «Биолеккс», бентонитовая глина, патока, коровы черно-пестрой породы.

O.V. Ivanova, E.A. Ivanov, M.M. Filipiev

## THE BLOOD BIOCHEMICAL INDICATORS AND THE COW PRODUCTIVITY UNDER THE INFLUENCE OF THE COMBINED FEED ADDITIVE

*The results of the conducted experiment on the feeding of "Biolekks" premix, bentonite clay and treacle to the black and motley breed cows in the lactation period are considered in the article. The complex and separate influence of the additive on the milkyield, the milk fat and milk protein output, as well as the cow blood biochemical indicators were defined in the experiment.*

**Key words:** blood biochemical indicator, feed additive, "Biolekks" premix, bentonite clay, treacle, black and motley breed cows.

---

**Введение.** Молочное скотоводство в последние годы не получило активного развития, хотя государство предпринимало меры по его интенсификации. На это были направлены Государственная программа развития сельского хозяйства на 2008–2012 годы, Государственная программа развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы [1, 2].

Главный путь увеличения производства молока – повышение продуктивности и увеличение поголовья коров [3].

Проблема повышения качества молока является столь же серьезной и сложной, как и проблема увеличения его количества. В настоящее время население желает потреблять молоко качественное, полезное для организма человека в силу своих физико-биологических свойств [4].

Одна из главных проблем, с которой часто сталкиваются российские фермеры, – это низкие удои: в пределах 3000–4000 литров молока от коровы в год (за период лактации). При целевом показателе 7000–8000 литров в год. Проблема часто бывает вызвана недостаточным кормлением коров либо использованием кормов с недостаточным количеством питательных веществ, необходимых для повышения молочной продуктивности [5]. Бесперебойное и полноценное кормление коров – важнейшее условие высокой молочной продуктивности [6].

Для балансирования рационов по макро- и микроэлементам можно использовать различные минеральные добавки и премиксы как промышленного производства, так и более дешёвые природного происхождения, такие как сапрпель, цеолит, бентонит и другие, которые могут являться дополнительными источниками минеральных веществ [7–11].

Эти добавки обладают положительными свойствами, например, бентонит – улучшает переваримость корма, увеличивает использование питательных веществ, адсорбирует в желудочно-кишечном тракте и выводит из него токсины, яды, яйца гельминтов, обладает при этом бактерицидными свойствами [12–14].

В помощь хозяйствам, занимающимся разведением молочного скота, разработан витаминно-минеральный премикс «Биолеккс» с целью производства комбикормов и концентрированных смесей для молодняка крупного рогатого скота, лактирующих и сухостойных коров [15].

В состав добавки входит измельченная шелуха шишек кедра корейского, из которой извлечены вредные для живого организма смолы. При этом сохранено большое количество сбалансированных минеральных природных жизненно важных веществ, которых нет в других кормовых добавках [16].

Премикс «Биолеккс» оказывает влияние на прирост массы тела и снижает затраты питательных веществ на образование продукции за счет более высокого использования питательных веществ корма животными, способствует улучшению качества молока, увеличивая молокоотдачу и содержание жира в молоке [17].

**Цель исследований.** Изучить влияние премикса «Биолеккс» в комплексе и отдельно с бентонитовой глиной на молочную продуктивность коров.

**Задачи исследований:**

- изучить комплексное и отдельное влияние премикса «Биолеккс» и бентонитовой глины на удои, выход молочного жира и молочного белка;
- определить биохимические показатели крови коров под действием премикса «Биолеккс» и бентонитовой глины.

**Материалы и методы исследований.** Научно-хозяйственный опыт проводился в ЗАО ПЗ «Таёжный» Сухобузимского района Красноярского края на коровах чёрно-пестрой породы Красноярского типа. Изучалось влияние скармливания премикса «Биолеккс» в комплексе и отдельно с бентонитовой глиной на молочную продуктивность коров. Животных формировали в группы по принципу аналогов (по породе, стадии лактации, состоянию здоровья, живой массе и пр.). Для проведения этого опыта были сформированы одна контрольная и две опытные группы животных по 20 голов в каждой. Продолжительность опыта составила 100 дней.

Исследования проводили в соответствии со схемой опыта, представленной в таблице 1.

*Таблица 1*

**Схема опыта**

Группа	Количество животных, гол.	Продолжительность опыта, дн.	Условия кормления
Контрольная	20	100	Основной рацион (ОР)
1-я опытная	20	100	ОР + премикс «Биолеккс» (14 г/гол)
2-я опытная	20	100	ОР + премикс «Биолеккс» (14 г/гол), + бентонитовая глина (300 г/гол)

Животным 1-й опытной группы дополнительно к основному рациону добавляли премикс «Биолеккс» в количестве 14 г/гол, 2-й опытной группы – премикс «Биолеккс» в дозе 14 г/гол и бентонитовую глину – 300 г/гол.

Молочную продуктивность учитывали по результатам контрольных доений один раз в декаду. По данным контрольных доек рассчитывали молочную продуктивность за первые 100 дней лактации. Ежемесячно с помощью ультразвукового анализатора качества молока «Клевер-2М» в средней пробе молока определяли массовые доли сухого обезжиренного молочного остатка, жира, белка, а также плотность [18].

Бентонит добывался в Республике Хакасия на месторождении «10-й Хутор» (г. Черногорск). Бентонит не имеет запаха, набухает в 4 раза, массовые доли монтмориллонита – не менее 60 %, влаги не менее 9,8 %.

Премикс «Биолеккс» производился в Хабаровске в НПО «Биолеккс». В состав премикса входит вытяжка шелухи шишек корейской сосны, наполнитель – пшеничная мука, минеральные эле-



менты – сернокислое железо, сернокислый цинк, сернокислый марганец, селенит натрия, калий йодистый, кобальт хлористый, жирорастворимые витамины – А, D<sub>3</sub>, Е, К, водорастворимые витамины – С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, В<sub>с</sub>, Н, аминокислоты – метионин и лизин.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Молочная продуктивность коров является основным критерием сбалансированности рационов (табл. 2).

Таблица 2

## Молочная продуктивность коров, кг

Показатель	Группа		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Удой за 100 дней лактации	2288,05	2386,85	2497,45
Среднесуточный удой	22,2	23,17	24,25
Молочный жир	82,93	94,12	100,80
Молочный белок	68,26	73,29	76,10

За первые 100 дней лактации у коров 1- и 2-й опытных групп молочная продуктивность составила 2386,85 и 2497,45 кг, что в отличие от аналогов контрольной группы выше на 4,3 и 9,2 % соответственно, выход молочного жира – на 13,5 и 21,5 %, выход молочного белка – на 7,4 и 11,5 %.

При этом во 2-й опытной группе удой больше, чем в 1-й опытной группе, на 4,4 %, выход молочного жира – на 6,6 %, выход молочного белка – на 3,7 %.

Показатели крови вполне объективно отражают сложные взаимосвязи организма животного с внешней средой. Выполняя многочисленные функции, кровь является наиболее информативной тканью животного организма. На ее количественный и качественный состав оказывают влияние многочисленные факторы: генотип животного, уровень кормления, условия содержания, возраст, пол, сезон года, физиологическое состояние [19].

В таблице 3 представлены результаты биохимических показателей крови в начале опыта.

Таблица 3

## Результаты биохимических показателей крови коров в начале опыта

Показатель	Группа		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Кальций, ммоль/л	2,2±0,83	2,4±0,07	2,5±0,105
Фосфор, ммоль/л	2,2±0,14	2,1±0,15	2,2±0,11
Общий белок, г/л	75,9±1,26	75,2±1,18	76,5±2,95
Каротин, мг%	0,1±0,02	0,1±0,02	0,1±0,0125
Щелочной резерв, ед.	41,1±6,43	38,3±6,27	47,3±4,9375
Глюкоза, ммоль/л	1,9±0,0854	1,9±0,12	1,9±0,0925
Цинк, мкг%	94,5±8,02	91,5±8,25	103,5±7,35
Магний, ммоль/л	1,1±0,073	1,1±0,07	1,1±0,065
Калий, ммоль/л	5,1±0,21	5,7±0,17	5,2±0,25
Железо, мкмоль/л	18,7±1,24	20,9±0,75	19,8±2,35
Холестерин, ммоль/л	5,7±0,65	6,9±0,91	5,4±0,795
Альбумин, г/л	27,2±1,11	27,0±1,13	25,3±1,05
Натрий, ммоль/л	134,7±3,48	136,2±3,50	133,9±4,3
Креатинин, мкмоль/л	124,9±6,24	121,8±3,13	122,9±5,45
Медь, мкг%	48,8±5,4	52,5±4,0	44,8±6,5
Кетоновые тела	Не обнаружены		

Из данных таблицы 3 видно, что биохимические показатели крови на начало опыта во всех группах были в пределах нормы и существенных различий не имели.

Однако концентрация глюкозы была ниже нормы (2,3–4,4 ммоль/л) на 17,4 %, цинка (100–220,0 мкг%) – на 8,5 %, уровень холестерина (1,6–5,0 ммоль/л) превышал нормативные значения на 8–38 %.

В таблице 4 отражены результаты биохимических показателей крови в конце опыта.

Таблица 4

**Результаты биохимических показателей крови коров в конце опыта**

Показатель	Группа		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Кальций, ммоль/л	1,81	1,84	2,15
Фосфор, ммоль/л	1,93	2,60	2,08
Общий белок, г/л	70,6	72,0	91,3
Щелочной резерв, ед.	46,2	–	47,9
Глюкоза, ммоль/л	2,36	2,30	2,20
Цинк, мкг%	163,8	165,0	165,0
Магний, ммоль/л	1,38	1,43	1,36
Калий, ммоль/л	6,22	7,18	7,12
Железо, мкмоль/л	20,7	18,8	27,3
Холестерин, ммоль/л	6,60	6,54	7,0
Альбумин, г/л	30,1	33,5	35,9
Натрий, ммоль/л	174,5	165,3	190,1
Креатинин, мкмоль/л	101,3	102,2	88,8
Медь, мкг%	75,8	75,0	75,0
Кетоновые тела	Не обнаружены		

Коровы, потребляющие премикс «Биолеккс» в сочетании с бентонитовой глиной, отличались более интенсивным обменом веществ. В крови коров 2-й опытной группы содержание кальция было больше, чем в контрольной и 1-й опытной группе, на 18,8–16,8 %; железа – на 31,9–45,2; холестерина – на 6,1–7,0; альбумина – на 19,3–7,2; натрия – на 8,9–15,0 %.

В крови коров 1-й опытной группы концентрация фосфора больше, чем в контрольной и 2-й опытной группах, на 34,7–25,0 % соответственно.

**Заключение.** Таким образом, у коров, получавших в составе рациона премикс «Биолеккс» в сочетании с бентонитовой глиной, более интенсивно протекали обменные процессы, что положительно повлияло на молочную продуктивность, массовую долю жира, массовую долю белка в молоке, а также биохимические показатели крови.

**Литература**

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы. – URL: <http://www.mcх.ru/documents/document/show/22026.htm>.
2. Стрекозов Н.И., Чинаров В.И. Производство молока в регионах РФ до 2020 года должно быть прогнозируемо // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 4. – С. 2–4.

3. *Зубкова Л.И., Зверева Е.А.* Влияние воспроизводительных качеств голштинизированных коров ярославской породы на пожизненную продуктивность // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 2. – С.17–18.
4. *Данкверт А., Зернаева Л.* Пути улучшения качества молока // Молочное и мясное скотоводство. – 2003. – № 8. – С. 2–6.
5. *Фисинин В., Сурай П.* Природные минералы в кормлении животных и птицы // Животноводство России. – 2008. – № 8, 9. – С. 62, 66.
6. *Крохина В.А.* Пути повышения качества комбикормов и эффективности их использования // Оптимизация кормления сельскохозяйственных животных. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 19–26.
7. *Использование бентонита в животноводстве и птицеводстве / А.П. Булатов, И.Н. Миколайчик, С.Ф. Суханова [и др.].* – Курган: Зауралье, 2005. – 207 с.
8. *Кузнецов С.Г.* Эффективность использования премиксов в кормлении дойных коров // Зоотехния. – 2002. – № 2. – С. 14–18.
9. *Лукашик Н.А., Тащилин В.А.* Зоотехнический анализ кормов. – М.: Колос, 2005. – 223 с.
10. *Лушников Н.А.* Минеральные вещества и природные добавки в питании животных. – Курган: Изд-во КГСХА, 2003. – 192 с.
11. *Подобед Л.И.* Почему премиксы эффективны не всегда // Зоотехния. – 2002. – № 4. – С.11–13.
12. *Кармацких Ю.А.* Молочная продуктивность и химический состав молока коров черно-пестрой породы, получавших бентонит // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 4 (46). – С. 36–37.
13. *Миколайчик И., Юдин В.* Премикс на основе бентонита // Животноводство России. – 2007. – № 8. – С. 39.
14. *Яковлев А., Кармацких Ю.* Бентонит восполняет недостаток минералов // Животноводство России. – 2008. – № 5. – С. 59.
15. *Голубков А.И., Шишленин А.А., Кривонос А.Д.* Премикс «Биолеккс-1» – гарантия высоких надоев // Агросибирь. – 2014. – № 91 (апрель). – С. 31.
16. *Голубков А.И., Шишленин А.А., Кривонос А.Д.* «Премикс-Биолеккс» – гарантия высокого уровня воспроизводства стада // Агросибирь. – 2014. – № 94–95 (июль-август). – С. 32–36.
17. *Тарабукин Д.В.* Ферментативный гидролиз как способ повышения питательной ценности трудноусваиваемых компонентов кормов // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докл. I Всерос. Коми республ. молодеж. науч. конф. – Сыктывкар, 2007. – С. 246–249.
18. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.4.551-96. Производство молока и молочных продуктов / утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 4 октября. – 1996. – № 23.
19. *Кармацких Ю.А.* Использование бентонита Зырянского месторождения в животноводстве и птицеводстве: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Курган, 2009. – 42 с.



**Поправка.** В Вестнике № 5 в статье *О.В. Ивановой, Е.А. Иванова, М.М. Филипьева*, озаглавленной «Биохимические показатели крови и продуктивность коров под действием комбинированной кормовой добавки», по ошибке опубликован текст другой статьи *О.В. Ивановой, Л.В. Ефимовой, А.В. Азановой* «Выявление лучшей линии хряков-производителей в породе ландрас».

Редакция приносит свои извинения авторам за допущенную ошибку и повторно публикует их статью.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 581.526.422.3+582.29(571.14)

Г.С. Таран, О.А. Катаева

### К ЛИХЕНОФЛОРЕ ИВНЯКОВ (*SALIX TRIANDRA*, *S. VIMINALIS*) МАЛЫХ РЕК ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

Характеризуются прирусловые ивняки реки Ельцовки. В них найдено 46 видов сосудистых растений и 22 вида эпифитных лишайников. Лишайник *Evernia prunastri* (L.) Ach. указывается для Новосибирска впервые.

**Ключевые слова:** лишайники, малые реки, прирусловые ивняки, синтаксономия, *Salicetum triandrae*, пойменная растительность, Западная Сибирь.

G.S. Taran, O.A. Kataeva

### TO THE LICHEN FLORA OF THE WILLOW (*SALIX TRIANDRA*, *S. VIMINALIS*) STANDS OF NOVOSIBIRSK CITY SMALL RIVERS

The Eltsovka River riverine willow stands are characterized. 46 species of vascular plants and 22 species of epiphyte lichens are found in them. Lichen *Evernia prunastri* (L.) Ach. is indicated for the first time in Novosibirsk.

**Key words:** lichens, small rivers, riverine willow stands, syntaxonomy, *Salicetum triandrae*, floodplain vegetation, Western Siberia.

---

**Введение.** Аллювиальные ивняки (*Salix triandra*, *S. viminalis*), распространенные в поймах малых рек лесостепной зоны Западной Сибири, практически не изучены. Многие из них бесследно исчезли, поглощенные инфраструктурой крупных городов. Подобная участь ожидает и сообщества реки Ельцовки (ширина русла – 2–3 м), которая пересекает пос. Нижняя Ельцовка (Советский р-н г. Новосибирска) и впадает в Обь с правого берега. Эти ивняки пребывали в естественном состоянии, но в ходе проведенного в 2006–2007 гг. «благоустройства территории» почти полностью вырублены.

**Цель исследования.** Дать геоботаническую характеристику кустарниковым ивнякам (*S. triandra*, *S. viminalis*) малой реки Ельцовки, привести список лишайников, найденных на учетных площадках (УП).

**Материалы и методы.** Описания (далее – оп.) сделаны в 2001 г. на УП в 100 м<sup>2</sup>. Проективное покрытие (ПП) видов указывалось в процентах. Синтаксономическая идентификация фитоценозов проведена на основе эколого-флористической классификации Браун-Бланке [1]. Названия сосудистых растений даны по [2], лишайников – по [3] (за исключением *Athallia holocarpa*, указанной по [4]). Автор описаний и коллектор лишайников – Г.С. Таран, определила образцы О.А. Катаева. Сборы лишайников хранятся в Ботаническом институте РАН (LE). Вслед за Э.Н. Бокком [5] ивняки с доминированием *S. triandra* будем называть белолознями.

**Результаты исследования.** Изученные ивняки тянулись вдоль русла реки в виде ленты шириной 50–60 метров. УП были заложены между дамбой, находящейся у автобусной остановки «Нижняя Ельцовка», и домом (ул. Лесосечная, 3), расположенным выше по течению. Приводим детальную характеристику обследованных участков.

**Оп. 1:** 03.09.2001, белолозник спелый болотнохвощовый (*Equisetum palustre*). Координаты: 54°53'19,9" с.ш., 83°04'38,9" в.д. Поверхность участка горизонтальная, слабоволнистая. Грунтовые воды у поверхности почвы, местами видны открытые оконца воды, которые занимают около 1 %

УП. Грунт вязкий, илистый, продавливается на глубину 15 см. Внешняя граница УП располагается в 6 м от края ивняка, выходящего к руслу реки.

Общее проективное покрытие (ОПП) ив – 60 %, высота – 4,5 м. Сухостой обилен, его высота – до 5 м. Средний диаметр ( $\emptyset$ ) *S. triandra* – 8 см, *S. viminalis* – 5 см. Единично встречаются ветлы (*Salix alba*) высотой 8–9 м и  $\emptyset$  8 см.

Высота травостоя – 60 см, ОПП – 40 %. Хвощ загрязнен илом и большей частью полег. ОПП мхов – 0,02 %. Всего на УП отмечен 31 вид сосудистых растений.

На коре ив (*S. viminalis*, *S. alba*) собрано 12 видов лишайников: *Athallia holocarpa* (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting, *Arthrosporum populorum* A. Massal., *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr. (обильно), *Candelariella lutella* (Vain.) Räsänen, *Oxneria fallax* (Hepp ex Arnold) S.Y. Kondr. & Kärnefelt, *Parmelia sulcata* Taylor, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Physconia distorta* (With.) J.R. Laundon, *Rinodina pyrina* (Ach.) Arnold, *Rinodina septentrionalis* Malme.

**Оп. 2:** 04.09.2001, белолозняк перестойный болотнохвощовый. Координаты: 54°53'20,9" с.ш., 83°04'43,8" в.д. Расстояние до оп. 1 – 100 м. Поверхность участка слабо бугристая от вымоин, слегка наклонная от надпойменной террасы к руслу. Уровень грунтовых вод – 3–5 см. Местами вокруг стволиков наблюдаются ямки  $\emptyset$  35–40 см и глубиной 5 см, изредка заполненные водой. Грунт илистый, вязкий.

Фитоценоз по общему виду – густая чаща. Из-за большого количества сухих стволов и сучьев древесный полог более разрежен, чем в оп. 1. ОПП ив – 50 %, высота – 4,5 м. У *S. triandra* наблюдаются сухие побеги до высоты 7–8 м. Средний  $\emptyset$  *S. triandra* – 6 см, *S. viminalis* – 3 см. На УП имеются две живые ветлы угнетенного вида высотой 9 м и  $\emptyset$  8 см. Довольно часто попадают ветлы, отмершие при  $\emptyset$  6 см, и один экземпляр – при  $\emptyset$  11 см.

ОПП травостоя – 30 %, высота – 55 см. Мхи рассеяны мелкими дернинками на основаниях стволиков либо в виде полужансенных илом побегов на грунте; их ОПП – 0,01–0,02 %. Всего на УП отмечено 37 видов сосудистых растений и 1 вид печеночников (*Marchantia polymorpha*).

На коре ив (*S. alba*, *S. triandra*, *S. cinerea*, *S. pyrolifolia*, *S. viminalis*) собран 21 вид лишайников: *Athallia holocarpa* (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting, *Arthrosporum populorum* A. Massal., *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr., *Candelariella lutella* (Vain.) Räsänen, *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Lecanora symmicta* (Ach.) Ach., *Melanohalea exasperatula* (Nyl.) O. Blanco & al., *Melanelixia subargentifera* (Nyl.) O. Blanco & al., *Oxneria fallax* (Hepp ex Arnold) S.Y. Kondr. & Kärnefelt, *Parmelia sulcata* Taylor, *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg, *Phaeophyscia kairamoi* (Vain.) Moberg, *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Füllr. var. *aipolia*, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Rinodina pyrina* (Ach.) Arnold, *Rinodina septentrionalis* Malme. Один образец, представленный молодым слоевищем, определен только до рода (*Usnea* sp.).

В целом на двух УП отмечено 46 видов сосудистых (табл.).

**Обсуждение результатов.** В Западной Сибири наиболее изучены ивняки, произрастающие в поймах крупных рек [5–11]. Публикации по малым рекам крайне редки [12].

При сравнении ивняков малых рек с обскими и иртышскими аналогами бросается в глаза их основное физиономическое отличие: на малых реках преобладают кустовидные формы *S. triandra* и *S. viminalis*, на больших – древовидные. Максимальная высота *S. viminalis* на Оби достигает 18–19 м, *S. triandra* – 16 м [5]. На Верхней Оби отмечены древостой *S. triandra*, средняя высота которых составляла 14–15 м [6]. На Средней Оби высота в 14–15 м является весьма обычной для насаждений из *S. viminalis* [8, 11].

Можно предположить, что эти отличия обусловлены высотой половодий. На крупных реках половодья высокие, длительные, пережить их имеют шансы наиболее рослые экземпляры ив. Иная ситуация на малых реках, имеющих небольшую площадь водосбора. Половодье на них кратковременно, глубина затопления поймы невелика. Так, пойма Ельцовки весной и летом (во время силь-

ных дождевых паводков) затапливается на глубину 0,5–0,7 м. В таких условиях кустовидные ивы высотой 4–5 м чувствуют себя вполне комфортно.

**Видовой состав сосудистых растений в кустарниковых ивняках малой реки Ельцовки (Советский р-н г. Новосибирска)**

Название видов и синтаксонов	Номер описания		Название видов и синтаксонов	Номер описания	
	1	2		1	2
1	2	3	4	5	6
Д.в. класса <b>Salicetea purpureae</b>			Epilobium ciliatum	+	+
B Salix triandra	50	40	Veronica anagallis-aquatica	0,2	+
B Salix viminalis	10	10	Echinochloa crusgalli	r	+
A Salix alba	3	1	Juncus articulatus	+	r
Д.в. класса <b>Molinio-Arrhenatheretea</b>			Plantago major (juv.-imm.)	r	+
Equisetum palustre	40	30	Tripleurospermum perforatum	+	r
Agrostis gigantea	r	+	Tussilago farfara (juv.-imm.)	+	r
Д.в. класса <b>Bidentetea</b>			Conyza canadensis	r	r
Bidens tripartita	+	+	Juncus bufonius	r	r
Ranunculus sceleratus (imm.)	r	r	Potentilla norvegica (juv.)	r	r
Rorippa palustris	+	r	Prunella vulgaris (imm.)	r	r
Прочие виды			Psammophiliella muralis	r	r
Acer negundo (juv.)	+	+	Ranunculus repens	r	r

Примечание. Только в одном описании отмечены: Achillea millefolium (juv.) 2(r), Agrostis stolonifera 1(r), Alisma plantago-aquatica 1(+), Androsace filiformis 1(r), Angelica decurrens (juv.) 1(r), Artemisia sp. (juv.) 2(r), Artemisia vulgaris (imm.) 2(r), Cardamine pratensis (imm.) 2(r), Carex atherodes 2(+), Galeopsis bifida 2(r), Leucanthemum vulgare (imm.) 2(r), Marchantia polymorpha 2(+), Mentha arvensis (imm.) 2(r), Persicaria hydropiper 1(r), Persicaria scabra 2(r), B Salix cinerea 2(+), B Salix pyrolifolia 2(+), Scirpus sylvaticus 1(+), Setaria viridis 2(r), Sonchus arvensis (imm.) 1(r), Stachys palustris (juv.) 2(r), Stellaria graminea 2(r), Trifolium pratense 2(r), Urtica dioica (juv.) 1(r), Vicia cracca (imm.) 1(r). Условные обозначения: Д.в. – диагностические виды; А – древесный ярус, В – кустарниковый ярус; juv. – ювенильные; imm. – имматурные растения. ПП видов указано в процентах; r – ПП не более 0,01 %, + – ПП более 0,01 %, но менее 0,2 %.

Вторая особенность водного режима на р. Ельцовке – постоянно высокий уровень грунтовых вод в сочетании с илистыми грунтами, что неблагоприятно для произрастания ветлы. В сухие годы она растет довольно хорошо, а в самые многоводные и дождливые – отмирает. На обследованном отрезке р. Ельцовки высота ветел не превышает 9 м, и они имеют угнетенный вид. В то же время для *S. triandra* такие экологические условия оптимальны.

По сложению нижнего яруса белолозняка р. Ельцовки оригинальны. Из литературы нам не известны ивняки, где *Equisetum palustre* указывался бы в качестве доминанта травостоя.

В классификации Браун-Бланке ивняки с доминированием или содоминированием *S. viminalis* и *S. triandra* относят к двум ассоциациям класса **Salicetea purpureae** Moor 1958: **Salicetum triandrae** Malcuit ex Noirfalise in Lebrun et al. 1955 [13, 14] или **Salicetum triandro-viminalis** Lohm. 1952 [8, 10, 11]. Обе ассоциации в специальной литературе цитируются одинаково часто и применяются к близким по составу ив-доминантов сообществам. До сих пор не вполне ясно, следует ли их понимать как разные синтаксоны либо это синонимы.

Мы предлагаем относить к асс. **Salicetum triandro-viminalis** ивовые ценозы, где из двух видов ив (*S. triandra*, *S. viminalis*) доминирует главным образом последний, а *S. triandra* отмечается в качестве содоминанта на ранних стадиях развития ивового насаждения, связанных с наиболее низкими и долгопоемными местообитаниями. В дальнейшем, по мере быстрого повышения уровня поверхности, обусловленного интенсивным отложением аллювия, *S. triandra*, как правило, выпадает

из состава древостоя. Такие сообщества, имеющие лесной облик, наиболее обычны в пойме Оби [5–8, 10, 11].

Низкорослые сообщества с устойчивым доминированием *S. triandra* на всех стадиях развития насаждения мы предлагаем относить к асс. ***Salicetum triandrae***. Учитывая оригинальность белолозняков р. Ельцовки, описываем их в качестве новой субассоциации: ***Salicetum triandrae equisetetosum palustris*** Taran in Taran et Kataeva **subass. nov. hoc loco**. Номенклатурный тип (*holotypus*) субассоциации – оп. 1 (см. табл.). Диагностический вид – *Equisetum palustre* (доминант).

Если сравнить лихенофлору оп. 1 и 2 с аналогами из других природных подзон и регионов, то видовую насыщенность ивняков р. Ельцовки следует признать довольно высокой. Так, в ивовых (*S. viminalis*) лесах сургутского отрезка поймы Оби на аровых (стометровых) УП отмечено от 1 до 21 вида лишайников [15], при этом на стадиях жердняка и приспевания – от 1 до 6 видов, а в наиболее старых насаждениях (в двух описаниях из восьми) – 19–21 вид на 100 м<sup>2</sup>. В перестойном ивняке с Нижней Оби на аровой УП отмечено 27 [10], в ветлянике с Верхней Оби – 26 видов [16], в ветлянике из дельты Волги – 4 вида лишайников [17].

Из 22 видов лишайников, найденных в ивняках р. Ельцовки, 7 видов (*Arthrosporum populorum*, *Candelariella vitellina*, *Flavoparmelia caperata*, *Melanohalea exasperatula*, *Oxneria fallax*, *Phaeophyscia nigricans*, *Rinodina septentrionalis*) на территории Новосибирска относятся к числу редких [18], а один вид (*Evernia prunastri*) для Новосибирска указывается впервые.

**Заключение.** Прирусловые ивняки малых рек Новосибирской городской агломерации в геоботаническом отношении совершенно не изучены; при этом они быстро исчезают, поглощаемые городской инфраструктурой. Как показали наши исследования, белолозняки (*S. triandra*) р. Ельцовки оригинальны по сложению травостоя, поскольку в них отмечен редкий доминант: *Equisetum palustre*. Эти фитоценозы выделены в новую субассоциацию ассоциации ***Salicetum triandrae*** Malcuit ex Noirfalise in Lebrun et al. 1955: ***Salicetum triandrae equisetetosum palustris*** Taran in Taran et Kataeva **subass. nov.** (класс ***Salicetea purpureae*** Moor 1958).

Видовая насыщенность белолозняков сосудистыми растениями составляет 31–37 видов на 100 м<sup>2</sup>, всего же отмечено 46 видов. Видовая насыщенность лишайниками – 12–21 вид на 100 м<sup>2</sup>. В составе белолозняков р. Ельцовки выявлено 22 вида эпифитных лишайников, из которых 7 видов являются редкими, а один (*Evernia prunastri*) приводится для Новосибирска впервые.

### Литература

1. Weber H. E., Moravec J., Theurillat J.-P. International code of phytosociological nomenclature. 3rd ed. // J. Veg. Sci. – 2000. – Vol. 11, № 5. – P. 739–768.
2. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Мир и семья-95, 1995. – 992 с.
3. Список лихенофлоры России. – СПб.: Наука, 2010. – 194 с.
4. Arup U., Søchting U., Frödén P. A new taxonomy of the family Teloschistaceae // Nordic Journal of Botany. – 2013. – Vol. 31, № 1. – P. 16–83.
5. Бокк Э.Н. Ивняки поймы Верхней Оби: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 1968. – 28 с.
6. Бокк Э.Н. О некоторых особенностях ивняков Верхней Оби // Известия СО АН СССР. Сер. Биол.-мед. науки. – 1966. – Вып. 3. – С. 67–72.
7. Васильев С.В. Три типа ивняков прирусловой поймы Средней Оби // Леса Приобья. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1989. – С. 38–48.
8. Таран Г.С. Ивовые леса поймы Оби между устьями Тыма и Ваха (*Salicetea purpureae* Moor 1958) // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – Барнаул, 1999. – Вып. 5. – С. 47–56.
9. Прокопьев Е.П. Синтаксономический обзор лесной растительности поймы р. Иртыш // Krylovia. – 2001. – Т. 3, № 1. – С. 13–23.
10. Таран Г.С., Седельникова Н.В., Писаренко О.Ю. Флора и растительность Елизаровского государственного заказника (Нижняя Обь). – Новосибирск: Наука, 2004. – 212 с.
11. Таран Г.С., Тюрин В.Н. Очерк растительности поймы Оби у города Сургута // Биологические ресурсы и природопользование. – Сургут, 2006. – Вып. 9. – С. 3–54.

12. *Ветлужских Н.В.* Естественная растительность последражных ландшафтов Салаирского кряжа // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. – Кемерово, 2006. – Вып. 2. – С. 58–79.
13. *Булохов А.Д., Соломещ А.И.* Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России. – Брянск: Изд-во БГУ, 2003. – 359 с.
14. *Šilc U.* 2003. Vegetation of the class Salicetea purpureae in Dolenjska (SE Slovenia) // *Fitosociologia*. – 2003. – Vol. 40, № 2. – P. 3–27.
15. *Макарова И.И., Таран Г.С., Тюрин В.Н.* Лишайники окрестностей г. Сургут (Тюменская область, Западная Сибирь) // *Новости систематики низших растений*. – СПб., 2002. – Т. 36. – С. 150–161.
16. *Таран Г.С., Романова Е.В.* К лишенофлоре пойменных лесов Верхней Оби // *Растительный мир Азиатской России*. – 2014. – № 2(14). – С. 19–23.
17. *Таран Г.С.* К лишенологической характеристике ветляников дельты Волги // *Бюл. Самарская Лука*. – 2006. – № 17. – С. 152–155.
18. *Романова Е.В., Седельникова Н.В.* Лишайники – биоиндикаторы атмосферного загрязнения Новосибирской городской агломерации. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2010. – 99 с.



УДК 630.23

*Н.А. Шенмайер*

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВИДОВ ИВЫ В ДЕНДРАРИИ СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Проанализированы биометрические показатели и изменчивость 11 видов ивы, произрастающей в дендрарии СибГТУ. Древовидные виды имеют высоту 6,5–10,9 м, кустарниковые – 3,5–5,7 м.*

*Ключевые слова:* ива, рост, изменчивость, диаметр, высота, дендрарий.

*N.A. Shenmayer*

### VARIABILITY OF WILLOW SPECIES IN THE ARBORETUM OF SIBERIAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

*The biometric parameters and the variability of 11 species of willow growing in the arboretum of SibSTU are analyzed. Treelike species have height of 6,5–10,9 m, shrub species – 3,5–5,7 m.*

*Key words:* willow, growth, variability, diameter, height, arboretum.

---

**Введение.** Разнообразие видов, их широкое распространение и внутривидовая изменчивость обусловили многостороннее хозяйственное применение ивы. Ее древесина, кора, листья и даже корни служат отличным сырьем для переработки [1].

С незапамятных времен кора многих видов ив используется для дубления кожи, из ивовых побегов изготавливают плетеные изделия и мебель. Способность ивы быстро давать большое количество древесины позволяет широко использовать ее для изготовления пластических масс, а также в целлюлозном производстве. Декоративность многих видов ив в сочетании с быстротой роста дает возможность с успехом использовать эту древесную породу при озеленении городов. Перечисленные качества ивы дают основания поставить ее в первые ряды тех древесных пород, которые должны получить еще более широкое распространение [2].

**Цель и задачи исследований.** Изучение изменчивости биометрических показателей различных видов ив.

**Методы и результаты исследований.** Исследования проводились в дендрарии Сибирского государственного технологического университета, который расположен в зеленой зоне г. Красноярска. Дендрарий СибГТУ является одним из старейших в Красноярском крае, был заложен в 1948 г. в



40–41-х кварталах Караульного лесничества учебно-опытного лесхоза и занимает в настоящее время площадь 8 га. В дендрарии имеются несколько отделений: маточные, экспозиции Европы, Сибири, Дальнего Востока, коллекционные участки ив и тополей. Коллекция ив создана в 1961–1963 гг. под руководством И.Ю. Коропачинского [3].

Изучена изменчивость 11 видов ивы, произрастающих в коллекционном участке дендрария. Высоту и диаметр ствола измеряли с помощью измерительных приборов (высотомер, штангенциркуль, мерный шест). Все показатели деревьев и кустарников измерялись с точностью до десятых долей единиц. Диаметр ствола деревьев измеряли штангенциркулем на высоте 1,3 м, кустарников – на высоте 20 см от поверхности почвы (самого толстого стволика в кусте) [4, 5]. Для оценки уровня изменчивости пользовались шкалой С.А. Мамаева.

В результате исследований установлено, что высота деревьев в возрасте 51–53 года находится в пределах от 6,5 до 10,9 м при среднем и высоком уровнях варьирования показателя (табл.).

### Показатели деревьев и кустарников ивы

Вид	Высота, м			Диаметр ствола, см		
	$X_{\text{ср}}$	$\pm m$	V, %	$X_{\text{ср}}$	$\pm m$	V, %
Деревья						
<i>Salix excelsior</i> Host.	10,9	0,42	20,3	9,2	0,57	32,9
<i>Salix blanda</i> Anderss.	6,9	0,38	25,1	7,2	0,67	42,7
<i>Salix daphnoides</i> Vill. var. <i>Pomeranica</i>	6,5	0,30	13,0	6,9	0,49	21,3
Кустарники						
<i>Salix Purpurea</i> L.	5,7	0,32	30,5	3,7	0,30	46,7
<i>Salix purpurea</i> L. × <i>Salix stenophylla</i> Rydb.	4,4	0,25	25,3	3,5	0,13	16,1
<i>Salix purpurea</i> L. var. <i>Lambertiana</i>	3,5	0,24	26,7	2,2	0,28	51,4
<i>Salix viminalis</i> L.	5,5	0,27	25,9	5,7	0,21	19,7
<i>Salix viminalis</i> L. × <i>Salix triandra</i> L.	5,0	0,16	14,9	3,6	0,14	19,5
<i>Salix viminalis</i> L. × <i>Salix chilkoana</i> Sukacz.	5,3	0,18	15,2	2,9	0,18	26,9
<i>Salix miyabeana</i> Seemen × <i>Salix viminalis</i> L.	4,8	0,18	26,9	2,7	0,16	40,1
<i>Salix pulchra</i> Cham.	4,3	0,35	33,7	3,0	0,32	43,6

Среди древовидных ив наибольшей высоты достигли растения *Salix excelsior*, наименьшей – *Salix daphnoides Pomeranica*. Высоким уровнем варьирования отличаются растения *Salix excelsior*, *Salix blanda*, средним уровнем – *Salix daphnoides Pomeranica*.

Диаметр ствола деревьев находится в пределах от 6,9 до 9,2 см при наибольшем значении у *Salix excelsior*, наименьшие – у *Salix daphnoides Pomeranica*. Очень высокий уровень изменчивости у *Salix blanda*, высокий – у *Salix excelsior*, *Salix daphnoides Pomeranica*.

Ивы кустарниковой группы 51–53-летнего возраста имеют высоту от 3,5 до 5,7 м. Ивы пурпурная и прутовидная – 5,5–5,7 м, их гибриды и формы меньшую высоту – 4,8–5,3 м. В Воронежской области на плантации в пойме Дона ивы прутовидная и пурпурная имеют высоту 6,2–6,7 м [6].

Высоким уровнем изменчивости (25,3–33,7 %) отличаются *Salix purpurea* L. var. *Lambertiana*, *Salix miyabeana* × *Salix viminalis*, *Salix Purpurea*, *Salix purpurea* × *Salix stenophylla*, *Salix viminalis*, *Salix pulchra*, средним (14,9–15,2) – *Salix viminalis* × *Salix triandra*, *Salix viminalis* × *Salix chilkoana*.

Диаметр ствола кустарниковых ив достигает 2,2–5,7 см. Наименьшее значение имеет данный показатель *Salix purpurea* L. var. *Lambertiana*, наибольшее – *Salix viminalis*. Очень высоким уровнем изменчивости (51,2–46,7 %) отличаются *Salix purpurea* L. var. *Lambertiana*, *Salix miyabeana* × *Salix viminalis*, *Salix purpurea*, *Salix pulchra*.

**Выводы.** Наблюдения показали, что изменчивость биометрических показателей у различных видов ивы в дендрарии колеблется от средней до очень высокой. Среди деревьев наибольших показателей достигла *Salix excelsior*, среди кустарников – *Salix Purpurea*, *Salix viminalis*.

### Литература

1. Скворцов А.К. Ивы СССР: систематический и географический обзор. – М.: Наука, 1968. – 262 с.
2. Правдин Л.Ф. Ива, ее культура и использование. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 168 с.
3. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Интродукция деревьев и кустарников в условиях юга Средней Сибири: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2009. – 128 с.
4. Лобанов Г.А. Программа и методика сортоизучения плодовых и ягодных, орехоплодных культур. – Мичуринский: Изд-во ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина, 1973. – 495 с.
5. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика определения прироста древесных растений. – М., 1967. – 27 с.
6. Горобец А.И. Продуктивность и жизненное состояние древовидных ценозов ивы прутовидной и ивы пурпурной в пойме Дона // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: мат-лы 16-й Междунар. конф. – Красноярск, 2013. – С. 35–37.



УДК 630\*43:630\*52:630\*434:630\*182.47

Н.А. Михеева, Д.С. Собачкин, И.В. Косов

#### ВЛИЯНИЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ НА КОМПОНЕНТЫ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ\*

*В статье представлены результаты исследования состояния древостоя, подроста и живого напочвенного покрова в сосновых насаждениях после контролируемых выжиганий. Пожары слабой силы ускоряют изреживание и дифференциацию древостоев. Моховой покров является наиболее уязвимым, в то время как травяно-кустарничковый покров восстанавливается уже на второй год после выжиганий.*

**Ключевые слова:** низовые пожары, древостой, подрост, живой напочвенный покров, видовое разнообразие.

N.A. Mikheeva, D.S. Sobachkin, I.V. Kosov

#### THE SURFACE FIRE INFLUENCE ON THE COMPONENTS OF THE PINE PLANTATIONS OF KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

*The research results on the condition of the forest stand, undergrowth and live ground cover in pine plantations after controlled burning out are presented in the article. The weak force fires accelerate the thinning and the differentiation of forest stands. The moss cover is the most vulnerable, while the grass-bush cover restores in the second year after burning out.*

**Key words:** surface fires, forest stand, undergrowth, live ground cover, species variety.

---

**Введение.** Лесной пожар – один из важнейших и широко распространенных экологических факторов, приводящий к изменениям в лесных экосистемах на разных уровнях организации. Последствия пожаров зависят от условий возникновения, силы пожара, растительного покрова, климатических условий, рельефа и свойств почвы [1, 2]. Пожары меняют гидротермические и трофические условия почв [3], что может приводить к изменениям в составе древостоя, процессах лесовозобновления и напочвенном покрове [4].

Исследователи отмечают, что территория Красноярской лесостепи в конце 1950-х годов испытывала сильное влияние пожаров, и в настоящее время наблюдается восстановительно-возрастная сукцессия в условиях отсутствия огня и тенденция к быстрому изменению напочвенного

---

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-04-00334-а).

покрова в сосняках [5]. В совокупности с увеличением зимних осадков это привело к формированию существующих в настоящее время лесных сообществ, устойчивых к пирогенному фактору [6].

**Цель исследования.** Определение последствий низовых пожаров для различных компонентов в сосновых насаждениях Красноярской лесостепи.

**Объекты и методы исследования.** Для проведения исследований в 2012 и 2013 гг. в одно-возрастных сосновых насаждениях Красноярской лесостепи было заложено пять постоянных пробных площадей (ПП), на которых проведены экспериментальные контролируемые выжигания, имитирующие низовые пожары низкой и средней силы. Силу воздействия огня определяли по шкале, предложенной Н.П. Курбатским [7]. Выжигание проводилось в наиболее сухой летний период.

Район исследования относится к зоне Красноярской островной лесостепи. Площадь выжигания составляла 0,04 га, размер каждой пробной площади составил 0,01 га, заложены они на выровненных или с небольшим уклоном участках, типичных для данного лесного массива.

На пробных площадях проводился сплошной пересчет древостоя с замером основных таксационно-биометрических показателей у модельных деревьев и подроста. Лесотаксационные работы и определение жизненного состояния проводились в соответствии с общепринятыми рекомендациями и методиками [8–12].

При оценке видового разнообразия напочвенного покрова учитывалось общее число видов на пробной площади и их проективное покрытие [13]. Для оценки изменения растительности на видовом уровне использовались индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера и показатель сходства Жаккара [14]. Динамика травяно-кустарничкового яруса рассматривается на уровне эколого-ценотических групп, экологических групп по характеру увлажнения и жизненных форм Раункиера [15–17]. В качестве количественного критерия групп использован фитоценотический индекс значимости компонентов [14]. Контролем служили данные, собранные до выжигания, дальнейшие наблюдения проводили на первый и второй годы после выжигания.

Первая пробная площадь (ПП 1) до выжигания представлена сосняком осочково-зеленомошным (С ос-зм), в подлеске единично встречаются *Rosa acicularis* Lindley, *Cotoneaster melanocarpus* Lodd. Травяно-кустарничковый ярус редкий (проективное покрытие 18%). В напочвенном покрове доминируют *Carex macroura* Meinsh. (8%), *Vaccinium vitis-idaea* L. (4%). Моховой покров занимает 36 % пробной площади, мощность не более 3 см, доминантом является *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (29%).

Вторая пробная площадь (ПП 2) – сосняк разнотравно-зеленомошный (С рт-зм). Подлесок не выражен, единично встречаются *Rosa acicularis*, *Crataegus sanguinea* Pall. Проективное покрытие травяно-кустарничкового покрова 22 %. Основные доминанты яруса – *Carex macroura* (8%), *Rubus saxatilis* L. (4%). Моховой покров занимает 18 %, доминант – *Pleurozium schreberi* (13 %).

Третья пробная площадь (ПП 3) – сосняк мертвопокровный (С мп). В подлеске единично встречаются *Rosa acicularis*, *Crataegus sanguinea*. Травяно-кустарничковый ярус слабо развит, проективное покрытие не более 12 %, рыхлое. Моховой покров практически отсутствует.

Четвертая пробная площадь (ПП 4) представлена сосняком осочково-разнотравным (С ос-рт). Подлесок нет. Доминантами травяного яруса являются *Carex macroura* и *Iris ruthenica* Ker-Gawl., проективное покрытие которых составляет 15 и 5 % соответственно. Моховой покров образует небольшие пятна на 8–10 % пробной площади.

Пятая пробная площадь (ПП 5) представлена сосняком разнотравно-зеленомошным (С рт-зм). Подлесок не выражен. Ярусности травяно-кустарничкового покрова не наблюдается, общее проективное покрытие – 60 %. Доминантом является *Carex macroura* (20%), содоминанты *Calamagrostis arundinacea* (L.), *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce. Моховой покров занимает 56 % пробной площади, доминанты *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schim.

Характеристики пробных площадей представлены в таблице 1.

Таксационная характеристика пробных площадей

Показатель	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4	ПП 5
Тип леса	С ос-зм	С рт-зм	С мп	С ос-рт	С рт-зм
Диаметр, см	7,8	8,9	8,6	10,7	10,2
Высота, м	12,5	13,4	13,1	14,3	14,7
Возраст, лет	41	45	42	47	48
Густота, шт/га	5900	5400	6200	5900	3600
Класс бонитета	2	2	2	1	1

**Результаты и их обсуждение.** В ходе экспериментов тепловому воздействию была подвержена прикомлевая часть ствола деревьев, поскольку температуры в нижней части кроны оказались менее 50 °С, что недостаточно для её повреждения. На второй год наблюдений после воздействия пирогенного фактора, в результате повреждения камбиальной зоны в прикомлевой части ствола, жизненное состояние древостоев ухудшилось (рис. 1). Жизненное состояние деревьев определялось глазомерно по специальной шкале [12], основанной на оценке состояния крон деревьев в процентах (густота кроны, наличие мертвых или усыхающих ветвей, повреждение хвои и т.д.), с присвоением балла каждому дереву. Жизненное состояние древостоев определялось как средневзвешенный балл через объемы деревьев на пробной площади.

На ПП 1 жизненное состояние древостоев ухудшилось на 28,3 %; на ПП 2 – 15,7; на ПП 3 – 15,3; на ПП 4 – 4,2; на ПП 5 – на 0,8 %. На четвертой и пятой пробных площадях резких изменений не наблюдается, поскольку на этих пробных площадях температуры ЛГМ были недостаточные для интенсивного горения.

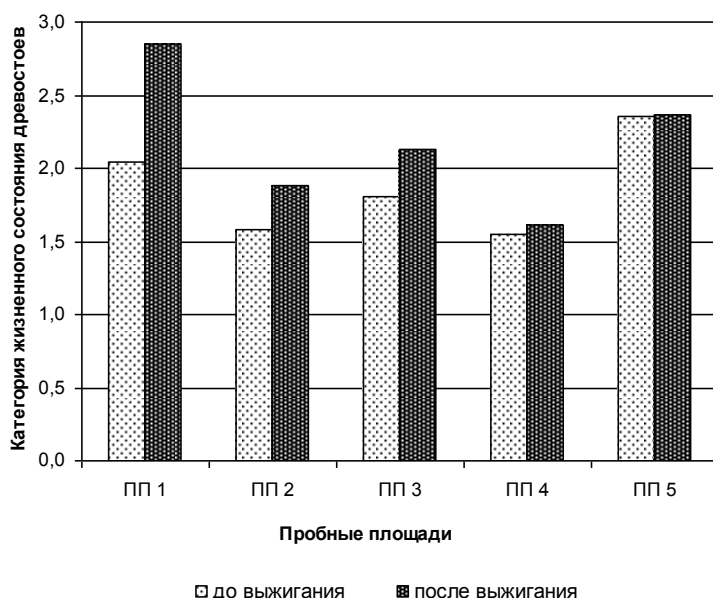


Рис. 1. Изменение жизненного состояния древостоев

Низовые пожары в первую очередь представляют опасность для деревьев с тонкой корой, не обеспечивающей защиту сосны от воздействия огня. На пробных площадях деревья с диаметром стволов менее 8 см погибли на первый и второй год после выжигания (рис. 2). В древостое погибшие деревья на 70–90 % относятся к угнетенным. Это подтверждается и исследованиями стрессовой реакции прикамбиальной зоны на гипертермию [18].

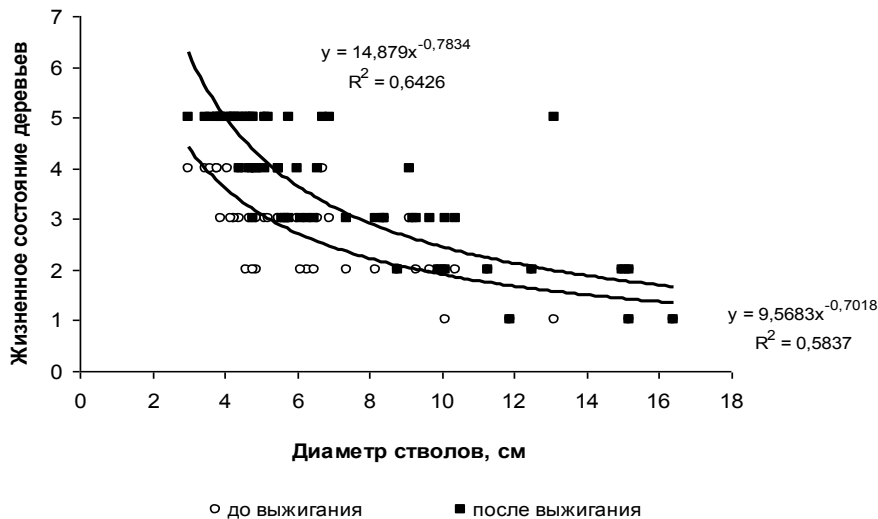


Рис. 2. Изменение жизненного состояния деревьев с различным диаметром

Любое воздействие огня в лесу сопровождается частичной или полной деструкцией напочвенного покрова. При слабых низовых пожарах незначительно прогорает подстилка, «мохово-лишайниковая подушка», травяно-кустарничковый ярус, увеличивается минерализация почвы. Изменения почвенных условий после пожара часто способствуют естественному возобновлению леса. Прогретая после пожара, богатая минеральными веществами почва благоприятна для появления всходов и роста самосева древесных растений [19]. Наши исследования показали, что низовые пожары оказали благоприятное воздействие на появление всходов и самосева сосны (табл. 2).

Таблица 2

### Влияние пирогенного фактора на лесовозобновление

Номер ПП / тип леса	Число всходов и самосева, шт/га					
	до выжигания		1-й год после выжигания		2-й год после выжигания	
	Всходы	Самосев	Всходы	Самосев	Всходы	Самосев
ПП 1 / С ос-зм	17000	1500	4500	-	8500	5000
ПП 2 / С рт-зм	0	0	4500	-	2500	1500
ПП 3 / С мп	5500	2500	3000	-	9500	2500
ПП 4 / С ос-рт	500	8500	1000	-	41500	1000
ПП 5 / С рт-зм	0	500	68500	96000	-	-

В процессе контролируемых выжиганий имеющиеся всходы и самосев полностью сгорели. Уже на первый год после выжиганий отмечено появление всходов и самосева (ПП 5). Появление самосева на следующий год после выжиганий объясняется урожайным годом сосны в год выжигания и хорошими условиями после выжигания. На второй год было отмечено увеличение численности всходов и самосева. Исключение составляет ПП 1, где количество всходов еще не достигло своего допожарного значения. Отмечается появление всходов и самосева там, где его не было до проведения выжиганий (ПП 2), что свидетельствует об улучшении условий для естественного лесовозобновления. На ПП 3, ПП 4, ПП 5 отмечается многократное увеличение численности всходов и самосева.

На начальных этапах лесовосстановления более четкими индикаторами как лесорастительных условий, так и сукцессионных рядов являются виды растений нижних ярусов. Однако скорость

и темпы сукцессионных процессов на прогоревших участках могут существенно различаться в пределах не только лесных формаций, но и отдельных экотопов [4]. В зеленомошных сосняках уже на первый год после выжигания происходит практически полная (на 90–100%) деградация мохово-лишайникового покрова (табл. 3).

Таблица 3

## Изменение напочвенного покрова на пробных площадях

Номер ПП / тип леса	Показатели напочвенного покрова								
	до выжигания			1-й год после выжигания			2-й год после выжигания		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ПП 1 / С ос-зм	36	18	15	1,2	27	14	0,1	35	24
ПП 2/ С рт-зм	18	20,1	21	0,1	23	12	0,1	44,6	20
ПП 3/ С мп	2	6,9	12	0,1	5,5	7	0,1	18,7	20
ПП 4/ С ос-рт	9	25,8	20	8	66	10	4	85,2	21
ПП 5/ С рт-зм	41	74	15	3,2	25,6	20	-	-	

Примечание. 1 – проективное покрытие мохово-лишайникового покрова; 2 – проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса; 3 – число видов травяно-кустарничкового яруса на пробной площади.

Видовая насыщенность травяного покрова в сосняках, как зеленомошных, так и разнотравных, на первый год после выжигания уменьшается, в то время как проективное покрытие трав увеличивается. Исключение составляет мертвопокровный сосняк (ПП 3), в котором как проективное покрытие, так и видовая насыщенность продолжают уменьшаться. На второй год после выжигания на всех пробных площадях увеличивается и проективное покрытие, и видовая насыщенность трав по сравнению с предыдущим годом.

В мертвопокровном сосняке (ПП 3) на первый год после выжигания значительно снижается видовая насыщенность (на 42 %), однако на следующий год она увеличивается на 67 % по сравнению с периодом до выжигания. Коэффициент Шеннона-Уивера вначале снижается, а затем увеличивается в два раза по сравнению с исходным значением (1,1–0,5–2,0 соответственно периодам до выжигания, 1-й и 2-й год после выжигания). Увеличение числа видов на площади происходит за счет группы разнотравья и злаков (*Sanguisorba officinalis* L., *Ranunculus submarginatus* Ovcz., *Lathyrus humilis* (Ser.) Spreng., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Carex macroura* Meish.). Коэффициент Жаккара показывает низкую степень сходства флористического состава на пробной площади с периодом до выжигания (12 и 23 % на 1-й и 2-й год после выжигания соответственно).

В осочково-разнотравном сосняке (ПП 4) на первый год после выжигания коэффициент разнообразия снижается с 1,4 до 0,7, на второй год восстанавливается до 1,2. Увеличение проективного покрытия происходит за счет *Carex macroura*, которая легко восстанавливается после пожара. На второй год после выжигания появляются такие виды, как *Goodyera repens* (L.) R. Br. и *Hypopitys monotropa* Crantz., являющиеся микотрофными. Вероятно, снижение конкурентной напряженности в напочвенном покрове дает возможность прорасти этим видам, характеризующимся низкой конкурентоспособностью. Коэффициент сходства Жаккара на данной пробной площади остается низким (30–40 %).

В зеленомошных сосняках (ПП 1, ПП 2 и ПП 5) видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса в первый год после выжигания снижается, во второй восстанавливается практически до исходного уровня. Коэффициент сходства Жаккара (50–70 %) показывает, что восстановление напочвенного покрова идет теми же видами. Видовое разнообразие на второй год после выжигания не изменяется, индекс разнообразия Шеннона составляет 1,6–1,9.

Анализ жизненных форм травяно-кустарничкового яруса на пробных площадях показал, что до выжигания доминировали травянистые многолетники – криптофиты (25–83 %) и гемикриптофиты (16–50 %), что характерно для флоры бореальной зоны. На зеленомошных участках доля хаме-

фитов составляет 16–32 %, главным образом за счет ценотической роли *Vaccinium vitis-idaea*, *Rubus saxatilis* и *Orthilia secunda* (L.) House. После выжигания доля хамефитов снижается до 1% на ПП 2, до 25 % на ПП 1 и до 13,6 % на ПП 5. Ни в первый, ни во второй год после выжигания каких-либо существенных изменений в спектре жизненных форм не происходит, не наблюдается и терофитизация участков после пожара.

При анализе экологических групп по характеру увлажнения выявлено, что ведущую фитоценотическую роль в спектре играют мезоксерофиты (55–84 %) и мезофиты (12–28 %). Такое распределение объясняется тем, что к этим группам относятся *Calamagrostis arundinacea* и *Carex macrouga*, которые встречаются на всех учетных площадках и имеют относительно высокие показатели обилия. Пожары слабой и средней силы, по-видимому, не изменяют влажность условий произрастания. Поэтому как на первый, так и на второй год после выжигания существенных изменений в спектре экологических групп не наблюдается. Ведущую фитоценотическую роль продолжают занимать мезофиты (16–32 %) и мезоксерофиты (50,1–85,3 %).

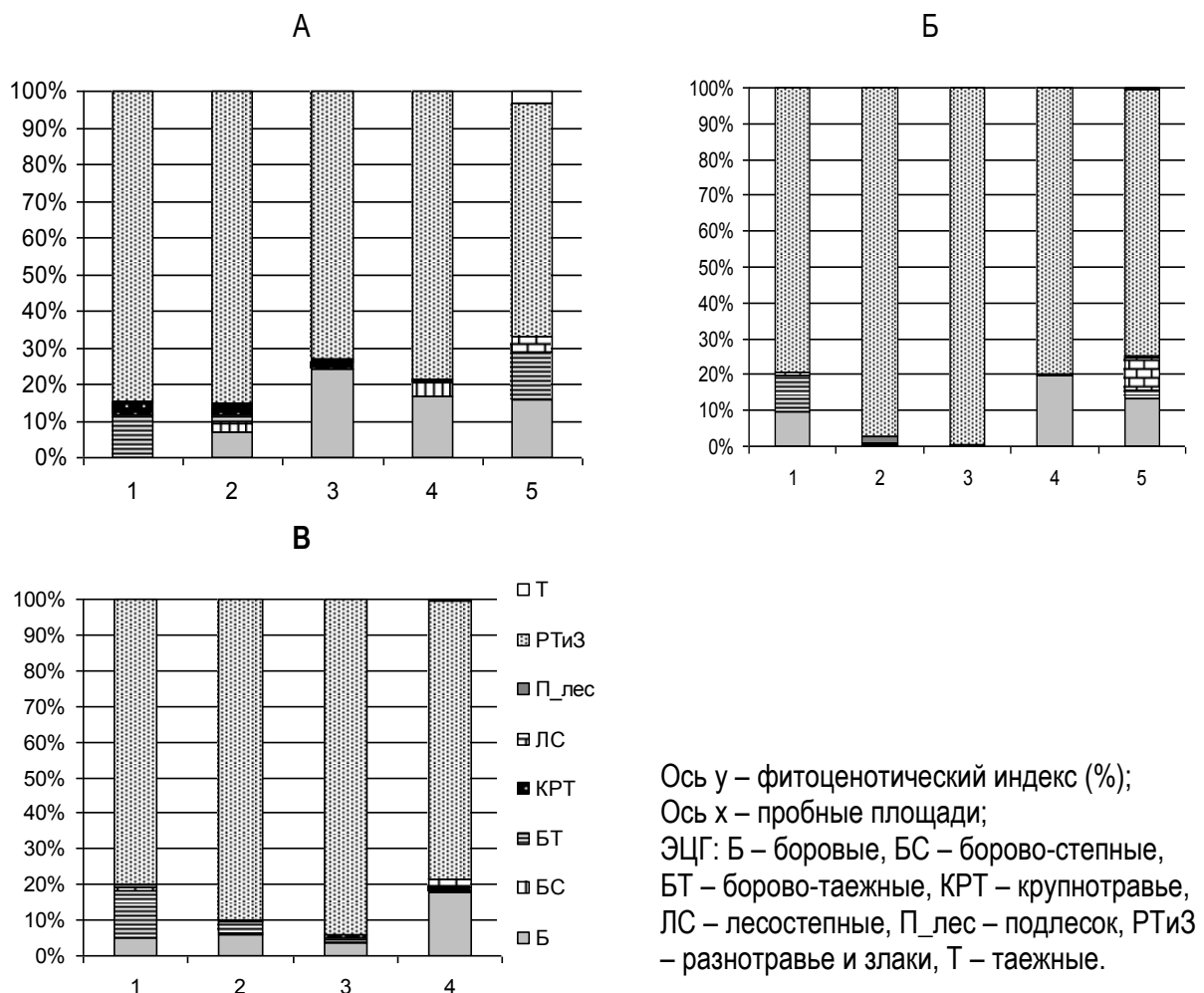


Рис. 3. Изменение спектра эколого-ценотических групп травяно-кустарничкового яруса в сосняках до выжигания (А) и на 1-й (Б) и 2-й (В) годы после пожара

В период до и после выжигания ведущая роль в спектре эколого-ценотических групп (ЭЦГ) принадлежит видам лугово-лесного разнотравья и злакам за счет значительного участия *Calamagrostis arundinacea* и *Carex macrouga* в травяном покрове. Преобладание боровых и лесостепных видов, которые в совокупности с борово-таежными и борово-степными занимают от 12 до 33 % в период до выжигания и от 5 до 20 % на второй год после выжигания, говорит, что и эти виды устойчивы к пожа-

рам низкой силы. Виды лугово-лесного разнотравья, крупнотравья и злаки составляют 64–88 % спектра до выжигания. Они являются наиболее устойчивыми к пирогенному воздействию, и после выжигания их доля в спектре увеличивается до 74–99 % на разных пробных площадях (рис. 3). В целом после выжигания спектр ЭЦГ обедняется, для него характерны большая однородность и меньшее количество групп.

**Заключение.** В сосновых насаждениях III класса возраста под влиянием слабого низового пожара повреждаются в основном отсталые в росте деревья, имеющие значения диаметра ствола менее 8 см. Пожары слабой силы выступают в качестве ускорителя самоизреживания и дифференциации древостоев.

На большинстве пробных площадей всходы и самосев не только восстановили свою численность через два года после выжиганий, но и существенно увеличили ее по сравнению с допожарной генерацией. Контролируемые выжигания, имитирующие низовые пожары, оказали положительное влияние на естественное лесовозобновление, что связано как с уменьшением конкуренции со стороны травяного и мохового покровов, так и, возможно, с улучшением гидротермических и трофических условий почв.

Особенности растительного покрова сосновых боров лесостепной зоны заключаются в доминировании определенных эколого-ценотических групп (боровая, борово-таежная, лугово-лесное разнотравье и злаки), которые имеют широкую экологическую амплитуду, преимущества к переживанию огневого воздействия и активному постпирогенному восстановлению [20, 21]. Сохранение небогатого видового разнообразия и выраженное преобладание ксеромезофильного и мезотрофного разнотравья и злаков после выжигания говорят об устойчивости травяного покрова изученных сосновых формаций лесостепи к беглым низовым пожарам низкой силы.

### Литература

1. Ковалева Н.М., Иванова Г.А. Динамика живого напочвенного покрова после низовых пожаров в сосновых насаждениях (Нижнее Приангарье) // Известия Самарского НЦ РАН. – 2012. – Т. 14. – № 1(5). – С. 1264–1267.
2. Краснощеков Ю.Н., Евдокименко М.Д., Чередникова Ю.С. Послепожарное функционирование лесных экосистем в Восточном Прибайкалье // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 2. – С. 221–229.
3. Богородская А.В., Сорокин Н.Д. Экологическое состояние микробеценозов почв сосняков средней тайги Средней Сибири после контролируемых выжиганий // Вестник КрасГАУ. – 2005. – № 5. – С. 187–194.
4. Иванова Г.И. Мониторинг воздействия пожаров на компоненты экосистемы сосняков Средней Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – № 3. – С. 1–5.
5. Бугаева К.С., Назимова Д.И. Сосновые боры на северной границе Красноярской лесостепи: динамика фитоценотической структуры за последние 40 лет // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2008. – № 9. – С. 109–118.
6. Бугаева К.С., Оскорбин П.А. Послепожарная динамика лесных насаждений в Красноярской лесостепи // Лесоведение. – 2008. – № 4. – С. 28–33.
7. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1970. – С. 5–58.
8. Сукачев В.Н. Руководство к исследованию типов леса // Избр. труды. – Л.: Наука, 1972. – Т. 1. – С. 15–141.
9. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. – М.: Наука, 1966. – 60 с.
10. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 99 с.
11. Моисеев В.С. Таксация молодняков. – Л.: Изд-во ЛТА, 1971. – 344 с.



12. *Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
13. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
14. *Миркин Б.М., Розенберг С.Г.* Толковый словарь современной фитоценологии. – М.: Наука, 1983. – 136 с.
15. *Буторина Т.Н.* Эколого-ценотический анализ кустарничково-травяного яруса лесных ассоциаций. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 30–52.
16. *Молокова Н.И.* Эколого-ценотический анализ и феноиндикация высотно-поясных комплексов типов леса (на примере гумидных районов Саян): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 1992. – 16 с.
17. *Степанов Н.В.* Флорогенетический анализ (на примере северо-восточной части Западного Саяна): учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1994. – С 79.
18. Воздействие низовых пожаров на жизнеспособность и антиоксидантную защиту молодняков сосны обыкновенной в Красноярской лесостепи / *Н.Е. Судаchkова, И.Л. Милютина, Л.И. Романова* [и др.] // Лесоведение. – 2015. – № 2. – С. 16–25.
19. *Шешуков М.А., Пешков В.В.* О соотношении понятий «огнестойкость», «пожароустойчивость» и «пирофитность» // Лесоведение. – 1984. – № 5. – С. 60–63.
20. *Оскорбин П.А., Бугаева К.С.* Динамика структуры островных боров Красноярской лесостепи под влиянием рубок ухода // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – № 4–5. – С. 408–413.
21. *Казанцева М.Н., Чернобай Е.С.* Особенности послепожарной сукцессии березняка разнотравного в подтайге Западно-Сибирской равнины // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2011. – № 11. – С. 102–109.



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абрамова Н.В.* – канд. биол. наук, доц. каф. зооигиены и кормления сельскохозяйственных животных Орловского государственного аграрного университета, г. Орел. E-mail: necz34@mail.ru
- Андреева М.В.* – асп. каф. тепловодогазоснабжения сельского хозяйства Челябинской государственной агроинженерной академии, г. Челябинск. E-mail: mv\_and@mail.ru
- Бакин И.А.* – д-р техн. наук, доц., проф. каф. технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: bakin@kemtipp.ru
- Бакунин В.В.* – ст. преп. каф. тепловодогазоснабжения сельского хозяйства Челябинской государственной агроинженерной академии, г. Челябинск. E-mail: vadbak@list.ru
- Баранова В.В.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. ботаники и экологии Кемеровского государственного сельскохозяйственного института, г. Кемерово. E-mail: ksai@ksai.ru
- Безкорвайная И.Н.* – д-р биол. наук, проф. каф. экологии и природопользования Института экономики, управления и природопользования Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: birinik-2011@yandex.ru
- Берсенева А.Г.* – асп. каф. техносферной безопасности Тюменского государственного архитектурно-строительного университета, г. Тюмень. E-mail: alena\_berseneva87@mail.ru
- Бессмольная М.Я.* – канд. биол. наук, ст. преп. каф. ландшафтного дизайна и экологии Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова, г. Улан-Удэ. E-mail: marrra@list.ru
- Боннет В.В.* – канд. техн. наук, доц., зав. каф. электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный. E-mail: bonnet74@mail.ru
- Будьков Э.А.* – асп. каф. безопасности жизнедеятельности Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: Pioner\_budkov@mail.ru
- Бурцев А.Ю.* – асп. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Челябинской государственной агроинженерной академии, г. Челябинск. E-mail: burceval2009@yandex.ru
- Бышов Д.Н.* – канд. техн. наук, доц., зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: university@rgatu.ru
- Бышов Н.В.* – д-р техн. наук, проф., ректор Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: university@rgatu.ru
- Ван Бэнь* – преп. каф. патанатомии Цзилинского аграрного научно-технического института, КНР, г. Цзилинь. E-mail: zoofak@kgau.ru
- Варченко Л.И.* – науч. сотр. лаб. биогеографии и экологии Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток. E-mail: semkin@tig.dvo.ru
- Веретнова О.Ю.* – канд. техн. наук, доц. каф. товароведения и экспертизы товаров Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: techkgtei@gmail.com
- Виноградов Д.В.* – д-р биол. наук, проф., зав. каф. технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А.Костычева, г. Рязань. E-mail: vdv-rz@rambler.ru

- Ганзеловский Е.В.* – асп. каф. земледелия и растениеводства Кемеровского государственного сельскохозяйственного института, г. Кемерово. E-mail: ksai@ksai.ru
- Глазырин С.В.* – асп. каф. технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: sgl24@ya.ru
- Глемба К.В.* – канд. техн. наук, доц. каф. эксплуатации автомобильного транспорта Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск. E-mail: glemba77@mail.ru
- Григорьян Б.Р.* – канд. биол. наук, доц., зав. каф. почвоведения Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань. E-mail: Boris.Grigoryan@kpfu.ru
- Гриценко А.В.* – д-р техн. наук, доц. каф. эксплуатации автотранспорта и производственного обучения Челябинской государственной агроинженерной академии, г. Челябинск. E-mail: alexgrits13@mail.ru
- Гулёнова Г.С.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. товароведения и экспертизы товаров Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: pochta\_galiny@mail.ru
- Гусакова Г.С.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. органической химии и пищевой технологии им. проф. В.В. Тутуриной Института пищевой инженерии и биотехнологии Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск. E-mail: gusakova58@mail.ru
- Демиденко Г.А.* – д-р биол. наук, проф., зав. каф. ландшафтной архитектуры и агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: agro@kgau.ru
- Долгих П.П.* – канд. техн. наук, доц. каф. системознергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru
- Донков С.А.* – канд. биол. наук, вед. науч. сотр., зав. лаб. ветеринарной медицины ФГБНУ «Красноярский НИИЖ», г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru
- Донкова Н.В.* – д-р вет. наук, проф., зав. каф. анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru
- Дыров В.Б.* – магистрант каф. системознергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kungs@yandex.ru
- Евстафьев С.Н.* – д-р хим. наук, проф., зав. каф. органической химии и пищевой технологии им. проф. В.В. Тутуриной Института пищевой инженерии и биотехнологии Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск. E-mail: esn@istu.edu
- Евтухова О.М.* – канд. биол. наук, доц. каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: evtukhova22@mail.ru
- Егорушкин И.О.* – канд. техн. наук, доц. каф. математического моделирования и информатики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: delorien@yandex.ru
- Егунова М.Н.* – мл. науч. сотр. лаб. техногенных лесных экосистем Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: Mari\_19\_88@mail.ru
- Емельянов Р.Т.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерных систем зданий и сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: ert-44@yandex.ru

- Ерёмина Т.В.* – д-р техн. наук, проф. каф. экологии и безопасности жизнедеятельности Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, г. Улан-Удэ. E-mail: a.k.brit@mail.ru
- Жильцова С.Г.* – канд. биол. наук, науч. сотр. сектора микроклонального размножения лесных, декоративных и сельскохозяйственных растений Биолого-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: zhiltsovasg@mail.ru
- Зайцева Е.И.* – ст. преп. каф. агроинженерии Ачинского филиала Красноярского государственного аграрного университета, г. Ачинск. E-mail: krasgau@achmail.ru
- Зыкова И.Д.* – канд. техн. наук, доц. каф. химии Политехнического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: IZykova@sfu-kras.ru
- Иванов Е.А.* – асп. каф. технологии переработки и хранения продуктов животноводства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: e.a.ivanov@bk.ru
- Иванова О.В.* – д-р с.-х. наук, проф. каф. технологии переработки и хранения продуктов животноводства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: o.v.ivanova@bk.ru
- Калинин А.Ф.* – асп. каф. экологии и безопасности жизнедеятельности Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, г. Улан-Удэ. E-mail: a.k.brit@mail.ru
- Камоза Т.Л.* – д-р пед. наук, проф. каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: tat.kamoza@yandex.ru
- Катаева О.А.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург. E-mail: kataevaoa@mail.ru
- Каширин Д.Е.* – д-р техн. наук, доц., зав. каф. электроснабжения Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: kadm76@mail.ru
- Кибардин В.В.* – канд. техн. наук, доц. каф. электрификации горно-металлургического производства Института горного дела, геологии и геотехнологий Сибирского федерального университета. г. Красноярск. E-mail: kovalevao47@mail.ru
- Ковалева О.А.* – доц. каф. электрификации горно-металлургического производства Института горного дела, геологии и геотехнологий Сибирского федерального университета. г. Красноярск. E-mail: kovalevao47@mail.ru
- Кондратенко Е.П.* – д-р с.-х. наук, проф. каф. технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Кемеровского государственного сельскохозяйственного института, г. Кемерово. E-mail: ksai@ksai.ru
- Короткая Е.В.* – д-р техн. наук, проф. каф. аналитической химии и экологии Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: lena\_short@mail.ru
- Короткий И.А.* – д-р техн. наук, проф., декан заочного факультета Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: krot69@mail.ru
- Косов И.В.* – канд. с.-х. наук, науч. сотр. лаб. пирологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: letter-box@list.ru
- Круглов Г.А.* – д-р техн. наук, проф. каф. тепловодогазоснабжения сельского хозяйства Челябинской государственной агроинженерной академии, г. Челябинск. E-mail: mv\_and@mail.ru
- Кунгс Я.А.* – канд. техн. наук, проф. каф. системозенергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kungs@yandex.ru

- Кунцевич А.А.* – ст. преп. каф. товароведения и экспертизы Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: akmbkk@yandex.ru
- Куприянова Т.М.* – лаборант каф. экологии и защиты леса Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: tom-rad@mail.ru
- Логинов А.Ю.* – канд. техн. наук, доц. каф. электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный. E-mail: alexander\_loginov@mail.ru
- Лунин П.Н.* – магистрант каф. технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: rapp@kemtipp.ru
- Макеева Ю.Н.* – ст. преп. каф. земельного права и землеустройства Ачинского филиала Красноярского государственного аграрного университета, г. Ачинск. E-mail: afkrasgau@mail.ru
- Малахова Т.А.* – асп. каф. разведения и частной зоотехнии Белгородского государственного аграрного университета им. В.Я. Горина, Белгородская область, Белгородский р-он, п. Майский. E-mail: tan.malahowa2012@yandex.ru
- Михеева Н.А.* – канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. почвоведения и лесоведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: mikheevana@yandex.ru
- Мошкина С.В.* – канд. биол. наук, доц. каф. зоогигиены и кормления сельскохозяйственных животных Орловского государственного аграрного университета, г. Орел. E-mail: swetlashk@rambler.ru
- Мустафина А.С.* – канд. техн. наук, доц. каф. организации и экономики предприятий пищевой промышленности Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: mustafina\_as@mail.ru
- Муханова Г.С.* – канд. техн. наук, доц., зав. каф. управления проектами Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: gulmirasamudin@gmail.com
- Наймушина Л.В.* – канд. хим. наук, доц. каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: naimlivi@mail.ru
- Обухов В.О.* – асп. каф. лесного и лесопаркового хозяйства Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск. E-mail: vladlen.obuhov@gmail.com
- Окунев Р.В.* – асп. каф. почвоведения Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань. E-mail: tutinkaz@yandex.ru
- Орленко А.И.* – канд. техн. наук, директор Красноярского института железнодорожного транспорта – филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск. E-mail: Orlenko\_AI@krsk.igups.ru
- Охримов Е.А.* – инженер-лесопатолог Департамента лесного хозяйства Министерства промышленных и природных ресурсов Республики Хакасии, г. Абакан. E-mail: tom-rad@mail.ru
- Павлов В.В.* – магистрант каф. механизации животноводства Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: vikp76@mail.ru
- Плаксин А.М.* – д-р техн. наук, проф. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Челябинской государственной агроинженерной академии, г. Челябинск. E-mail: alexgrits13@mail.ru

- Поломошнова Н.Ю.* – канд. биол. наук, доц. каф. ландшафтного дизайна и экологии Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ. E-mail: nata\_mail@inbox.ru
- Походня Г.С.* – д-р с.-х. наук, проф. каф. разведения и частной зоотехнии Белгородского государственного аграрного университета им. В.Я. Горина, Белгородская область, Белгородский р-он, п. Майский. E-mail: bgsxapgs@mail.ru
- Приходько Л.А.* – мл. науч. сотр. Якутского ботанического сада – филиала Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск. E-mail: Prikhodko\_la@mail.ru
- Прудников А.Ю.* – асп. каф. электрооборудования и физики Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный. E-mail: mr.Groll666@yandex.ru
- Пылаев М.А.* – студ. 5-го курса Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: byr.medved@mail.ru
- Самаров В.М.* – д-р с.-х. наук, проф. каф. земледелия и растениеводства Кемеровского государственного сельскохозяйственного института, г. Кемерово. E-mail: ksai@ksai.ru
- Сафронова Т.Н.* – канд. техн. наук, доц. каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: safronova63@mail.ru
- Селиванов Н.И.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru
- Собачкин Д.С.* – канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. почвоведения и лесоведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: don.375@yandex.ru
- Солдатов В.А.* – д-р техн. наук, зав. каф. информационных технологий в электроэнергетике Костромской государственной сельскохозяйственной академии, г. Кострома. E-mail: soldmel@rambler.ru
- Сорокопудова О.А.* – д-р биол. наук, проф., вед. науч. сотр. лаб. декоративных культур Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства РАСХН, г. Москва. E-mail: osorokopudova@yandex.ru
- Спицына Т.П.* – канд. техн. наук, доц. каф. экологии и защиты леса Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: t-spitsina@mail.ru
- Степанов Н.В.* – канд. биол. наук, доц. каф. водных и наземных экосистем Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: stepanov-nik@mail.ru
- Сунгатуллина Л.М.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. экологии почв Института проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан, г. Казань. E-mail: sunlyc@yandex.ru
- Таран Г.С.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Западно-Сибирского филиала Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: gtaran@mail.ru
- Тупсина Н.Н.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru
- Турьшева Е.С.* – канд. техн. наук, доц. каф. инженерных систем зданий и сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: E.Turisheva@mail.ru

- Тышканбаева М.Б.* – канд. физ.-мат. наук, доц. каф. логистики и оценки Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: mansya.bukar@yandex.ru
- Унтупов С.К.* – магистрант каф. логистики и оценки Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: mansya.bukar@yandex.ru
- Урусов В.М.* – д-р биол. наук, проф. каф. экологии Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток. E-mail: semkin@tig.dvo.ru
- Успенский И.А.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: Uspensckij@yandex.ru
- Учайкин А.В.* – асп. каф. теплохладотехники Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: uchai-kin\_aleksei@mail.ru
- Фадькин Г.Н.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. лесного хозяйства, экологии и селекции растений Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А.Костычева, г. Рязань. E-mail: g-fadkin@mail.ru
- Филипьев М.М.* – ст. преп. каф. анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: o.v.ivanova@bk.ru
- Федорова А.И.* – мл. науч. сотр. лаб. биологии луговых растений Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск. E-mail: nurba\_nps@mail.ru
- Ходжаева М.М.* – студ. 3-го курса Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: marina\_khodjaeva@mail.ru
- Чакеева К.С.* – канд. техн. наук, доц., зав. каф. логистики и оценки Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: chakeeva\_karla@mail.ru
- Чебесов Е.А.* – асп. каф. информационных технологий в электроэнергетике Костромской государственной сельскохозяйственной академии, г. Кострома. E-mail: chebesoff@mail.ru
- Чепелев И.Н.* – соискатель каф. безопасности жизнедеятельности Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zemfak@kgau.ru
- Чепелев Н.И.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. безопасности жизнедеятельности, директор Института землеустройства, кадастров и природообустройства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zem-fak@kgau.ru
- Червонова И.В.* – канд. с.-х. наук, ст. преп. каф. зоогигиены и кормления сельскохозяйственных животных Орловского государственного аграрного университета, г. Орел. E-mail: katya\_che@bk.ru
- Черосов М.М.* – д-р биол. наук, вед. науч. сотр., зав. лаб. популяционной ботаники Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск. E-mail: cherosov@mail.ru
- Шенмайер Н.А.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: schenmaier@yandex.ru
- Юрьев А.В.* – зав. НИРС Красноярского института железнодорожного транспорта – филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск. E-mail: Yurev\_AV@krsk.irkups.ru
- Язев В.Н.* – канд. техн. наук, доц. каф. электрификации горно-металлургического производства Института горного дела, геологии и геотехнологий Сибирского федерального университета. г. Красноярск. E-mail: kovalevao47@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### **ПОЧВОВЕДЕНИЕ**

- Егунова М.Н., Безкоровайная И.Н.* Особенности формирования мезофауны в 40-летних лесных культурах на старопахотной серой почве..... 3
- Окунев Р.В., Сунгатуллина Л.М., Григорьян Б.Р.* Влияние арсената (V) натрия на содержание свободных и связанных аминокислот растворенного органического вещества почвы..... 9
- Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В.* Зависимость баланса элементов питания в системе «почва – удобрение – растение» от форм азотных удобрений в условиях юга Нечерноземья..... 13

#### **ЭКОЛОГИЯ**

- Демиденко Г.А.* Эколого-медицинская оценка заболеваемости населения города Красноярска и прилегающих аграрных районов..... 18
- Обухов В.О.* Климатические параметры, влияющие на адаптивные свойства вишни Фудзи..... 21
- Жильцова С.Г.* Клональное микроразмножение форзиции свисающей (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.)..... 25
- Спицына Т.П., Куприянова Т.М., Охримов Е.А.* Лесогидрологические процессы в бассейнах малых рек предгорий Восточных Саян..... 28
- Урусов В.М., Варченко Л.И.* К оптимальным микроклиматам и их растительным маркерам в Приморье..... 35
- Берсенева А.Г.* Содержание тяжелых металлов в почвах на территориях промышленных предприятий города Тюмени..... 41
- Демиденко Г.А., Бессмольная М.Я., Поломошнова Н.Ю.* Анализ цветочного оформления городской среды (на примере города Улан-Удэ)..... 44

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### **ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ**

- Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н.* Эффективность использования колесных тракторов в технологиях почвообработки..... 49
- Дыров В.Б., Кунгс Я.А.* Применение автоматизированных систем в процессе обслуживания клиентов на примере филиала ОАО «МРСК Сибири» – «Красноярскэнерго»..... 57
- Зайцева Е.И., Долгих П.П.* Методы оптимизации микроклимата в животноводческих помещениях..... 61
- Круглов Г.А., Бакунин В.В., Андреева М.В.* Теоретические исследования взаимосвязи степени турбулизации потока с коэффициентом теплоотдачи..... 67
- Емельянов Р.Т., Турышева Е.С., Пылаев М.А., Ходжаева М.М.* Исследование процесса теплопереноса в ограниченном пространстве..... 73
- Егорушкин И.О., Кунгс Я.А., Орленко А.И., Юрьев А.В.* Электрогидроимпульсный способ рециклинга железобетонных конструкций..... 78
- Кибардин В.В., Ковалева О.А., Язев В.Н.* Особенности моделирования системы «тиристорный преобразователь – двигатель» в MATLAB+Simulink..... 82
- Плаксин А.М., Гриценко А.В., Бурцев А.Ю., Глемба К.В.* Способ обеспечения работоспособности турбокомпрессора дизелей применением автономного смазочно-тормозного устройства..... 89
- Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю.* Математическая модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора..... 94
- Солдатов В.А., Чебесов Е.А.* Аналитическое выражение матрицы узловых проводимостей трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда – звезда»..... 98
- Калинин А.Ф., Ерёмкина Т.В.* Методология оценки интегрального риска опасности электроустановок объектов агропромышленного комплекса..... 103
- Чепелев Н.И., Будьков Э.А., Чепелев И.Н.* Результаты экспериментальных исследований ме..... 108



тодов и средств повышения безопасности труда операторов тестомесильных машин.....	
<i>Муханова Г.С., Тышканбаева М.Б., Чакеева К.С., Унтупов С.К.</i> Задача формирования сети поставок с заданной надежностью.....	114
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b>	
<i>Сафронова Т.Н., Евтухова О.М., Камоза Т.Л.</i> Новый вид дрожжевого опарного теста с использованием плодово-ягодного пюре на основе топинамбура.....	116
<i>Наймушина Л.В., Зыкова И.Д.</i> Исследование основных классов биологически активных веществ вероники колосковой ( <i>Veronica spicata</i> L.), произрастающей в Нижнем Приангарье.....	123
<i>Гусакова Г.С., Евстафьев С.Н.</i> Разработка технологии приготовления сока из плодов груши уссурийской ( <i>Pyrus ussuriensis Maxim</i> ).....	129
<i>Глазырин С.В., Типсина Н.Н., Демиденко Г.А.</i> Получение полуфабриката из плодов черемухи обыкновенной Восточной Сибири.....	135
<i>Короткая Е.В., Короткий И.А., Учайкин А.В.</i> Очистка воды вымораживанием в емкостном кристаллизаторе.....	140
<i>Бышов Н.В., Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Успенский И.А., Павлов В.В.</i> Исследование процесса получения воска из воскового сырья различного качества.....	145
<i>Гуленкова Г.С., Веретнова О.Ю.</i> Технология получения пюре из плодов облепихи.....	149
<i>Веретнова О.Ю.</i> Возможности использования нетрадиционного растительного сырья в производстве пищевых продуктов функционального назначения.....	154
<i>Бакин И.А., Мустафина А.С., Лунин П.Н.</i> Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки.....	159
<b>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ</b>	
<b>АГРОНОМИЯ</b>	
<i>Федорова А.И., Черосов М.М.</i> Виталитетная и возрастная структуры ценопопуляций лисохвоста тростниковидного ( <i>Alopecurus arundinaceus</i> (Poir.) в условиях Лено-Виллюйского междуречья.....	163
<i>Приходько Л.А., Сорокопудова О.А.</i> Характеристика и изменчивость количественных признаков цветков видов рода <i>Aquilegia</i> (L.) в Центральной Якутии.....	169
<i>Степанов Н.В.</i> Новые данные о желтоцветковых хохлатках ( <i>Corydalis</i> DC. – <i>Fumariaceae</i> ) секции <i>Corydalis</i> Красноярского края.....	175
<i>Виноградов Д.В., Кунцевич А.А.</i> Влияние норм высева и удобрений на продуктивность льна масличного.....	182
<i>Баранова В.В., Кондратенко Е.П.</i> Оценка урожайности сортов кормовых бобов при различных сроках посева.....	187
<i>Самаров В.М., Ганзеловский Е.В.</i> Влияние сроков посева и норм высева на урожайность чечевицы в степной зоне Кузбасса.....	193
<b>ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ</b>	
<i>Походня Г.С., Малахова Т.А.</i> Повышение воспроизводительной функции у молодых свиноматок за счет введения в их рацион суспензии хлореллы.....	196
<i>Абрамкова Н.В., Мошкина С.В., Червонова И.В.</i> Эффективность применения пробиотика «Проваген» в технологии выращивания поросят.....	201
<i>Ван Бэнь</i> Динамика возрастных изменений печени овец тувинской короткожирнохвостой породы.....	204
<i>Донкова Н.В., Донков С.А.</i> Зависимость степени осахаривания крахмала от стадии жизненного цикла амилолитических бактерий.....	209
<i>Иванова О.В., Иванов Е.А., Филипьев М.М.</i> Биохимические показатели крови и продуктивность коров под действием комбинированной кормовой добавки.....	215
<b>ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО</b>	
<i>Таран Г.С., Катаева О.А.</i> К лихенофлоре ивняков ( <i>Salix triandra</i> , <i>S. viminalis</i> ) малых рек города Новосибирска.....	220
<i>Шенмайер Н.А.</i> Изменчивость видов ивы в дендрарии Сибирского государственного технологического университета.....	224
<i>Михеева Н.А., Собачкин Д.С., Косов И.В.</i> Влияние низовых пожаров на компоненты сосновых насаждений Красноярской лесостепи.....	226