

ISSN 1819-4036

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Красноярский государственный аграрный университет

***ВЕСТИК КрасГАУ***

Выпуск 2

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. Сурина – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН

## Редакционная коллегия

А.Н. Антамошкин, д-р техн. наук, проф.  
С.С. Бакшееева, 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. Лущенко, 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. Мастрич  
Компьютерная верстка А.А. Иванов

---

Подписано в печать 18.02.2015 Формат 60x84/8  
Тираж 250 экз. Заказ № 82  
Усл. 28,5 п.л.

---

Подписной индекс 46810 в Каталоге «Газеты. Журналы» ОАО Агентство «Роспечать»  
Издается с 2002 г.  
«Вестник КрасГАУ». – 2015. – №2 (101).  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-14267 от 06.12.2002 г.  
ISSN 1819-4036

© Красноярский государственный  
аграрный университет, 2015



## ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.51:631.468:634.0.114 (571.1)

Н.В. Перфильев, О.А. Вьюшина, Д.Р. Майсамова

### ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ

Проанализировано влияние длительного применения систем основной обработки различной степени интенсивности на особенности формирования микроорганизмов, ассимилирующих минеральные и органические формы азота в темно-серой лесной почве, свидетельствующие о направленности процессов изменения ее плодородия в Северном Зауралье.

**Ключевые слова:** система основной обработки, микробиологический состав, зерновые культуры.

N.V. Perfil'yev, O.A. Vyushina, D.R. Maisyamova

### THE PRIMARY TREATMENT INFLUENCE ON THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF DARK-GREY FOREST SOIL IN THE NORTHERN TRANS-URALS

*The influence of the long-term application of the primary treatment systems with the various intensity degrees on the formation peculiarities of microorganisms assimilating the nitrogen mineral and organic forms in the dark-grey forest soil that indicates to the directionality of its fertility change processes in the Northern Trans-Urals is analyzed.*

**Key words:** primary treatment system, microbiological composition, grain crops.

**Введение.** Обладая мощным, разнообразным и лабильным ферментативным аппаратом, микроорганизмы играют исключительно важную роль в самоочищении почв, состоянии их плодородия. Поэтому изучение почвенной микрофлоры и ее мониторинг в зависимости от агротехнических условий использования пашни актуальны и практически значимы. Различные системы основной обработки в значительной степени влияют на водный, воздушный и тепловой режимы почвы. Это отражается на направлении, характере и интенсивности протекающих в ней микробиологических процессов, что выражается в минерализации органической части почвы. Тем самым обработка почвы способна оказывать влияние на обеспеченность доступными элементами питания растений, а в итоге – на их продуктивность и плодородие почвы.

Ранее проведенные исследования по данной теме показали, что численность почвенных микроорганизмов изменяется в зависимости от технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1–3], от степени интенсификации обработки почвы [4].

**Цель исследований.** Установить характер изменений качественного и количественного состава микрофлоры пахотного слоя темно-серой лесной почвы, использующей органический и минеральный азот, при воздействии различных систем обработки почвы.

**Методы и результаты исследований.** Исследования проведены нами в стационарном опыте в 1996–2003 гг. на опытном поле Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья в период третьей ротации полевого севооборота: чистый пар – озимая рожь – пшеница – вика – ячмень, развернутого во времени и пространстве. Почва темно-серая лесная тя-

желосуглинистая. Глубина гумусного слоя 25–27 см, содержание гумуса 4,2–5,0 %, pH солевой вытяжки 6,0–6,4. Сумма поглощенных оснований 29,4 мг/экв.

Наблюдения за активностью микроорганизмов проведены в поле ячменя по отвальной – ежегодная вспашка на 20–22 см, безотвальной – рыхление стойками СиБИМЭ на 20–22 см, комбинированной – чередование вспашки и рыхления стойками СиБИМЭ на 20–22 см и дифференцированной (в пару и после озимой ржи плоскорезная обработка КПЭ-3,8 на 12–14 см, вспашка под зернобобовые, под ячмень и после него дискование БДТ-2,5 на 10–12 см) системой основной обработки. Весной на изучаемых фонах основной обработки проводили закрытие влаги боронами БЗСС-1,0, об щеприняющую предпосевную обработку культиватором «Смарагд» и посев сеялкой СЗП-3,6.

Анализ основных физиологических групп почвенных микроорганизмов проводился по методическим рекомендациям Ю.М. Возняковской [5] путем высева почвенной суспензии определенных разведений на элективные питательные среды.

Годы исследований по метеоусловиям вегетационного периода можно сгруппировать следующим образом: 1993–1996, 1999, 2001, 2003 – по увлажнению и температурному режиму были благоприятными для роста и развития культурных растений; 1997, 1998, 2000 гг. – недостаточно обеспеченными осадками, теплые; 2002 г. – влажный, с недостаточным количеством тепла.

Результаты учета микроорганизмов, использующих органические формы азота, показали, что почва опытного участка имеет высокую степень обогащенности ими [6]. В пахотном слое их численность составляла 13,2–47,5 млн штук на 1 г воздушно-сухой почвы (табл.). В то же время системы основной обработки в течение вегетации оказывали влияние на численность микроорганизмов по горизонтам пахотного слоя и на его гомогенность. Вследствие чего в различных горизонтах пахотного слоя биологическая активность была неравномерной.

В начале вегетации, после посева и в период кущения зерновых в слое почвы 0–10 см наибольшее количество микробных клеток было на вариантах систематической безотвальной обработки стойками СиБИМЭ на 20–22 см – 27,3 и 22,2 млн шт/г и при отвальной системе обработки – 23,4 и 19,1 млн шт/г.

**Микробиологический состав и численность микрофлоры в пахотном слое темно-серой лесной почвы перед посевом зерновых в зависимости от системы основной обработки (1993–2002 гг.)**

Система основной обработки	Слой почвы, см	Количество микроорганизмов, тыс. шт/г воздушно-сухой почвы							
		Использующие органические формы азота (аммонификаторы) на МПА*			Использующие минеральные формы азота на КАА**			Соотношение МПА:КАА	
		Перед посевом	Кущение	Восковая спелость	Перед посевом	Кущение	Восковая спелость	Перед посевом	Кущение
Отвальная	0-10	23437	19127	48407	39016	63882	45675	0,60	0,30
	10-20	22776	17833	46638	39183	36804	45595	0,58	0,48
	0-20	23106	18480	47522	39100	50343	45635	0,59	0,37
Безотвальная	0-10	27278	22215	25257	51715	39698	51652	0,53	0,56
	10-20	20776	16998	22158	32027	26204	48297	0,65	0,65
	0-20	24027	19606	23708	41871	32951	49974	0,57	0,60
Комбинированная	0-10	21233	14465	21123	37536	41409	44715	0,56	0,35
	10-20	23165	14420	17922	43458	36726	46652	0,53	0,39
	0-20	22199	14442	19522	40497	39068	45684	0,55	0,37
Дифференцированная	0-10	16069	13920	18760	41815	52819	53107	0,38	0,26
	10-20	11729	12381	13457	36627	44489	41380	0,32	0,28
	0-20	13899	13150	16108	39221	48654	47244	0,35	0,27

\* МПА – мясо-пептонный агар; \*\* КАА – крахмало-аммиачный агар.

По вспашке численность микроорганизмов была меньше, чем по безотвальной обработке, на 3,1–3,8 млн шт/г, или на 16,1–16,4 %.

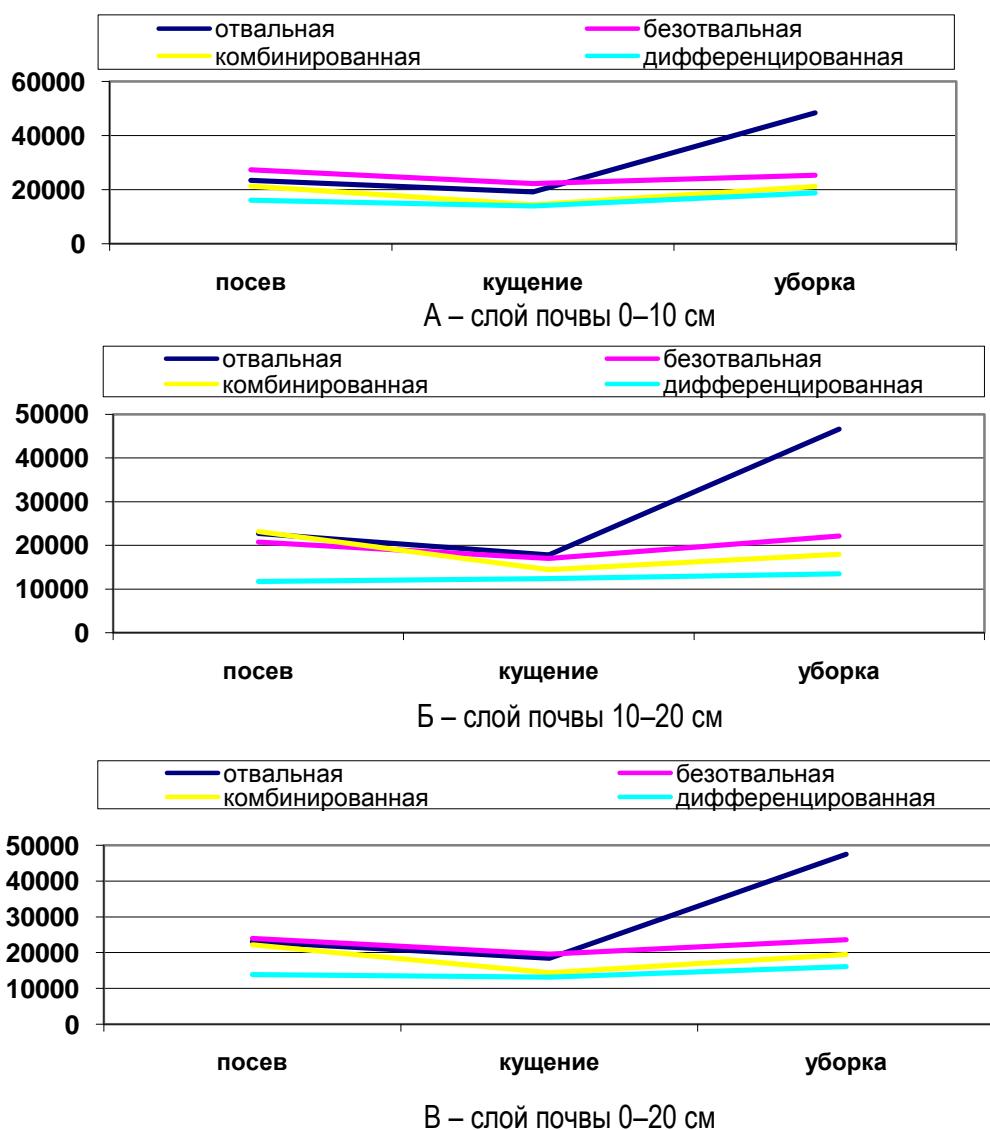
Более резкое снижение количества этой группы микроорганизмов отмечено по комбинированной системе обработки – 2,2–4,6 млн шт/г, или на 9,4–24,3 % относительно вспашки.

Самое малое количество микроорганизмов, использующих органические формы азота 13,9–16,1 млн шт/г, что на 27,2–31,4 % меньше, чем по вспашке, было по дифференцированной системе обработки, которая включала дискование БДТ-2,5 на 10–12 см под ячмень.

В слое почвы 10–20 см уровень численности микроорганизмов в период посев-всходы по отвальной и комбинированной системам обработки был близок слою 0–10 см, то есть по этим системам обработки отмечена большая однородность 0–20 см слоя по количеству микроорганизмов и их распределению (рис.).

По безотвальной и дифференцированной обработке численность микроорганизмов в 10–20 см слое снижена по сравнению с верхним 0–10 см слоем почвы этих же вариантов на 4,3–6,5 млн шт/г почвы, или на 24–27 %.

Количество микроорганизмов, использующих органический азот в слое 10–20 см по безотвальной обработке, было меньше, чем по систематической вспашке, на 2,0 млн шт/г, или на 8,8 %, по дифференцированной системе обработки соответственно на 11,0 млн шт/г, или на 48,5 %. Как видим, по дифференцированной системе, при которой применялись преимущественно мелкие обработки, в период посев-всходы количество микроорганизмов, использующих органический азот в слое 0–10 и 10–20 см, было минимальным, соответственно 16,1 и 11,7 млн шт/г почвы, или на 31,4–48,5 % меньше, чем по вспашке.



Численность микроорганизмов (тыс. шт/г), использующих органический азот в почве в зависимости от системы основной обработки (1993–2002 гг.)

В среднем по слою 0–20 см в период посев-всходы численность микроорганизмов, использующих органический азот, была близкой по всем вариантам глубокой обработки – отвальной, безотвальной и комбинированной, разница между этими вариантами не превышала 4 %. Самая низкая численность была по дифференцированной системе обработки – 13,9 млн шт/г почвы, или 60,2 % к контролю.

Уменьшение численности микроорганизмов при сокращении глубины и интенсивности обработки обусловлено анаэробиозом почвенной среды и уменьшением механического перемешивания почвы и, как следствие, снижением зараженности почвы микробными клетками, а также обеднением свежим органическим веществом нижней части пахотного слоя.

К кущению происходило общее снижение количества микроорганизмов, связанное с уменьшением влажности и повышением плотности почвы, к уборке их численность становилась снова близкой к ее уровню в период посев-всходы.

В эти периоды происходило некоторое перераспределение в численности микроорганизмов в зависимости от обработки почвы.

В период кущения по глубокой отвальной и безотвальной обработкам в 0–20 см слое почвы численность микроорганизмов была довольно близкой, с той разницей, что по вспашке почва была однородной по количеству микроорганизмов в 0–10 и 10–20 см слое, а по безотвальной большее количество их было сконцентрировано в 0–10 см слое.

По комбинированной и дифференцированной системам обработки снижение численности микроорганизмов в слое почвы 0–20 см составило в этот период соответственно 21,8 и 28,8 %.

В период восковой спелости зерновых численность данной группы микроорганизмов по всем ресурсосберегающим системам обработки снижалась по сравнению с отвальной системой на 50,1–66,1 %.

Величина количества микроорганизмов, ассимилирующих минеральные формы азота в пахотном слое почвы опытного участка, по шкале оценки степени обогащенности микроорганизмами Д.Г. Звягинцева [6] оценивается как очень богатая, то есть превышает величину 20 млн шт/г почвы. Микроорганизмов этого вида было больше по всем обработкам и во все фазы вегетации растений по сравнению с микроорганизмами, усваивающими органический азот, в 1,6–3,7 раза. Численность их в 0–20 см слое составляла 32,9–50,0 млн шт/г воздушно-сухой почвы.

Количество их увеличивалось от посева к уборке. Основным экологическим фактором, влияющим на динамику интенсивности микробиологических процессов, является влажность почвы. Самое минимальное количество микроорганизмов по горизонтам по всем видам обработок наблюдалось в 1998 (засушливом) году.

При довольно близких значениях численности данного вида микроорганизмов по разным системам обработки в слое почвы 0–20 см в весенний период после посева наблюдалось различие в распределении микроорганизмов по слоям пахотного горизонта. Так, в слое почвы 0–10 см наибольшая численность микроорганизмов была по безотвальной и дифференцированной обработкам – соответственно на 12,7 и 2,8 млн шт/г почвы, или на 32,5 и на 7,1 %, больше по сравнению с отвальной системой обработки. По комбинированной обработке в этом слое она была близка к контрольному варианту.

В слое почвы 10–20 см, наоборот, по безотвальной и дифференцированной обработкам численность микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, снижалась по сравнению с вариантом вспашки на 7,2–2,6 млн шт/г почвы, или на 18,3–6,5 %.

Периодическое обрачивание при комбинированной системе обработки почвы способствовало периодическому поступлению органического вещества в слой почвы 10–20 см, что привело в этом случае к увеличению численности микроорганизмов на 4,3 млн шт/г почвы, или на 11 %.

К периоду уборки данная закономерность в основном сохранялась.

При довольно близких значениях численности микроорганизмов в слое почвы 0–20 см, так же как и в весенний период, в 0–10 см слое содержание по безотвальной и дифференцированной обработкам было выше, чем по вспашке, на 13,1–16,3 %. В слое почвы 10–20 см по безотвальной обработке их численность была близка к контролю, а по дифференцированной – ниже на 9,2 %. При комбинированной системе обработки значения численности данной группы микроорганизмов были близки к контрольному варианту и в 0–10 и 10–20 см слое почвы.

Наши данные по влиянию основной обработки на численность и распределение в пахотном слое микроорганизмов в основном согласуются с результатами А.Н. Власенко [4], установившего, что на черноземах лесостепи Западной Сибири динамика численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов пропорциональна степени минимализации обработки почвы.

По соотношению микроорганизмов, разлагающих органический азот (МПА), к микроорганизмам, использующим минеральный азот (КАА), судят о плодородии почв. Чем шире соотношение МПА : КАА, тем ниже плодородие почвы. Исходя из данных, полученных за годы исследования, соотношение МПА : КАА ниже по дифференцированным обработкам и составляет 0,32, тогда как по остальным обработкам этот коэффициент несколько выше – от 0,45 до 0,67. Данные, полученные в результате исследований, показывают, что разложение органического вещества почвы более интенсивно идет по отвальной обработке. В то же время по всем видам обработок отмечается, что процесс минерализации преобладает над процессом гумусообразования, почва бедна доступным для растений органическим азотом. На каждые 100 г разложенного органического вещества бактерии используют на синтез белка биомассы 2 г азота. При содержании азота в органическом веществе разлагающейся растительной массы менее 2 % он будет полностью иммобилизован в клетках микроорганизмов, а при более высоком его содержании будет выделяться аммиак. Иммобилизационный азот – наиболее лабильная часть органического азота почвы. Этот азот минерализуется в почве с помощью микроорганизмов, использующих минеральный почвенный азот, и является ближайшим резервом в питании растений.

**Заключение.** На фоне высокой степени обогащенности микроорганизмами обработка почвы без оборота пласта и сокращение глубины обработки ведут к снижению численности микроорганизмов, усваивающих органический азот в пахотном 0–20 см слое почвы весной на 60,2 %, в период кущения на 21,8–28,8 %, к уборке на 50,1–66,1 %.

При довольно близких и высоких значениях численности микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота в слое почвы 0–20 см, при различных системах основной обработки отмечена дифференциация их распределения по почвенным горизонтам. В слое почвы 0–10 см весной их численность была наиболее высокой при безотвальной и дифференцированной обработке – на 32,5 и 7,1 % выше, чем по вспашке. В слое почвы 10–20 см их количество по безотвальной и мелкой обработкам снижалось по сравнению с вариантом вспашки на 18,3 и 6,5 %. К уборке эта закономерность сохранялась.

Преимущественно мелкие и безотвальные обработки в дифференцированной системе обработки снижали величину соотношения численности микроорганизмов, усваивающих органический азот, к минеральному, что свидетельствует о снижении плодородия почвы при использовании этих обработок. Для преодоления отмеченных отрицательных явлений в системах основной обработки темно-серой лесной почвы необходима периодическая вспашка.

### Литература

1. Мишустин Е.Н. Ассоциация почвенных микроорганизмов. – М.: Наука, 1975. – С. 18–33.
2. Моргун Ф.Т., Шикула Н.К. Почвозащитное бесплужное земледелие. – М.: Колос, 1984. – 277 с.
3. Кирюшин В.И., Данилова А.А. Биологическая активность выщелоченного чернозема Приобья в связи с интенсификацией возделывания зерновых культур // Агрохимия. – 1990. – № 9. – С. 79–86.
4. Власенко А.Н. Научные основы минимализации основной обработки почвы в лесостепи Западной Сибири. – Новосибирск, 1994. – С. 48–49.
5. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почвы: метод. рекомендации / Ю.М. Возняковская [и др.]. – Л., 1987. – 47 с.
6. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

## СОВРЕМЕННЫЙ ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ СОСНЯКОВ-ЗЕЛЕНОМОШНИКОВ ЗАПАДНОГО ЛАНДШАФТНОГО РАЙОНА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Проведенные геоботанические и почвоведческие исследования позволили выявить основные особенности современного почвенного покрова сосняков-зеленомошников исследуемого района.

**Ключевые слова:** почвенный покров, лесная растительность, Приволжская возвышенность, сосняки-зеленомошники.

T.N. Isaeva

## MODERN SOIL COVER OF THE PINE-GREEN MOSS FORESTS OF THE WESTERN LANDSCAPE AREA IN THE VOLGA UPLAND CENTRAL PART

*The conducted geo-botanical and soil-science studies allowed to reveal the modern soil cover main peculiarities in the pine-green moss forests of the researched area.*

**Key words:** soil cover, forest vegetation, the Volga Uplands, pine-green moss forests.

**Введение.** Все многочисленные и разнообразные ассоциации сосновых лесов Приволжской возвышенности относятся к одной растительной формации – формации сосновых лесов (*Pineta*). В своих исследованиях В.В. Благовещенский (2005) выделил 11 основных групп ассоциаций сосновых лесов. В данной статье нами рассмотрены сосновые леса-зеленомошники (*Pineta hylocomiosa*) – самый древний элемент растительности на Приволжской возвышенности [2]. Растительный покров данной группы ассоциаций тщательно изучен. Однако почвенный покров объектов исследования, по нашему мнению, описан поверхностно.

**Цель исследования.** Изучение современного почвенного покрова сосняков-зеленомошников западного ландшафтного района центральной части Приволжской возвышенности.

**Объекты и методы.** Исследованием охвачены лесные массивы, в которых ни разу не осуществлялась эксплуатация лесов промышленными методами и не отмечено влияние преобразований ландшафта, связанных с разработкой других природных ресурсов, строительством и промышленным загрязнением. Основными методами изучения коренных растительных сообществ данной территории и почвенного покрова являлись полевые геоботанические исследования, полевые почвенные исследования с закладкой и описанием полнопрофильных почвенных разрезов.

Изучение гранулометрического состава, гидрофизических, физико-химических свойств почв проводилось по общепринятым методикам [1, 3, 6]. Определены следующие показатели: pH – потенциометрическим методом; процентное содержание органического углерода (гумуса) – по методу Тюрина; обменные катионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  определялись комплексонометрическим методом; определение обменного  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – по методу Чиркова; определение общей гидролитической кислотности – по Каппену [3]. Степень насыщенности почв основаниями вычислялась по общепринятой формуле [5]. Названия почв даны в соответствии с классификацией почв СССР [4]. Геоботанические исследования выполнены по общепринятым методикам [7].

### Результаты и обсуждение

#### Ассоциация *Pinetum myrtillorum* – сосняк-черничник

Разрез № 1. Заложен в окрестностях озера Светлое Николаевского района Ульяновской области, N 53° 20.915' с.ш., E 46° 57.890' в.д. Микрорельеф хорошо выражен в виде кочек и западин до 0,3 см. Древесный ярус имеет состав 10 С + ед. Ос, Л. Доминируют деревья сосны. Также в древесном ярусе присутствуют липа и клен в равном количестве стволов (24) и осина единично. Подрост представлен липой и осиной, встречаются дуб и сосна. Кустарниковый ярус (сомкнутость полу-

га 0,3) представлен рябиной, бересклетом и черемухой. Травяно-кустарниковый ярус с проективным покрытием 70 % состоит в основном из *Vaccinium myrtillus* (COP<sup>2</sup>); *Convallaria majalis* (COP<sup>1</sup>); *Brachypodium pinnatum* (SP-COP<sup>1</sup>); *Fragaria vesca*, *Rubus saxatilis*, *Sedum telephium*, *Thalyctrum simplex* (SP). Моховой ярус представлен *Polytrichum communis*. Встречаются также лишайники: *Psycia stellaris*, *Lecanora alrophana*, *Hypogymnia tubulosa*, *Psora ostreata*. Почва – серая лесная супесчаная на делювиальных отложениях. Морфологическое описание следующее:

А<sub>0</sub> 0–4 см. Подстилка из хвойного и лиственного опада.

А<sub>1</sub> 4–20 см. Серый, супесь, пылеватый, сухой, рыхлый, густо пронизан корнями. Переход постепенный, но ясный по окраске.

А<sub>1</sub>В<sub>2</sub> 20–38 см. Серый, местами серовато-бурый, легкий суглинок, пылеватый, сухой, плотный, корней много. Переход постепенный, но ясный по окраске.

В 38–65 см. Коричневый с белесым налетом, при высыхании – светло-коричневый, легкий суглинок, комковатый, свежий, среднеуплотненный, единичные корни. Переход ясный.

ВС 65–93 см. Темно-серый с бурым оттенком, легкий суглинок, влажный, среднеуплотненный, единичные корни. Переход резкий.

С 93–122 см. Бурый с зеленоватым оттенком, тяжелый суглинок, ввиду высокой влажности структура неясно выражена, корней нет.

Не кипит. Реакция среды слабокислая. Мощность гумусового горизонта вместе с переходным 4–38 см. Содержание гумуса в горизонте А<sub>1</sub> максимально – 3,1 %, в остальных горизонтах показатели гумуса варьируют от 0,4 до 0,7 %. В иллювиальном горизонте В степень насыщенности почв основаниями недостаточная (35,02 %), постепенно растет и к горизонту С достигает максимума (76,78 %). Почва на значительную глубину профиля имеет однородный механический состав. По данным гранулометрического анализа, профиль почвы до 93 см легкосуглинистый и только с глубины 93 см подстилается тяжелым суглинком.

Разрез № 2. Заложен севернее 2 км с. Тюменево Кузнецкого района Пензенской области; N 53° 18.350' с.ш., E 46° 45.137' в.д. Рельеф волнистый с западинами до 0,8–1,0 м. Древесный ярус состоит из сосны и березы (состав 9 С + 1 Б), I класса бонитета. Подрост представлен сосновой и бересклетом. Кустарниковый ярус образован рябиной, черемухой, липой, бересклетом и шиповником. Из травянистых растений встречаются главным образом: *Vaccinium myrtillus* (COP<sup>3</sup>-SOL); *Carex rhizina*, *Melampyrum pretense*, *Orthilia secunda* (SOL). Общее проективное покрытие 70 %. В напочвенном покрове преобладают мхи, из которых господствует *Polytrichum commune*, и лишайники: *Cladonia fimbriata*, *Biatora symmicta*, *Lecidea glomerosa*. Почва светло-серая лесная песчаная на делювиальных отложениях. По морфологическим признакам профиль данной почвы дифференцирован на следующие горизонты:

А<sub>0</sub> 0–6 см. Подстилка из хвойного опада, веточек и шишек.

А<sub>6</sub>–15 см. Светло-серый, песок, мелкокомковатый, свежий, рыхлый, густые корни. Постепенный переход.

А<sub>2</sub>В 15–38 см. Светло-серый, местами темные пятна, песок, мелкокомковатый, свежий, рыхлый, густые корни. Переход постепенный.

ВС 38–67 см. Серо-коричневый, песок, мелкокомковатый, свежий, плотный, много корней. Резкий переход.

С 67–90 см. Неоднороден по окраске, светло-серый с зеленоватым оттенком, средний суглинок, комковатый, свежий, очень плотный, мало корней.

По химическим свойствам данная почва кислая (рН водный от 4,8 в горизонте А до 5,7 в горизонте ВС). Гидролитическая кислотность с глубиной постепенно уменьшается. Степень насыщенности основаниями минимальна (в горизонте А<sub>2</sub>В 15,27 %) по сравнению с нормой (57 %). Гидролитическая кислотность, гумус, кальций, магний распределяются по профилю неравномерно. Минимальные величины их отмечены в переходном горизонте ВС. Подзолистый горизонт отсутствует, проявление оподзоливания – в виде переходного горизонта А<sub>2</sub>В.

Разрез № 3. Заложен юго-западнее 4 км с. Румянцево Барышского района Ульяновской области; N 53° 29.58' с.ш., E 46° 57.53' в.д. Микрорельеф всхолмленный с западинами до 0,8–1,0 м. Отмечается заболоченность. Уровень грунтовых вод – 1 м. Древесный ярус преимущественно состоит из сосны, встречается в небольшом количестве береза. За пределами площадки встречаются молодые порослевые дубы. Древостой I и II класса бонитета, степень сомкнутости крон 0,5. Подрост из березы и дуба, редко встречается сосна. Сомкнутость полога кустарникового яруса 10–15 %. Он представлен рябиной, единично встречена крушина. Проективное покрытие травяно-кустарникового яруса около 50 %. Он образован в основном *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea*. Встречаются также *Pteridium aquilinum*, *Trientalis europaea*, *Chimaphila umbellata*. Лишайниковый покров представлен в основном *Cladonia coniocraea*, *Cladonia cenotea*, *Hypogymnia physodes*. Почва светло-серая лесная поверхностью глееватая слабодифференцированная песчаная на песчаных отложениях. Имеет следующую характеристику:

A<sub>0</sub> 0–12 см. Мощная подстилка из хвойного опада, веточки и шишек. Густые корни.

A12–33 см. Неоднороден по окраске, черный, местами серый, песок, комковатый, влажный, рыхлый, мало корней, постепенный переход.

В 33–76 см. Светло-серый, песок, комковатый, сырой, рыхлый, редкие корни. Постепенный переход.

ВСг 77–101 см. Серо-зеленый, песок, ввиду высокой влажности структура неясно выражена, мокрый, рыхлый, единичные корни.

На дне разреза собирается верховодка. Особая роль в развитии почвы принадлежит лесной подстилке как важному диагностическому признаку почв. Для данной почвы характерна большая мощность лесной подстилки (0–12 см). По всему профилю отмечен однородный гранулометрический состав. Реакция среды кислая, содержание обменных оснований низкое. Калия и фосфора в почве немного (табл.). Тем не менее эти почвы формируются в условиях нормального увлажнения. В верхнем минеральном горизонте насыщенные основания почти полностью вымыты. Содержание таких важных элементов питания, как фосфор и калий, в почве невелико.

#### Физико-химические свойства почв

Номер разреза	Горизонт	Глубина взятия образца, см	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Гумус, %	Hg	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	V, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	A	4-20	6,1	4,7	3,1	4,42	3,87	0,750	0,5	4,0	51,11
	A <sub>2</sub> B	20-38	6,5	4,7	0,7	1,43	1,00	0,370	0,5	3,0	48,93
	B	38-65	6,4	4,5	0,4	1,03	0,37	0,185	1,5	2,0	35,02
	BC	65-93	6,7	4,8	0,5	0,78	0,50	0,500	2,0	2,0	56,18
	C	93-122	6,0	4,2	0,6	1,70	4,25	1,370	1,5	13,0	76,78
2	A	6-15	4,8	3,6	1,20	2,74	0,37	0,25	1,0	4,5	18,45
	A <sub>2</sub> B	15-38	5,3	3,7	0,90	3,19	0,25	0,25	0,5	3,0	15,27
	BC	38-67	5,7	4,0	0,25	1,46	0,37	0,12	1,0	2,0	25,13
3	A	12-33	5,7	3,75	0,75	2,31	0,12	0,06	2,5	1,5	7,23
	B	32-76	6,4	4,50	0,20	0,87	0,12	0,06	2,5	1,5	17,14
4	A	21-57	4,5	3,4	0,7	3,4	0,12	0,12	0,5	2,3	6,59
	B <sub>g</sub>	57-91	5,5	4,0	0,4	1,15	0,37	0,25	0,5	1,8	35,03
5	A	10-39	5,1	3,5	0,50	2,46	0,25	0,12	1,5	2,0	13,07
	B <sub>g</sub>	39-84	6,2	4,4	0,35	0,70	0,25	0,25	1,0	1,5	41,67

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	A	12-24	5,1	3,7	1,60	2,57	0,37	0,25	1,0	2,5	19,44
	B	24-97	5,3	3,8	0,60	2,31	0,12	0,25	1,5	2,5	13,81
	C	97-120	5,5	3,9	0,25	2,11	0,25	0,12	1,5	2,0	14,92
9	I	3-66	5,60	4,00	0,25	2,68	0,25	0,06	2,0	2,5	10,37
	II	66-77	6,20	4,60	1,40	3,05	2,00	0,25	2,5	2,3	42,45
	III	77-99	5,90	4,35	0,40	1,74	0,25	0,06	2,5	1,8	15,12
	IV	99-140	6,05	4,20	0,20	1,13	0,37	0,12	1,5	2,0	30,25
10	A <sub>1</sub>	4-16	6,1	4,7	2,1	3,48	2,50	0,62	0,5	4,0	47,27
	A <sub>2</sub> B	16-53	6,5	4,6	0,3	1,43	0,75	0,37	0,5	3,0	43,92
	B	53-84	6,7	4,9	0,1	0,81	0,75	0,25	1,0	3,0	55,25
	BC	84-110	6,8	4,9	0,1	0,68	0,87	0,37	1,5	3,0	64,58
11	A	9-21	6,1	3,9	1,4	3,79	1,12	0,62	2,0	2,2	31,46
	A <sub>2</sub> B	21-65	6,3	4,2	0,4	1,34	0,50	0,37	2,5	2,0	39,37
	B	65-100	6,3	4,5	0,4	0,91	0,75	0,25	0,5	2,0	52,36
12	A	6-18	5,9	4,1	0,50	1,50	0,25	0,25	2,5	1,8	25,00
	B	18-60	5,8	4,1	0,25	1,50	0,25	0,25	2,5	1,5	25,00
13	A	4-19	5,9	4,5	1,1	2,02	2,25	0,62	2,5	6,5	58,69
	A <sub>1</sub> П	19-30	6,0	4,5	3,5	4,32	4,25	0,62	2,5	4,5	52,99
	B	30-52	6,1	4,3	0,6	1,86	1,12	0,5	2,5	2,5	46,55
15	A	9-27	5,55	3,70	1,25	3,13	0,25	0,12	2,0	3,5	10,57
	I	27-34	6,10	4,20	0,50	1,28	0,25	0,12	1,5	3,0	22,42
	II	34-120	5,80	4,75	0,10	0,45	0,50	0,12	0,5	3,0	57,94
17	A	3-25	6,1	4,2	0,7	2,46	2,5	0,37	0,5	8,0	53,85
	A <sub>2</sub> B	25-70	6,2	4,3	0,3	1,82	3,5	0,62	0,5	2,5	69,36
	B	70-96	6,0	4,3	0,4	1,74	4,62	1,37	2,5	4,5	77,49
18	A	5-18	5,90	4,20	1,20	3,26	1,87	0,62	3,0	4,0	43,30
	A <sub>2</sub> B	18-33	6,20	4,25	0,70	1,98	1,50	0,50	3,5	2,8	50,25
	B	33-51	5,95	4,10	0,25	2,62	6,50	1,50	7,5	5,0	75,33
	BC	51-61	6,50	4,60	0,05	1,08	1,12	0,25	3,5	2,0	55,92

#### Ассоциация *Pinetum vacciniusum* – сосняк-брусничник

Древостой данных ассоциаций представлен только сосной, редко с незначительной примесью бересклета повислого. Подлесок состоит из рябины, реже черемухи, также встречается ракитник русский и местами бересклет бородавчатый. В травяно-кустарниковом ярусе доминантом является брусника (*Vaccinium vitis-idaea*). Однако имеется примесь *Vaccinium myrtillus* и *Lycopodium annotinum*. Основу мохового яруса составляют *Pleurozium schreberi* и *Dicranum undulatum*. Как показали исследования, данные сосновые леса-брусничники произрастают на супесчаных почвах: светло-серой лесной поверхности глееватой супесчаной почве на делювиальных отложениях (разрезы 4 и 5) и светло-серой лесной супесчаной почве на песчаных отложениях (разрезы 6, 7, 8). Рассмотрим морфологические особенности этих почв. Разрез 4 заложен юго-западнее 4 км с. Румянцево Барышского района Ульяновской области, N 53° 29.58' с.ш., E 46° 57.53' в.д.:

A<sub>0</sub> 0–21 см. Мощная подстилка из хвойного опада. Густые корни.

A 21–57 см. Неоднороден по окраске, светло-серый, местами черный, супесь, комковатый, сырой, рыхлый, мало корней. Постепенный переход.

Bg 57–91 см. Серо-коричневый, местами бурье и темные пятна, супесь, комковатый, мокрый, плотный, единичные корни.

С 90 см начинается верховодка. Описание 5-го разреза аналогично, отличается лишь менее мощной подстилкой – 0–10 см.

Реакция почвенного раствора по всему профилю кислая. По механическому составу почва представлена супесями. Характерно незначительное содержание гумуса и постепенное падение его по профилю почвы. Гидролитическая кислотность резко снижается вниз по профилю. Так, в горизонте А (разрез 4) она составляет 3,4 мг экв/100 г, а в нижележащем иллювиальном – 1,15 (см. табл.). Степень насыщенности почв основаниями недостаточна.

Разрез 6 (северо-восточнее 4 км с. Тюхменево Кузнецкого района Пензенской области, N 53° 18.932' с.ш., E 46° 44.953' в.д.). Морфологическое описание следующее:

A<sub>0</sub> 0–12 см. Подстилка из хвойного опада, живого и полуразложившегося мха.

A12–24 см. Серо-коричневый, супесь, комковатый, свежий, рыхлый, много корней. Резкий переход.

В 24–97 см. Желто-коричневый, местами бурые пятна, супесь, комковатый, свежий, рыхлый, много корней. Переход резкий.

С 97–120 см. Бело-желтый, местами черные пятна, супесь, комковатый, влажный, рыхлый.

Реакция среды кислая. Содержание гумуса в верхних горизонтах почвы менее 2 %, с глубиной его количество резко уменьшается. Гидролитическая кислотность небольшая. Максимальное количество поглощенных ионов приурочено к поверхностному горизонту. Обменных оснований в почве мало. Почва бедна фосфатами. Содержание обменного калия также незначительно.

#### **Ассоциация *Pinetum pleuroziosum* – сосняк плевроциевый (мшистый)**

Это одна из характернейших ассоциаций сосновых лесов-зеленомошников [2]. Сосняки плевроциевые чаще наблюдаются на склонах с северной экспозицией (описание 9, 11, 12) и юго-западной (описание 14). Но нами они были встречены и на ровных участках с западинами и кочками до 2 м (описание 10, 13). Самым характерным для плевроциевых сосняков является наличие сплошного мохового покрова преимущественно из *Pleurozium schreberi* [2]. Этот факт подтвердили и наши исследования. Представление о плевроциевых сосняках дает описание 10 (4 км за с. Румянцево Барышского района Ульяновской области).

Древесный ярус: 10 С + ед Л, сосна – средний диаметр 49 см, средняя высота 33 м; сомкнутость крон 0,4–0,5; I класс бонитета. Ярус подлеска очень разрежен, он представлен рябиной и бересклетом бородавчатым, единично жимолостью лесной и орешником. Травяной ярус разнообразный, представлен в основном следующими видами: *Sedum telephium* (SP-COP<sup>1</sup>); *Lathyrus vernus* (SOL-SP); *Agrostis tenuis*, *Geranium sanguineum*, *Silene nutans*, *Silene viscosa*, *Stellaria media*, *Trifolium alpestre*, *Vaccinium myrtillus* (SOL). Лишайники представлены главным образом *Parmelia caperata*, *Cladonia fimbriata* и *Cetraria pinastri*.

По результатам наших исследований, данная ассоциация произрастает на следующих почвах: смытой и намытой почве оврагов и балок (разрез 9), серой лесной супесчаной почве (разрезы 10, 11) и серой лесной легкосуглинистой почве на песчаных отложениях (разрез 13), светло-серой лесной песчаной почве на песчаных отложениях (разрезы 12, 14). Приводим описание разрезов. Разрез 9 (1 км юго-восточнее с. Мордовская Темрязань Барышского района Ульяновской области, N 53° 34.613' с.ш., E 47° 20.837' в.д.):

A<sub>0</sub> 0–3 см. Подстилка из хвойного опада.

I – 3–66 см. Светло-желтый, местами белесые пятна, по граням структурных отдельностей – пленка железа и подтеки гумуса, средний суглинок, мелкокомковатый, свежий, рыхлый, камни, много корней. Резкий переход.

II – 66–77 см. Темно-серый, тяжелый суглинок, крупнокомковатый, свежий, плотный, единичные корни. Резкий переход.

III – 77–99 см. Рыжий, местами темно-серые потеки, средний суглинок, крупнопризмовидный, влажный, рыхлый, корни единичные. Постепенный переход.

IV – 99–140 см. Коричневый, средний суглинок, крупнокомковатый, влажный, плотный, единичные корни.

Почва характеризуется кислой реакцией среды. Величины рН солевой вытяжки меньше величин рН водной. Это закономерно, потому что обменная кислотность больше актуальной. Гумуса содержится мало (менее 1 %), лишь в горизонте II содержание гумуса составляет 1,4 %, поэтому окраска данного горизонта темно-серая. Почвенно-поглощающий комплекс не насыщен основаниями. Особенно мала насыщенность в поверхностном горизонте, что объясняется малым содержанием гумуса. Разрез 13. Заложен северо-восточнее 3 км с. Живайкино Барышского района Ульяновской области, N 53° 31.176' с.ш., E 47° 08.358' в.д. Имеет следующее морфологическое строение:

A<sub>0</sub> 0–4 см. Подстилка из хвойного опада, веточек и шишек.

A4–19 см. Неоднороден по окраске, серо-коричневый, легкий суглинок, комковатый, свежий, рыхлый, густые корни. Резкий переход.

A<sub>1П</sub> 19–30 см. Темно-серый, легкий суглинок, комковатый, свежий, рыхлый, много корней. Резкий переход. Погребенный гумусовый горизонт по неизвестным нам причинам.

В 30–52 см. Желто-коричневый, песок, крупнокомковатый, свежий, плотный, мало корней. Постепенный переход.

ВС 52–90 см. Бело-коричневый, песок, плитчатый, свежий, очень плотный, редкие корни. Постепенный переход.

С 90–100 см. Бело-желтый, песок, крупнокомковатый, свежий, очень плотный, единичные корни, скопления щебня.

Почва характеризуется кислой реакцией среды. Погребенный гумусовый горизонт отличается по гранулометрическому составу от других горизонтов: легкий суглинок, когда у остальных – песок. Степень насыщенности почв основаниями минимальна в иллювиальном горизонте, а максимальна в погребенном гумусовом горизонте (см. табл. 1). Наибольшая величина гидролитической кислотности относится также к гумусовому горизонту.

Морфологическое описание светло-серой лесной песчаной почвы на песчаных отложениях (разрез 12):

A<sub>0</sub> 0–6 см. Подстилка из хвойного опада, веточек и шишек.

A6–18 см. Серый, супесь, структура неясно выражена, свежий, рыхлый, много корней. Переход резкий.

В18–60 см. Желто-коричневый, местами с гумовыми и бурьими пятнами, песок, мелкокомковато-пылеватый, свежий, рыхлый, много щебня, мало корней. Резкий переход.

С 60–104 см. Желто-белый, местами коричневый, песок, мелкокомковатый, влажный, рыхлый, встречаются по всему горизонту большие камни, корней нет.

Рассмотренные данные гранулометрического анализа показали, что верхний горизонт представлен супесью, а иллювиальный горизонт и материнская порода – песком. Содержание гумуса небольшое, падает вниз по профилю. Реакция среды слабокислая. Почва бедна поглощенными основаниями.

#### **Ассоциация *Pinetum vaccinioso-myrtillorum* – сосняк-брусничник-черничник**

Данная ассоциация встретилась нам севернее 2 км с. Тюхменево Кузнецкого района, N 53° 18.039' с.ш., E 46° 45.079' в.д (описание 15) и южнее 2,5 км р.п. Сосновоборск Сосновоборского района Пензенской области, N 53° 16.034' с.ш., E 46° 15.331' в.д. (описание 16).

Это переходная ассоциация, совмещающая в себе черты двух других: сосняка-черничника и сосняка-брусничника. Типичным примером этой ассоциации служит следующее 15-е описание. Общий характер рельефа – плато возвышенного водораздела р. Суры и ее притоков. Сосняк-брусничник-черничник занял пологий склон западной экспозицией с западинами 0,8–1 м. Древесный ярус: 10 С, средний диаметр 48 см, средняя высота 30 м, I а класс бонитета. Сомкнутость крон 0,4. Ярус подлеска представлен рябиной и черемухой. Встречаются также молодые дуб и сосна. Травяно-кустарниковый ярус разрежен, состоит из *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus* (COP<sup>2</sup>), *Pyrola rotundifolia* (SOL). Общее проективное покрытие 40 %. Моховой ярус хорошо развит, замоховелость 80 %. Преобладающим является *Pleurozium schreberi*. Сосняки-брусничники-черничники встречаются преимуще-

ственno на песчаных почвах. Примером этого служит морфологическое описание светло-серой лесной песчаной почвы на песчаных отложениях:

A<sub>0</sub> 0–9 см. Подстилка из хвойного опада.

A9–27 см. Серый, темные вертикальные потеки местами, песок, пылевато-комковатая, свежий, рыхлый, густые корни. Резкий переход.

I 27–34 см. Желто-коричневый, местами темные гумусовые пятна, песок, структура не выражена, влажный, рыхлый, много корней. Резкий переход.

II 34–120 см. Бело-желтый, местами коричнево-желтый, песок, структура не выражена, влажный, плотный, единичные корни.

Как видно из вышеприведенной таблицы, реакция почвенной среды кислая. Гумусированность данной почвы резко падает с глубиной. Относительно высокое содержание гумуса в верхнем горизонте объясняется вовлечением в него органического вещества – продукта разложения лесной подстилки.

#### **Ассоциация *Pinetum pyroliosum* – сосняк грушанковый**

Рельеф на исследуемой территории ровный, за исключением 17-й и 18-й площадок – пологий склон возвышенного водораздела к р. Самородке. Древесный ярус представлен сосной, единично встречаются береза, дуб, вяз шершавый. Степень сомкнутости крон 0,7–0,8. Ярус подлеска не выражен, единично встречаются рябина, крушина ломкая, жимолость. Основная особенность этой ассоциации – чрезвычайное обилие и видовое разнообразие семейства грушанковых в нижнем ярусе леса [2]. Травяной ярус представлен в основном следующими видами растений: *Orthilia secunda* (COP<sup>2</sup>-COP<sup>3</sup>); *Pyrola medi*, *Pyrola chlorantha* (COP<sup>2</sup>); *Lycopodium clavatum*, *Pyrola rotundifolia*, *Chimaphila umbellata* (COP<sup>1</sup>). Моховой ярус очень сильно разрежен, замоховелость составляет лишь 10–15 %. Преобладает *Pleurozium schreberi*. Произрастает на светло-серой лесной легкосуглинистой (разрезы 18, 19) и среднесуглинистой почве (разрезы 17, 20) на делювиальных отложениях.

Проведенные исследования по изучению морфологических и химических свойств почв позволили установить их особенности. Рассмотрим характеристику светло-серой лесной среднесуглинистой почвы (разрезы 17), встреченной в 3 км к северо-востоку от с. Феофилатовка Барышского района, N 53° 32.807' с.ш., E 46° 48.785' в.д.:

A<sub>0</sub> 0–3 см. Лесная подстилка из хвойного опада, шишек и веточек.

A3–25 см. Бело-коричневый с бурьими пятнами, средний суглиноок, комковатый, влажный, плотный, редкие корни. Переход ясный.

A<sub>2B</sub> 25–70 см. Бело-коричневый с ржавыми пятнами, легкая глина, плитчатый, влажный, плотный, единичные корни. Резкий переход.

В 70–96 см. Желтый, средний суглиноок, комковатый, свежий, плотный, единичные корни. Переход резкий.

ВС 96–120 см. Коричневый, средний суглиноок, плитчатый, сырой, плотный, корней нет.

Почва по реакции ее почвенного раствора является слабокислой по всему профилю. Книзу кислотность уменьшается. Маломощная слаборазложившаяся подстилка. Данная почва имеет сравнительно небольшую гидролитическую кислотность. Максимальное количество поглощенных ионов приурочено к поверхностному горизонту. Вниз по профилю наблюдается облегчение гранулометрического состава. Среднесуглинистые почвы наиболее благоприятны для произрастания растений, поскольку обладают достаточной влагоемкостью и воздухопроницаемостью.

Разрез № 18. Светло-серая лесная легкосуглинистая почва на делювиальных отложениях.

A<sub>0</sub> 0–5 см. Подстилка из хвойного и лиственного опада.

А 5–18 см. Светло-серо-коричневый, легкий суглиноок, мелкокомковатый, свежий, рыхлый, густые корни. Переход постепенный.

A<sub>2B</sub> 18–33 см. Неоднороден по окраске, серо-коричневый, местами с бурым оттенком, легкий суглиноок, комковатый, свежий, плотный, мало корней. Переход резкий.

В 33–51 см. Коричневый с бурым оттенком, средний суглинок, комковатый, свежий, плотный, мало корней. Переход резкий.

ВС 51–61 см. Бело-коричневый, супесь, пылеватый, свежий, рыхлый, корней мало. Переход резкий.

С 61–113 см. Буро-коричневый, тяжелый суглинок, плитчатый, влажный, очень плотный, единичные корни.

Почва кислая, кислотность по профилю мало изменяется, с незначительным содержанием поглощенных оснований. Содержание гумуса небольшое: в поверхностном горизонте А его всего лишь 1,2 %. Вниз по профилю содержание гумуса снижается постепенно, но все же наиболее резкое снижение наблюдается в горизонте А<sub>2</sub>. Данная закономерность свидетельствует о малом плодородии почвы. Определение гранулометрического состава почв показывает на его неоднородность: от супеси до тяжелого суглинка в материнской породе. Сумма обменных оснований максимальна в иллювиальном горизонте.

### Выводы

1. Сосняки-зеленомошники района исследований представлены пятью ассоциациями: сосняк-черничник, сосняк-брюсличник, сосняк плевроциевый (мшистый), сосняк-брюсличник-черничник, сосняк грушанковый.

2. Почвенный покров исследуемой территории не отличается большой пестротой, разнообразием и представлен в основном серыми лесными почвами: светло-серыми, серыми и темно-серыми лесными почвами легкого механического состава, преимущественно супесчаным, так как развиваются в основном на супесях и песках.

### Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1970. – 488 с.
2. Благовещенский В.В. Растительность Приволжской возвышенности в связи с ее историей и рациональным использованием. – Ульяновск, 2005. – 714 с.
3. Воробьева Л.А. Химический анализ почв: учеб. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 272 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова [и др.]. – М.: КолосС, 1977. – 221 с.
5. Завальцева О.А. Лабораторный практикум по почвоведению. – Ульяновск, 2009. – 35 с.
6. Мякина Н.Б., Аринушкина Е.В. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 54 с.
7. Понятовская М.В. Учет обилия и характера размещения растений в сообщениях // Полевая геоботаника. – М.; Л., 1964. – Т 3. – С. 209–299.

## ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЧИСТЫХ И БИНАРНЫХ ПОСЕВОВ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЕМАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Изучены влагообеспеченность и влагопотребление чистых и бинарных посевов донника и эспарцета на черноземах Красноярской лесостепи. Установлено, что бинарные посевы донника и эспарцета 2-го жизненного года способствуют увеличению летних запасов влаги в почве. Чистые и бинарные посевы эспарцета с ризоторфином формируют наибольшую продуктивность зеленой массы (38–41 т/га) при минимальной величине влагопотребления (303–294 мм) из 0–40 см слоя почвы.

**Ключевые слова:** чернозем, запас продуктивной влаги, влагообеспеченность, влагопотребление, донник, эспарцет, ризоторфин.

N.L. Kurachenko, V.L. Kolesnikova, V.S. Sheremetov

## MOISTURE CLEAN AND BINARY UNDER FODDER CROPS ON CHERNOZEM KRASNOYARSK FOREST

*Studied the moisture content and vlagopotreblenie pure and binary planting clover and sainfoin on chernozem Krasnoyarsk forest. It was found that binary sowing clover and sainfoin 2nd year of life contribute to an increase in summer soil moisture reserves. Clean and binary crops sainfoin with rizotorfina form the largest productivity of green mass (38–41 t/ha) with a minimum amount vlagopotrebleniya (303–294 mm) of 0–40 cm soil layer.*

**Key words:** chernozem, the stock of productive moisture, moisture content, vlagopotreblenie, clover, sainfoin, rizotorfin.

**Введение.** Вода является одним из важнейших факторов жизни растений, а влажность почвы – одним из показателей её плодородия. На плодородных черноземах Красноярской лесостепи величина и качество урожая сельскохозяйственных культур определяются влагой, где основным источником поступления её в этой зоне являются атмосферные осадки. Влагообеспеченность растений определяется метеорологическими условиями, способами обработки почвы, особенностями возделывания культур и другими условиями. Высокая насыщенность современных севооборотов зерновыми культурами, а также чистым паром приводит к увеличению техногенной нагрузки на почву, её деградации и большой зависимости от климатических условий. В связи с этим при разработке адаптивных технологий требуется поиск новых научных решений, которые должны базироваться на более полном вовлечении в средо- и почвообразовательный процесс агрокосистем доступных возобновляемых ресурсов. Построение полевых севооборотов с бинарными посевами в современных условиях позволяет решить проблемы производства зерна, создания устойчивой кормовой базы животноводства и стабилизировать плодородие почвы [1].

**Цель исследований.** Оценить влагообеспеченность и водопотребление чистых и бинарных посевов кормовых культур на черноземах обыкновенных Красноярской лесостепи.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в 2013–2014 гг. в полевом опыте лаборатории кормопроизводства Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Объект исследования – чернозем обыкновенный маломощный среднесуглинистый Красноярской лесостепи и зернопарокормовой севооборот. Почва опытного участка в слое 0–20 см характеризуется высоким содержанием гумуса (7,9–9,6 %), слабощелочной реакцией среды ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  – 7,1–7,8), высокой суммой обменных оснований (40,0–45,2 м-экв/100г). Схема полевого опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1

## Схема полевого опыта

2013 г.	2014 г.	2015 г.
Ячмень	Пар+оз. рожь	Оз. рожь
Ячмень+эспарцет	Эспарцет (п/п)+оз. рожь	Оз. рожь
Ячмень+донник	Донник (п/п)+оз. рожь	Оз. рожь
Ячмень+эспарцет+ризоторфин	Эспарцет (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	Оз. рожь
Ячмень+донник+ризоторфин	Донник (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	Оз. рожь
Эспарцет	Эспарцет+оз. рожь	Оз. рожь
Эспарцет+ризоторфин	Эспарцет+оз. рожь+ризоторфин	Оз. рожь
Донник	Донник+оз. рожь	Оз. рожь
Донник+ризоторфин	Донник+оз. рожь+ризоторфин	Оз. рожь

Примечание: п/п – подпокровный.

Размещение вариантов опыта систематическое, повторность опыта 4-кратная. Общая площадь делянки 150 м<sup>2</sup>, учетная 60 м<sup>2</sup>. В эксперименте возделывали ячмень сорта Соболек, эспарцет песчаный Михайловский 5, донник желтый КАТЭК, озимую рожь Красноярскую универсальную.

Отбор образцов на влажность проводили в 0–40 см слое почвы. Срок отбора образцов в 2013 году – сентябрь; в 2014 году – май–сентябрь. Влажность определяли термовесовым методом [2]. Первый укос зеленой массы многолетних трав второго года жизни проведен 02.07.2014, второй укос – 11.08.2014. Полученные результаты обрабатывали методами дисперсионного анализа и описательной статистики [5].

Погодные условия вегетационного периода 2014 года характеризуются избыточным увлажнением в мае–августе (среднее превышение нормы на 27–39 мм) и резким снижением количества осадков в сентябре (16 мм ниже нормы). Весна была холодной, средняя температура мая 7,3 °С, что ниже нормы на 2,7 °С. В остальные месяцы вегетационного периода температура атмосферного воздуха была на уровне среднемноголетнего показателя.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для получения высоких урожаев необходимо обеспечить жизненную потребность культурных растений в воде, поэтому одной из основных задач земледелия является создание водного режима почв, соответствующего требованиям культур. В условиях сельскохозяйственного производства основной интерес представляет та часть почвенной влаги, которая обладает лабильностью, достаточной не только для поддержания жизни культурных растений, но и для создания надлежащего урожая [3].

В результате проникновения в почву атмосферных осадков, накопления их в толще почвы в силу водоудерживающей способности, перераспределения воды под влиянием сорбционных и капиллярных явлений, а также процессов испарения воды из почвы, в ней в каждый момент сохраняется определенное количество влаги, которое и характеризует влажность почвы. Влажность почвы непрерывно меняется во времени. Исследования, проведенные в чистых и бинарных посевах кормовых культур, показали, что влажность чернозема обыкновенного в слое 0–40 см варьировала от незначительного до среднего уровня ( $V=9$ –21 %). При этом абсолютная влажность почвы в вегетационный сезон 2014 года не превышала 34 %. Учет запасов влаги, накопленной в слоях 0–20 и 20–40 см к началу вегетационного периода, свидетельствует о хорошей и удовлетворительной влагообеспеченности черноземов (34–45 и 34–42 мм соответственно) (табл.2).

Решающее влияние на величину основного запаса влаги оказывают осадки осеннего и зимне-го периодов. Учет продуктивных запасов влаги, проведенный к концу вегетации сельскохозяйственных культур в 2013 году, показал удовлетворительную влагообеспеченность посевов. В этот период максимальные запасы влаги сформировались в посевах ячменя; в бинарных посевах ячменя и донника и на варианте ячмень+донник+ризоторфин (35 мм) [10]. Исследованиями установлено, что максимальные запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см в течение вегетационного сезона формируются в паровом поле (39 мм) и при выращивании донника под покровом ячменя (39 мм в слое 0–40 см). Обработка семян донника ризоторфином и его возделывание в чистом виде достоверно снижают запас продуктивной влаги до 28–29 мм. Иссушающее действие донника с ризоторфином

отмечается в течение всего периода вегетации, но более заметно оно проявляется в августовский период, где установлено достоверное снижение влажности почвы до 19–18 % (НСР<sub>05</sub>=1,4-4,8).

Таблица 2  
Динамика запасов продуктивной влаги в 2014 году, мм

Агроценоз	20.05	10.06	22.07	26.08	18.09	Среднее за сезон
0–20 см						
Пар+оз. рожь	47,8	45,3	30,0	28,3	41,8	38,6
Эспарцет (п/п)+оз. рожь	36,3	35,0	33,8	27,2	41,2	34,7
Донник (п/п)+оз. рожь	44,1	42,4	33,9	27,1	47,1	38,9
Эспарцет (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	40,3	42,8	30,4	22,1	42,2	35,6
Донник (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	44,5	42,3	34,4	25,9	41,6	37,7
Эспарцет+оз. рожь	40,0	37,1	36,5	24,1	35,2	34,6
Эспарцет+оз. рожь+ризоторфин	35,6	34,1	32,4	21,8	41,8	34,6
Донник+оз. рожь	36,0	34,6	29,3	23,1	43,9	33,4
Донник+оз. рожь+ризоторфин	35,0	33,6	25,2	17,8	30,4	28,4
20–40 см						
Пар+оз. рожь	35,1	40,6	28,2	31,2	39,8	35,0
Эспарцет (п/п)+оз. рожь	38,1	36,2	32,3	31,0	45,2	36,6
Донник (п/п)+оз. рожь	43,9	42,3	39,2	28,0	39,5	38,6
Эспарцет (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	41,1	40,6	28,5	24,8	38,6	34,7
Донник (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	42,2	41,4	26,5	23,5	34,9	33,7
Эспарцет+оз. рожь	37,3	37,2	33,9	25,5	39,8	34,7
Эспарцет+оз. рожь+ризоторфин	35,8	35,3	30,4	22,2	38,4	32,4
Донник+оз. рожь	35,9	35,3	28,9	24,1	39,6	32,8
Донник+оз. рожь+ризоторфин	35,3	33,7	27,4	16,1	34,4	29,4
Осадки, выпавшие между сроками определения влажности (мм)	–	49,0	102,0	155,0	14,0	

Эспарцет и донник – культуры малотребовательные к плодородию почвы. Они в процессе эволюции приспособились расти там, где другие растения развиваются плохо. По мнению [1], особого внимания заслуживает донник, который формирует мощную корневую систему на большую глубину, из которой он активно поглощает влагу и питательные вещества. Обработка семян ризоторфином стимулирует развитие корневой системы донника в беспокровных посевах, что оказывает иссушающее действие на пахотные и подпахотные слои чернозема обыкновенного.

Состояние, движение и доступность почвенной влаги для растений зависят от комплекса природных и антропогенных факторов. Параметры природной среды можно подразделить на три взаимосвязанные между собой группы, характеризующие различные части системы почва-растение-атмосфера [7]. Это факторы, определяемые почвенными условиями, биологическими и физиологическими особенностями растений и метеорологическими параметрами и их сочетанием во времени и пространстве. Влагообеспеченность посевов, оцениваемая по количеству продуктивной влаги в почве ко времени посева и по осадкам за вегетационный период, показывает, что короткий период парования чернозема обыкновенного (до посева озимой ржи) малоэффективен для накопления влаги в почве. Осадки вегетационного периода значительно дополняют весенние запасы продуктивной влаги в почве, и среднегодовая влагообеспеченность парового поля составила 386 мм в слое 0–40 см (табл.3). Доля осадков во влагообеспеченности поля пара, чистых и бинарных посевов кормовых культур составляет 77–81 %. Установлено, что при функционировании чистых посевов эспарцета, донника и при их обработке ризоторфином, а также бинарных посевов эспарцета доля осадков во влагообеспеченности посевов повышается до 80–81 %.

Таблица 3

## Влагообеспеченность чистых и бинарных посевов кормовых культур (0–40 см), мм

Агроценоз	Запас влаги		Осадки периода вегетации	Влагообеспеченность
	Весенний	Летний		
Пар+оз. рожь	83	71	303	386
Эспарцет (п/п)+оз. рожь	74	71	303	377
Донник (п/п)+оз. рожь	88	75	303	391
Эспарцет (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	81	68	303	384
Донник (п/п)+оз. рожь+ризоторфин	87	68	303	390
Эспарцет+оз. рожь	77	67	303	380
Эспарцет+оз. рожь+ризоторфин	71	64	303	374
Донник+оз. рожь	72	65	303	375
Донник+оз. рожь+ризоторфин	70	55	303	373

Накопление и сохранение запасов влаги в бинарных посевах донника 2-го года жизни, бинарных посевах донника с ризоторфином и бинарных посевах эспарцета с ризоторфином, на наш взгляд, обусловлено наличием стерневых остатков на поверхности почвы после уборки ячменя. Согласно результатам исследований научных учреждений Поволжья, присутствие стерневых остатков на поверхности поля или в частично перемешанном в верхнем слое почвы виде уменьшает испарение на 5–10 %, а интенсивность удельного испарения – на 0,01–0,02 мм/ч [9].

Растения расходуют почвенную влагу посредством транспирации. Одновременно почва тягает влагу за счет испарения с поверхности. В соответствии с современными представлениями, влагопотребление – это расход воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы при бесперебойном притоке влаги и воздуха к корневой системе растений, находящихся в определенном сообществе [8]. Исследованиями установлено, что суммарное водопотребление чистых и бинарных посевов кормовых культур оценивается на уровне 291–313 мм, в том числе из почвы – 21–30 % (рис.1). По мнению [4], во влажные годы суммарное влагопотребление увеличивается, а доля почвенной влаги в нем снижается. В засушливых условиях участие почвенной влаги в создании урожая возрастает, а общий расход влаги снижается.

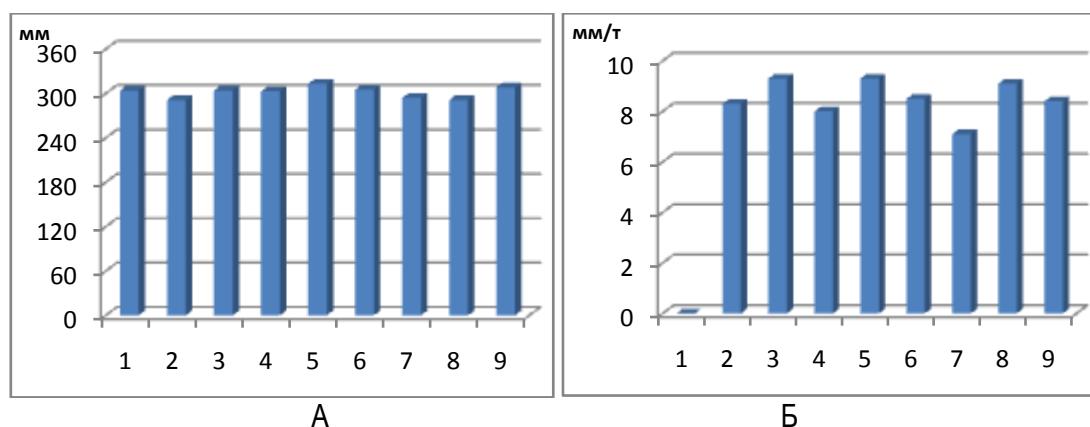


Рис.1. Влагопотребление (мм) (А) и коэффициент эвапотранспирации (мм/т) (Б) на вариантах опыта: 1 – пар+озимая рожь; 2 – эспарцет (п/п)+озимая рожь; 3 – донник (п/п)+озимая рожь; 4 – эспарцет (п/п)+озимая рожь+ризоторфин; 5 – донник (п/п)+озимая рожь+ризоторфин; 6 – эспарцет+озимая рожь; 7 – эспарцет+озимая рожь+ризоторфин; 8 – донник+озимая рожь; 9 – донник+озимая рожь+ризоторфин

Максимальное влагопотребление на черноземах обыкновенных Красноярской лесостепи отмечается при бинарном возделывании донника с ризоторфином (313 мм). Формирование надземной фитомассы здесь определяется преимущественно летними осадками, так как участие почвенной влаги в водопотреблении составляет 25 %. Средний расход влаги на 1 т зеленой массы кормовых культур (коэффициент эвапотранспирации) составляет 7,1–9,3. Установлено, что расход воды на формирование урожая зависит от биологических особенностей культур и технологии их возделывания. Так, коэффициент эвапотранспирации в чистых и бинарных посевах донника оценивается на уровне 8,4–9,3. Эспарцет по сравнению с донником более экономно расходует продуктивную влагу из слоя 0–40 см (7,1–8,5). Результаты исследований [6] показывают, что эспарцет способствует более экономному расходованию атмосферных осадков и повышает экономическую эффективность использования пашни. В нашем случае обработка семян эспарцета ризоторфином снижает коэффициент водопотребления этой культуры до 7,1–8,0.

Анализ урожайности культур зернопарокормового севооборота показал высокую продуктивность чистых и бинарных посевов эспарцета с ризоторфином (рис.2). В среднем за вегетационный сезон 2014 года по двум укосам она составила 38,0–41,3 т/га.

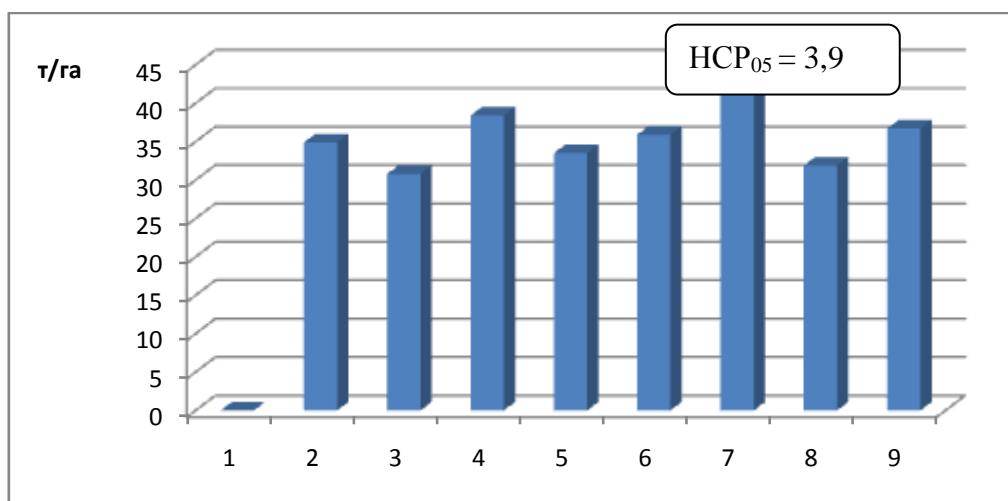


Рис.2. Урожайность зеленой массы кормовых культур на вариантах опыта: 1 – пар+озимая рожь; 2 – эспарцет ( $n/n$ )+озимая рожь; 3 – донник ( $n/n$ )+озимая рожь; 4 – эспарцет ( $n/n$ )+озимая рожь+ризоторфин; 5 – донник ( $n/n$ )+озимая рожь+ризоторфин; 6 – эспарцет+озимая рожь; 7 – эспарцет+озимая рожь+ризоторфин; 8 – донник+озимая рожь; 9 – донник+озимая рожь+ризоторфин

Важно отметить, что на этих вариантах опыта отмечается минимальное влагопотребление и низкий коэффициент эвапотранспирации. В чистых и бинарных посевах донника урожайность ниже, чем у эспарцета, и имеет близкие величины (33–32 т/га). Обработка семян ризоторфином увеличивает продуктивность зеленой массы донника на 1–5 т/га. Увеличение продуктивности кормовых культур, на наш взгляд, обусловлено тем, что основу ризоторфина составляют клубеньковые бактерии, которые способны вступать в симбиоз с бобовым растением. В результате на корнях образуются клубеньки, обладающие способностью к фиксации молекулярного азота из воздуха и переводу его в доступную для растений форму. Благодаря этому уникальному процессу растение получает из воздуха необходимое количество азота для своего роста и развития пролонгированно на протяжении всего периода вегетации. Данный процесс позволяет растениям становиться «само-

достаточными» по данному элементу питания. Можно предположить, что на вариантах с ризоторфином поглощение нитратного азота проходило интенсивнее, чем на остальных вариантах опыта.

## Выводы

1. Черноземы обыкновенные Красноярской лесостепи, функционирующие в условиях зернопарокормового севооборота, характеризуются хорошими и удовлетворительными запасами продуктивной влаги в течение вегетационного сезона 2014 года. Максимальные летние запасы влаги в слое 0–40 см формируются в паровом поле и в бинарных посевах донника и эспарцета 2-го года жизни (71–75 мм).

2. Возделывание бинарных посевов донника и применение на них ризоторфина способствуют улучшению влагообеспеченности почвы до 390–391 мм при доле осадков во влагообеспеченности посевов 77–78 %. Чистые и бинарные посевы эспарцета с ризоторфином определяют наибольшую продуктивность зеленой массы (38–41 т/га), сформировавшейся при минимальном влагопотреблении (294–303 мм) и низких коэффициентах эвапотранспирации (7,1–8,0).

## Литература

1. Авеенко А.П., Зеленский Н.А., Зеленская Г.М. Роль бобовых культур в биологизации земледелия //Успехи естествознания. – 2005. – № 8. – С. 52–53.
2. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.: Колос, 1986. – 350 с.
3. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и её значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 288 с.
4. Глухих М.А. Влага черноземов Зауралья и пути её эффективного использования. – Челябинск, 2003. – 358 с.
5. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Изд–во МГУ, 1995. – 319 с.
6. Эффективность занятого эспарцетом пара в крайне засушливой зоне Ставропольского края / В.К. Дридигер, М.П. Жукова, А.А. Федотов [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. – 2014. – № 2. – С. 160–163.
7. Муромцев Н.А. Оценка влагообеспеченности растений //Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2011. – Вып. 67. – С. 20–31.
8. Петрушенко В.Д. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в летний период и возможности её прогноза в Нечерноземной зоне европейской территории Союза: дис. ... канд. геогр. наук. – Л., 1984. – 164 с.
9. Чуданов И.А., Лигостаева Л.Ф. Оптимизация режима влажности черноземных почв при ресурсосберегающих технологиях //Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 8. – С. 21–23.
10. Шереметов В.С. Агрофизическое состояние чернозема Красноярской лесостепи в бинарных посевах кормовых культур // Экологические альтернативы в сельском и лесном хозяйстве. – Красноярск, 2014. – С. 35–39.

## ЭКОЛОГИЯ

УДК 639.371.52.032

А.Б. Хабжоков, С.Ч. Казанчев,  
М.Б. Улимбашев, А.В. Лабазанов

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛИЧИНОК БИКУЛЬТУРНОГО МАТЕРИАЛА

Авторами установлено, что наилучшие темпы роста личинок наблюдаются при температуре, близкой к избираемым в термоградиенте, – от 28 до 30°C. Но при этом степень влияния температурного фактора очень сильно зависит от вида и питательной ценности получаемого личинками трофи.

**Ключевые слова:** посадочный материал, биокультура, личинки, лоток, термоградиент, трофи, рост, температурный коэффициент.

A.B. Habzhokov, S.Ch. Kazanchev,  
M.B. Ulimbashev, A.V. Labazanov

### ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCING ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE CULTURAL MATERIAL LARVAE

*The authors established that the best larva growth rates are observed at the temperature close to the chosen in the thermal gradient from 28 to 30°C. But at the same time, the degree of the temperature factor influence highly depends on the type and the nutritional value of trophy received by larvae.*

**Key words:** planting material, bio-culture, larvae, tray, thermal gradient, trophy, growth, temperature coefficient.

---

**Введение.** Совершенствование технологии производства рыбопосадочного материала имеет первостепенное значение для дальнейшего развития биокультурного рыбоводства в России. В рыбоводной науке едва ли есть разделы менее разработанные, чем методы выращивания посадочного материала. Для расширения развития биокультурного рыбоводства необходимо внедрение в рыбоводную практику особого технологического этапа производства – сохранение и подращивание личинок до жизнестойких стадий перед последующим выращиванием в обычных для рыбоводства условиях среды.

Биологической основой оптимизации рыбоводного процесса является возможность управления жизненными функциями рыбы путем регулирования факторов внешней среды [4]. Управляя этими факторами, можно изменить сроки выращивания рыбы на различных этапах онтогенеза и увеличить рыбопродуктивность. С учетом этого фактора оптимизация интенсивного рыбоводства предполагает не только создание технологии современных комплексов с регулируемыми параметрами среды, но и активное управление биологическими процессами. Важную роль в успешном решении этой задачи могут сыграть мероприятия селекционно-генетического характера, направленные на получение новых объектов (биокультуры) выращивания с характеристиками, обеспечивающими в данных условиях их максимальную выживаемость и продуктивность [1, 5].

Таким образом, перед «Каббалкрыбхозом» стоит задача – создание высокопродуктивного биокультурного посадочного материала, обладающего эффектом адаптивного гетерозиса [4].

С учетом вышеизложенного и была определена основная цель проведенного исследования: разработка биологических основ технологии подращивания жизнеспособного биокультурного поса-

дочного материала; вскрытие роли отдельных факторов, влияющих на темпы роста и жизнеспособность личинок нектонного сообщества карповых рыб.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследований служили личинки растительноядных рыб – белый амур (*Ctenophraryngodon idella* (Val)), белый толстолобик (*Huso hthalichthys molitrix* (Val)), а также гибридное (бикультурное) потомство, полученное в результате промышленного скрещивания белого амура и белого толстолобика.

В опытах для выращивания личинок рыб использовали модельные емкости (отношение длины, ширины и глубины 4 : 2 : 1) с закругленными углами, рабочим объемом 40 л, объемом инкубационных аппаратов от 10 до 50 л.

Температура воды поддерживалась на уровне 23–28°C. Уровень водообмена в опытах составлял от 0,65 до 2 л/мин.

Раздача стартового комбикорма осуществлялась через каждые 9–15 минут автоматически. Среднюю массу личинок рыб определяли индивидуальным взвешиванием на торзионных весах (50–100 шт. личинок с точностью 0,5 мг). Длину личинок и кишечника измеряли под стереоскопическим микроскопом МБС-1 с помощью окуляр-микрометра, по завершении опыта проводился подсчет объемным методом. Этапы развития определяли по С.Г. Соину (1963).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для изучения предпочтаемости личинками того или иного относительно постоянного температурного режима создавали температурные условия. Для этого использовали лоток длиной 500 см, шириной 20 см, глубиной 15 см. В опытах изучено влияние четырех температурных режимов (23, 26, 28 и 30°C) на темпы их роста и жизнеспособность, а также прослежено влияние названных выше температур генетической адаптации (выращивания) на избираемые в градиенте температурные условия.

Личинки растительноядных рыб (белого амура, белого толстолобика) и их бикультурный материал с нерассосавшимся желточным мешком (все они одновозрастные – 5 суток, I этап развития), помещенные в термоградиент в зону 23°C (температура выдерживания), в течение часа переместились в зону, имеющую температуру 29°C, обнаруживая при этом четкую локализацию, т.е. образовывая плотное скопление. Следует отметить, что к более высокой температуре устремились в основном чистопородные личинки (90–95%), а бикультурный материал сосредоточился в основном к 26°C – 60 % и 28°C – 40 %. Биологическое значение этого «неустранимого» фактора среды проявляется в стимулирующем воздействии на скорость роста и развитие организма [6, 7]. В дальнейшем, на II–IV этапах развития (возраст 8–15 суток), личинки в общем избирали более высокие температуры, при этом локализация становилась менее четкой (в пределах 1,5°). С возрастом, от 5 до 15 суток, верхняя граница избираемых температур сдвигается до 29°C, при этом отмечена тенденция к тому, что с повышением температуры генетической адаптации от 26 до 29°C повышается избираемая температура в пределах от 0,5 до 1°C (табл. 1).

Таблица 1  
Термоизбирательность личинок растительноядных рыб, °C

Избирательная температура в возрасте 5 сут	Температура выращивания	Избирательная температура в возрасте (этап развития)		
		8 суток (II этап)	11 суток (III этап)	14 суток (IV этап)
29	23	24,0 (23-25)	30,5 (30-31)	29,5 (29-30)
	26	26,5 (26-27)	31,5 (31-32)	31,5 (31-32)
	28	29,0 (28-30)	32,3 (32-32,5)	32,5 (32-33)
	30	31,0 (30-32)	32,7 (32,5-33)	33,3 (33-33,5)

Как видно из данной таблицы, зависимость роста личинок рыб от температуры воды в пределах обычных температур (19–28°C) близка к линейной и хорошо описывается с помощью хорошо известного температурного коэффициента Вант-Гоффа при условном биологическом нуле, равном 10°C, что присуще всем пойкилтермным аквабионтам. Исходя из этой закономерности, обычно и приходят к определению оптимальной температуры для выращивания.

Результаты модельных опытов по термоизбирательности личинок растительноядных рыб в полной мере согласуются с результатами выращивания личинок.

В диапазоне изученных температур 23–30°C установлено стимулирующее влияние повышения температуры на рост личинок растительноядных рыб (табл. 2).

Таблица 2  
Влияние температуры воды на эффективность заводского подращивания личинок

Температура выращивания, °C	Вид трофи	Средняя масса, мг	Средняя общая длина, мм	Выживаемость, %	Биомасса, г/м³	Кормовой коэффициент, г/г
23	Комбитроф	11,6±0,91	12,3±0,81	95,2	996,7	1,57
		10,4±0,85	11,2±0,91	94,3	958,9	1,64
		11,3±0,71	11,8±0,78	94,8	987,8	1,45
	Зоопланктон	15,7±1,31	13,5±0,45	91,3	1356,1	–
		14,2±1,25	12,4±0,31	90,3	1278,4	–
		14,9±1,22	12,9±0,47	90,8	1317,3	–
26	Комбитроф	12,9±0,65	12,6±0,67	98,1	1128,8	1,44
		11,2±0,91	11,5±0,82	97,3	1087,8	1,47
		12,1±0,67	12,3±0,70	97,7	1118,3	1,42
	Зоопланктон	31,6±3,18	15,7±0,38	87,2	2854,5	–
		29,8±4,72	14,1±0,30	88,3	2628,0	–
		30,7±5,15	14,9±0,27	87,8	2761,3	–
28	Комбитроф	14,9±1,21	14,7±0,31	93,7	1278,4	1,18
		13,5±1,12	11,6±0,57	91,0	1226,7	1,28
		14,6±1,17	13,2±0,62	92,4	1262,6	1,11
	Зоопланктон	39,1±2,37	16,7±0,62	87,2	3591,3	–
		37,6±2,79	15,9±0,57	86,4	3248,9	–
		38,4±2,81	16,3±0,71	86,8	3410,1	–
30	Комбитроф	15,8±0,38	15,3±0,45	88,9	1249,6	1,21
		13,6±0,71	12,2±0,35	87,0	1167,5	1,35
		14,9±0,55	13,8±0,61	88,1	1228,6	1,15
	Зоопланктон	52,4±2,59	18,5±0,32	88,7	4361,7	–
		48,7±2,76	17,4±0,55	86,5	4209,0	–
		51,6±2,31	18,1±0,73	87,6	4295,4	–

Необходимо отметить, что полученные данные являются только первой попыткой в изучении влияния термического и трофического режимов на рост и развитие белого амура и белого толстолобика и их гибрида. Представленный материал невелик, и пока трудно делать какие-либо окончательные выводы. Однако нам кажется, что данная работа может представлять общий интерес в этой малоизученной области получения бикультурного материала для прудового рыбоводства.

Из таблицы 2 видно, что характер зависимости темпов роста от температуры при использовании комбитрофа иной, нежели при использовании живой трофи, зоопланктона.

В первом случае наблюдается устойчивое, но незначительное повышение средней массы личинок от 10,4 до 13,5 мг при росте температуры от 23 до 28°C. При этом различия по средней массе личинок в соседних вариантах недостоверны, достоверны между крайними 26 и 28°C. Однако дальнейшее повышение температуры до 30°C не вызывает ускорения темпов роста растительноядных рыб, так что конечная масса в этом варианте не отличается от предыдущего (28°C). При этом происходит снижение выживаемости личинок всех групп, что свидетельствует о тенденции к ухудшению результатов выращивания в целом.

Следует отметить, что различия по средней массе между соседними вариантами недостоверны, но они достоверны между температурой 23 и 29°C, а также 30°C при уровне  $P<0,05$ .

При питании личинок зоопланкtonом повышение температуры воды вызывало резкое ускорение темпов роста личинок нектонного сообщества, ослабевающее, однако, с каждым новым увеличением температуры на 2°C.

Так, средняя масса личинок у всех нектонных групп при 26°C была в 2 раза выше, чем при 23°C (31,6 против 15,7 мг у белого амура, 29,8 против 44,2 у пестрого толстолобика и 30,7 против 15,9 мг у бикультурного материала), при 29°C она составила: 39,1, 37,6 и 38,4 мг соответственно и отличалась от предыдущей на 26,3–27,5 %, а последующее повышение температуры на 2–3°C вызывало увеличение средней массы на 19,5–31,7 % по отношению к предыдущей. Различия по средней массе личинок между всеми вариантами опыта были высокодостоверны ( $P<0,01$ ), а показатели выживаемости при общих высоких значениях проявляли тенденцию к снижению при повышении температуры.

Таким образом, наилучшие темпы роста личинок растительноядных рыб наблюдаются при температуре, близкой к избираемым в термоградиенте, т.е. от 29 до 30°C. Но при этом степень влияния температурного фактора очень сильно зависит от вида и отсюда – питательной ценности получаемого личинками трофи. Повышение температуры при использовании зоопланктона позволяет в гораздо большей степени реализовать потенциальные возможности роста личинок нектонного сообщества.

Наши данные свидетельствуют, что в случае использования зоопланктона повышение температуры вызывает двойной эффект. Оно стимулирует ферментативную активность как личинок, так и зоопланктона, что обуславливает столь существенное ускорение роста.

В целом можно сделать заключение, что влияние температурного фактора определяется не только видом трофи (живой зоопланктон или сухой комбитроф), но и его питательной ценностью. При этом оптимальные с точки зрения роста и выживаемости температуры при высокой питательной ценности трофи совпадают с избираемыми в термоградиенте, а при низкой – могут отклоняться от них. Полученные данные свидетельствуют, что оптимальным для молоди нектонов является не постоянный терморежим, а осциллирующий с определенными амплитудой и периодом.

При одновременном воздействии нескольких факторов, что имеет место всегда, как в природе, так и в искусственных условиях, конечный результат определяется степенью соответствия этих факторов друг другу в их взаимосвязанном влиянии на личинки. В данном случае речь идет о соответствии корма (его питательной ценности, возможно, размера частиц, формы) физиологическим потребностям личинок, выращиваемых при той или иной температуре [2, 3].

По мере роста личинок энергетически оптимальный размер пищевых организмов увеличивается прямо пропорционально величине личинок.

Было учтено, что при попадании в ротовое отверстие пища ориентируется посредством движения глоточных зубов в направлении наименьшего поперечного сечения. При этом учитывалось, что соотношение ширины и длины у различных организмов, потребляемых личинками, было от 1:1 (ветвистоусые раки) до 1:3,5 (весплоногие раки).

В нашем опыте личинки использовали следующие наиболее часто встречающиеся размеры зоопланктона (табл. 3).

Таблица 3

## Размеры зоопланктона, поедаемого личинками нектонного сообщества

Вид трофи	Размер трофи, мм		
	Минимум	Максимум	В среднем
<i>Brachionus</i> sp.	0,1	0,2	0,15
<i>Asplanchna</i> sp.	0,2	0,7	0,35
Веслоногие ракчи:			
науплиус	0,1	0,3	0,2
copepodite	0,2	0,6	0,4
взрослые	0,4	1,1	0,8
<i>Moina macropora</i> straus:			
молодь	0,2	0,5	0,4
взрослые	0,4	1,1	0,8
<i>Daphnia magna</i> straus:			
молодь	0,2	0,8	0,5
взрослые	0,6	2,4	2,0
<i>Infusoria</i> sp.	0,04	0,07	0,006

Как показывают данные таблицы 3, все естественные трофи существенно различаются по многим показателям (размер, подвижность, биологическая ценность), по этим причинам достаточно сложно провести сравнение эффективности их использования. Поэтому мы работали с каждым отдельным видом трофи.

В наших исследованиях в течение обычного срока подращивания в каждом отдельном случае использовали монотроф, по возможности подбирали оптимальный размерный состав зоопланктона. Нами установлено, что мелкий зоопланктон (инфузории, коловратки) ( $P<0,01$ ) мало пригоден для подращивания, но использовался лишь в начале (этапы В-С<sub>1</sub>). Существенно более эффективен ракковый планктон (ветвистоусые, артемия).

Нами выявлено, что для каждого этапа развития личинок существует энергетически выгодный размер трофи. Если поедание рассматривать по количеству потребленных организмов в зависимости от их размера, то, очевидно, имеется некий предел, который личинки не успевают превысить за определенную единицу времени. Это означает, что относительно мелкие пищевые организмы не всегда способны насытить организм личинок, так как энергия, затрачиваемая на поедание единичной жертвы, мало зависит от ее размеров. Таким образом, насыщение пищей нарастает по мере увеличения размеров жертв. Оптимальным с энергетической точки зрения оказался размер жертв, немногим меньше максимального возможного для каждого отдельного момента роста личинок.

При выращивании личинок заводским методом мы использовали в основном зоопланктон; так, значительное количество белков (70 %) является водорастворимыми, а в этой фракции содержится 40–60 % низкомолекулярных белковых компонентов. Этим обстоятельством объясняется важная роль зоопланктона в качестве первоначальной пищи для личинок растительноядных нектонов.

## Выводы

1. Изучение темпов роста, жизнеспособности и поведения личинок растительноядных видов и биокультурного материала на разных этапах развития показало, что личинки каждой группы проявляют как сходные, так и специфические требования к факторам среды и характеру питания.

2. Установлено, что максимальные темпы роста и выживаемость достигаются при температурных режимах, укладывающихся в диапазон избираемых ими температур в термоградиентных условиях.

3. Показано, что режим кормления и своевременный перевод на размерную фракцию трофи существенно влияют на результаты выращивания.

4. Разработанная технология выращивания личинок биокультурного материала достаточно эффективна и может быть использована для широкого развития биокультурной аквакультуры.

## Литература

1. Андрияшева М.А. Гетерозис при внутривидовых скрещиваниях карпа // Изв. ГосНИОРХ. – 1996. – Т. 77. – С. 75–81.
2. Веригин Б.В., Виноградов В.К. Основные направления дальнейших исследований по рыбоводственному использованию растительноядных рыб // Итоги и перспективы рыбоводства и рыболовства. – 1977. – С. 167–296.
3. Виноградов В.К., Ерохин Л.В. Гибриды белого амура и толстолобика // Рыбоводство и рыболовство. – 1964. – № 5. – С. 20–31.
4. Казанчев С.Ч., Казанчева А.А., Кожаева Д.К. Биология белого амура // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 5 (37). – С. 259–262.
5. Кирпичников В.С. Генетические методы селекции гибридов рыб // Тр. совещ. по отдаленной гибридизации растительноядных рыб. – М.: Наука, 1967. – С. 124–128.
6. Катасонов В.Я., Черфас Н.Б. Селекция и племенное дело в рыбоводстве. – М.: Агропромиздат, 1986. – 183 с.
7. Соин С.Г. Элементарные популяции рыб // Зоология животных. – 1963. – Т. 25. – Вып. 2. – С. 170–175.

УДК 579.26; 619:616

С.Э. Бадмаева, В.И. Циммерман

### АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье рассмотрены вопросы антропогенного загрязнения атмосферного воздуха городов Красноярского края и прилегающих сельскохозяйственных территорий, а также источники первичных и вторичных загрязняющих веществ; объем выбросов основных источников антропогенного загрязнения; уровень химического загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов Красноярского края.

**Ключевые слова:** окружающая среда, экологический мониторинг, антропогенное загрязнение, атмосферный воздух, загрязняющие вещества.

S.E. Badmaeva, V.I. Tsimmerman

### ANTHROPOGENIC POLLUTION OF THE ATMOSPHERIC AIR IN THE KRASNOYARSK TERRITORY CITIES

*The issues of the anthropogenic pollution of the atmospheric air in the Krasnoyarsk Territory cities and the surrounding agricultural areas as well as the sources of primary and secondary pollutants; emissions of the main sources of the anthropogenic pollution; the level of the atmospheric air chemical contamination of the Krasnoyarsk Territory settlements are considered in the article.*

**Key words:** environment, ecological monitoring, anthropogenic pollution, atmospheric air, pollutants.

**Введение.** В процессе взаимодействия общества и природы осуществляется обмен веществ между производственной и природной средой. Вывод из системы антропогенного обмена в природу отходов, отбросов и использованных изделий называется загрязнением окружающей среды [7].

К числу наиболее важных факторов экологического риска относят загрязнение атмосферы и загрязнение питьевой воды. Наиболее чувствительны к воздействию атмосферного загрязнения органы дыхательной системы [1, 2].

Опасность загрязнения атмосферного воздуха для здоровья населения обусловлена действием следующих факторов:

1. Разнообразие загрязнений. На человека, проживающего в промышленном районе, действует несколько сотен тысяч химических веществ. В конкретном районе в относительно высоких концентрациях присутствует ограниченное число химических веществ, но комбинированное действие атмосферных загрязнителей может привести к усилению вызываемых ими токсических эффектов.

2. Возможность массированного воздействия, так как акт дыхания является беспрерывным и человек в сутки вдыхает до 20 тыс. л воздуха. Даже незначительные концентрации химических веществ при таком объеме дыхания могут привести к значительному поступлению вредных веществ в организм.

3. Воздух при дыханииходит почти в непосредственный контакт с кровью, в которой растворяется все, что присутствует в воздухе. Из легких кровь поступает в большой круг кровообращения, минуя такой детоксикационный барьер, как печень. Яд, поступающий ингаляционным путем, действует в 80–100 раз сильнее, чем при поступлении через желудочно-кишечный тракт.

4. Трудность защиты от ксенобиотиков. Человек, отказавшись употреблять в пищу загрязненные продукты или недоброкачественную воду, не может не дышать загрязненным воздухом. При этом загрязнитель действует на все группы населения круглосуточно.

Любое нежелательное изменение состава земной атмосферы в результате поступления в нее различных газов, водяного пара и твердых частиц пагубно влияет на жизнедеятельность живых организмов, в том числе и на здоровье человека.

Более 90 % загрязнителей имеют антропогенное происхождение. Источниками первичных загрязняющих веществ являются сжигание ископаемого топлива на электростанциях и в двигателях автомобилей, а также производственные процессы, не связанные со сжиганием топлива, но приводящие к запылению атмосферы (эррозия почв, добыча угля открытым способом), взрывные работы, стыки труб на нефтеперегонных и химических заводах и из реакторов, хранение твердых отходов и др. Некоторые из них вступают в химические реакции с другими загрязнителями или с основными компонентами воздуха (кислородом, азотом и водяным паром), образуя вторичные загрязняющие вещества. В результате наблюдаются такие явления, как фотохимический смог, кислотные дожди и т.д. Вторичные загрязнители – содержащиеся в атмосфере фотохимические окислители и кислоты – представляют главную опасность для здоровья человека и глобальных изменений окружающей среды [1].

Примерно 10 % загрязнителей попадает в атмосферу вследствие таких природных процессов, как вулканические извержения (выбросы пепла, распыленных кислот, в том числе серной, и множество ядовитых газов); брызги морской воды; разлагающиеся растительные и животные остатки; лесные пожары; пыльные бури. Деревья и кустарники выделяют много органических соединений – ЛОС. Присутствующие в воздухе микроорганизмы (пыльца, плесневые грибы, вирусы) вызывают у людей приступы аллергии и инфекционные заболевания.

**Цель исследования.** Экологический мониторинг состояния уровня антропогенного воздействия на атмосферный воздух городов Красноярского края (Красноярск, Ачинск, Минусинск) и прилегающих территорий (Емельяново, Большая Мурта).

**Объект и методы исследования.** Атмосферный воздух административных районов г. Красноярска и прилегающих территорий под влиянием антропогенного загрязнения. В качестве основного метода исследования используется экологический мониторинг окружающей среды [3–6, 8].

**Результаты исследования.** Существенной особенностью городов является то, что в них неуклонно возрастает дифференциация концентраций загрязнения в различных районах. Периферийные районы, как правило, имеют невысокий уровень концентрации загрязнения. В зонах крупных промышленных предприятий она резко увеличивается. И как ни странно, увеличение уровня концентрации отмечается в центральных районах промышленных крупных городов. Это объясняется тем, что в центральных районах атмосферный воздух обычно на несколько градусов выше, чем

в периферийных, а это приводит к появлению над центром городов восходящих воздушных потоков, засасывающих загрязненный воздух из промышленных районов. Также оказывает интенсивное влияние на загрязненность атмосферы движение автотранспорта.

Антропогенные источники, обеспечивающие основной объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на территории изученных районов и Красноярского края в целом, образуют три группы:

1. Предприятия металлургического производства и производства металлических изделий – ОАО «РУСАЛ Красноярск», ОАО «РУСАЛ Ачинск», ОАО ГМК «Норильский никель».

2. Автотранспорт.

3. Прочие источники (эрозия почв, добыча угля открытым способом, взрывные работы, стыки труб на нефтеперегонных и химических заводах, из реакторов, хранение твердых отходов и др.).

Красноярск – крупнейший экономический и культурный центр Восточной Сибири, относящийся к регионам с высокой антропогенной нагрузкой. Промышленные предприятия разбросаны по всему городу. Размещение в городе крупных объектов энергетики, предприятий химической и металлургической промышленности обуславливают уровень атмосферного загрязнения. И несмотря на наметившуюся тенденцию к снижению валового выброса вредных веществ, уровень загрязнения атмосферного воздуха по ряду ингредиентов продолжает оставаться высоким.

Объем выбросов основных групп загрязняющих веществ в пределах города Красноярска представлен в таблице 1. Ее анализ показывает, что выбросы предприятий производства и распределения электроэнергии составляют 22,3 %. Выбросы предприятий теплоэнергетики неуклонно увеличиваются от 151,2 (2009 г.) до 188,9 тыс. т (2013 г.). Эти выбросы зависят от особенностей зимней температуры. В холодные зимы, например зима 2009 г., величины антропогенных выбросов в атмосферу увеличиваются.

Из таблицы 1 видно, что в 2013 г. на 3,8 % уменьшились суммарные выбросы КрАЗа. Их объем уменьшился с 136,4 (2009 г.) до 115,4 тыс. тонн (2013 г.) [9]. Неуклонно увеличивается объем выбросов автотранспорта: 157,7 (2008 г.) и 326,4 тыс. тонн (2013 г.), видимо, за счет увеличения транспортных единиц. По данным государственной статистической отчетности, состав выбрасываемых загрязняющих веществ от стационарных источников за последние 5 лет не изменился. Перечень ведущих предприятий, основных химических загрязнителей атмосферного воздуха населенных мест Красноярского края, в течение последних 5 лет остается неизменным и включает преимущественно предприятия цветной металлургии и теплоэнергетики: ОАО «РУСАЛ Красноярск», ООАТ «Красноярская ГРЭС-2», Красноярская ТЭЦ-1, Красноярская ТЭЦ-2, Красноярская ТЭЦ-3.

Таблица 1

**Объем выбросов основных источников антропогенного загрязнения в г. Красноярске, тыс. тонн**

Группа предприятий	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2013 г.	Процент от общих выбросов в 2013 г.
ОАО «РУСАЛ Красноярск»	103,4	136,4	120,0	115,4	13,6
ГРЭСы и ТЭЦы	155,0	151,2	163,8	188,9	22,3
Автотранспорт	157,7	167,8	295,3	326,4	38,6
Прочие источники	180,7	173,2	203,1	215,2	25,5
Итого	596,8	628,6	782,2	845,9	100

Таблица 2

**Уровень химического загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов  
Красноярского края (среднегодовая концентрация), мг/м<sup>3</sup>**

Вещество	Ачинск	Красноярск	Минусинск	Емельяново	Большая Мурта
Взвешенные вещества	0,45	0,24	0,10	0,08	0,12
Диоксид серы	0,007	0,005	0,02	0,004	0,001
Диоксид азота	0,05	0,04	0,02	0,014	0,007
Оксид азота	0,038	0,039	0,024	0,019	0,009
Оксид углерода	0,923	1,358	0,886	0,343	0,121
Сероводород	0,005	0,0007	0,0005	0,0002	0,0001
Сероуглерод	0	0,005	0	0	0
Фенол	0	0,0006	0,0016	0	0
Фтористые соединения	0,002	0,004	0	0	0
Хлор	0	0,013	0	0	0
Соляная кислота	0	0,0462	0	0	0
Аммиак	0	0,0204	0	0	0
Формальдегид	0,001	0,0067	0,0032	0,0001	0
Бензол	0	0,0332	0	0	0
Ксилол	0	0,0215	0	0	0
Толуол	0	0,0238	0	0	0
Этилбензол	0	0,0072	0	0	0
Бенз(а)пирен	2.50E-06	4.80E-06	3.80E-06	1.12E-06	0.03E-06

Загрязнение окружающей среды химическими веществами оказывает определенное влияние на здоровье населения, обуславливая распространение экологически зависимых заболеваний. Для определения влияния на здоровье населения ингредиентов химической природы, загрязняющих атмосферный воздух, использованы среднегодовые концентрации за 2008–2013 гг. по данным Красноярского территориального Управления по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения окружающей среды (Среднесибирское УГМС), отраженные в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что г. Красноярск имеет набор всех ингредиентов химической природы, загрязняющих атмосферный воздух. Город Ачинск также отличается большим спектром ингредиентов химической природы, загрязняющих атмосферный воздух. Город Минусинск, несмотря на присутствие многих загрязняющих веществ, содержит их в небольших концентрациях.

Населенные пункты аграрных территорий (Емельяново и Большая Мурта) являются наименее «безопасными» территориями.

По отношению к предельно допустимым концентрациям (ПДК) в г. Красноярске наблюдается превышение взвешенных частиц (3,0 ПДК); формальдегида (2,23 ПДК); бенз(а)пирена (5,9 ПДК); сероуглерода (1,1 ПДК); фтористого водорода (5,5 ПДК). В г. Ачинске наблюдается превышение взвешенных частиц (1,6 ПДК); диоксида азота (1,17 ПДК); бенз(а)пирена (2,5 ПДК). В г. Минусинске наблюдается превышение по бенз(а)пирену (3,8 ПДК). В остальных регионах эти показатели регистрировались в пределах гигиенических нормативов.

Интегральным показателем загрязнения атмосферы, используемым в России, является индекс загрязнения атмосферы – ИЗА. Он позволяет учитывать концентрации примесей многих веществ, измеренных на территории, и представлять уровень загрязнения одним числом. В соответствии с существующими методами считается: ИЗА ниже 5 – загрязнение низкое; ИЗА от 5 до 6 – повышенное; ИЗА от 7 до 13 – высокое и ИЗА, равное или больше 14, – очень высокое.

Таблица 3

**Показатель индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для районов г. Красноярска и прилегающих аграрных территорий**

Район исследования	Показатель ИЗА	Уровень загрязнения
Красноярск (Советский район)	13,67	Очень высокий
Красноярск (Ленинский район)	12,06	Высокий
Красноярск (Октябрьский район)	5,24	Низкий
п. Емельяново	3,62	Низкий
п. Большая Мурта	1,03	Низкий

Из данных таблицы 3 следует, что показатель индекса загрязнения атмосферы для районов г. Красноярска и прилегающих аграрных территорий отражает уровень загрязнения атмосферного воздуха. В разных районах г. Красноярска он имеет дифференцированное значение и является высоким для всех районов г. Красноярска, кроме Октябрьского административного района (ИЗА – 5,24). Аграрные районы (п. Емельяново, п. Большая Мурта) имеют устойчиво низкий показатель ИЗА. Если рассматривать усредненные данные по годам (последние 5 лет), то в г. Красноярске самый низкий уровень загрязнения (ИЗА – 11,27) наблюдался в 2009 г. А затем этот показатель начал неуклонно возрастать и в 2013 году составил самый высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА – 13,67).

### Выводы

1. Размещение в городе крупных объектов энергетики, предприятий химической и металлургической промышленности обуславливает высокий уровень атмосферного загрязнения. Несмотря на тенденцию к снижению валового выброса вредных веществ, уровень загрязнения атмосферного воздуха по ряду ингредиентов продолжает оставаться высоким.

2. Города Красноярск и Ачинск отличаются большим спектром ингредиентов химической природы, загрязняющих атмосферный воздух. Город Минусинск, несмотря на присутствие многих загрязняющих веществ, содержит их в небольших концентрациях. Населенные пункты аграрных территорий (Емельяново и Большая Мурта) являются наименее «безопасными» территориями.

### Литература

1. Безуглай Э.Ю. Чем дышит промышленный город. – Л.: Гидрометеоиздат, 2005. – 256 с.
2. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. – Л.: Химия, 1991. – 228 с.
3. Демиденко Г.А., Жирнова Д.Ф. Экологический мониторинг загрязнения окружающей среды формальдегидом и бенз(а)пиреном // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 10. – С. 109–113.
4. Демиденко Г.А., Фомина Н.В. Мониторинг окружающей среды: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013. – 153 с.
5. 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.
6. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Региональные публикации ВОЗ. Европейская серия. – 2010. – № 85. – 87 с.
7. Пинигин М.А. Охрана атмосферного воздуха. – М., 1999. – 177 с.
8. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М., 1991. – 76 с.

9. Бадмаева С.Э., Циммерман В.И. Экологический мониторинг состояния воздуха в зоне действия Красноярского алюминиевого завода (ООО «КРАЗ») // Актуальные проблемы современной науки. – 2014. – № 1 (75). – С. 132.
- 



УДК 574.64+574.21

И.А. Шадрин, Т.В. Васильева

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КРАСНОЯРСКА МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Почвы с. Зыково по реакциям выживаемости *Paramecium caudatum* и по ингибированию роста корней и проростков семян пшеницы *Triticum aestivum* оценены в основном как токсичные и малотоксичные.

**Ключевые слова:** *Paramecium caudatum*, *Triticum aestivum*, инфузории, токсичность, биотестирование.

I.A. Shadrin, T.V. Vasilyeva

## ASSESSMENT OF TOXICITYSOIL AROUND BY KRASNOYARSK BIOTESTING

*Toxicity to soil village Zykov reactions survival Paramecium caudatum and inhibition of root growth and seedling seed wheat Triticum aestivum evaluated mainly as toxic and low-toxicity.*

**Key words:** *Paramecium caudatum*, *Triticum aestivum*, ciliates, toxicity, bioassay.

---

**Введение.** Почвенный покров Земли представляет собой важнейший компонент биосферы. Именно почвенная оболочка определяет многие процессы, происходящие в биосфере. Почвенный покров выполняет функции биологического поглотителя, разрушителя и нейтрализатора различных загрязнений. Если это звено биосферы будет разрушено, то сложившееся функционирование биосферы необратимо нарушится. Именно поэтому чрезвычайно важно изучение экологического значения почвенного покрова, его современного состояния и изменения под влиянием антропогенной деятельности.

Приоритетными методами экологического контроля наземных и водных экосистем в настоящее время являются биологические методы, и в частности методы биотестирования [1].

Биотестирование в качестве тест-объектов использует организмы, способные дать интегральную оценку экологической ситуации в экосистеме, т.е. токсичности [2, 3].

**Цель работы.** Оценка токсичности почв по выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum* и ингибированию роста проростков зерен пшеницы *Triticum aestivum* (сорт Тулунская 12).

**Задачи:** оценить токсичность почв с. Зыково в окрестностях г. Красноярска по выживаемости *Paramecium caudatum* и ингибированию роста проростков семян пшеницы *Triticum aestivum*; проанализировать пространственно-временную динамику реакций тест-объектов на токсическое воздействие; провести сравнительный анализ результатов токсичности почв по выживаемости *Paramecium caudatum* и по динамике роста проростков семян пшеницы *Triticum aestivum*.

**Методы исследования.** Пробы почвы отбирались в июне-августе 2012 г. из поверхностного горизонта с глубины 0–30 см со следующих станций на территории с. Зыково (в окрестностях г. Красноярска) (рис. 1): станция 1 – юго-западная часть с. Зыково, непосредственно возле лесного массива, состоящего из хвойных деревьев; станция 2 – северо-западная часть с. Зыково на терри-

тории сельскохозяйственного поля; станция 3 – территория действующего кирпичного завода и котельной – расположена в центральной части с. Зыково; станция 4 – восточная часть с. Зыково возле остановочного пункта «Станция Зыково»; станция 5 – юго-восточная часть с. Зыково рядом с антенной сотового оператора; станция 6 – центральная часть с. Зыково в жилом районе с частными домами.

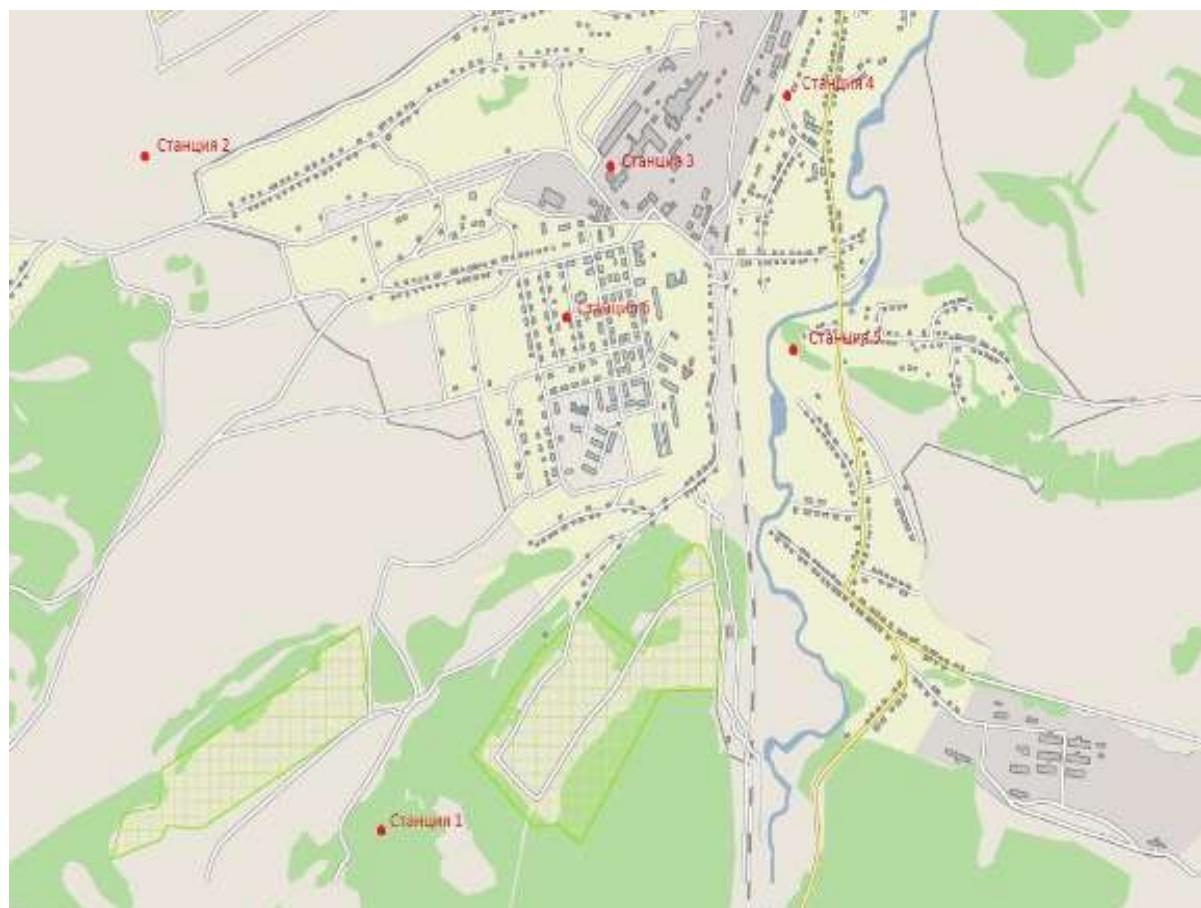


Рис. 1. Карта-схема с. Зыково: 1–6 – станции отбора проб (июнь–август 2012 г.)

*Приготовление почвенной вытяжки.* Пробы отбирались в трехкратной повторности, из них путем перемешивания готовилась интегральная проба.

Навеску почвы 10 г в трехкратной повторности помещают в три колбы с 90 мл воды и встряхивают в течение 10 минут на встряхивателе (wstrzasaarka uniwersalna typ wu-4). Затем колбы закрывают пробками и оставляют при комнатной температуре на 1 сутки. Через 24 часа надосадочную жидкость сливают через воронку с фильтром в стеклянный сосуд и закладывается опыт. Контрольный образец закладывался одновременно с основным.

Тест-объект *Paramecium caudatum*. Использовался метод индивидуальных линий парамеций. Показателем токсичности служила выживаемость, фиксируемая по числу выживших линий парамеций [4, 5].

Достоверность различий между контрольными и опытными вариантами оценивалась по критерию Стьюдента и по индексу токсичности ( $T_i$ ):  $T_i = ((T_{ik} - T_{i0}) / T_{ik}) \cdot 100\%$ , где  $T_i = 0-0,25$ , токсичность допустимая;  $T_i = 0,26-0,70$ , токсичность умеренная;  $T_i > 0,71$ , токсичность высокая. Достоверное различие контрольных и опытных показателей по критерию Стьюдента информирует о стрессовом воздействии, т.е. токсичности.

Тест-объект *Triticum aestivum*. Опыт с семенами пшеницы *Triticum aestivum* (рулонный метод). Контрольный образец (отстоянная водопроводная вода) закладывался одновременно с основным. Повторность трехкратная, по 50 зерен в каждой повторности. Экспозиция – 7 суток.

Фитотоксическую активность в процентах ингибиования вычислялась по формуле

$$A_{\phi} = 100 - (\Delta_x / \Delta_k) \cdot 100,$$

где  $A_{\phi}$  – фитотоксическая активность ингибиования, %;

$\Delta_x$  – средняя длина корней на опытном варианте, мм;

$\Delta_k$  – средняя длина корней на контроле, мм.

Критерием токсичного действия считается ингибиование роста проростков семян на 50 %.

Достоверное различие контрольных и опытных показателей определяют по критерию Стьюдента.

### Результаты исследования

#### Оценка токсичности почв по выживаемости *Paramecium caudatum*

В пробах со всех станций, отобранных в июне 2012 г., по истечении первых 5 и 60 минут эксперимента не было отмечено значительного снижения выживаемости *Paramecium caudatum* (по критерию Стьюдента) по сравнению с контролем ( $p>0,05$ ), например, ст. 1:  $X_k \pm m_k = 6,90 \pm 0,60$ ,  $X_5 \pm m_5 = 6,80 \pm 0,38$ ;  $X_k \pm m_k = 5,20 \pm 0,80$ ,  $X_{60} \pm m_{60} = 5,10 \pm 0,50$ , уровень токсичности варьировал в пределах допустимой степени токсичности, что позволяет сделать вывод о нетоксичности проанализированных проб ( $T_i = 0,01-0,22$ ) (рис. 2).

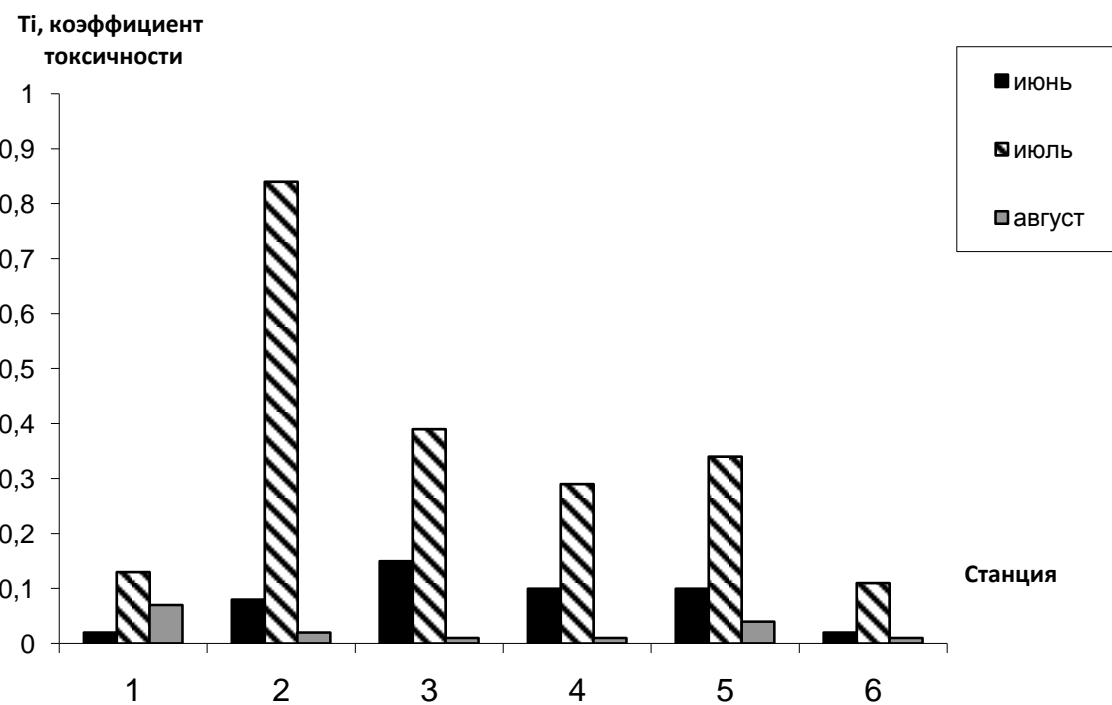


Рис. 2. Токсичность почвенного покрова по реакции выживаемости инфузории *Paramecium caudatum* (с. Зыково, июнь–август 2012 г.)

В пробах со ст. 1 и ст. 6, отобранных в июле 2012 г., по истечении первых пяти минут эксперимента не было отмечено снижения выживаемости *Paramecium caudatum* (по критерию Стьюдента) по сравнению с контролем ( $p>0,05$ ), например ст. 1:  $X_k \pm m_k = 4,70 \pm 0,40$ ;  $X_5 \pm m_5 = 4,20 \pm 0,30$  ( $T_i = 0,11$ ). Токсический эффект не проявлялся по истечении 60 мин эксперимента ( $T_i = 0,13$ ):  $X_k \pm m_k = 3,80 \pm 0,40$ ;  $X_{60} \pm m_{60} = 3,30 \pm 0,40$ , что позволяет сделать вывод о нетоксичности пробы ( $p>0,05$ ) (см. рис. 2).

В пробах со ст. 2–5, отобранных в июле 2012 г., по истечении первых пяти минут эксперимента не было отмечено достоверного снижения выживаемости *Paramecium caudatum* (по критерию Стьюдента) по сравнению с контролем ( $p>0,05$ ), например, ст. 2:  $X_k \pm m_k = 4,70 \pm 0,40$ ;  $X_5 \pm m_5 = 3,70 \pm 0,20$  ( $T_i = 0,21$ ). Достоверный токсический эффект проявлялся только по истечении 60 мин эксперимента ( $p<0,05$ ), например, ст. 2:  $X_k \pm m_k = 3,80 \pm 0,40$ ;  $X_{60} \pm m_{60} = 0,60 \pm 0,40$ , что свидетельствует о высокой степени токсичности ( $T_i = 0,84$ ) (см. рис. 2).

В пробах со ст. 1–6, отобранных в августе 2012 г., по истечении первых пяти минут эксперимента не было отмечено снижения выживаемости *Paramecium caudatum* (по критерию Стьюдента) по сравнению с контролем ( $p>0,05$ ), например, ст. 1:  $X_k \pm m_k = 9,90 \pm 0,31$ ;  $X_5 \pm m_5 = 40,40 \pm 0,48$  ( $T_i = 0,02$ ). Токсический эффект не проявлялся по истечении 60 мин эксперимента ( $T_i = 0,07$ ), например ст. 1:  $X_k \pm m_k = 9,50 \pm 0,27$ ;  $X_{60} \pm m_{60} = 9,20 \pm 0,59$ , что позволяет сделать вывод о нетоксичности пробы ( $p>0,05$ ) (см. рис. 2).

Оценка фитотоксичности почв по проросткам семян пшеницы *Triticum aestivum* (сорт Тулунская 12)

### Июнь 2012 г.

Анализ средних значений параметров проростков показывает, что фитотоксическая активность корней пшеницы варьирует в пределах  $I_k = 27–69\%$ . Наибольшими значениями длины корня достоверно (по критерию Стьюдента) отличаются проростки в пробе со ст. 2 и ст. 3 ( $p<0,05$ ):  $X_k \pm m_k = 36,02 \pm 5,44$ ;  $X_2 \pm m_2 = 58,30 \pm 3,90$ ;  $X_3 \pm m_3 = 52,20 \pm 5,70$ , что свидетельствует о стимулирующем эффекте ( $I_k = 45–62\%$ ). Наибольший ингибирующий эффект по показателю фитотоксичности достоверно отмечается в пробах со ст. 4 и ст. 5 ( $p<0,05$ ):  $X_k \pm m_k = 36,02 \pm 5,44$ ;  $X_4 \pm m_4 = 13,30 \pm 1,60$ ;  $X_5 \pm m_5 = 11,20 \pm 2,20$ , что свидетельствует о высокой токсичности проб ( $I_k = 63–69\%$ ). Пробы со ст. 1 и ст. 6 оценены по фитотоксической активности как не проявляющие значительного токсического эффекта ( $p>0,05$ ):  $X_k \pm m_k = 36,02 \pm 5,44$ ;  $X_1 \pm m_1 = 45,90 \pm 13,50$ ;  $X_6 \pm m_6 = 21,20 \pm 5,50$  ( $I_k = 27–41\%$ ) (табл. 1).

Таблица 1  
Длина корня (Х, мм) и фитотоксическая активность ( $I_k$ ) пшеницы *Triticum aestivum*  
(сорт Тулунская 12) в различных вариантах опыта (июнь 2012 г.)

Вариант опыта	Длина корня, мм $X \pm m$	Фитотоксическая активность ингибирования корней, $+/-I_k$ , %	Достоверность различий по критерию Стьюдента, $P<0,05$
Контроль	$36,02 \pm 5,44$		
Станция 1	$45,90 \pm 13,50$	+27	Недостоверно
Станция 2	$58,30 \pm 3,90$	+62	Достоверно
Станция 3	$52,20 \pm 5,70$	+45	Достоверно
Станция 4	$13,30 \pm 1,60$	-63	Достоверно
Станция 5	$11,20 \pm 2,20$	-69	Достоверно
Станция 6	$21,20 \pm 5,50$	-41	Недостоверно

Анализ средних значений параметров проростков показывает, что фитотоксическая активность побега пшеницы варьирует в пределах  $I_p = 10–156\%$ . Наибольшими значениями длины побега достоверно (по критерию Стьюдента) отличаются проростки в пробе со ст. 1, 2, 3, 6 ( $p<0,05$ ):  $M_k \pm m_k = 39,80 \pm 8,38$ ;  $M_1 \pm m_1 = 100,50 \pm 13,20$ ;  $M_2 \pm m_2 = 91,60 \pm 9,50$ ;  $M_3 \pm m_3 = 102,10 \pm 11,00$ ;  $M_6 \pm m_6 = 62,50 \pm 19,10$ , что свидетельствует о стимулирующем эффекте ( $I_p = 57–156\%$ ). Пробы со ст. 4 и ст. 5 оценены по фитотоксической активности как нетоксичные ( $p>0,05$ ):  $M_k \pm m_k = 39,80 \pm 8,38$ ;  $M_4 \pm m_4 = 51,20 \pm 13,20$ ;  $M_5 \pm m_5 = 36,00 \pm 12,00$  ( $I_p = 10–28\%$ ) (табл. 2).

Таблица 2

**Длина побега (M, мм) и фитотоксическая активность (I<sub>p</sub>) пшеницы *Triticum aestivum* (сорт Тулунская 12) в различных вариантах опыта (июнь 2012 г.)**

Вариант опыта	Длина побега, мм M $\pm$ t	Фитотоксическая активность ингибирования побега, +/−I <sub>p</sub> , %	Достоверность различий по критерию Стьюдента, P<0,05
Контроль	39,80 $\pm$ 8,38		
Станция 1	100,50 $\pm$ 13,20	+152	Достоверно
Станция 2	91,60 $\pm$ 9,50	+130	Достоверно
Станция 3	102,10 $\pm$ 11,00	+156	Достоверно
Станция 4	51,20 $\pm$ 13,20	+28	Недостоверно
Станция 5	36,00 $\pm$ 12,00	-10	Недостоверно
Станция 6	62,50 $\pm$ 19,10	+57	Достоверно

### Июль 2012 г.

Анализ средних значений параметров проростков показывает, что фитотоксическая активность корней пшеницы варьирует в пределах I<sub>k</sub> = 36–52 %.

Наибольший ингибирующий эффект по показателю фитотоксичности достоверно отмечается в пробах со ст. 2, 3 и 4 (p<0,05): X<sub>k</sub> $\pm$ t<sub>k</sub>=44,07 $\pm$ 8,72; X<sub>2</sub> $\pm$ t<sub>2</sub>=21,30 $\pm$ 3,60; X<sub>3</sub> $\pm$ t<sub>3</sub>=15,10 $\pm$ 1,00; X<sub>4</sub> $\pm$ t<sub>4</sub>=24,90 $\pm$ 1,50, что свидетельствует о высокой токсичности проб (I<sub>k</sub> = 43–52 %).

Пробы со ст. 1, 5 и 6 оценены по фитотоксической активности как слаботоксичные (p>0,05): X<sub>k</sub> $\pm$ t<sub>k</sub>=44,07 $\pm$ 8,72; X<sub>5</sub> $\pm$ t<sub>5</sub>=27,60 $\pm$ 1,50; X<sub>6</sub> $\pm$ t<sub>6</sub>=28,30 $\pm$ 1,80 (I<sub>k</sub>=36-37%) (табл. 3).

Таблица 3

**Длина корня (X, мм) и фитотоксическая активность (I<sub>k</sub>) пшеницы *Triticum aestivum* (сорт Тулунская 12) в различных вариантах опыта (июль 2012 г.)**

Вариант опыта	Длина корня, мм X $\pm$ t	Фитотоксическая активность ингибирования корней, +/−I <sub>k</sub> , %	Достоверность различий по критерию Стьюдента, P<0,05
Контроль	44,07 $\pm$ 8,72		
Станция 1	27,80 $\pm$ 1,40	-37	Недостоверно
Станция 2	21,30 $\pm$ 3,60	-52	Достоверно
Станция 3	15,10 $\pm$ 1,00	-43	Достоверно
Станция 4	24,90 $\pm$ 1,50	-43	Достоверно
Станция 5	27,60 $\pm$ 1,50	-37	Недостоверно
Станция 6	28,30 $\pm$ 1,80	-36	Недостоверно

Анализ значений параметров проростков показывает, что фитотоксическая активность побега пшеницы варьирует в пределах I<sub>p</sub> = 10–65 %.

Наибольшими значениями ингибирующего воздействия по показателю фитотоксичности достоверно (по критерию Стьюдента) отличаются длины побегов в пробе со ст.3 и ст.5 (p<0,05): M<sub>k</sub> $\pm$ t<sub>k</sub>=40,97 $\pm$ 2,99; M<sub>3</sub> $\pm$ t<sub>3</sub>=14,30 $\pm$ 3,10; M<sub>5</sub> $\pm$ t<sub>5</sub>=22,40 $\pm$ 5,40, что свидетельствует о высоком токсическом эффекте (I<sub>p</sub> = 45–65 %).

Пробы со ст. 1, 2, 4 и 6 оценены по фитотоксической активности как слаботоксичные и нетоксичные (p>0,05): M<sub>k</sub> $\pm$ t<sub>k</sub>=40,97 $\pm$ 2,99; M<sub>1</sub> $\pm$ t<sub>1</sub>=31,40 $\pm$ 4,40; M<sub>2</sub> $\pm$ t<sub>2</sub>=26,30 $\pm$ 9,50; M<sub>4</sub> $\pm$ t<sub>4</sub>=26,90 $\pm$ 5,30; M<sub>6</sub> $\pm$ t<sub>6</sub>=41,00 $\pm$ 6,40 (I<sub>p</sub>=10-36%) (табл. 4).

Таблица 4

**Длина побега (М, мм) и фитотоксическая активность ( $I_p$ ) пшеницы *Triticum aestivum* (сорт Тулунская 12) в различных вариантах опыта (июль 2012 г.)**

Вариант опыта	Длина побега, мм $M \pm m$	Фитотоксическая активность ингибирования побега, $+/-I_p$ , %	Достоверность различий по критерию Стьюдента, $P < 0,05$
Контроль	40,97±2,99		
Станция 1	31,40±4,40	-23	Недостоверно
Станция 2	26,30±9,50	-36	Недостоверно
Станция 3	14,30±3,10	-65	Достоверно
Станция 4	26,90±5,30	-34	Недостоверно
Станция 5	22,40±5,40	-45	Достоверно
Станция 6	41,00±6,40	+0,10	Недостоверно

### Август 2012 г.

Анализ средних значений параметров проростков показывает, что фитотоксическая активность корней пшеницы варьирует в широких пределах  $I_k = -20 - +278 \%$ .

Наибольший ингибирующий эффект по показателю фитотоксичности достоверно отмечается в пробах со ст.3 и ст.5 ( $p < 0,05$ ):  $X_k \pm m_k = 18,0 \pm 2,02$ ;  $X_3 \pm m_3 = 21,30 \pm 3,60$ ;  $X_5 \pm m_5 = 15,10 \pm 1,00$ , что свидетельствует о высокой токсичности проб ( $I_k = 100\%$ ).

Пробы со ст.1, ст.4 оценены по фитотоксической активности как слаботоксичные, с проявлением незначительного токсического эффекта ( $p > 0,05$ ):  $X_k \pm m_k = 18,0 \pm 2,02$ ;  $X_1 \pm m_1 = 14,12 \pm 2,83$ ;  $X_4 \pm m_4 = 11,90 \pm 2,33$  ( $I_k = 20-34 \%$ ). Пробы со ст.2, ст.6 оценены по фитотоксической активности как нетоксичные, с проявлением стимулирующего эффекта ( $p > 0,05$ ):  $X_k \pm m_k = 18,0 \pm 2,02$ ;  $X_2 \pm m_2 = 68,20 \pm 13,88$ ;  $X_6 \pm m_6 = 43,65 \pm 8,56$  ( $I_k = 143-278 \%$ ) (табл. 5).

Таблица 5

**Длина корня (Х, мм) и фитотоксическая активность ( $I_k$ ) пшеницы *Triticum aestivum* (сорт Тулунская 12) в различных вариантах опыта (август 2012 г.)**

Вариант опыта	Длина корня, мм $X \pm m$	Фитотоксическая активность ингибирования корней, $+/-I_k$ , %	Достоверность различий по критерию Стьюдента, $P < 0,05$
Контроль	18,00±2,02		
Станция 1	14,12±2,83	-20	Недостоверно
Станция 2	68,20±13,88	+278	Достоверно
Станция 3	0,0±0,0	-100	Достоверно
Станция 4	11,90±2,33	-34	Недостоверно
Станция 5	0,0±0,0	-100	Достоверно
Станция 6	43,65±8,56	+143	Достоверно

Анализ значений параметров проростков показывает, что фитотоксическая активность побега пшеницы варьирует в пределах  $I_p = 22-102 \%$ .

Наибольшими значениями ингибирующего воздействия по показателю фитотоксичности достоверно (по критерию Стьюдента) отличаются длина побегов в пробе со ст.3 и ст.5 ( $p < 0,05$ ):  $M_k \pm m_k = 90,01 \pm 4,05$ ;  $M_3 \pm m_3 = 0,0 \pm 0,00$ ;  $M_5 \pm m_5 = 0,0 \pm 0,00$ , что свидетельствует о высоком токсическом эффекте ( $I_p = 100 \%$ ). Пробы со ст.2, 4 и 6 оценены по фитотоксической активности как нетоксичные, с проявлением стимулирующего эффекта ( $I_p = 58-102 \%$ ), за исключением пробы со ст. 1, где отмечался не-

значительный ингибирующий эффект ( $I_p = 22\%$ ) ( $p>0,05$ ):  $M_k \pm m_k = 90,01 \pm 4,05$ ;  $M_1 \pm m_1 = 110,14 \pm 15,92$ ;  $M_2 \pm m_2 = 181,62 \pm 26,21$ ;  $M_4 \pm m_4 = 143,73 \pm 20,74$ ;  $M_6 \pm m_6 = 137,87 \pm 19,90$  ( $I_k = 10-36\%$ ) (табл. 6).

Таблица 6  
Длина побега (M, мм) и фитотоксическая активность ( $I_p$ ) пшеницы *Triticum aestivum*  
(сорт Тулунская 12) в различных вариантах опыта (август 2012 г.)

Вариант опыта	Длина побега, мм $M \pm m$	Фитотоксическая активность ингибирования побега, $+/-I_p$ , %	Достоверность различий по критерию Стьюдента, $P<0,05$
Контроль	90,01 $\pm$ 4,05		
Станция 1	110,14 $\pm$ 15,92	-22	Недостоверно
Станция 2	181,62 $\pm$ 26,21	+102	Достоверно
Станция 3	0,0 $\pm$ 0,00	-100	Достоверно
Станция 4	143,73 $\pm$ 20,74	+60	Достоверно
Станция 5	0,0 $\pm$ 0,00	-100	Достоверно
Станция 6	137,87 $\pm$ 19,90	+58	Достоверно

### Выводы

1. Токсичность почв с. Зыково по реакциям выживаемости *Paramecium caudatum* оценена в основном на уровне допустимой ( $T = 0,02-0,21$ ) и умеренной токсичности ( $T_i = 0,29-0,84$ ). Установлено, что в первые 5 минут эксперимента пробы почвы характеризовались в основном как нетоксичные. Отмечено усиление токсического эффекта по показателю выживаемости *Paramecium caudatum* по прошествии 60 минут эксперимента, что свидетельствует о токсичности почвенных проб.

2. Почвы, исследованные по ингибированию роста корней и проростков семян пшеницы *Triticum aestivum*, оцениваются по фитотоксической активности в основном как токсичные ( $I_k = -52-69\%$ ;  $I_p = -45-65\%$ ), за исключением проб, отобранных в районе ст. 1 и ст. 6, где отмечены невысокие показатели фитотоксичности – 23–41 %.

3. Токсичный эффект по показателю выживаемости *Paramecium caudatum* проявлялся в основном на уровне 20 % и выше смертности клеток. Фитотоксический эффект по ингибированию роста корней и побегов семян пшеницы проявлялся в основном на уровне 23 % и выше.

4. Почвы с. Зыково характеризуются как малотоксичные и токсичные, поэтому рекомендуется их использовать для выращивания сельскохозяйственной продукции с осторожностью.

### Литература

1. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 155 с.
2. Бурковский И.Б. Экология свободноживущих инфузорий. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 208 с.
3. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. – М.: Международный Дом Сотрудничества, 1997. – 144 с.
4. Инфузории в биотестировании: тез. докл. Междунар. заоч. науч.-практ. конф. – СПб, 1998. – 304 с.
5. Кокова В.Е. Непрерывное культивирование беспозвоночных. – Новосибирск: Наука, 1982. – 167 с.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУР СТАФИЛОКОККА, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПОЛУЧНОМ РАЙОНЕ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

В статье представлен анализ генетического типирования с помощью RAPD-ПЦР культур стафилококка, выделенных от школьников младших классов, проживающих в экологически неблагополучном районе г. Красноярска.

**Ключевые слова:** г. Красноярск, неблагополучный район, генетическое типирование, RAPD-ПЦР культуры стафилококка, школьники младших классов.

S.S. Baksheeva

## BIOLOGICAL AND GENOTYPIC PECULIARITIES OF THE STAPHYLOCOCCUS CULTURES ISOLATED FROM CHILDREN LIVING IN THE ECOLOGICALLY UNFAVORABLE AREA OF KRASNOYARSK CITY

*The genetic typing analysis with the use of RAPD-PCR Staphylococcus cultures isolated from the junior class schoolchildren living in the ecologically unfavorable area of Krasnoyarsk city is presented in the article.*

**Key words:** Krasnoyarsk, unfavorable area, genetic typing, RAPD-PCR Staphylococcus cultures, junior class schoolchildren.

**Введение.** В связи с техногенным загрязнением окружающей среды отмечается рост числа разных форм дисбиоза у человека. Одной из форм нарушения нормальной микрофлоры является стафилококковое бактерионосительство, которое следует рассматривать как одну из форм инфекционного процесса, с отсутствием клинически выраженных патологических изменений, но с развитием иммунопатологических реакций и антителного ответа [1, 2]. Носители патогенных стафилококков часто являются основным источником внутрибольничных инфекций. По данным О.В. Бухарина и др., широта стафилококкового носительства иллюстрируется эпидемиологическими наблюдениями, показывающими, что 20 % населения являются резидентными носителями, 70 % – транзиторными, и только у 10 % возбудитель постоянно отсутствует.

Детское население в большей степени подвержено воздействию неблагоприятных экологических факторов, причем наиболее чувствительным индикатором в отношении воздействия различных поллютантов, по мнению М.Я. Студеникина, являются дети 8–12 лет [4].

**Цель работы.** Генетическое типирование с помощью RAPD-ПЦР культур стафилококка, выделенных от школьников младших классов, проживающих в экологически неблагополучном районе города Красноярска.

**Материалы и методы.** Было обследовано 59 учащихся, проживающих в экологически неблагополучном районе города Красноярска. Уровень загрязнения воздушной среды техногенными факторами оценивали по материалам доклада о санитарно-эпидемиологической обстановке в Красноярском крае (2007 г.).

Обследуемые дети в возрасте 8–9 лет относились к 1-й и 2-й группам здоровья и проживали в данном районе города более 3 лет.

Выделение и идентификацию стафилококков проводили общепринятыми методами [5]. При определении видовой принадлежности штаммов использовали микротесты фирмы «Lachema» (Чехия).

При обследовании школьников на стафилококковый биоценоз исследуемый материал (клетки эпителия слизистой носа) засевали на чашки с желточно-солевым агаром. После инкубировали при 37°C в течение 24–48 часов, затем производили количественную и качественную оценку выросших колоний, расчет показателя микробной обсемененности (ПМО).

Число микробных клеток  $10^3$  и более на тампон является показателем высокой обсемененности и свидетельствует о бактерионосительстве, представляющем эпидемическую опасность.

Тип стафилококкового бактерионосительства определяли по антилизоцимной активности (АЛА) штамма. При наличии у золотистых стафилококков АЛА-признака бактерионосителей относили к резидентным [3].

У выделенных штаммов стафилококков определяли факторы вирулентности и персистенции. Факторы вирулентности (гемолитическую активность, продукцию ферментов плазмокоагулазы, лецитоветилазы) исследовали по общепринятым методикам [6]. Факторы персистенции – антилизоцимную активность определяли по методике О.В. Бухарина с соавт. Генотипирование выделенных культур золотистого стафилококка проводили методом RAPD-ПЦР со случайным олигонуклеотидным праймером, размером 10 нуклеотидов Sh1 (Short 1) – AATCGGGCTG [7]. Статистический анализ данных выполнялся на персональном компьютере Pentium IV с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0.

**Результаты исследования.** При бактериологическом исследовании слизей со слизистой носа обследуемых школьников было выделено и идентифицировано 39 культур стафилококков, 20 из них были идентифицированы как *S. aureus*.

Сравнительные данные по носительству школьниками штаммов *S. aureus* с факторами вирулентности и персистенции представлены в таблице, из которой следует, что все выделенные штаммы золотистого стафилококка обладали плазмокоагулазной и лецитоветилазной активностью. У стафилококков наиболее характерным фактором вирулентности является продукция экзотоксина – гемолизина (β-гемолитическая активность) и у 85 % выделенных штаммов этот признак присутствует.

Что касается фактора персистенции – антилизоцимной активности, то АЛА характерна для 85 % изученных культур, причем штаммы, обладающие антилизоцимной активностью, являлись гемолитическими.

#### Характеристика биологических свойств *S. aureus*, выделенных от школьников, проживающих в экологически неблагополучном районе г. Красноярска

Номер штамма	Класс, пол обследуемого	В-гемолитическая активность	Лецитоветилаза	Плазмокоагулаза	АЛА
1	2 б, жен.	+	+	+	+
2	2 в, жен.	-	+	+	-
3	2 б, жен.	+	+	+	+
4	2 б, муж.	+	+	+	+
5	2 б, муж.	+	+	+	+
6	2 в, жен.	+	+	+	+
7	2 б, жен.	+	+	+	+
8	2 в, жен.	+	+	+	+
9	2 б, жен.	+	+	+	+
10	2 в, жен.	+	+	+	+
11	2 б, муж.	+	+	+	+
12	2 в, муж.	-	+	+	-
13	2 б, муж.	+	+	+	+
14	2 б, жен.	+	+	+	+
15	2 в, жен.	+	+	+	+
16	2 б, муж.	+	+	+	+
17	2 б, жен.	+	+	+	+
18	2 б, жен.	+	+	+	+
19	2 б, жен.	+	+	+	+
20	2 в, жен.	-	+	+	-

Следующим этапом нашей работы являлось генетическое типирование выделенных штаммов стафилококка.

В результате типирования была получена электрофоретическая картина RAPD-ПЦР 20 штаммов *S. aureus* (рис.1), на основе которых была построена дендрограмма (рис. 2) с помощью

программного обеспечения TreeCon. Установлено наличие 6 генотипов среди исследованных 20 штаммов *S.aureus*.

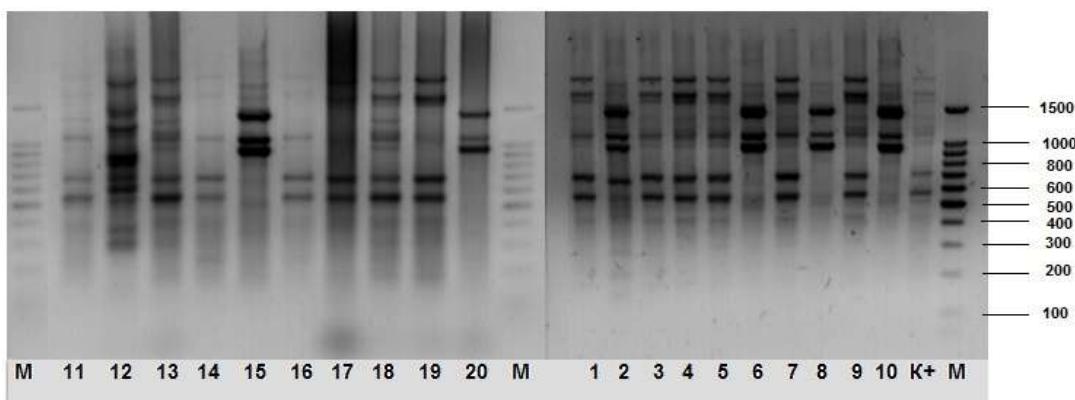


Рис. 1. Генетическое типирование штаммов золотистого стафилококка с помощью RAPD-ПЦР

Общепринято, что если показатель степени генетического родства равен 0,8 и выше, то это характеризует высокую степень генотипического сходства исследуемой выборки штаммов. Если 0,6–0,8 – умеренный; 0,4–0,6 – низкий; если сравниваемые штаммы имеют показатель ниже, чем 0,4, то фактически они являются генотипически неродственными.

В 1-й генотип входили 8 штаммов под № 13, 18, 7, 9, 5, 4, 3, 1 (индекс генетического сходства 1). В результате амплификации образовалось 9 ампликонов длиной от 300 до 1500 нп (нуклеотидные пары) и выше.

У штаммов, относящихся ко 2-му генотипу (№ 16, 17, 19, 11, 14), при изучении электрофоретических профилей выявлены 6 ампликонов длиной от 400 до 1500 нп и выше (гомология 100%).

В 6-й генотип входили 4 изолята (№ 6, 8, 10, 15), которые образовали по 6 ампликонов длиной от 500 до 1500 нп и выше.

Степень генетического родства у 1-го и 2-го генотипов составляет 85 % (т.е. высокая степень генетического родства). У 3-го генотипа степень генетического родства с 1-м и 2-м генотипами составляет 40 % (низкая степень родства).

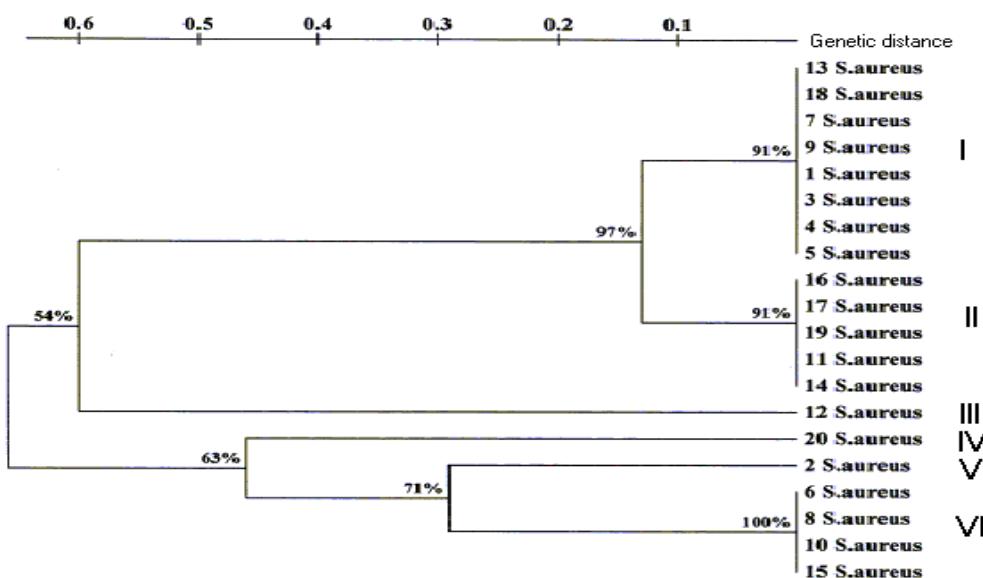


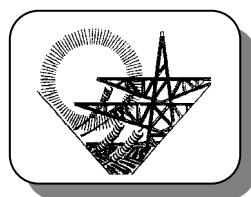
Рис. 2. Дендрограмма изолятов золотистых стафилококков, выделенных от учащихся младших классов, проживающих в экологически неблагополучном районе города Красноярска

**Выводы.** Таким образом, при анализе полученных результатов следует, что штаммы золотистого стафилококка, относящиеся к 1-му и 2-му генотипу, обладали высокой гемолитической и антилизоцимной активностью и при этом были выделены от учащихся одного класса.

### **Литература**

1. Бухарин О.В., Усвяцов Б.Я. Бактерионосительство (медицинско-экологический аспект). – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1996. – С.13–19.
2. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. – М.: Медицина, 1999.
3. Метод определения антилизоцимной активности микроорганизмов / О.В. Бухарин, Б.Я. Усвяцов, А.П. Малышкин [и др.] // ЖМЭИ. – 1984. – № 2. – С. 27–29.
4. Студеникин М.Я., Ефимова А.А., Лицева О.А. // Педиатрия – 1989. – № 8. – С. 5–9.
5. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования // под ред. М.О. Биргера. – М., 1982.
6. Стафилококки и стафилококковая инфекция. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1980. – С. 18–23.
7. Lee W.Riley. Molecular Epidemiology of Infectious Diseases. Principles and Practices. – ASM Press, 2004.





## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 630.317

А.И. Карнаухов, А.А. Агеев

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЕСОПОЖАРНОГО АГРЕГАТА С ТОРЦОВОЙ ФРЕЗОЙ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований лесопожарного агрегата с торцовой фрезой на базе самоходного шасси Т-16М. Определены оптимальные значения скорости движения агрегата, частоты вращения рабочего органа, радиуса фрезы по концам ножей, их количества, параметры заднего угла установки ножей относительно плоскости фрезерного диска, а также параметры угла наклона режущей кромки ножа относительно плоскости диска.

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования, лесопожарный агрегат, резание лесных почв, торцовая фреза, энергоемкость, геометрические параметры, режимы резания.

A.I. Karnaukhov, A.A. Ageev

### EXPERIMENTAL STUDY RESULTS ON OPTIMIZING THE CHARACTERISTICS AND WORKING MODES OF THE FOREST-FIRE UNIT WITH THE FACE CUTTER

*The experimental research results of the forest-fire unit with the face cutter based on the self-propelled chassis T-16M are presented in the article. The optimum values of the unit movement velocity, the working body rotation frequency, the cutter radius on the knife edge, their number, the parameters of the back angle of the knife set relative to the milling disk, as well as the parameters of the inclination angle of the knife cutting edge relative to the disc plane are considered.*

**Key words:** experimental research, forest fire unit, forest soil cutting, face cutter, power intensity, geometric parameters, cutting modes.

**Введение.** Одной из важнейших причин сокращения в России покрытых лесом площадей являются лесные пожары. Они способны в кратчайшие сроки негативно изменить и преобразовать окружающую среду, состояние лесного биогеоценоза, динамику и тенденции дальнейшего его развития. Проблема борьбы с лесными пожарами является одной из наиболее актуальных в лесном хозяйстве Российской Федерации. Она стала важной составной частью более общей проблемы – охраны окружающей среды.

Самой распространённой технологической операцией при локализации лесных низовых пожаров является выполнение отжига от минерализованной опорной полосы. Для прокладки опорных полос перспективно использование торцовых фрез с осью вращения, параллельной продольной оси трактора, вырезающих в лесных почвах сегментную канавку и минерализующих прилегающую к ней полосу экскавированным грунтом [1].

Изучение процессов резания минеральных грунтов и лесных почв активными рабочими органами лесохозяйственных, и в частности лесопожарных, агрегатов при прокладке опорных и заградительных минерализованных полос при локализации и тушении лесных пожаров является весьма значимым.

**Цель исследований.** Достижение оптимальных параметров и режимов работы роторных рабочих органов типа торцовых фрез лесопожарных агрегатов, а также определение точности теоретических расчётов [2].

В соответствии с поставленной целью была сформулирована основная задача оптимизации – обеспечение качественной опорной полосы при минимальном значении энергоемкости процесса.

**Планирование экспериментальных исследований.** На основании системного анализа, а также исходя из поставленной задачи, были выделены выходные факторы и параметры оптимизации, характеризующие процесс взаимодействия торцовой фрезы с лесной почвой. Все выходные факторы разделены на три группы: неуправляемые, управляемые и контролируемые.

Неуправляемые факторы включают в себя все первичные входные факторы окружающей среды. К управляемым отнесены факторы, характеризующие параметры и режимы работы торцовой фрезы.

Реализация опытов осуществлялась с применением методов теории планирования экспериментов.

Планирование эксперимента позволяет одновременно варьировать несколькими факторами и получать количественные оценки основных факторов и эффектов взаимодействия.

При проведении эксперимента принято решение изменять в опытах два фактора:  $x_1$  – угол резания  $\beta$  (угол установки ножа фрезы относительно плоскости фрезерного диска);  $x_2$  – частоту вращения фрезы  $n$ .

Для решения задач оптимизации объекта исследований и аппроксимации опытных данных использовали математическую модель  $y = f(x_1, x_2)$ , связывающую параметры оптимизации с варьируемыми факторами и их взаимодействиями

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_{12} x_1 x_2, \quad (1)$$

где  $y$  – значения параметра измерения (энергоёмкость процесса резания);

$x_1, x_2$  – значения уровней факторов, влияющих на процесс;

$a_0$  – постоянная составляющая, своего рода фон, на котором проявляется действие факторов;

$a_1, a_2$  – коэффициенты регрессии, отображающие степень влияния каждого фактора на выход процесса;

$a_{12}$  – коэффициент регрессии, соответствующий эффектам парного взаимодействия.

Выполнение серии опытов планируется произвести в соответствии с нижеприведенной схемой (табл. 1, для ПФЭ  $2^2$  с эффектом парного взаимодействия) [3, 4].

Таблица 1  
Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1 \cdot x_2$	$y_{\text{оп}}$	$y_p$	$\delta_i$
1	1	1	1	1	$y_{\text{оп}(1)}$	$y_p(1)$	$\delta_1$
2	1	1	-1	-1	$y_{\text{оп}(2)}$	$y_p(2)$	$\delta_2$
3	1	-1	1	-1	$y_{\text{оп}(3)}$	$y_p(3)$	$\delta_3$
4	1	-1	-1	1	$y_{\text{оп}(4)}$	$y_p(4)$	$\delta_4$

В таблице 1 столбцы  $x_1$  и  $x_2$  задают планирование – по ним непосредственно определяются условия опытов, а столбцы  $x_0$  и  $x_1 \cdot x_2$  служат только для расчета;

$y_{op}$  – результаты экспериментальных исследований (параметр оптимизации);

$y_p$  – результаты вычислений с использованием уравнений регрессии;

$\delta_i$  – погрешность.

Пределы варьирования факторов составляют

$$40 \leq x_1 \leq 55,$$

$$4,5 \leq x_2 \leq 9.$$

Размерность угла резания  $x_1$  принимается в градусах, частоты вращения фрезы  $x_2$  – в  $\text{с}^{-1}$ .

Переход к нормированным переменным выполнен согласно таблице 2.

Таблица 2

#### Характеристика плана

Характеристика	$x_1$	$x_2$
Параметр $z_{(i)h}$	47,5	6,75
Шаг нормирования	7,5	2,25
Нормирующие значения	$\frac{z_1 - 47,5}{7,5}$	$\frac{z_2 - 6,75}{2,25}$

Частота вращения фрезы регулировалась за счет изменения передаточного отношения редуктора, связывающего карданный вал, идущий от вала отбора мощности трактора, с карданным валом привода фрезы. Угол резания регулировался подкладыванием шайб под болты крепления ножей фрезы к диску.

**Объект исследований.** В качестве объекта исследований и воздействия на лесные почвы на кафедре технологий и машин природообустройства (ТМП) СибГТУ был спроектирован и изготовлен натурный образец лесопожарного агрегата на базе самоходного шасси Т-16 М (табл. 3).

Таблица 3

#### Техническая характеристика лесопожарного агрегата

Параметр	Единица измерения	Числовое значение
Тип орудия		Навесное
Базовые тракторы		Т-16 М
Тип рабочего органа		Торцовая фреза
Частота вращения рабочего органа $n$	$\text{с}^{-1}$	4,5 и 9
Радиус фрезы по концам ножей $R_f$	м	0,3
Количество ножей $z$	шт.	6
Угол наклона режущей кромки ножа относительно радиуса фрезерного диска торцовой фрезы $\alpha$	град	56
Глубина резания регулируется опорной лыжей		

Из анализа научной литературы следует, что качественная опорная полоса достигается при толщине грунта на поверхности ЛГМ 3–4 см. При площади вырезаемого сегмента  $0,05 \text{ м}^2$  (табл. 4) обеспечивается ширина покрытия 1–1,5 м (рис. 1), что является достаточным для предотвращения низового пожара [5].



Минерализованная опорная полоса

**Результаты экспериментальных исследований**

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Результаты испытаний лесопожарного агрегата**

Параметр	$n = 9 \text{ с}^{-1}, \beta=40^\circ$	$n = 4,5 \text{ с}^{-1}, \beta=40^\circ$	$n = 9 \text{ с}^{-1}, \beta=55^\circ$	$n = 4,5 \text{ с}^{-1}, \beta=55^\circ$
Глубина борозды, см	15	15	15	15
Ширина борозды, см	50	50	50	50
Ширина полосы, см	131	116	142	121
Мощность привода, кВт	10,14	5,07	11,51	5,45
Коэффициент загрузки фрезы по моменту $\eta$	0,51	0,28	0,57	0,29
Энергоёмкость резания из опыта, кВт · ч/м <sup>3</sup>	0,125	0,067	0,149	0,071
Энергоёмкость резания расчётная, кВт · ч/м <sup>3</sup>	0,139	0,075	0,167	0,082
Скорость движения, м·с <sup>-1</sup>		0,4		

Результаты реализации плана эксперимента после серии опытов и обработки экспериментальных значений представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Результаты экспериментальных исследований**

Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1 \cdot x_2$	$z_1$	$z_2$	$y_{\text{оп}}$	$y_p$	$\delta_i$
1	1	1	1	1	55	9	0,148658769	0,148658769	$2,78 \cdot 10^{-17}$
2	1	1	-1	-1	55	4,5	0,070584064	0,070584064	$1,39 \cdot 10^{-17}$
3	1	-1	1	-1	40	9	0,131003985	0,131003985	0
4	1	-1	-1	1	40	4,5	0,066549968	0,066549968	0
$\Sigma \delta_i =$									$4,17 \cdot 10^{-17}$

После нахождения коэффициентов уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 0,104199197 + 0,00542222 \cdot x_1 + 0,035632181 \cdot x_2 + \\ + 0,003405172 \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (2)$$

Так как разность между соответствующими значениями опытных и расчетных по уравнению регрессии результатов  $\Sigma \delta < 1$ , т.е. меньше погрешности измерения, следовательно, линейная аппроксимация хорошо описывает действительную зависимость  $y = f(x_1, x_2)$  [3].

Проверка гипотезы об адекватности уравнений регрессии по  $F$ -критерию Фишера показала, что уравнение является адекватным. Независимая проверка коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента выявила значимость всех коэффициентов при факторах  $x_1$  и  $x_2$  и при их взаимодействиях, так как величина расчетных значений критериев Стьюдента  $t_{Pi}$  по абсолютной величине больше табличного значения  $t_{tab} = 2,78$  (табл. 6).

Таблица 6  
Расчетные значения критериев Стьюдента для коэффициентов регрессии

	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_{12}$
	0,104199197	0,00542222	0,035632181	0,003405172
$t_{Pi}$	$6,71567 \cdot 10^{15}$	$3,49464 \cdot 10^{14}$	$2,2965 \cdot 10^{15}$	$2,19464 \cdot 10^{14}$

Заменив нормированные отклонения  $x_1$  и  $x_2$  параметрами  $z_1$ ,  $z_2$ , получим зависимость  $y_p = f(z_1, z_2)$

$$y = 0,104199197 + 0,00542222 \cdot \left( \frac{z_1 - 47,5}{7,5} \right) + 0,035632181 \cdot \left( \frac{z_2 - 6,75}{2,25} \right) + \\ + 0,003405172 \cdot \left( \frac{z_1 - 47,5}{7,5} \right) \cdot \left( \frac{z_2 - 6,75}{2,25} \right). \quad (3)$$

После преобразования получаем формулу, являющуюся статистической моделью изучаемого процесса

$$y = 2,7660195 \cdot 10^{-2} + 6,3910613 \cdot 10^{-4} \cdot z_1 + 6,2515963 \cdot 10^{-3} \cdot z_2 + \\ + 2,0178797 \cdot 10^{-4} \cdot z_1 \cdot z_2. \quad (4)$$

По уравнению регрессии можно оценить относительную степень влияния факторов на изменение выходной величины, для этого используем значение критерия  $t_{Pi}$  (табл. 6); чем он больше, тем сильнее влияние соответствующего фактора на изменения выходной величины. Важную информацию несут знаки коэффициентов регрессии: если линейный коэффициент положителен, то выходная величина возрастает с увеличением соответствующего фактора и наоборот. На основании этого можно сделать вывод, что наибольшее влияние на выходную величину оказывает частота вращения фрезы, а меньшее влияние – угол резания; стоит отметить, что с увеличением данных факторов критерий оценки увеличивается. Также влияние на выходную величину оказывает и парное взаимодействие сочетания частоты вращения фрезы и угла резания, с увеличением этих факторов выходная величина увеличивается.

**Обоснование параметров и режимов работы лесопожарного агрегата.** Экспериментальные исследования фрезерных рабочих органов на натурном образце лесохозяйственного агрегата

показали удовлетворительную сходимость результатов с теоретическими значениями. Расхождение результатов не превышает 10,2 %, что позволяет сделать вывод об адекватности методики расчета и достоверности полученных результатов [6, 7], а также, используя метод покоординатного спуска, провести оптимизацию параметров и режимов работы торцовой фрезы для данного лесохозяйственного агрегата (табл. 7).

Таблица 7

**Оптимальные параметры и режимы работы лесопожарного агрегата с торцовой фрезой на базе Т-16М**

Трактор	$V_{\text{дв}}$ , $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$	$R_{\phi}$ , м	$z$ , шт.	$n$ , $\text{с}^{-1}$	$\alpha$ , град	$\beta$ , град	$\eta_T$	$\Sigma N$ , кВт	$\Sigma E$ , $\text{kBT}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$
Т-16М	0,4	0,3	6	4,5	52,26	23,01	0,49	7,02	0,08514

Примечание:  $V_{\text{дв}}$  – скорость движения агрегата;  $\Sigma N$  – суммарная мощность, затрачиваемая на процесс фрезерования лесной почвы;  $\Sigma E$  – полная энергоёмкость процесса фрезерования лесной почвы.

**Выводы**

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Уменьшение угла резания  $\beta$  вызывает снижение энергоёмкости резания почв. Величина минимально допустимых значений угла обуславливается механической прочностью ножа и угла его установки относительно плоскости фрезерного диска.

2. Изменение частоты вращения фрезы в сторону увеличения вызывает возрастание энергоёмкости резания лесной почвы, что можно объяснить увеличением затрат энергии на метание почвенной стружки с учётом действия инерционных сил.

3. Экспериментальные исследования, выполненные с применением теории планирования экспериментов, позволили оценить достоверность аналитического расчета, а также показали относительную степень влияния варьируемых факторов на энергоемкость процесса фрезерования лесной почвы, исходя из чего была проведена оптимизация параметров и режимов работы лесопожарного агрегата.

**Заключение.** Результаты работы имеют практическое внедрение, данный агрегат передан в Мгининский опытно-механизированный лесхоз Агентства лесной отрасли при администрации Красноярского края и успешно используется на прокладке минерализованных опорных полос с целью профилактической защиты лесных поселков и тушения лесных пожаров.

**Литература**

1. Карнаухов А.И. Лесопожарные агрегаты с торцовой фрезой. Концепция энергосбережения. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2011. – 220 с.
2. Карнаухов А.И., Орловский С.Н. Теоретические предпосылки к обоснованию параметров и режимов работы роторных рабочих органов // Лесной журнал. – 2012. – №4 (328). – С. 70–76.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 278 с.
4. Рафалес-Ламарка Э.Э., Николаев В.Г. Некоторые методы планирования и математического анализа биологических экспериментов. – Киев: Наук. думка, 1970. – 120 с.
5. Матвеев А.М. Способы и средства тушения лесных пожаров: учеб. пособие. – Дивногорск: Огни Енисея, 1993. – 143 с.

- 
6. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Колос, 1981. – 382 с.
  7. Коршун В.Н. Энергетические параметры и режимы функционирования рабочих полевых машин // Тракторы и с.-х. машины. – 2010. – № 7. – С. 24–28.
- 



УДК 630.37:001.891

В.Н. Холопов, В.А. Лабзин

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ С ПРЕПЯТСТВИЕМ

*В статье представлено разделение области функционирования технических средств заготовки лесного сырья на 3 зоны, выполнена классификация лесных препятствий, определена возможность подъёма двухгусеничной машины на вертикальную стенку.*

**Ключевые слова:** функционирование, технические средства, лесное сырье, классификация лесных препятствий, гусеницы, тяговое усилие, сцепление, вертикальная стенка.

*V.N. Kholopov, V.A. Labzin*

## THE TRACKED VEHICLE INTERACTION WITH THE OBSTACLE

*The division of the functioning field of the technical means for wood raw material harvesting into 3 zones is presented, the classification of forest obstacles is carried out, the opportunity to lift two-track vehicle on the vertical wall is determined in the article.*

**Key words:** functioning, hardware, wood raw materials, classification of forest obstacles, caterpillars, traction effort, adhesion, vertical wall.

---

**Введение.** При разработке технических средств функционирования в местах массовой заготовки дикорастущего пищевого и лекарственного сырья, проведения лесоразработок и лесовосстановления целесообразно учитывать условия эксплуатации лесной техники применительно к трем зонам:

- тундра, лесотундра и подтаежная зона;
- лесная таежная зона;
- зона горных лесов.

**Цель исследований.** Разработать классификацию лесных препятствий и исследовать взаимодействие параметров двухгусеничной машины на вертикальную стенку подъёма.

**Объект и методы исследований.** Двухгусеничная машина, принятые допущения, исследование преодоления лесных препятствий.

В зависимости от преимущественных условий эксплуатации лесная машина может быть выполнена горной, болотоходной, плавающей, а также пред назначенной для работы в равнинно-холмистой местности. Каждая из модификаций лесной машины, предназначенная для функционирования в определённых зонах, должна иметь соответствующие конструктивные особенности, позволяющие ей безопасно выполнять необходимые технологические операции и иметь достаточно высокую проходимость, позволяющую преодолевать встречающиеся препятствия [1].

К характерным условиям функционирования лесной техники во всех трёх зонах относится пересеченная местность, представляющая собой совокупность различных препятствий естественного и искусственного происхождения, ориентированных в различных направлениях и расположенных в случайном порядке.

Препятствия, которые могут быть встречены лесной машиной, могут быть в виде неровностей опорной поверхности (бугры, ямы искусственного и естественного происхождения, овраги), а также в виде пней, поваленных деревьев, камней, кочек и др. Возможная классификация лесных препятствий применительно к указанным трём зонам представлена на рисунке 1.

Одним из препятствий, которые можно встретить во всех трёх зонах, является пороговое препятствие, имеющее в наиболее сложных случаях вертикальную стенку. Частными случаями порогового препятствия являются бугры, кочки, валёжины и т.д. Они не представляют особой трудности для их преодоления, поскольку характеризуются достаточно плавными изменениями углов наклона опорной поверхности к горизонту.

Теоретические исследования возможности преодоления пороговых препятствий проводились как для отдельного колеса, так и для машины в целом.

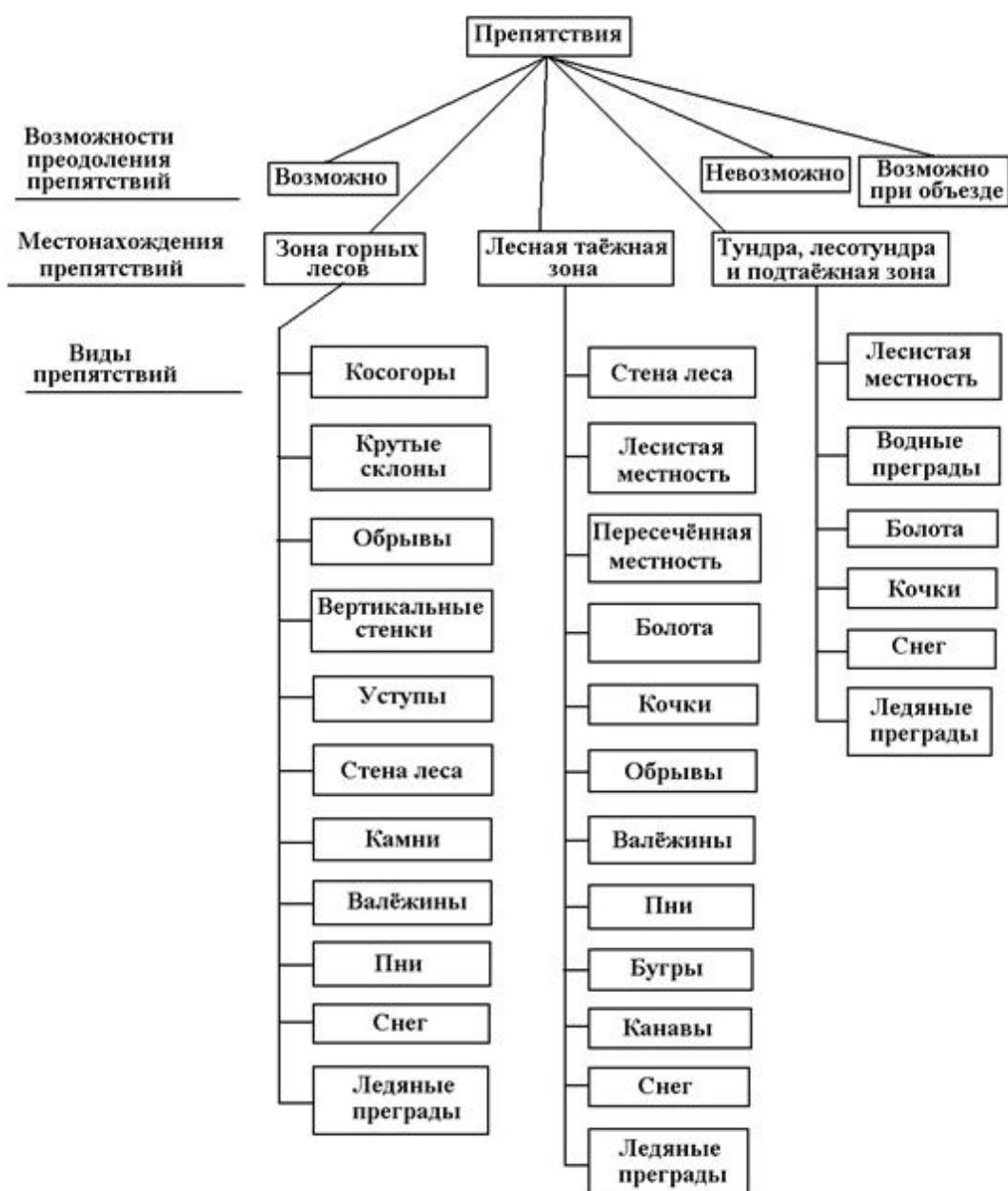


Рис. 1. Классификация лесных препятствий

Изучалось преодоление порогового препятствия неведущим колесом, ведущим колесом, жёстким и эластичным колесом и т.д. При проведении этих исследований полагалось, что колесо и машина находятся на горизонтальной площадке. Было показано, что высота преодолеваемого порогового препятствия зависит от того, ведущее колесо, или ведомое, от того, каков радиус колеса, имеется ли дополнительно приложенная к оси колеса толкающая сила.

Теоретических исследований преодоления пороговых препятствий гусеничной машиной в открытой печати обнаружить не удалось. В известных источниках информации [2–5 и др.] отмечалась лишь технология преодоления такого препятствия, а также рассуждения о влиянии на высоту преодолеваемого порогового препятствия различных конструктивных параметров гусеничной машины и характеристик опорной поверхности. В [5] приведена формула для определения высоты преодолеваемого порогового препятствия танком

$$h_3 = \frac{2A - B}{10}, \quad (1)$$

где  $A$  – полная длина танка (без пушки);

$B$  – полная высота танка.

Формула составлена в предположении, что центр тяжести находится посередине длины танка и отстоит от земли на 0,4 его полной высоты, а сцепление гусениц с гребнем эскарпа достаточное.

Таким образом, конкретное влияние конструктивных параметров машины и связи её гусениц с опорной поверхностью в известных исследованиях не определено.

Определим возможность подъёма двухгусеничной машины на вертикальную стенку. Примем следующие допущения: двухгусеничная машина имеет ведущую звёздочку и натяжной каток, являющиеся одновременно и опорными катками (рис. 2).

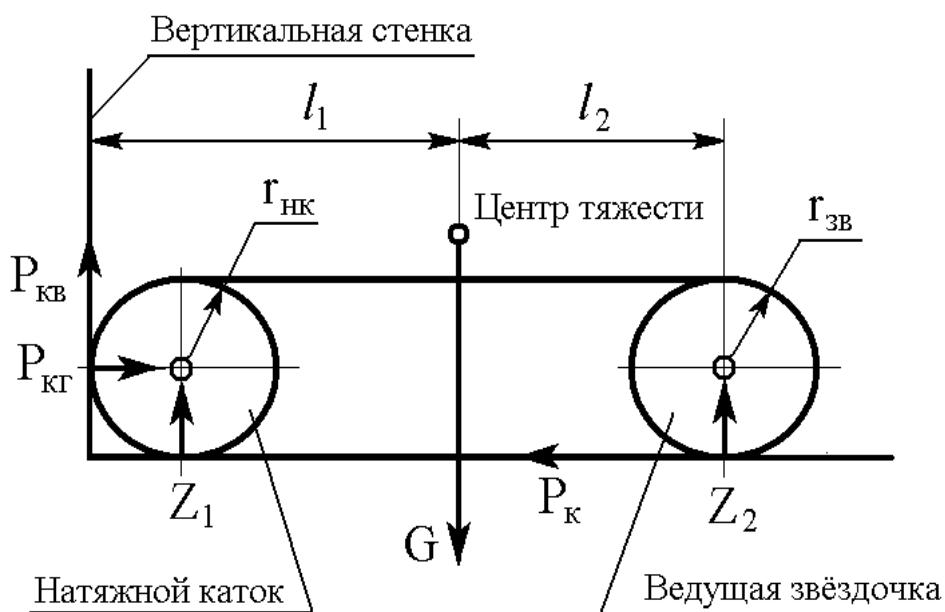


Рис. 2. Схема взаимодействия гусениц двухгусеничной машины с вертикальной стенкой

Составим уравнения равновесия машины.

Сумма моментов действующих сил относительно оси ведущей звёздочки

$$P_{кв}(l_1 + l_2) + Z_1(l_1 + l_2 - r_{к}) + P_{кг}(r_{нк} - r_{зв}) + P_{к}r_{зв} - Gl_2 = 0. \quad (2)$$

Сумма проекций действующих сил на вертикальную ось

$$P_{\kappa\theta} + Z_1 + Z_2 - G = 0. \quad (3)$$

Сумма проекций на горизонтальную ось

$$P_{\kappa} - P_{\kappa\theta} = 0. \quad (4)$$

В этих уравнениях:

$P_{\kappa\theta}$  — сила сцепления гусеницы с вертикальной стенкой;

$Z_1$  — нормальная реакция опорной поверхности на натяжной каток;

$Z_2$  — нормальная реакция опорной поверхности на ведущую звёздочку;

$P_{\kappa\theta}$  — нормальная реакция вертикальной стенки на натяжной каток;

$P_{\kappa}$  — тяговое усилие гусеницы относительно опорной поверхности;

$G$  — вес машины.

Кроме вышеуказанных, имеют место следующие уравнения:

$$P_{\kappa} = Z_2 \varphi_{\varepsilon}; \quad P_{\kappa\theta} = P_{\kappa\theta} \varphi_{\theta}, \quad (5)$$

где  $\varphi_{\varepsilon}$  — коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной опорной поверхностью;

$\varphi_{\theta}$  — коэффициент сцепления гусеницы с вертикальной стенкой.

Начало подъёма машины на вертикальную стенку характеризуется нулевым значением нормальной реакции опорной поверхности на натяжной каток. Уравнение (2) принимает тогда следующий вид:

$$P_{\kappa\theta} (l_1 + l_2) + P_{\kappa\theta} (r_{HK} - r_{3\theta}) + P_{\kappa} r_{3\theta} - Gl_2 = 0, \quad (6)$$

а уравнение (3)

$$P_{\kappa\theta} + Z_2 - G = 0. \quad (7)$$

С учётом уравнений (4), (5), (7) уравнение (6) после преобразований принимает следующий вид:

$$\varphi_{\varepsilon} (l_1 + l_2) + r_{HK} - \varphi_{\varepsilon} l_2 - \frac{l_2}{\varphi_{\varepsilon}} = 0. \quad (8)$$

Пусть

$$r_{HK} = r_{3\theta} K_{HK}, \quad (9)$$

где  $\kappa_{hk} = \frac{r_{hk}}{r_{36}}$  – коэффициент, определяющий соотношение радиусов натяжного катка  $r_{hk}$  и ведущей звёздочки  $r_{36}$  гусеницы.

Тогда

$$\varphi_e (l_1 + l_2) + r_{36} \kappa_{hk} - \varphi_e l_2 - \frac{l_2}{\varphi_e} = 0, \quad (10)$$

или

$$\varphi_e \varphi_e l_1 + r_{36} \kappa_{hk} \varphi_e - l_2 = 0. \quad (11)$$

Коэффициент сцепления гусеницы относительно вертикальной стенки в общем случае не равен коэффициенту сцепления гусеницы с горизонтальной опорной поверхностью. Введём коэффициент  $\kappa_{cp}$ , определяющий соотношение коэффициентов сцепления относительно вертикальной стенки и горизонтальной опорной поверхности.

$$\kappa_{cp} = \frac{\varphi_e}{\varphi_e}; \quad \varphi_e = \kappa_{cp} \varphi_e. \quad (12)$$

Подставим значение коэффициента сцепления относительно вертикальной стенки из (12) в (11).

$$\kappa_{cp} l_1 \varphi_e^2 + r_{36} \kappa_{hk} \varphi_e - l_2 = 0. \quad (13)$$

Решим уравнение (13) и определим минимальное значение коэффициента сцепления относительно горизонтальной поверхности, при котором возможен подъём передней части гусеничной машины на вертикальную стенку. Поскольку коэффициент сцепления не может быть отрицательным, решение уравнения имеет вид

$$\varphi_e = \frac{-r_{36} \kappa_{hk} + \sqrt{r_{36}^2 \kappa_{hk}^2 + 4 \kappa_{cp} l_1 l_2}}{2 \kappa_{cp} l_1}. \quad (14)$$

Разделим числитель и знаменатель на  $l_1$  и получим безразмерное уравнение, определяющее минимальное значение коэффициента сцепления гусеницы с горизонтальной опорной поверхностью, обеспечивающее подъём натяжного катка на вертикальную стенку.

$$\varphi_e = \frac{-\bar{r}_{36} \kappa_{hk} + \sqrt{\bar{r}_{36}^2 \kappa_{hk}^2 + 4 \kappa_{cp} \bar{l}_2}}{2 \kappa_{cp}}, \quad (15)$$

здесь  $\bar{r}_{36} = \frac{r_{36}}{l_1}$ ;  $\bar{l}_2 = \frac{l_2}{l_1}$ .

Если коэффициенты  $\kappa_{hk}$  и  $\kappa_{cp}$  равны единице, то

$$\varphi_e = -0,5 \bar{r}_{36} + \sqrt{0,25 \bar{r}_{36}^2 + \bar{l}_2}. \quad (16)$$

Проанализируем уравнение (15).

График, представленный на рисунке 3 и построенный при  $k_{cp} = [0,5; 1,0; 1,5]$ ,  $r_{3B} = 0,1$ , показывает, что минимально необходимый для подъёма на вертикальную стенку передней части гусеницы (натяжного катка) коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью уменьшается при уменьшении отношения расстояния от центра тяжести гусеничной машины до оси ведущей звёздочки к расстоянию от центра тяжести машины до оси натяжного катка. Другими словами, чем ближе расположен центр тяжести машины к оси ведущей звёздочки, тем минимально необходимый коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью будет меньше. Необходимый коэффициент сцепления уменьшается и при увеличении радиуса натяжного катка в сравнении с радиусом ведущей звёздочки, другими словами, с увеличением расстояния от оси натяжного катка до горизонтальной опорной поверхности.

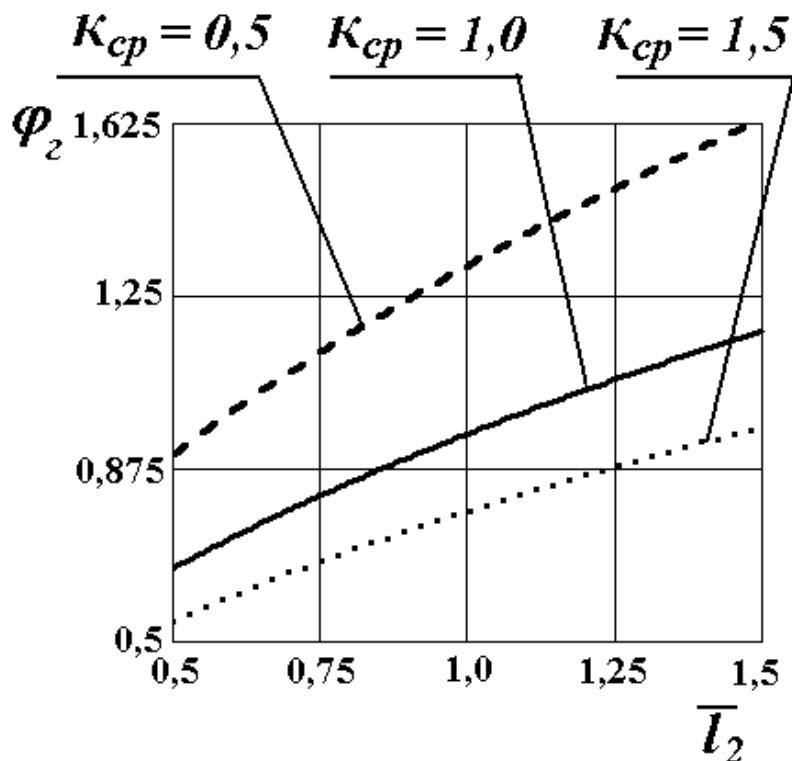


Рис. 3. Зависимости минимального значения коэффициента сцепления гусеничной машины с горизонтальной поверхностью

График, приведенный на рисунке 4 и построенный при  $k_{hk} = [0,5; 1,0; 1,5]$ ,  $r_{3B} = 0,1$  показывает, что минимально необходимый для подъёма на вертикальную стенку передней части гусеницы (натяжного катка) коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью существенно зависит от соотношения коэффициентов сцепления гусеницы с горизонтальной и вертикальной поверхностями. Чем больше коэффициент сцепления гусеницы с вертикальной стенкой  $k_{cp} > 1$ , тем минимально необходимый для подъёма на вертикальную стенку натяжного катка коэффициент сцепления с горизонтальной поверхностью будет меньше.

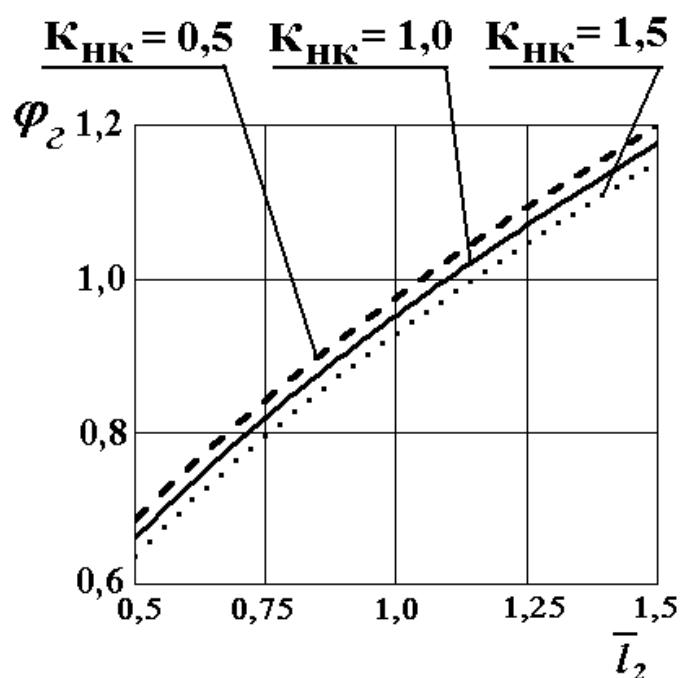


Рис. 4. Зависимости минимального значения коэффициента сцепления гусеничной машины с горизонтальной поверхностью

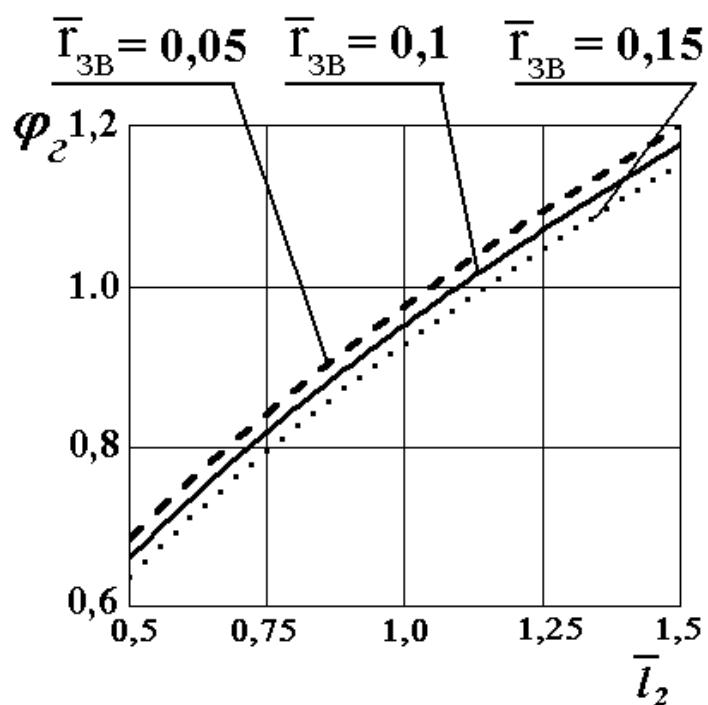


Рис. 5. Зависимости минимального значения коэффициента сцепления гусеничной машины с горизонтальной поверхностью

График, приведенный на рисунке 5 и построенный при  $\bar{r}_{3B} = [0,05; 0,1; 0,15], k_{cp} = 1, k_{HK} = 1$ , показывает, что уменьшение минимально необходимого коэффициента сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью обеспечивает увеличение радиуса ведущей звёздочки.

**Выводы.** С подъёмом передней части гусеничной машины на вертикальную стенку увеличивается угол наклона машины, при этом уменьшаются необходимые для этого подъёма тяговые усилия гусениц.

При определённых конструктивных параметрах гусеничной машины и реальных коэффициентах сцепления гусениц подъём на вертикальную стенку передней части гусениц возможен.

### Литература

1. Лабзин В.А., Холопов В.Н. Лесные сочленённые гусеничные машины. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2006. – 248 с.
2. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
3. Малкин М.А. Метод повышения профильной проходимости полноприводного автомобиля за счёт применения регулируемого силового привода колёс: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2011.
4. Смирнов Г.А. Теория движения колёсных машин. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
5. Танк / А.С. Антонов, Б.А. Артамонов, Б.М. Коротков [и др.]. – М.: Воен. изд-во Министерства обороны СССР, 1954.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, Ю.Н. Макеева

### ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ДЛЯ ЗОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВООБРАБОТКИ

Предложены модели и алгоритм адаптации колесных 4к4а тракторов к зональным технологиям почвообработки. Обоснованы тягово-скоростные режимы и интервалы изменения их эксплуатационной массы путем балластирования для разных операций основной обработки почвы.

**Ключевые слова:** адаптация, балластирование, масса, параметры, трактор, тяговый режим, реакция почвы, технология почвообработки.

N.I. Selivanov, Yu.N. Makeeva

### OPERATION PARAMETERS OF WHEELED TRACTORS FOR ZONAL TILLAGE TECHNOLOGY

*The models and the adaptation algorithm of wheeled 4k4a tractors to zonal tillage technology are offered. The traction-speed modes and intervals of the operating weight change by means of ballasting for different primary tillage operation are substantiated.*

**Key words:** adaptation, ballasting, weight, parameters, tractor, traction mode, soil reaction, tillage technology.

---

**Введение.** В структурной схеме многоуровневой адаптации колесных тракторов общего назначения к зональным технологиям основной обработки почвы оптимизация массоэнергетических параметров является главной задачей второго уровня [1]. На этом уровне предусматривается обоснование энергетического потенциала  $(\xi_N N_{e\sigma})^*$  и эксплуатационной массы  $m_{\sigma}^*$  трактора для установленных групп родственных операций [2] основной обработки почвы с учетом природных

условий и современных тенденций развития тракторной техники. В условиях жесткой конкуренции основным типом сельскохозяйственных тракторов общего назначения являются колесные с формулами 4к4а и 4к4б, составляющие основу рынка и тракторного парка агропромышленного комплекса России. Это серии унифицированных тракторов разных типоразмеров с изменяющимися в широком диапазоне мощностью двигателя и массой.

**Цель работы.** Обоснование эксплуатационных параметров колесных 4к4а тракторов для совокупности технологий основной обработки почвы.

Достижения поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- 1) разработать модели и алгоритм адаптации эксплуатационных параметров тракторов к операционным технологиям почвообработки;
- 2) обосновать оптимальные значения показателей технологичности тракторов для разных групп родственных операций почвообработки;
- 3) установить рациональные интервалы изменения массы тракторов на основной обработке почвы.

**Условия и методы исследования.** При эксплуатационной мощности  $N_{e3}$  значение массы  $m_3$  трактора определяется тягово-скоростным режимом в процессе рабочего хода при случайном характере тяговой нагрузки с учетом установленных допущений и ограничений:

- а) все операции основной обработки почвы по энергоемкости и техническому обеспечению разделены на три группы с рациональными по энергозатратам и агротребованиям интервалами рабочей скорости  $V_H \pm \Delta V$ ;
- б) рациональный тяговый диапазон трактора ограничен режимами максимального тягового КПД  $\eta_{T \max}$  и допустимого буксования  $\delta_d$ , которым соответствуют оптимальное  $\varphi_{kp \ opt}$  и максимальное  $\varphi_{kp \ max}$  значения коэффициента использования веса трактора;
- в) КПД трансмиссии  $\eta_{tr}$  и коэффициент сопротивления качению  $f = f_0 + C (V_H - V_0)$  трактора принимаются равными средним расчетным значениям без учета мощности двигателя  $N_{e3}$  и угла наклона поверхности поля ( $\alpha = 0$ ).

Каждую группу родственных операций почвообработки характеризуют осредненное значение удельного тягового сопротивления  $K_0$  при скорости  $V_0 = 1,4$  м/с, его приращение в зависимости от скорости  $\mu_k = [1 + \Delta K (V^2 - V_0^2)]$  и коэффициент вариации  $\nu_{K0}$ . Номинальное значение рабочей скорости для родственных операций каждой группы определяется как среднее  $V_H = 0,5 \cdot (V_{max} + V_{opt})$  между максимальной скоростью  $V_{max}$ , соответствующей наивысшей производительности при  $K_p = V / \mu_k = \max$ , и скоростью  $V_{opt}$ , обеспечивающей условие  $\mu_k^3 / \eta_T \cdot V^2 = \min$ .

В основу адаптации колесного трактора с установленными характеристиками двигателя ( $N_{e3}$ ,  $K_m$ ,  $n_H$ ), трансмиссии ( $\eta_{tr}$ ,  $i_{tr}$ ) и ходовой системы ( $r_d$ ) к режиму рабочего хода отдельной группы родственных операций обработки почвы положено изменение эксплуатационной массы для достижения оптимальных значений показателей технологичности – удельного энергетического потенциала  $(\xi_{\bar{N}} \mathcal{E}_{e3})^*$  или удельной материаломкости  $m_{y0}^*$  в номинальном тягово-скоростном режиме использования

$$\begin{cases} (\xi_{\bar{N}} \mathcal{E})^* = g(\varphi_{kp} \cdot V / \eta_T)_H; \\ m_{y0}^* = \frac{(\eta_T / \varphi_{kp} \cdot V)_H}{g \cdot 10^{-3}}. \end{cases} \quad (1)$$

Тогда эксплуатационная масса трактора для этой группы родственных операций выразится как

$$m_{\vartheta}^* = m_{y\vartheta}^* \cdot \xi_N^* \cdot N_{e\vartheta}. \quad (2)$$

При этом для первой, наиболее энергоемкой, группы операций номинальный коэффициент использования веса трактора  $\Phi_{\text{кр1}} = \Phi_{\text{кр max}}$  при допустимом буксовании  $\delta_d$ ; для второй и третьей групп операций соответственно  $\Phi_{\text{кр2}} = 0,5$  ( $\Phi_{\text{кр max}} + \Phi_{\text{кр opt}}$ ) и  $\Phi_{\text{кр3}} = \Phi_{\text{кр opt}}$ . Указанный диапазон изменения  $\Phi_{\text{кр}}$  позволит за счет балластирования обеспечить оптимальные или близкие к ним значения показателей технологичности для разных групп родственных операций почвообработки.

Соотношение сил реакции опорной поверхности (почвы) на передние  $Y_P$  и задние  $Y_K$  колеса существенно влияет на тяговые свойства, продольную устойчивость и управляемость трактора. В условиях эксплуатации значения этих реакций определяются расположением центра масс  $a_u$  относительно продольной базы  $L$  трактора, величиной тяговой нагрузки  $P_{\text{кр}}$  и ординатой точки прицепа  $h_{np}$ , а также сопротивлением качению  $P_f$  и радиусом ведущих колес  $r_d$ .

Для равномерного движения трактора в составе агрегата по горизонтальной поверхности с параллельным ей направлением  $P_{\text{кр}}$  нормальные реакции на передние и задние колеса выразятся как [3, 4].

$$\begin{cases} Y_P = (m_{\vartheta} \cdot g \cdot a_u - P_{\text{кр}} \cdot h_{kp} - P_f \cdot r_{dk}) / L; \\ Y_K = [m_{\vartheta} \cdot g \cdot (L - a_u) + P_{\text{кр}} \cdot h_{kp} + P_f \cdot r_{dk}] / L, \end{cases} \quad (3)$$

или

$$\begin{cases} Y_P = m_{\vartheta} \cdot g [a_u - \varphi_{kp} \cdot h_{kp} - f \cdot r_{dk}] / L; \\ Y_K = m_{\vartheta} \cdot g [L - a_u + \varphi_{kp} \cdot h_{kp} + f \cdot r_{dk}] / L. \end{cases} \quad (4)$$

Реакция почвы на колеса неподвижного трактора, свободного от тяговой нагрузки ( $P_{\text{кр}} = P_f = 0$ ), характеризуется статическими значениями

$$\begin{cases} Y_{PCT} = m_{\vartheta} \cdot g \cdot a_u / L; \\ Y_{KCT} = m_{\vartheta} \cdot g \cdot (L - a_u) / L. \end{cases} \quad (5)$$

Нагруженность передних и задних колес трактора оценивается коэффициентами нагрузки

$$\begin{cases} \lambda_P = Y_{PCT} / G_{\vartheta}; \\ \lambda_K = Y_{KCT} / G_{\vartheta}. \end{cases} \quad (6)$$

Отношение  $\lambda_P / \lambda_K = a_u / (L - a_u)$  характеризует распределение веса трактора  $G_{\vartheta} = m_{\vartheta} \cdot g$  по осям в статике и его способность к агрегатированию с прицепными и навесными рабочими машинами.

Развесовку по осям тракторов общего назначения колесной формулы 4к4а, при агрегатировании с задним расположением рабочих машин, выбирают из условий обеспечения высокого тягового усилия, развиваемого задними и передними колесами, и сохранения управляемости.

При использовании тракторов на операциях почвообработки всех установленных групп должно соблюдаться условие

$$P_{KPH} \leq G_{\vartheta} (a_u - \lambda_{PP} L - f \cdot r_d) / h_{kp}. \quad (7)$$

Тогда абсцисса центра масс трактора для обеспечения оптимальной нагруженности передних колес в режиме рабочего хода  $\lambda_{PP} = Y_{PP}/G_3$  с тяговой нагрузкой  $P_{KPH}$  определится как

$$a_u = \lambda_{PP} \cdot L + h_{KP} \cdot \varphi_{KPH} + f \cdot r_{\partial k}. \quad (8)$$

Для новых моделей тракторов 4к4а в диапазоне тяговых нагрузок, соответствующих ( $\varphi_{kp \text{ opt}} - \varphi_{kp \text{ max}}$ ), рекомендуется [3] принимать  $\lambda_{pp} = 0,30 - 0,40$  (рис.1).

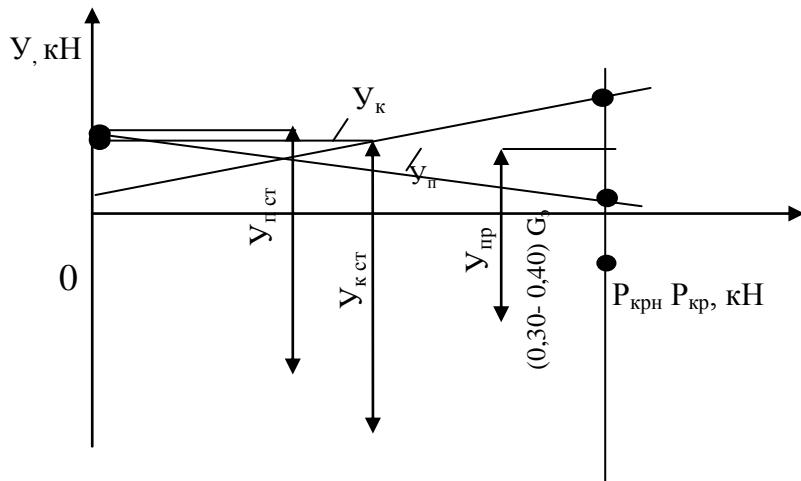


Рис. 1. Зависимость реакций почвы на передние  $Y_p$  и задние  $Y_k$  колеса трактора 4к4а от тягового усилия

Анализ зависимости (8) и рисунка 1 показывает, что для рекомендуемых значений нагруженности передних колес  $\lambda_{pp}$  абсцисса центра масс трактора  $a_u$  должна быть перемещена в направлении передней оси, тогда

$$\begin{cases} Y_{PCT} = \left[ \lambda_{PP} + \frac{(h_{KP} \cdot \varphi_{KPH} + f \cdot r_{\partial k})}{L} \right] \cdot G_3; \\ Y_{KCT} = G_3 - Y_{PCT}. \end{cases} \quad (9)$$

Для трактора с транспортировочным весом брутто  $G_{\vartheta_0} = m_{\vartheta_0} \cdot g$ , продольной базой  $L$  и абсциссой центра масс  $a_{u0}$ , массы переднего  $m_{\vartheta_1}$  и заднего  $m_{\vartheta_2}$  балластов, для получения эксплуатационной массы  $m_{\vartheta}^*$ , определяются решением уравнений моментов относительно осей передних  $O_1$  и задних  $O_2$  колес (рис. 2).

$$\begin{cases} Y_{PCT} \cdot L = G_{\vartheta_1}(L + a_{\vartheta_1}) + G_{\vartheta_0} \cdot a_{u0}; \\ (Y_{KCT} - G_{\vartheta_2})L = G_{\vartheta_0}(L - a_{u0}) - G_{\vartheta_1} \cdot a_{\vartheta_1}, \end{cases} \quad (10)$$

или

$$\begin{cases} Y_{PCT} = [G_{\vartheta_1}(L + a_{\vartheta_1}) + G_{\vartheta_0} \cdot a_{u0}] / L; \\ (Y_{KCT} = [G_{\vartheta_0}(L - a_{u0}) - G_{\vartheta_1} \cdot a_{\vartheta_1}] / L + G_{\vartheta_2}). \end{cases} \quad (11)$$

Тогда массы переднего и заднего балластов выразятся как

$$\begin{cases} m_{\mathcal{B}1}^* = (m_{\mathcal{E}}^* \cdot a_{\Pi} - m_{\mathcal{E}0} \cdot a_{\Pi0}) / (L + a_{\Pi}); \\ m_{\mathcal{B}2}^* = [m_{\mathcal{E}}^* (L + a_{\Pi} - a_{\Pi0}) - m_{\mathcal{E}0} (L + a_{\Pi} - a_{\Pi0})] / (L + a_{\Pi}). \end{cases} \quad (12)$$

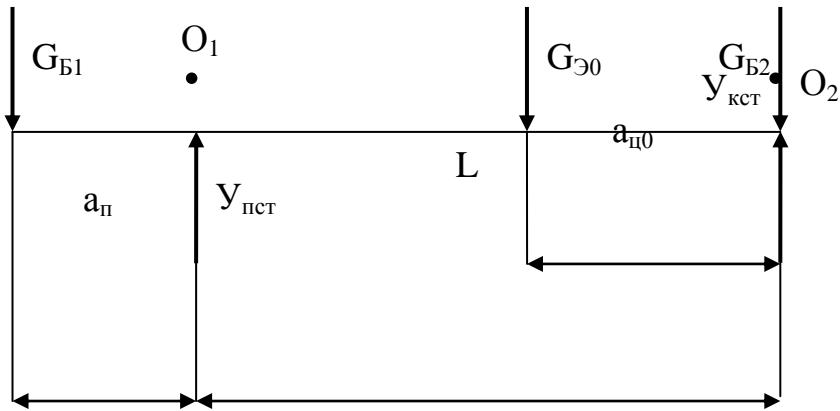


Рис. 2. Расчетная схема определения массы переднего и заднего балластов трактора 4к4а

Соотношения оптимальных значений эксплуатационной массы трактора для разных групп родственных операций и соответствующих им номинальных тяговых усилий можно представить в виде относительных безразмерных величин

$$\begin{cases} \lambda m_{\mathcal{E}} = m_{\mathcal{E}i}^* / m_{\mathcal{E}1}^* = m_{y\delta i}^* / m_{y\delta 1}^* = \lambda m_{y\delta}; \\ \lambda p_{KPH} = m_{\mathcal{E}i}^* \cdot \varphi_{KPHi}^* / m_{\mathcal{E}1}^* \cdot \varphi_{KPH1}^* = \lambda m_{y\delta} \cdot \lambda \varphi_{KPH}. \end{cases} \quad (13)$$

Алгоритм оптимизации эксплуатационных параметров колесного 4к4а трактора с установленным энергетическим потенциалом  $(\xi_{\bar{N}} N_{e\mathcal{E}})^*$  для основных групп родственных операций почвообработки при обоснованных значениях номинальной скорости рабочего хода  $V_h$  включает: определение зависимостей  $\eta_T, \delta = f(\varphi_{kp})$  в интервале буксования двигателей  $\delta = 0,05 - 0,20$  и изменения скорости  $V_h = 2,2 - 3,8 \text{ м/с}$ ; установление  $\varphi_{KPh\max}, \varphi_{KPh}, \varphi_{KPhopt}$  и соответствующих им значений  $\eta_T$  для определения  $\varphi_{KPh1}, \varphi_{KPh2}, \varphi_{KPh3}$ ; расчет по (1)  $m_{y\delta}^*$  и  $m_{\mathcal{E}}^*$  по (2) для каждой группы операций; определение  $a_{\mathcal{E}}$  по (8); расчет  $Y_{pst}$  и  $Y_{kst}$  по (9), определение по (12)  $m_{\mathcal{B}1}$  и  $m_{\mathcal{B}2}$ ; соотношения  $\lambda m_{\mathcal{E}}$  и  $\lambda p_{KPH}$  по (13) для разных групп родственных операций.

**Результаты исследования.** Использование разработанных моделей и алгоритма, с учетом результатов экспериментальных исследований взаимосвязей  $\eta_T, \delta = f(\varphi_{kp})$  (рис. 3), позволило обосновать оптимальные значения удельной материалоемкости  $m_{y\delta}^*$  тракторов формулы 4к4а на одинарных и сдвоенных колесах для совокупности разных групп родственных операций основной обработки почвы [5] (табл. 1).

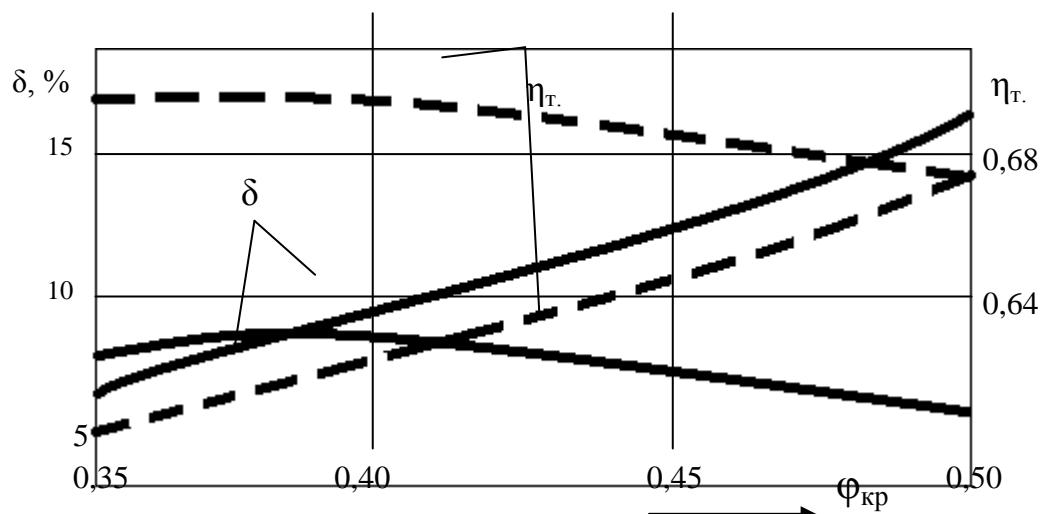


Рис. 3. Зависимости  $\eta_m$ ,  $\delta = f(\phi_{kp})$  трактора 4к4а: — одинарные; - - - - сдвоенные колеса

Таблица 1

Оптимальные значения  $\phi_{kp}^*$  и  $m_{yd}^*$  для операций основной обработки почвы

Группа опе- раций	V <sub>h</sub> , м/с (км/ч)	Одинарные колеса			Сдвоенные колеса		
		$\phi_{kp}^*/\delta$	$\eta_{th}$	$m_{yd}^*$ , кг/кВт (кг/л.с.)	$\phi_{kp}^*/\delta$	$\eta_{th}$	$m_{yd}^*$ , кг/кВт (кг/л.с.)
1	2,20 (8,0)	0,45	0,625	64,47 (47,40)	0,47	0,692	68,21 (50,15)
		0,15			0,124		
2	2,65 (9,5)	0,41	0,634	59,49 (43,74)	0,41	0,707	66,31 (48,76)
		0,124			0,10		
3	3,33 (12,0)	0,37	0,638	52,80 (38,82)	0,35	0,710	62,11 (45,67)
		0,10			0,07		

Повышению номинальной скорости рабочего хода от  $V_{h1} = 2,20$  м/с до  $V_{h3} = 3,33$  м/с (на 51%), при установленных значениях  $\phi_{kp}$  и  $\eta_{th}$ , соответствует снижение  $m_{yd}^*$  на 21 % для одинарных и на 9 % для сдвоенных колес. Указанные соотношения  $\lambda m_{yd}^*_{max} = \lambda m_{th}^*_{max}$ , находятся в допустимых пределах изменения [3] и достигаются подбором масс передних и задних балластных грузов при установленных значениях  $m_{th} = (0,8-0,9) m_{th}$  и  $a_{40} \leq a_{41}$  (табл.2).

Установка сдвоенных колес сопровождается повышением  $m_{yd}^*$  и соответственно  $m_{th}^*$  от 5,8 % для первой группы операций до 17,6 % для третьей, что достигается в первую очередь за счет массы дополнительного комплекта задних и передних колес с промежуточными дисками, а также массы соответствующих балластных грузов. Повышение  $P_{kp}^*$  на сдвоенных колесах составляет при этом для всех групп операций 10,5–11,5 %, что обеспечивает соответствующий рост чистой производительности агрегатов.

Таблица 2

Соотношение удельной массы и номинального тягового усилия тракторов 4к4а на одинарных и сдвоенных колесах

Группа операций	$\lambda V^*$	Одинарные колеса		Сдвоенные колеса		Сдвоенные Одинарные	
		$\lambda m_{yd}^*$	$\lambda P_{kp}^*$	$\lambda m_{yd}^*$	$\lambda P_{kp}^*$	$\lambda m_{yd}^*_{2/1}$	$\lambda P_{kp}^*_{2/1}$
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,058	1,105
2	1,20	0,923	0,841	0,972	0,848	1,115	1,115
3	1,51	0,819	0,673	0,910	0,678	1,176	1,112

На рисунке 4 приведены зависимости эксплуатационной массы  $m_{\text{э}}^*$  от энергетического потенциала  $(\xi_N N_{\text{еэ}})^*$  трактора 4к4а на одинарных и сдвоенных колесах, которые позволяют обосновать условия их балластирования на операциях основной обработки почвы разных групп.

Например, для трактора Versatile-280 мощностью  $N_{\text{еэ}} = 200 \text{ кВт}$  и  $\xi_N^* = 1,0$  разность  $m_{\text{э3}}^* = m_{\text{э1}}^*_{\text{min}} = 10,9 \text{ т}$  и  $m_{\text{э1}}^* = m_{\text{э1}}^*_{\text{max}} = 13,3 \text{ т}$  составляет на одинарных колесах 2,4 т. На сдвоенных колесах эта разность не превышает  $(14,1-12,8) = 1,3 \text{ т}$ . Аналогично для трактора New Holland T. 8.390 мощностью  $N_{\text{еэ}} = 276 \text{ кВт}$  и  $\xi_N^* = 1,03$  на одинарных и сдвоенных колесах соответственно  $\Delta m_{\text{э1}}^* = (17,8-14,6) = 3,2 \text{ т}$ ,  $\Delta m_{\text{э2}}^* = (18,8-17,1) = 1,7 \text{ т}$ .

При известных значениях  $G_{\text{эо}}$ ,  $a_{\text{ц0}}$ ,  $a_{\text{п}}$  и  $h_{\text{пр}}$  любого трактора и заданного соотношения  $U_{\text{пст}}/U_{\text{кст}}$  можно определить массы переднего и заднего балластов, а также количество дополнительных грузов для их обеспечения.

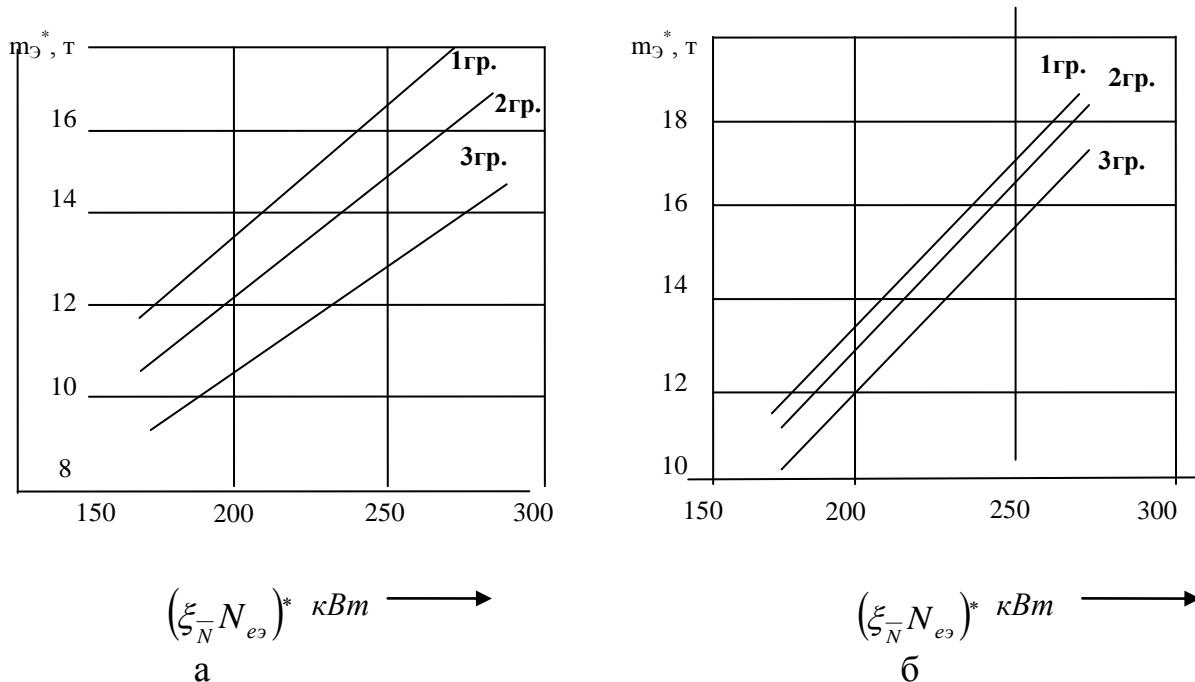


Рис. 4. Оптимальные значения эксплуатационной массы тракторов 4к4а для основных групп родственных операций почвообработки: а – одинарные; б – сдвоенные колеса

### Выводы

1. Представлены модели и алгоритм адаптации колесных 4к4а тракторов к операционным технологиям обработки почвы для эффективного использования в разных природно-производственных условиях.

2. Обоснованы оптимальные значения показателя технологичности – удельной материалоемкости тракторов на одинарных и сдвоенных колесах для зональных технологий обработки почвы.

3. Определены рациональные интервалы изменения эксплуатационной массы тракторов с установленным энергетическим потенциалом для совокупности разных по энергоемкости и агротребованиям групп родственных операций почвообработки.

## Литература

1. Селиванов Н.И., Кузнецов А.В. Система адаптации колесных тракторов высокой мощности к зональным технологиям почвообработки // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2014. – № 6. – С. 232–237.
2. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов и агрегатов для зональных технологий почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 10. – С. 161–165.
3. Селиванов Н.И. Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов: учеб. пособие. – Красноярск, 2010. – 347 с.
4. 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 (25). – С. 56–61.
5. 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.



УДК 621.314: 681.586

Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак

### КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

В статье рассмотрены вопросы надежности энергосистем, перспективы увеличения электропотребления, влияния высших гармоник на работу электрооборудования и качества электроэнергии в распределительных сетях АПК, предложен комплексный подход применения активных фильтров.

**Ключевые слова:** электропотребление, потери электрической энергии, высшие гармоники, активная фильтрация, компенсация реактивной мощности.

G.S. Kudryashev, A.N. Tretyakov, O.N. Shpak

### THE INTEGRATED APPROACH IN THE PROCESS OF OPTIMIZATION OF THE ELECTRICAL NET WORKINGMODES IN THE AIC ENTERPRISES

*The issues of the power system reliability, the prospects of the energy consumption increase, the influence of higher harmonics on the electrical equipment work and electric power quality in the AIC power distribution networks are considered, the comprehensive approach of the active filter use is offered in the article.*

**Key words:** power consumption, electric power losses, higher harmonics, active filtering, reactive power compensation.

---

**Введение.** В настоящее время в электроэнергетике нарастает дефицит мощности и электроэнергии, который пока имеет локальный характер на уровне ряда региональных энергосистем. Это является следствием неравномерных темпов развития экономики различных регионов страны, недостаточных вводов генерирующих мощностей и недостаточных пропускных способностей электрических связей для передачи мощности и электроэнергии из избыточных регионов в дефицитные.

Однако в условиях, когда реальные темпы развития экономики существенно превышают темпы наращивания электроэнергетического потенциала страны, кризис, связанный с дефицитом мощностей, будет углубляться и охватывать все большую часть регионов страны. Структура электропотребления в динамике до 2030 года представлена на рисунке 1 [6].

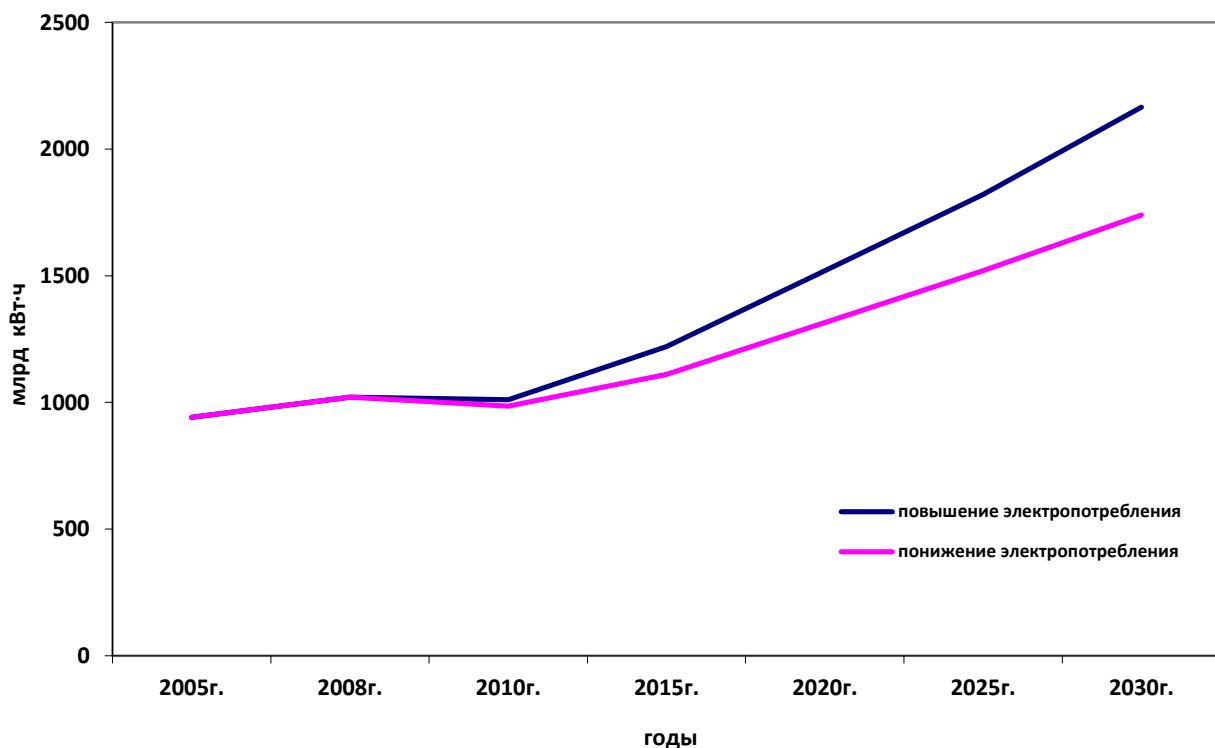


Рис. 1. Варианты динамики внутреннего электропотребления, млрд кВт·ч

В обоих случаях происходит рост электропотребления, динамика отражает ежегодное увеличение электроприемников. С 2010 года этот рост более динамичный, и к 2030 году ожидается увеличение электропотребления на 50 %. Такие темпы роста потребления электроэнергии в России должны быть подтверждены надежностью распределительных сетей, запасом мощностей генерирующих установок.

**Цель исследования.** В связи с этим одной из стратегических целей развития электроэнергетики в рассматриваемой перспективе является надежное энергоснабжение экономики и населения страны электроэнергией. Для решения поставленных целей необходимо решить ряд задач:

1. Реконструкция электрических сетей, модернизация электрооборудования.
2. Оптимизация энергопотребления, энергосбережения.
3. Стратегическое планирование энергопотребления.
4. Снижение потерь, автоматизация, повышение качества электроэнергии в распределительных сетях.

Глобальное перевооружение, автоматизация электрооборудования и рост электропотребления приводят к перегрузкам сетей и возникновению аварийных ситуаций. Широкое применение устройств с нелинейными и изменяющимися во времени характеристиками приводит к увеличению уровня высших гармоник в электрических сетях [4]. Результатом воздействия гармоник на систему электроснабжения и оборудование, включая сельскохозяйственных потребителей, является увеличение потерь во вращающихся машинах, трансформаторах, линиях электропередачи; ускоренное старение изоляции электрооборудования; ложные срабатывания устройств релейной защиты и автоматики. На рисунке 2 представлены основные спектры гармоник различных устройств.

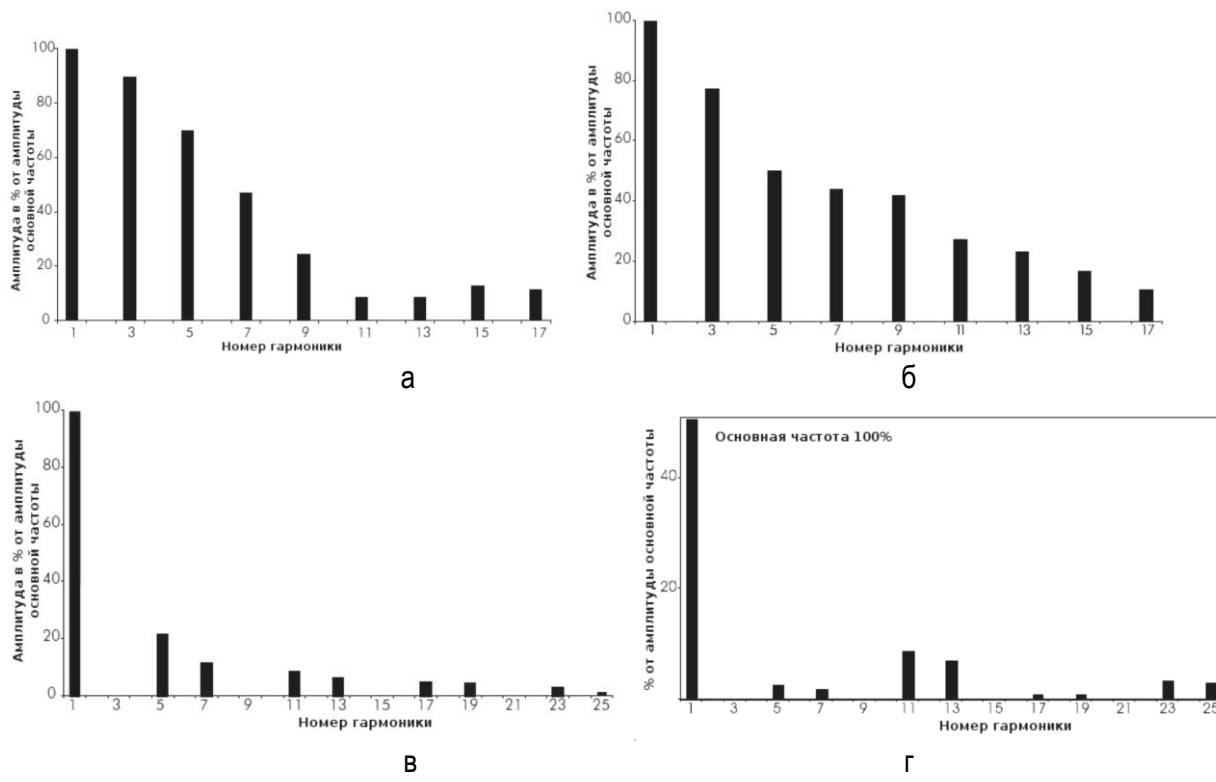


Рис. 2. Спектры гармоник различных устройств: а – типового источника бесперебойного питания; б – люминесцентных ламп; в – шестиимпульсного моста; г – двенадцатиимпульсного моста

Спектры гармоник различных устройств отличаются как по гармоническим составляющим, так и по мощности гармоник. Основные гармоники, присутствующие в устройствах, нечетные: 3-я, 5-я, 7-я, 9-я, 11-я и 13-я.

Существует ряд негативных факторов влияния высших гармоник и интергармоник на работу электрооборудования, средств защиты, автоматики и надежность электроснабжения [3, 5].

Высшие гармоники оказывают отрицательное влияние на технологический процесс и режим работы электролизеров. Наличие пульсирующего напряжения с большим содержанием высших гармоник способствует увеличению обратимых восстановительных процессов в электролите, влияет на подвижность ионов, перенос заряда и, следовательно, приводит к снижению коэффициента полезного действия электролизных установок, ухудшению качества продукции.

При прохождении токов высших гармоник по элементам системы электроснабжения возникают дополнительные потери активной мощности и электроэнергии. Наибольшие дополнительные потери активной мощности имеют место в трансформаторах, двигателях и генераторах. В ряде случаев эти потери могут привести к недопустимому перегреву обмоток электрических машин и во всех случаях приводят к дополнительным потерям электрической энергии.

При наличии гармоник в кривой напряжения процесс старения изоляции протекает более интенсивно, что объясняется ускорением при высоких частотах электрического поля физико-химических процессов в диэлектриках, обусловливающих их старение. Высшие гармоники тока и напряжения влияют на погрешности электроизмерительных приборов. В практике эксплуатации существенное значение имеет увеличение погрешностей индукционных счетчиков активной и реактивной энергии. Значения этих погрешностей существенно отражаются при учете потребления электрической энергии.

Наличие высших гармоник затрудняет и в ряде случаев делает невозможным использование силовых цепей в качестве каналов для передачи информации. Высшие гармоники ухудшают работу телемеханических устройств, вызывают сбои в их работе, если силовые цепи используются в качестве каналов связи.

**Методы.** Ограничение несинусоидальности напряжения с наибольшей эффективностью может быть достигнуто на стадии проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий, но требует дополнительных затрат. Поэтому такое ограничение является технико-экономической проблемой, которую нельзя решать в отрыве от задачи компенсации реактивной мощности. Это объясняется тем, что компенсирующие устройства с емкостными параметрами (например, конденсаторные батареи, фильтры высших гармоник) в сочетании с индуктивным сопротивлением питающей сети могут приводить к резонансу в сети на высокой частоте, и следовательно, к увеличению отдельных гармоник тока и напряжения.

**Результаты исследования.** Появление убытка от высших гармоник обуславливает необходимость снижения их уровней в системах электроснабжения. В настоящее время основными мерами по уменьшению влияния высших гармоник напряжения на элементы электроустановок являются:

- рациональное построение схемы электроснабжения;
- применение многофазных схем выпрямления, специальных законов управления преобразователями;
- использование активных фильтров.

Активные фильтры подавляют все неосновные составляющие токов сетей в определенном диапазоне частот, в том числе неканонические и низкочастотные составляющие, являются многофункциональными устройствами и, кроме фильтрации токов и напряжений электросетей, могут обеспечивать компенсацию реактивной мощности и симметрирование трехфазных систем токов и напряжений. Активные фильтры могут быть выполнены многотактными, многоуровневыми, каскадными. Многообразие исполнений фильтров, широкие возможности формирования их параметров позволяют при современной элементной базе синтезировать активные фильтры с высокими технико-экономическими показателями для использования их в промышленных электросетях и электро-приводах [1, 2].

**Выводы.** При низкой потребляемой мощности предприятий АПК, по сравнению с другими промышленными предприятиями, использование активной фильтрации с возможностью компенсации реактивной мощности становится необходимостью для защиты электрооборудования от внешнего воздействия.

Применение активных фильтров позволит производить компенсацию реактивной мощности в электрической сети, а также обеспечит стабилизацию напряжения на шинах потребителей, фильтрацию высших гармоник, симметрирование токов и напряжений в сети и экономию средств на оплату потребляемой предприятием электрической энергии.

## Литература

1. Патент Российской Федерации. Однофазный активный фильтр / Третьяков А.Н., Билдагаров П.Н., Кудряшев Г.С., Шпак О.Н. – Заявл. 20.08.11; опубл. 10.08.12, Бюл. № 22.
2. Кудряшев Г.С., Иваньо Я.М., Лайков М.И. Адаптивная система компенсации реактивной мощности // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 5. – С. 355–358.
3. Селезнев А.С., Кондрат С.А., Третьяков А.Н. Нормализация несинусоидальных режимов в электрических сетях // Вестник ИрГТУ. – 2014. – № 8 (91). – С. 155–161.
4. Энергосбережение при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции / Х. Рахмет, Г.С. Кудряшев, В.В. Федчишин [и др.] // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 5 (76). – С. 147–150.
5. Шпак О.Н., Кудряшев Г.С., Третьяков А.Н. Анализ спектра высших гармоник в распределительных сетях Иркутской области // Современные проблемы и перспективы развития АПК: мат-лы регион. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию ФГБОУ ВПО ИрГСХА (25–27 февраля 2014 г.). – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014. – Ч. II. – С. 178–180.
6. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009г. № 1715-р. // Офиц. сайт Мин. энергетики РФ. – URL: [www.minenergo.gov.ru/activity/energostr](http://www.minenergo.gov.ru/activity/energostr).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ПОВТОРНЫХ ЗАЖИГАНИЙ ДУГИ В МЕЖКОНТАКТНОМ ПРОМЕЖУТКЕ ВАКУУМНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Выполнено математическое моделирование перенапряжений, возникающих при отключении двигателя, в зависимости от начальных условий коммутации.

**Ключевые слова:** моделирование, коммутационные перенапряжения, вакуумный выключатель, зажигание дуги.

V.S. Kulikovsky, O.A. Kovaleva

## THE MODELING OF THE SWITCHING OVERVOLTAGE TAKING INTO ACCOUNT THE ARC RE-IGNITIONS IN THE INTER-CONTACT GAP OF THE VACUUM SWITCH

*The mathematical modeling of the overvoltage occurring in the engine turning off, depending on the switching initial conditions is carried out.*

**Key words:** modeling, switching overvoltage, vacuum switch, arc ignition.

**Введение.** Устойчивая работа электроприемников промышленных предприятий зависит от многочисленных факторов, одним из которых является надежность высоковольтной коммутационной аппаратуры. Опыт эксплуатации показал, что данному критерию наиболее соответствуют вакуумные выключатели (ВК), что привело к их широкому внедрению. В то же время после внедрения ВК прошел рост аварийности высоковольтных электродвигателей. Основной причиной выхода электродвигателей из строя явился пробой их изоляции коммутационными перенапряжениями. Поэтому важной задачей является определение опасных уровней напряжений.

Наиболее широкие возможности в исследовании коммутационных перенапряжений дает математическое моделирование. Авторами была предложена модель возникновения перенапряжений без учета повторных зажиганий дуги [1].

**Цель работы.** Показать влияние повторных зажиганий дуги на величину уровней перенапряжений и длительность протекания переходного процесса при коммутации нагрузки.

**Основные задачи:** предложить для исследования влияния повторных зажиганий дуги в межконтактном промежутке выключателя математическую модель процесса отключения нагрузки; использование результатов моделирования при разработке устройств ограничения коммутационных перенапряжений.

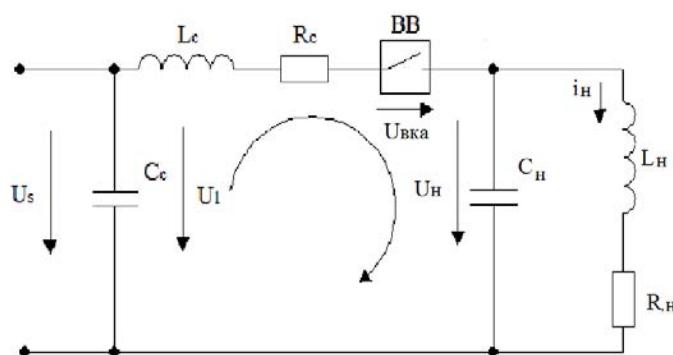


Рис.1. Схема замещения участка электрической сети «распределительный пункт – кабель – вакуумный выключатель – кабель – двигатель»

Для дальнейшего моделирования предлагается однофазная схема замещения участка электрической цепи «распределительный пункт – вакуумный выключатель – кабель – электродвигатель».

Обозначения в схеме:  $C_c$  – емкость кабеля относительно земли от РП до вакуумного выключателя;  $C_h$  – емкость отключаемого участка сети;  $L_c$  и  $L_h$  – индуктивности кабеля первого участка и нагрузки;  $R_h$  – активное сопротивление нагрузки;  $R_c$  – активное сопротивление кабеля от распределительного пункта до вакуумного выключателя; ВВ – вакуумный выключатель;  $U_s$  – напряжение сети;  $U_{mp}$  – напряжение в межконтактном промежутке выключателя;  $U_h$  – напряжение отключаемого контура.

В реальных же условиях в межконтактном промежутке высоковольтного выключателя при коммутации силовой нагрузки возникают многократные повторные зажигания дуги. Если переходное напряжение превышает электрическую прочность в межконтактном промежутке вакуумной дугогасительной камеры выключателя, то возникает пробой промежутка

$$U_{np}(t) = k \times t + C, \quad (1)$$

где  $k$  – константа, определяющая рост электрической прочности в вакуумной дугогасительной камере;

$C$  – первоначальная прочность промежутка после погасания дуги, величина которой зависит от контактного материала, скорости расхождения контактов, типа коммутационного аппарата.

В период горения дуги происходит уравновешивание зарядов емкостей нагрузки и сети, что приводит к возникновению высокочастотного тока, протекающего по контуру « $C_c - R_c - L_c - C_h$ » (рис. 2). Частота колебаний тока вследствие незначительной величины индуктивности  $L_c$  (порядка нескольких сотен мкГн) может достигать 100–150 кГц. Одновременно с этим через дугу в контур нагрузки начинает протекать ток промышленной частоты. В выключателе происходит наложение этих токов, что может привести к появлению нулевых значений результирующего тока. Высокая отключающая способность вакуумного выключателя позволяет ему отключать токи со значительной скоростью изменения тока. Отключение происходит, если скорость не превышает 500 А/мкс. Величина емкостей  $C_c$ ,  $C_h$  такова, что ток  $i_{2cb}$  не проникает в контуры нагрузки и источника питания.

Для схемы на рисунке 2 записываем уравнение, описывающее физические процессы в контуре протекания высокочастотного тока

$$L_c \times \left( \frac{di_2}{dt} \right) + R_c \times i_{2cb} + u_h - u_1 = 0. \quad (2)$$

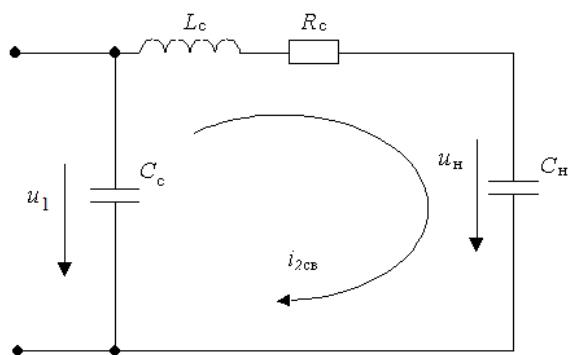


Рис. 2. Контур протекания высокочастотного тока

Решениями уравнения (2) относительно тока и напряжения на нагрузке будут следующие уравнения:

$$i_{2cb}(t) = \left( u_1 - u_h - L_c \times I_m \cos(\varphi_1 - \varphi) - \frac{\alpha_1 \times B_2 \times L_2 \times \sin(\omega_{B1} t) + (-I_m) \times \sin(\psi_1 - \varphi)}{L_c \times \omega_{e1}} \right). \quad (3)$$

$$i_h(t) = i_{1np}(t) + i'_{1cb}(t) = I_m \sin(\omega_e t + \psi_{11} + \varphi) e^{\alpha t} \times [G_1 \sin(\omega_e t) + G_2 \cos(\omega_e t)], \quad (4)$$

$$u_{H,nep}(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_{11}) + e^{\alpha_1 t} \times \left\{ \left( \frac{-i_{1c8}(0) + \omega \times U_m \cos(\psi_{11}) \times C_H - S_2 \times \alpha_1 \times C_\partial}{\omega_{61} \times C_H} \right) \sin(\omega_{61} t) + u_{H,c8} \cos(\omega_{61} t) \right\}, \quad (5)$$

где  $\alpha_1 = -\frac{R_c}{2 \times L_c}$  – коэффициент затухания;

$\omega = \sqrt{\left( \frac{R_c}{2 \times L_c} \right)^2 - \left( \frac{C_\partial - C_c}{L_c \times C_\partial \times C_c} \right)}$  – частота свободных колебаний;

$$B_1 = \frac{u_1 - u_H - L_c \times I_m \times \omega \times \cos(\psi_{11} - \varphi) - \alpha \times B_2 \times L_c}{L_c \times \omega_{61}};$$

$$B_2 = -I_m \times \sin(\psi_{11} - \varphi);$$

$$G_1 = \frac{u_H - R \times i_{1nep} - L_H \times I_m \times \omega \times \cos(\psi_{11} + \varphi) - \alpha_2 \times L_H \times G_2}{L_H \times \omega_6};$$

$G_2 = e^{\alpha t_{n3}} \times (C_1 \times \sin(\omega_6 t_{n3}) + C_2 \times \cos(\omega_6 t_{n3})) - I_m \times \sin(\psi_{11} + \varphi)$  – постоянные интегрирования тока;

$$S_1 = -\frac{i_{1c8} - \omega \times U_m \times \cos(\psi_{11}) \times C_H - S_2 \times \alpha_1 \times C_H}{\omega_{61} \times C_H};$$

$S_2 = u_{H,c8}$  – постоянные интегрирования напряжения.

Выражения (3)–(5) позволяют провести математическое моделирование перенапряжений при отключении вакуумными выключателями вращающейся электрической машины.

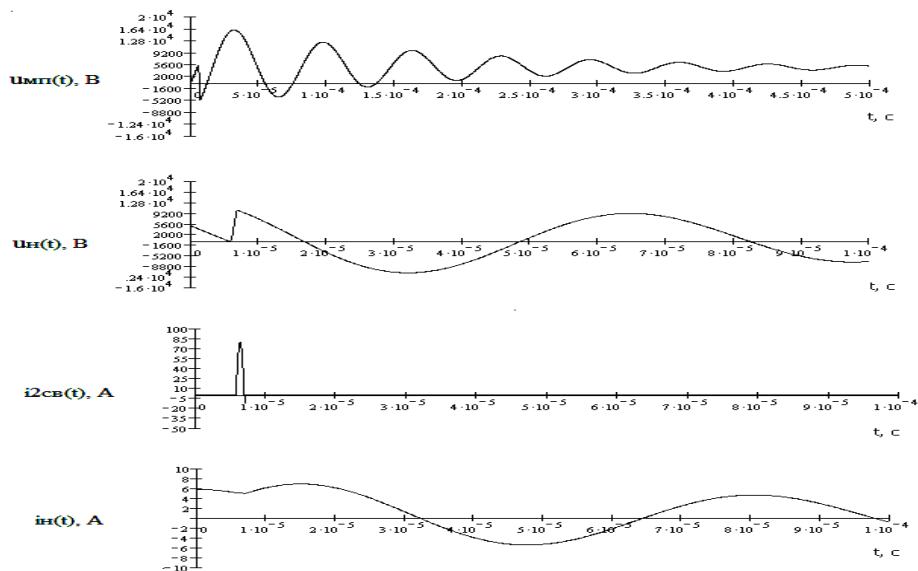


Рис. 3. Отключение электродвигателя СДЭ-14-29 на холостом ходу: длина кабельной вставки 0 м; величина тока среза 5,66 А;  $u_{mp}$  – восстанавливющееся напряжение в межконтактном промежутке;  $u_H$  – восстанавливющееся напряжение на зажимах электродвигателя;  $i_{2c8}$  – высокочастотный ток, протекающий через ВКА;  $i_H$  – ток, протекающий в фазе электродвигателя

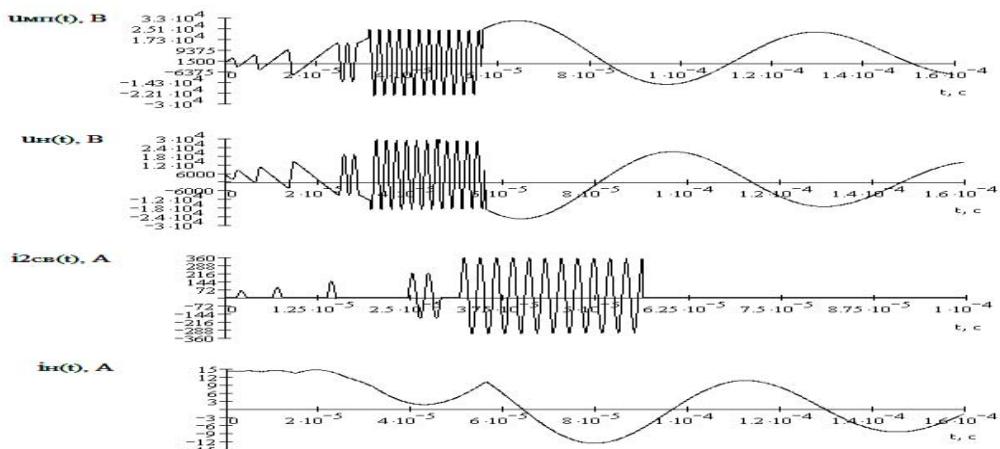


Рис. 4. Отключение электродвигателя СДЭ-14-29 на холостом ходу: длина кабельной вставки 0 м; величина тока среза 14 А;  $u_{mp}$  – восстанавливющееся напряжение в межконтактном промежутке;  $u_H$  – восстанавливющееся напряжение на зажимах электродвигателя;  $i_{2cb}$  – высокочастотный ток, протекающий через ВКА;  $i_H$  – ток, протекающий в фазе электродвигателя

На рисунках 3 и 4 приведены результаты моделирования перенапряжений при отключении синхронного двигателя СДЭ-14-29 мощностью 520 кВт, присоединенного непосредственно к вакуумному выключателю (длина кабельной вставки  $L_{\text{каб}}=0$ ).

После того как произошел срез тока (5,66 А) на спаде положительной синусоиды тока нагрузки, возникают свободные затухающие колебания электромагнитной энергии с частотой  $f = 15,3$  кГц. Через 5,7 мкс. И в вакуумной дугогасящей камере происходит пробой промежутка. Вследствие этого в контуре « $C_c - R_c - L_c - C_H$ » происходит уравновешивание потенциалов емкостей. Это приводит к появлению переходного тока  $i_{2\text{per}}$  с частотой колебаний 458 кГц. Максимальная амплитуда напряжения на зажимах двигателя 10,7 кВ, скорость роста напряжения составляет 188 В/мкс.

При увеличении амплитудного значения тока среза до 14 А изменяется картина переходного процесса (рис.4). После погасания дуги частота колебания электромагнитной энергии достигает  $f = 15,3$  кГц. Через 1,4 мкс после начала переходного процесса происходит превышение напряжения в межконтактном промежутке над уровнем восстанавливющейся электрической прочности дугогасительной камеры, что в итоге приводит к обратному зажиганию дуги и возникновению в контуре « $C_c, C_H, L_c, R_c$ » (см. рис.2) высокочастотного тока  $i_{2\text{cb}}$ . Через 2,7 мкс значение тока  $i_{2\text{per}}$  будет равно 0 А, в этот момент происходит повторное отключение цепи. Максимальная амплитуда напряжения на нагрузке в этот момент времени равна 30 кВ.

Процесс продолжается до тех пор, пока восстанавливющаяся электрическая прочность не превысит максимальное напряжение в межконтактном промежутке выключателя. Всего получено пять повторных зажиганий дуги. Общая продолжительность процесса многократных повторных зажиганий дуги составила 52,9 мкс.

В таблице приведены амплитуды перенапряжений без и с учетом повторных зажиганий дуги.

Мощность двигателя, кВт	520	
Ток среза, А	5,66	14
Амплитуда восстанавливующегося напряжения $U_H$ , кВ	9*/10.7	21*/30

\* Значение без учета повторных зажиганий дуги [2].

Предложенная математическая модель переходного процесса при коммутации электродвигателей позволяет сделать следующий вывод.

**Выводы.** При учете повторных зажиганий дуги в межконтактном промежутке выключателя происходит увеличение амплитуды и фронта волны ожидаемого напряжения. Возрастает длительность переходного процесса, а следовательно, и продолжительность негативного воздействия на изоляцию электроприемника.

При определенных сочетаниях начальных условий коммутации двигателя возможна эскалация перенапряжений.

Результаты моделирования могут быть использованы для определения параметров и выбора устройств защиты от перенапряжений с учетом срока эксплуатации электроприемников.

### Литература

1. Вакуумные выключатели в схемах управления электродвигателями / В.А. Воздвиженский, А.Ф. Гончаров, А.В. Козлов [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 200 с.
2. Куликовский В.С., Ковалева О.А. Моделирование коммутационных перенапряжений при коммутации высоковольтных электродвигателей вакуумными выключателями // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 5 – С. 337–343.



УДК 631.348.2

Д.О. Суринский, В.Н. Агапов,  
Н.И. Смолин, А.В. Козлов

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОДЕРАТИЗАТОРА

Предложенная авторами методика расчета позволяет теоретически обосновать основные конструктивные и технологические параметры электродератизатора для эффективной защиты объектов АПК от грызунов.

**Ключевые слова:** электродератизатор, конструктивные и технологические параметры, грызуны, электрический ток.

D.O. Surinsky, V.N. Agarov,  
N.I. Smolin, A.V. Kozlov

### THEORETICAL PREREQUISITES OF THE ELECTRIC DISINFESTATION DEVICE DEVELOPMENT

*The proposed by the authors calculation methodology allows to theoretically substantiate the main structural and technological parameters of the electric disinfestation device for the effective protection of AIC objects from rodents.*

**Key words:** electric disinfestation device, structural and technological parameters, rodents, electric current.

---

**Введение.** В биофизических исследованиях наибольшее применение как раздражитель получил электрический ток. Широкое использование электрического тока определяется его свойствами. Электрический ток легко получить. Он точно дозируется по амплитуде и длительности, являясь адекватным раздражителем, не вызывающим после себя морфологических изменений. Его действие ограничивается временем включения источника тока, т.е. электрический ток не имеет по-

следствий. С помощью современных приборов можно получить электрический ток различной формы. В соответствии с различной формой наибольшее распространение получили восемь видов электрического тока: прямоугольный, экспоненциальный, конденсаторный, титанический, фарадицкий, линейно нарастающий, пилообразный и синусоидальный.

Прямоугольный стимул имеет период  $T$ , время действия раздражителя  $t$  и межимпульсный интервал  $I$ . При одинаковых амплитудах и периодах раздражающее действие будет большим в случае меньшего межимпульсного отрезка времени.

Меньшее возбуждающее действие будет у тока с большим межимпульсным интервалом.

При действии электрического тока на возбудимую ткань процесс возбуждения возникает не сразу, а через определенный период времени, получивший название скрытого или латентного периода. Латентный период продолжается от момента нанесения раздражителя до начала пикового потенциала или, что-то же самое, от момента нанесения раздражителя до начала процесса возбуждения. Латентный период зависит как от параметров раздражителя, так и от свойств возбудимой ткани; латентность, зависящая от раздражителя, в первую очередь обусловлена формой электрического стимула, амплитудой стимула и длительностью его действия. Опытами доказано, что латентные периоды обратно пропорциональны величине раздражителя. Эти положения соответствуют кривой силы действующего раздражителя и времени, необходимого для возникновения процесса возбуждения.

Наименьшая амплитуда стимула, вызывающая процесс возбуждения при неограниченном времени его действия, называется реобазой ( $P$ ). Наименьшее время, достаточное, чтобы ток амплитудой в одну реобазу вызвал процесс возбуждения, получило название полезного времени ( $PВ$ ). Наименьшее время, достаточное, чтобы ток удвоенной реобазы вызвал процесс возбуждения, получило название хронаксии ( $ХР$ ).

Электрический удар наблюдается при воздействии малых токов – до нескольких сотен миллиампер и при небольших напряжениях – как правило, до 1000В. При такой малой мощности выделение теплоты ничтожно и не вызывает ожога. Ток действует на нервную систему и на мышцы. В таких случаях возможен паралич органов. Паралич дыхательных мышц, а также мышц сердца может привести к смертельному исходу [1].

Небольшие токи вызывают лишь неприятные ощущения. Ток имеет значение, достаточное, чтобы парализовать мышцы опорных конечностей, животное не способно самостоятельно освободиться от тока. Таким образом, действие тока будет длительным.

Наиболее опасным для организма являются остановка и фибрилляция сердца.

Большие токи (несколько ампер) не вызывают ни остановки, ни фибрилляции сердца. Сердечные мышцы под действием тока обычно резко сокращаются и остаются в таком состоянии до отключения тока, после чего сердце продолжает работать.

**Цель исследований.** Теоретическое обоснование конструктивных и технологических параметров электродератизатора.

**Результаты.** Выявлена прямая зависимость между током через организм и опасностью поражения; при токах более 1 А эта зависимость меняет характер, но остается прямой.

**Методика расчета конструкции электродератизатора**

Для определения параметров импульсов высокого напряжения электродератизатора и эффективного воздействия их на грызунов нами были проведены экспериментальные исследования.

Для этих целей был разработан и изготовлен экспериментальный стенд, состоящий из клетки, на дне которой располагалась система проволочных электродов, подключенных к источнику импульсов высокого напряжения (ИИВН).

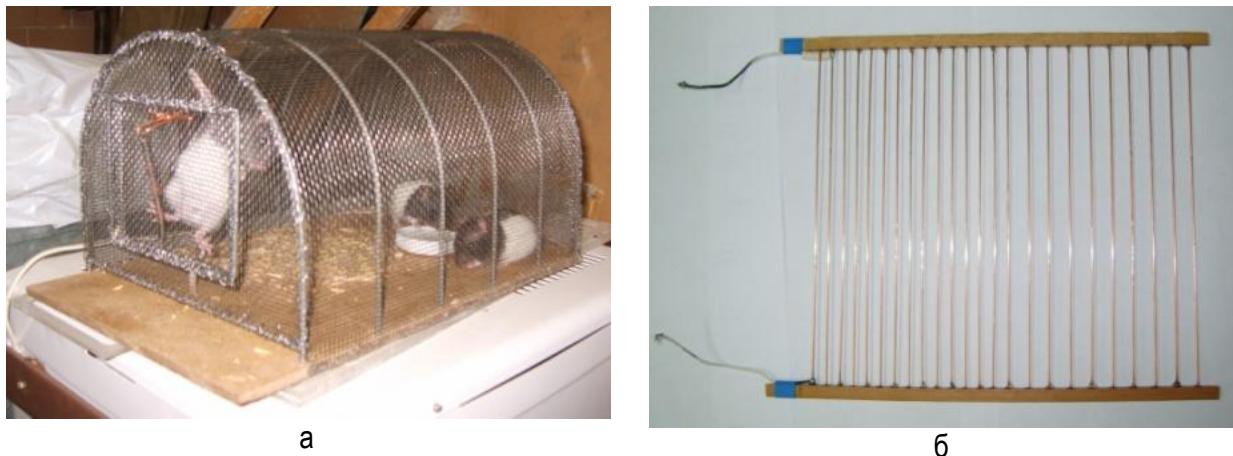


Рис. 1. Внешний вид экспериментального стенда: а – клетка; б – система электродов

Расстояние между электродами необходимо выбирать таким образом, чтобы обеспечивалось одновременное касание конечностями грызуна заземленного и потенциального электродов. На рисунке 2 представлены следы лапок крысы, определенные экспериментально (рис. 2, а), и следы (рис. 2, б), представленные в [2, 3], также на данном рисунке представлена схема идеализированных следов крысы.

При нахождении грызуна на электродной системе электродератизатора возможны следующие пути протекания электрического тока по телу животного:

«Петля» тока от передней конечности к передней конечности через грудную клетку, в этом случае межэлектродное расстояние  $h$  определяется по выражению

$$h=l+0,5 a+0,5 a=l+a. \quad (1)$$

«Петля» тока от передней конечности к задней («прямая петля»), тогда

$$h=H+0,5 b+0,5 B. \quad (2)$$

«Петля» тока от передней конечности к задней («косая петля»), в этом случае

$$h=C+C_1+C_2. \quad (3)$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{A^2}{2} + \frac{B^2}{2}}; \quad C_2 = \sqrt{\frac{a^2}{2} + \frac{b^2}{2}}.$$

«Петля» тока от задней конечности к задней, при этом

$$h=L+0,5 B+0,5 B=L+B. \quad (4)$$

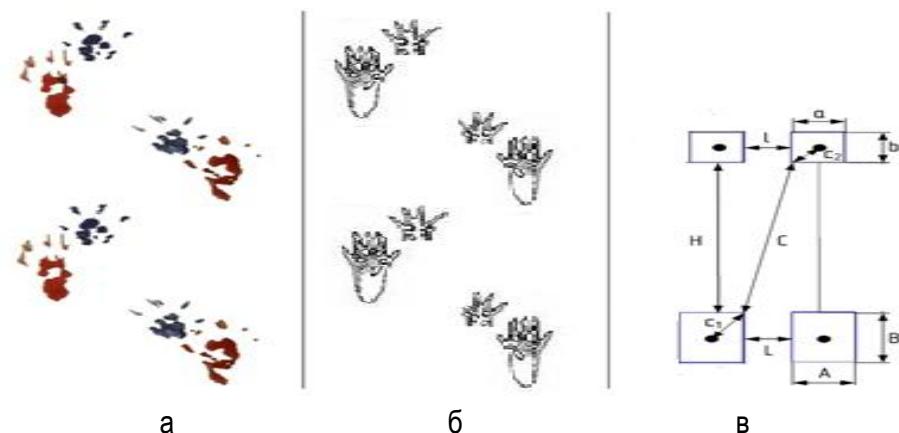


Рис. 2. Схема следов грызуна (крысы) для определения расстояний между лапками:  
а – экспериментально полученные отпечатки следов; б – отпечатки следов крыс;  
в – идеализированная схема следов крысы

Учитывая, что  $L>l$ ,  $A>a$ ,  $B>b$ ,  $C>l$ , межэлектродное расстояние  $h$  определяем по выражению (1), тогда в случае (2), (3) и (4) контакт между лапками грызуна и электродной системой будет обеспечиваться при любом положении животного на системе электродов электродератизатора. Также расстояние между передними конечностями взяты за основу при определении  $h$  из тех соображений, что в этом случае ток будет протекать через грудную клетку, с вероятностью поражения как сердечной мышцы, так и органов дыхания.

Исходя из реальных размеров  $l=10$  мм и  $a=17$  мм, было рассчитано по (1) значение межэлектродного расстояния  $h=27$  мм.

### Выводы

1. Получены зависимости силы раздражителя от времени его действия.
2. Определены параметры импульсов высокого напряжения электродератизатора и значения их эффективного воздействия на грызунов.
3. При нахождении грызуна на электродной системе электродератизатора определены возможные пути протекания электрического тока по телу животного.
4. Предложенная методика расчета позволяет выбирать основные конструктивные параметры электродератизатора для эффективной защиты объектов АПК от грызунов.

### Литература

1. Обоснование необходимости борьбы с вредителями (грызунами) объектов АПК. Анализ технологий и технических средств для отпугивания и уничтожения / А.Г. Возмилов, А.В. Козлов, Д.О. Суринский [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 15. – С. 69–73.
2. Суринский Д.О., Агапов В.Н., Смолин Н.И. Электрофизические методы борьбы при дератизации сельскохозяйственных помещений // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 1. – С. 113–116.
3. Бахтырева Н.Г., Козлов А.В., Михайлов П.М. Исследование электрических импульсов электрошокера на грызунов // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2009. – Т. 55. – С. 16–19.

## МНОГОСЕТОЧНЫЕ ЛАГРАНЖЕВЫЕ КРИВОЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ТРЕХМЕРНОМ АНАЛИЗЕ КОМПОЗИТНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ И ОБОЛОЧЕК\*

Предложены процедуры построения в локальных декартовых системах координат криволинейных лагранжевых двухсеточных конечных элементов (ДвКЭ) и сложных многосеточных конечных элементов (МнКЭ) для расчета трехмерных упругих композитных цилиндрических панелей и оболочек с различными коэффициентами наполнения. Расчеты панелей волокнистой структуры показывают, что максимальные эквивалентные напряжения и перемещения базовых и двухсеточных (многосеточных) дискретных моделей панелей отличаются на 1–8 %. Реализация метода конечных элементов для двух- и многосеточных дискретных моделей панелей требует в  $10^3 \div 10^4$  раз меньше объема памяти ЭВМ и в  $10^2 \div 10^3$  раз меньше временных затрат, чем для базовых.

**Ключевые слова:** композиты, упругость, цилиндрические оболочки и панели, сложные многосеточные и двухсеточные лагранжевые криволинейные элементы.

A.D. Matveev, A.N. Grishanov

## MULTIGRID LAGRANGIAN CURVILINEAR ELEMENTS IN THE THREE-DEMENSIONAL ANALYSIS OF THE COMPOSITE CYLINDRICAL PANALS AND SHELLS

The procedures for constructing the curvilinear Lagrangian double-grid finite elements (DGFE) and complex multigrid finite elements (MGFE) in the local Cartesian systems to calculate the elastic composite cylindrical panels and shells are offered. The calculations of the fibrous structure panels demonstrate that the maximum equivalent tension and displacement of the basic and double-grid (multigrid) discrete panel models differ by 1–8 %. The implementation of the finite element method for two- and multigrid discrete models of panels requires  $10^3 \div 10^4$  times less of the computer's memory and  $10^2 \div 10^3$  times less of temporal costs than for the basic model.

**Key words:** composites, elasticity, cylindrical shells and panels, complex multigrid and double-grid Lagrangian curvilinear elements.

**Введение.** Как известно, общий недостаток теорий деформирования упругих композитных цилиндрических панелей и оболочек заключается в том, что в их основе лежат гипотезы, которые недостаточно точно отражают законы перемещений и напряжений. Поэтому уравнения этих теорий порождают приближенные решения с неустранимой погрешностью. Кроме того, существующие теории не учитывают сложный характер закреплений, например частичное закрепление по толщине толстых панелей и оболочек, не всегда достаточно точно описывают по методу конечных элементов (МКЭ) с применением мелких разбиений деформирование панелей, оболочек, имеющих локальные нагрузления.

В данной работе изложены процедуры построения в локальных декартовых системах координат криволинейных лагранжевых ДвКЭ и сложных МнКЭ, которые используются для расчета (по МКЭ с применением мелких разбиений) линейно упругих трехмерных композитных цилиндрических панелей и оболочек с различными коэффициентами наполнения. Лагранжевые ДвКЭ и сложные МнКЭ формы прямоугольного параллелепипеда, применяемые для анализа упругих тел неоднородной структуры, изложены в работах [1–3]. Процедуры построения трехмерных криволинейных ДвКЭ в локальных декартовых системах координат с применением известных интерполяционных полиномов 1-го, 2-го и 3-го порядков рассмотрены в работах [4, 5].

Предлагаемые криволинейные лагранжевые элементы проектируются на основе базовых дискретных моделей, которые учитывают неоднородную (микронеоднородную) структуру трехмерных композитных панелей и оболочек и имеют очень высокую размерность. Для построения ла-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 14-01-0130).

гранжевых ДвКЭ применяем две вложенные трехмерные криволинейные сетки: мелкую и крупную. Мелкая сетка порождена базовым разбиением ДвКЭ, которое учитывает его неоднородную структуру. На базовом разбиении строим функционал полной потенциальной энергии ДвКЭ в матричной форме по МКЭ [6, 7]. На мелкой сетке выделяем криволинейную крупную сетку, на которой определяем полиномы Лагранжа. Показаны две процедуры построения в локальных декартовых системах координат трехмерных криволинейных лагранжевых ДвКЭ.

Согласно первой процедуре, в функционале полной потенциальной энергии ДвКЭ  $V_a$  с помощью полиномов Лагранжа (построенных на крупной сетке) выражаем узловые перемещения мелкой сетки через узловые перемещения крупной. Затем, минимизируя функционал по узловым перемещениям крупной сетки, получаем формулы для вычисления матрицы жесткости и вектора узловых сил криволинейного лагранжевого ДвКЭ  $V_a$ .

Суть второй процедуры заключается в следующем. Вначале область лагранжевого ДвКЭ  $V_b$  представляем криволинейными шестигранными суперэлементами, которые построены с помощью метода конденсации [6, 7] на базовом разбиении ДвКЭ  $V_b$ . Вершины суперэлементов совпадают с узлами крупной сетки ДвКЭ  $V_b$ . Функционал полной потенциальной энергии, составленный для всех суперэлементов, представляем в матричной форме. В функционале ДвКЭ  $V_b$  с помощью полиномов Лагранжа (построенных на крупной сетке) узловые перемещения суперэлементов выражаем через узловые перемещения крупной сетки. Минимизируя функционал энергии по узловым перемещениям крупной сетки, получаем формулы для вычисления матрицы жесткости и вектора узловых сил криволинейного лагранжевого ДвКЭ  $V_b$ .

Показана процедура построения криволинейных лагранжевых сложных МнКЭ, которые проектируются с применением лагранжевых криволинейных ДвКЭ. При построении криволинейных лагранжевых ДвКЭ и сложных МнКЭ используем однородные криволинейные односеточные конечные элементы (КЭ) 1-го порядка, которые построены в работах [4, 5] в локальных декартовых системах координат. На рисунке 1 представлен односеточный однородный криволинейный КЭ  $V_e$  1-го порядка, где  $\alpha_e$  – угол раствора КЭ  $V_e$ ;  $O_1x_1y_1z_1$  – локальная декартовая система координат;  $Oy_1z_1$  – плоскость симметрии;  $cd$  – ось цилиндрической панели, оболочки;  $h_z^e$  – толщина;  $h_y^e$  – длина КЭ  $V_e$ ;  $R_1^e$ ,  $R_2^e$  – радиусы нижней и верхней поверхностей КЭ  $V_e$ , узлы отмечены точками (8 узлов). Прямоугольники размерами  $h_z^e \times h_y^e$  есть боковые грани, криволинейные прямоугольники – торцевые грани КЭ  $V_e$ . Форма КЭ  $V_e$  есть прямая призма высотой  $h_y^e$ .

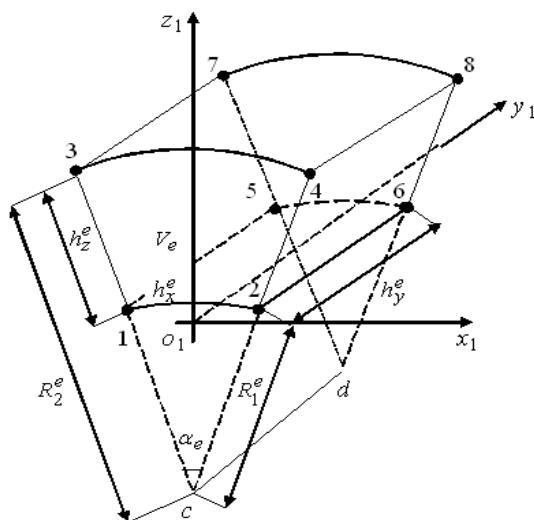


Рис. 1. Односеточный КЭ  $V_e$  1-го порядка

Поскольку при мелком разбиении угол раствора  $\alpha_e$  криволинейного КЭ  $V_e$  мал (рис. 1), то его форма мало отличается от формы прямоугольного параллелепипеда. В связи с этим при построении по МКЭ функций перемещений для однородных криволинейных КЭ  $V_e$  1-го, 2-го и 3-го порядков используем соответственно известные интерполяционные полиномы 1-го, 2-го и 3-го порядков [6, 7] и уравнения трехмерной задачи теории упругости, записанные в локальных декартовых системах координат  $Ox_1y_1z_1$  данных КЭ. Таким образом, в КЭ  $V_e$  реализуется трехмерное напряженное деформированное состояние. Поскольку при построении лагранжевых криволинейных ДвКЭ и сложных МнКЭ используем конечные элементы  $V_e$  1-го порядка (рис. 1), то ДвКЭ и сложные МнКЭ также описывают трехмерное напряженное состояние в цилиндрических панелях и оболочках. Матрицы жесткости и векторы узловых сил криволинейных ДвКЭ и сложных МнКЭ определяем в локальных декартовых системах координат, а системы уравнений МКЭ для дискретных моделей оболочек и панелей – в глобальных декартовых системах координат. Связь между локальными и глобальными системами координат осуществляем с помощью матриц вращений [6], которые определяем только для узловых перемещений ДвКЭ и сложных МнКЭ.

**1. Криволинейные лагранжевые ДвКЭ.** Изложим две процедуры построения композитных трехмерных криволинейных лагранжевых ДвКЭ на примере лагранжевых ДвКЭ  $V_a$ ,  $V_b$  3-го порядка, при построении которых используем полиномы Лагранжа 3-го порядка (рис. 2), где  $Oxuz$  ( $O\xi\eta\zeta$ ) – локальная декартовая (криволинейная) система координат; оси  $Oy$ ,  $O\eta$  совпадают;  $h_z^a$  – толщина;  $h_y^a$  – длина ДвКЭ  $V_a$ ;  $R_1$  – радиус нижней поверхности;  $\alpha_a$  – угол раствора ДвКЭ  $V_a$  ( $V_b$ ).

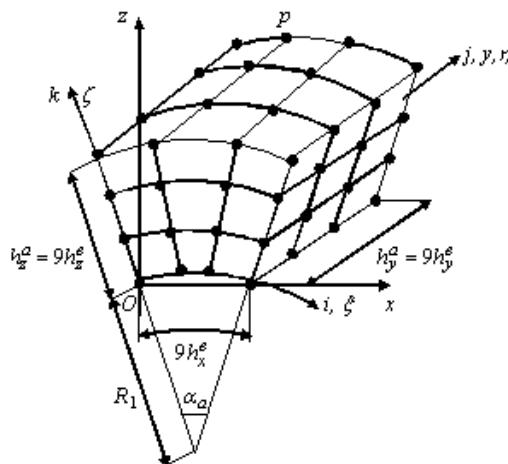


Рис. 2. ДвКЭ  $V_a$  ( $V_b$ )

Считаем, что угол  $\alpha_a$  мал, т.е. криволинейная форма ДвКЭ  $V_a$  мало отличается от формы прямоугольного параллелепипеда. Пусть между компонентами композитного ДвКЭ  $V_a$  связи идеальны. Не теряя общности суждений, считаем, что ДвКЭ  $V_a$  армирован волокнами, направленными вдоль оси  $Oy$ . Область ДвКЭ  $V_a$  представляем базовым разбиением  $R_a$ , которое состоит из однородных односеточных КЭ  $V_e$  1-го порядка (рис. 1) с характерными размерами  $h_x^e \times h_y^e \times h_z^e$ , где  $e=1,\dots,M$ ;  $M$  – общее число КЭ  $V_e$  базового разбиения  $R_a$ . Отметим, что поскольку функции перемещений, напряжений и деформаций компонентов КЭ  $V_e$  удовлетворяют закону Гука и соотношениям Коши, которые отвечают трехмерной задаче теории упругости, то в области ДвКЭ  $V_a$  реализуется трехмерное напряженное состояние. На рисунке 3 сечение ДвКЭ  $V_a$  представлено узловой сеткой базового разбиения, сечения волокон закрашены.

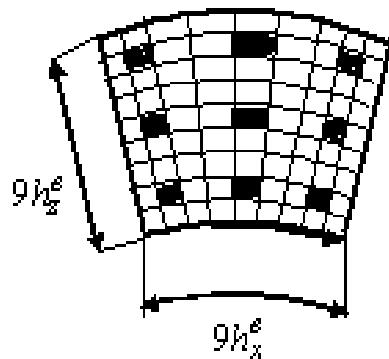


Рис. 3. Сечение ДвКЭ  $V_a$  ( $V_b$ )

Базовое разбиение  $R_a$  учитывает неоднородную структуру ДвКЭ  $V_a$  и порождает мелкую ортогональную криволинейную сетку  $h_a$ . Отметим, что базовые разбиения  $R_a$  двухсеточных КЭ  $V_a$ , из которых состоит панель (оболочка), образуют базовую дискретную модель панели (оболочки). Пусть  $h_y^e = h_z^e = \alpha_e = \text{const}$ ,  $e = 1, \dots, M$ , т.е. по осям  $O\eta$  и  $O\zeta$  шаги мелкой сетки  $h_a$  и углы раствора КЭ  $V_e$  постоянны. На мелкой сетке  $h_a$  определяем крупную ортогональную узловую сетку  $H_a$ . Узлы сетки  $H_a$  на рисунке 2 отмечены точками (64 узла). Для узлов крупной сетки введена целочисленная система координат  $ijk$  размерности  $n_1 \times n_2 \times n_3$ . Для рисунка 2 имеем  $n_1 = n_2 = n_3 = 4$ , узел  $p(i, j, k)$  имеет целочисленные координаты  $i = 2$ ,  $j = 4$ ,  $k = 4$ .

**1.1. Построение полиномов Лагранжа для криволинейных ДвКЭ.** Рассмотрим построение в декартовой системе координат  $Oxyz$  (рис. 2) полиномов Лагранжа, которые строим на крупной сетке  $H_a$  и с помощью которых определяем функции перемещений для ДвКЭ  $V_a$ . Важно отметить следующее. Функционал  $W_a$  полной потенциальной энергии ДвКЭ  $V_a$  определяем, используя КЭ первого порядка базового разбиения  $R_a$ , т. е. функционал  $W_a$  определяем на мелкой сетке  $h_a$ . С помощью полиномов Лагранжа (построенных на крупной сетке  $H_a$ ) узловые перемещения мелкой сетки  $h_a$  выражаем через узловые перемещения крупной сетки  $H_a$ , т. е. полиномы Лагранжа используем для понижения размерности функционала  $W_a$ .

Пусть точка  $M_0$  ДвКЭ  $V_a$  имеет декартовы координаты  $x, y, z$  и криволинейные координаты  $\xi, \eta, \zeta$ . Поскольку оси  $Oy$  и  $O\eta$  совпадают (см. рис. 2), то  $y = \eta$ . Для криволинейной координаты  $\xi$  точки  $M_0$  имеем  $\xi = \alpha R$ , где  $R$  – радиус цилиндрической поверхности, на которой лежит точка  $M_0$ ;  $\alpha$  – угол, отвечающий координате  $\xi$ ,  $0 \leq \alpha \leq \alpha_a$  (см. рис. 2). Поскольку угол  $\alpha_a$  мал, то  $x \approx \xi$ . Принимаем  $x = \xi$ . Пусть ось  $O\zeta^*$  проходит через точку  $M_0$  и совпадает с радиусом внутренней цилиндрической поверхности ДвКЭ  $V_a$ . Пусть  $\varphi$  – угол между осями  $O\zeta^*$  и  $Oz$ ,  $\varphi \in [-\alpha_a/2, \alpha_a/2]$ . Тогда  $z = \zeta \cos \varphi$ . Поскольку угол  $\alpha_a$  мал, то  $\cos \varphi \approx 1$ , и поэтому считаем, что  $z = \zeta$ . Итак, декартовы координаты  $x, y, z$  и криволинейные координаты  $\xi, \eta, \zeta$  связаны соотношениями

$$x = \xi, \quad y = \eta, \quad z = \zeta. \quad (1)$$

Для узла  $p(i, j, k)$  крупной сетки  $H_a$  ДвКЭ  $V_a$  в силу (1) имеем соотношения

$$x_i = \xi_i, \quad y_j = \eta_j, \quad z_k = \zeta_k, \quad (2)$$

где  $\xi_i, \eta_j, \zeta_k$  и  $x_i, y_j, z_k$  – координаты узла  $p$  соответственно в системах координат  $O\xi\eta\zeta$  и  $Oxyz$ ,  $i = 1, \dots, n_1$ ,  $j = 1, \dots, n_2$ ,  $k = 1, \dots, n_3$ .

Базисную функцию  $N_{ijk}$  узла  $p(i, j, k)$  крупной сетки  $H_a$  ДвКЭ  $V_a$  в декартовой системе координат  $Oxyz$  представляем в форме

$$N_{ijk} = L_i(x)L_j(y)L_k(z), \quad (3)$$

где  $L_i(x), L_j(y), L_k(z)$  – полиномы Лагранжа, имеющие вид [6]

$$L_i(x) = \prod_{n=1, n \neq i}^{n_1} \frac{x - x_n}{x_i - x_n}, \quad L_j(y) = \prod_{n=1, n \neq j}^{n_2} \frac{y - y_n}{y_j - y_n}, \quad L_k(z) = \prod_{n=1, n \neq k}^{n_3} \frac{z - z_n}{z_k - z_n},$$

где  $x_i, y_j, z_k$  – координаты узла  $p(i, j, k)$ .

Для точек с координатами  $\xi, \xi_i, \xi_n$ , лежащих на цилиндрической поверхности радиуса  $R$ , имеем соотношения  $\xi = \alpha R, \xi_i = \alpha_i R, \xi_n = \alpha_n R$ , где  $\alpha, \alpha_i, \alpha_n$  – углы, отвечающие соответственно координатам  $\xi, \xi_i, \xi_n$ . С учетом, что  $x = \xi, x_i = \xi_i, x_n = \xi_n$ , для полинома Лагранжа  $L_i(x)$  получаем

$$L_i(x) = \prod_{n=1, n \neq i}^{n_1} \frac{x - x_n}{x_i - x_n} \equiv L_i(\alpha) = \prod_{n=1, n \neq i}^{n_1} \frac{\alpha - \alpha_n}{\alpha_i - \alpha_n}. \quad (4)$$

Следует отметить, что полином Лагранжа  $L_i(x)$  по координате  $x$  имеет одинаковый вид (4) для точек с координатами  $\xi, \xi_i, \xi_n$ , лежащих на цилиндрических поверхностях с любыми радиусами  $R$ , причем полином  $L_i(x)$ , согласно (4), зависит только от угловой координаты  $\alpha$ . Подставляя (4) в (3), получим

$$N_{ijk} = L_i(\alpha)L_j(y)L_k(z).$$

Учитывая (2), (4), полиномы Лагранжа, построенные для криволинейной крупной сетки  $H_a$  ДвКЭ  $V_a$ , представим в виде

$$L_i(\alpha) = \prod_{n=1, n \neq i}^{n_1} \frac{\alpha - \alpha_n}{\alpha_i - \alpha_n}, \quad L_j(y) = \prod_{n=1, n \neq j}^{n_2} \frac{y - \eta_n}{\eta_j - \eta_n}, \quad L_k(z) = \prod_{n=1, n \neq k}^{n_3} \frac{z - \zeta_n}{\zeta_k - \zeta_n}. \quad (5)$$

Функции перемещений  $u_a, v_a, w_a$  ДвКЭ  $V_a$  запишем в форме

$$u_a = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{k=1}^{n_3} N_{ijk} u_{ijk}, \quad v_a = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{k=1}^{n_3} N_{ijk} v_{ijk}, \quad w_a = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} \sum_{k=1}^{n_3} N_{ijk} w_{ijk},$$

где  $u_{ijk}, v_{ijk}, w_{ijk}$  – значения функций  $u, v, w$  для узла  $p(i, j, k)$  сетки  $H_a$ .

Тройке целых чисел  $i, j, k$  узла  $p(i, j, k)$  определим целое число  $\beta$  и введем обозначения:  $N_\beta = N_{ijk}$ ,  $q_\beta^u = u_{ijk}$ ,  $q_\beta^v = v_{ijk}$ ,  $q_\beta^w = w_{ijk}$ , где  $i = 1, \dots, n_1$ ,  $j = 1, \dots, n_2$ ,  $k = 1, \dots, n_3$ ,  $\beta = 1, \dots, n_0$ ;  $n_0 = n_1 n_2 n_3$  (на рис. 2  $n_1 = n_2 = n_3 = 4$ ,  $n_0 = 64$ ). Тогда для функций перемещений  $u_a$ ,  $v_a$ ,  $w_a$  получаем

$$u_a = \sum_{\beta=1}^{n_0} N_\beta q_\beta^u, \quad v_a = \sum_{\beta=1}^{n_0} N_\beta q_\beta^v, \quad w_a = \sum_{\beta=1}^{n_0} N_\beta q_\beta^w, \quad (6)$$

где  $q_\beta^u$ ,  $q_\beta^v$ ,  $q_\beta^w$ ,  $N_\beta$  – перемещения и функция формы  $\beta$ -го узла сетки  $H_a$ .

**1.2. Первая процедура построения криволинейных лагранжевых ДвКЭ.** Основные положения первой процедуры рассмотрим на примере построения криволинейного лагранжевого ДвКЭ  $V_a$  3-го порядка (рис. 2). Порядок лагранжевого ДвКЭ равен порядку полиномов Лагранжа (вида (5), см. п. 1.1), построенных на криволинейной крупной сетке ДвКЭ. Пусть для ДвКЭ  $V_a$  построены базовое разбиение  $R_a$ , крупная сетка  $H_a$  и функции перемещений (6) с помощью полиномов Лагранжа. Обозначим через  $\delta_a = \{q_1^u, \dots, q_{n_0}^u, q_1^v, \dots, q_{n_0}^v, q_1^w, \dots, q_{n_0}^w\}^T$  вектор узловых перемещений крупной сетки  $H_a$ , т.е. узловых перемещений ДвКЭ  $V_a$ , отвечающий декартовой системе координат  $Oxyz$  (рис. 2). Пусть  $[K_e]$  – матрица жесткости,  $\mathbf{P}_e$  и  $\delta_e$  – векторы узловых сил и перемещений КЭ  $V_e$  построены в декартовой системе координат  $Oxyz$  [4, 5]. Полную потенциальную энергию  $W_a$  для базового разбиения  $R_a$  ДвКЭ  $V_a$  запишем в матричной форме

$$W_a = \sum_{e=1}^M \left( \frac{1}{2} \delta_e^T [K_e] \delta_e - \delta_e^T \mathbf{P}_e \right), \quad (7)$$

где  $M$  – общее число КЭ  $V_e$ .

Используя (6), узловые перемещения вектора  $\delta_e$  выражаем через узловые перемещения вектора  $\delta_a$ . В результате построим равенство

$$\delta_e = [A_e^a] \delta_a, \quad (8)$$

где  $[A_e^a]$  – прямоугольная матрица.

Подставляем (8) в функционал (7) и, минимизируя его, получаем

$$[K_a] = \sum_{e=1}^M [A_e^a]^T [K_e] [A_e^a], \quad \mathbf{F}_a = \sum_{e=1}^M [A_e^a]^T \mathbf{P}_e,$$

где  $[K_a]$  – матрица жесткости;  $\mathbf{F}_a$  – вектор узловых сил лагранжевого ДвКЭ  $V_a$ .

**1.3. Вторая процедура построения криволинейных лагранжевых ДвКЭ.** Вторую процедуру, не теряя общности суждений, рассмотрим на примере построения лагранжевого ДвКЭ  $V_b$  3-го порядка, который имеет размеры, форму и неоднородную структуру и расположен в локальной декартовой системе координат  $Oxyz$ , как и лагранжевый ДвКЭ  $V_a$  (рис. 2). При построении ДвКЭ  $V_b$  используем мелкую  $h_a$  и крупную  $H_a$  сетки, базовое разбиение  $R_a$  и функции перемещений  $u_a$ ,  $v_a$ ,  $w_a$  ДвКЭ  $V_a$  (см. п. 1.2). В данном случае  $\delta_a$  есть вектор узловых перемещений ДвКЭ  $V_b$ . На базовом

разбиении  $R_a$  ДвКЭ  $V_b$ , используя метод конденсации [6], строим криволинейные суперэлементы  $G_e^s$  с характерными размерами  $3h_x^e \times 3h_y^e \times 3h_z^e$ , которые покрывают всю область ДвКЭ  $V_b$ , где  $e=1, \dots, N$ ,  $N$  – общее число суперэлементов (для рис. 2  $N=27$ ). При этом вершины суперэлементов совпадают с узлами крупной сетки  $H_a$  ДвКЭ  $V_b$ . Полную потенциальную энергию  $W_s$  суперэлементов  $G_e^s$  запишем в виде

$$W_s = \sum_{e=1}^N \left( \frac{1}{2} (\delta_e^s)^T [K_e^s] \delta_e^s - (\delta_e^s)^T \mathbf{P}_e^s \right), \quad (9)$$

где  $[K_e^s]$ ,  $\mathbf{P}_e^s$ ,  $\delta_e^s$  – матрица жесткости, векторы узловых сил и перемещений суперэлемента  $G_e^s$ , которые определяем в декартовой системе координат  $Oxyz$  ДвКЭ  $V_b$ .

Используя (6), между векторами  $\delta_e^s$ ,  $\delta_a$  установим связь

$$\delta_e^s = [A_e^s] \delta_a, \quad (10)$$

где  $[A_e^s]$  – прямоугольная матрица;  $\delta_a$  – вектор узловых неизвестных ДвКЭ  $V_b$ .

Подставляем (10) в функционал (9) и, минимизируя его, получаем

$$[K_b] = \sum_{e=1}^N [A_e^s]^T [K_e^s] [A_e^s], \quad \mathbf{F}_b = \sum_{e=1}^N [A_e^s]^T \mathbf{P}_e^s,$$

где  $[K_b]$  – матрица жесткости и  $\mathbf{F}_b$  – вектор узловых сил лагранжевого ДвКЭ  $V_b$ .

**Замечание 1.** Как показывают расчеты, лагранжевые ДвКЭ  $V_b$  (построенные по 2-й процедуре) порождают более точные решения, чем лагранжевые ДвКЭ  $V_a$  (построенные по 1-й процедуре). С другой стороны, реализация 2-й процедуры связана с обращением матрицы высокого порядка, что увеличивает временные затраты на построение сеточных решений.

**Замечание 2.** Криволинейные композитные лагранжевые ДвКЭ  $n$ -го порядка ( $n$  – целое,  $n \geq 1$ ) с неоднородной и микронеоднородной структурой строим по процедурам, которые аналогичны процедурам п. 1.2 и 1.3.

**Замечание 3.** При построении однородных криволинейных лагранжевых односеточных КЭ  $n$ -го порядка, имеющих такую же геометрическую форму, как лагранжевые ДвКЭ (рис. 2), используем функции перемещений вида (6), которые построены с помощью полиномов Лагранжа  $n$ -го порядка вида (5).

**2. Криволинейные лагранжевые сложные МнКЭ.** Основные положения процедуры построения криволинейного сложного композитного многосеточного элемента рассмотрим на примере сложного МнКЭ  $V_m$  3-го порядка, расположенного в локальной декартовой системе координат  $Oxyz$  (рис. 4). Порядок МнКЭ  $V_m$  равен порядку полиномов Лагранжа (вида (5), см. п. 1.1), построенных на криволинейной крупной сетке МнКЭ  $V_m$ . Узлы крупной сетки  $H_m$  МнКЭ  $V_m$  на рисунке 4 отмечены точками (64 узла). Пусть область МнКЭ  $V_m$  (рис. 4) представлена криволинейными лагранжевыми ДвКЭ  $V_n^b$  3-го порядка (рис. 5), построенными по алгоритмам п. 1.2 и 1.3. Базовое разбиение ДвКЭ  $V_n^b$ , состоящее из КЭ  $V_e$  1-го порядка с характерными размерами  $h_x^e \times h_y^e \times h_z^e$  (см. рис. 1), учитывает неоднородную структуру ДвКЭ  $V_n^b$ , т. е. сложного МнКЭ  $V_m$ . Двухсеточный КЭ  $V_n^b$  расположен в локальной декартовой системе координат  $O_1x_1y_1z_1$  с характерными размерами  $b_x^n \times b_y^n \times b_z^n$ , где  $b_x^n = 9h_x^e = \gamma_n R_1^n$ ,  $b_y^n = 9h_y^e$ ,  $b_z^n = 9h_z^e$ ,  $R_1^n$  – радиус нижней поверхности ДвКЭ

$V_n^b$ ,  $\gamma_n$  – угол раствора ДвКЭ  $V_n^b$ ,  $h_z^m = 3b_z^n$  – толщина,  $h_y^m = 3b_y^n$  – длина МнКЭ  $V_m$ ,  $n = 1, \dots, N$ ,  $N$  – общее число ДвКЭ  $V_n^b$ , для рисунка 4  $N=27$ . Пусть  $b_y^n, b_z^n, \gamma_n = \text{const}$ ,  $n = 1, \dots, N$ . Форма сложного МнКЭ  $V_m$  есть прямая призма высотой  $h_y^m$ . Отметим, что МнКЭ  $V_m$  включает некоторое множество криволинейных мелких и крупных вложенных сеток ДвКЭ  $V_n^b$  и крупную сетку  $H_m$ . Функции перемещений  $u_m$ ,  $v_m$ ,  $w_m$ , построенные на сетке  $H_m$  с помощью полиномов Лагранжа (см. п. 1.1) 3-го порядка, представляем в виде

$$u_m = \sum_{i=1}^{64} N_i^m u_i^m, \quad v_m = \sum_{i=1}^{64} N_i^m v_i^m, \quad w_m = \sum_{i=1}^{64} N_i^m w_i^m, \quad (11)$$

где  $N_i^m$  – базисная функция  $i$ -го узла сетки  $H_m$ ;  $u_i^m$ ,  $v_i^m$ ,  $w_i^m$  – значения перемещений в  $i$ -м узле сетки  $H_m$  в декартовой системе координат  $Oxyz$ .

Пусть  $\delta_m$  – вектор узловых перемещений (размерности 192) крупной сетки  $H_m$  в декартовой системе координат  $Oxyz$ . Пусть ось  $O_1y_1$  локальной декартовой системы координат  $O_1x_1y_1z_1$  ДвКЭ  $V_n^b$  (рис. 5) параллельна оси  $Oy$  локальной декартовой системы координат  $Oxyz$  МнКЭ  $V_m$  (рис. 4), и пусть между осями  $O_1x_1$  и  $Ox$  угол равен  $\varphi_n$ .

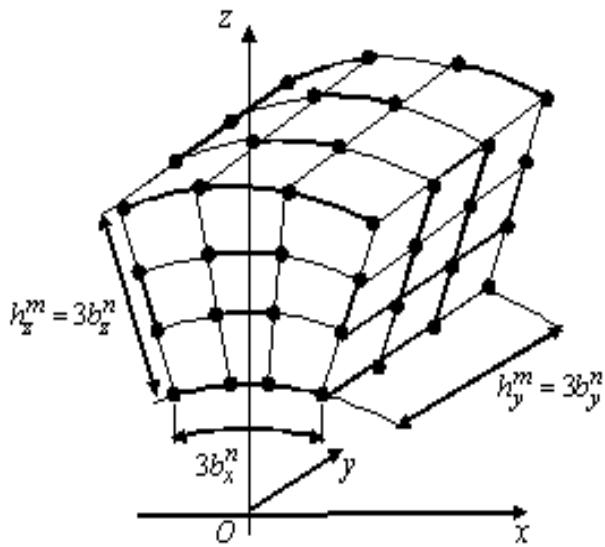


Рис. 4. Сложный МнКЭ  $V_m$

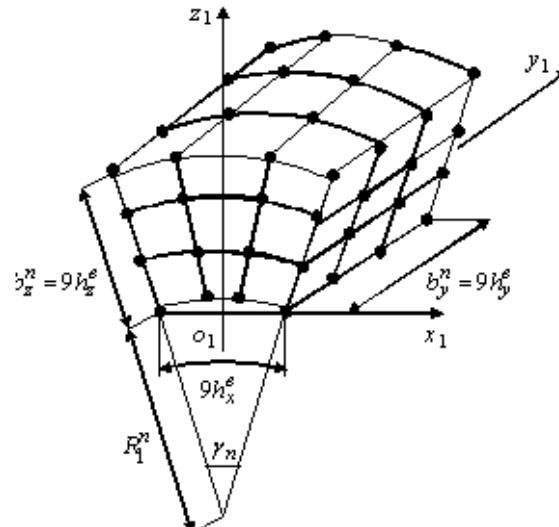


Рис. 5. ДвКЭ  $V_n^b$

Векторы  $\delta_n^1$ ,  $\delta_n^b$  узловых перемещений лагранжевого ДвКЭ  $V_n^b$ , отвечающие соответственно системам координат  $O_1x_1y_1z_1$  и  $Oxyz$ , представим в виде

$$\delta_n^1 = \{u_1^1, \dots, u_{64}^1, v_1^1, \dots, v_{64}^1, w_1^1, \dots, w_{64}^1\}^T, \quad \delta_n^b = \{u_1^b, \dots, u_{64}^b, v_1^b, \dots, v_{64}^b, w_1^b, \dots, w_{64}^b\}^T.$$

Между векторами  $\delta_n^1$ ,  $\delta_n^b$  имеем связь

$$\delta_n^1 = [T_n^b] \delta_n^b,$$

где  $[T_n^b]$  – матрица вращений размерности  $192 \times 192$ , которая имеет структуру [6],

$$[T_n^b] = \begin{bmatrix} [M_1][M_0][M_2] \\ [M_0][M_e][M_0] \\ -[M_2][M_0][M_1] \end{bmatrix},$$

здесь подматрицы имеют размерность  $64 \times 64$ ;  $[M_0]$  – нулевая и  $[M_e]$  – единичная матрицы,  $[M_1] = \cos \varphi_n [M_e]$ ,  $[M_2] = \sin \varphi_n [M_e]$ .

Учитывая связь между векторами  $\delta_n^1$ ,  $\delta_n^b$ , получаем соотношения [7]

$$[K_n^b] = [T_n^b]^T [K_n^1] [T_n^b], \quad \mathbf{P}_n^b = [T_n^b] \mathbf{P}_n^1,$$

где  $[K_n^1]$ ,  $[K_n^b]$  – матрицы жесткости и  $\mathbf{P}_n^1$ ;  $\mathbf{P}_n^b$  – векторы узловых сил ДвКЭ  $V_n^b$ , отвечающие соответственно декартовым системам координат  $O_1x_1y_1z_1$  и  $Oxyz$ .

Полную потенциальную энергию  $W_m$  МнКЭ  $V_m$  представляем выражением

$$W_m = \sum_{n=1}^N \left( \frac{1}{2} (\delta_n^b)^T [K_n^b] \delta_n^b - (\delta_n^b)^T \mathbf{P}_n^b \right), \quad (12)$$

где  $N$  – общее число ДвКЭ  $V_n^b$ .

Используя (11), строим равенство

$$\delta_n^b = [A_n^m] \delta_m, \quad (13)$$

где  $[A_n^m]$  – квадратная матрица размерности  $192 \times 192$ .

Подставляем (13) в функционал (12) и, минимизируя его, получим

$$[K_m] = \sum_{n=1}^N [A_n^m]^T [K_n^b] [A_n^m], \quad \mathbf{F}_m = \sum_{n=1}^N [A_n^m]^T \mathbf{P}_n^b,$$

где  $[K_m]$ ,  $\mathbf{F}_m$  – матрица жесткости и вектор узловых сил сложного МнКЭ  $V_m$ .

Замечание 4. Криволинейные лагранжевые сложные МнКЭ  $n$ -го ( $n \geq 1$ ) порядка с неоднородной (микронеоднородной) структурой строим по процедуре, которая аналогична процедуре п. 2.

**3. Результаты расчетов.** В качестве модельной задачи рассмотрим расчет композитной консольной прямоугольной в плане панели  $V_0$  волокнистой структуры (рис. 6). Панель  $V_0$  расположена в декартовой системе координат  $Oxyz$ , при  $y = 0$  имеем  $u = v = w = 0$ , т.е. панель жестко закреплена. Волокна параллельны оси  $Oy$  и по сечению панели расположены равномерно. Базовое разбиение  $\mathbf{R}_0$  панели  $V_0$  состоит из однородных элементов  $V_e$  1-го порядка с характерными размерами  $h_x^e \times h_y^e \times h_z^e$  (рис. 1). Разбиение  $\mathbf{R}_0$  учитывает неоднородную структуру панели и порождает криволинейную мелкую сетку  $h_a$ . Для узлов мелкой сетки введена целочисленная система координат  $ijk$  (рис. 6) размерности  $73 \times 145 \times 19$ . Двухсеточная модель панели  $V_0$  состоит из лагранжевых ДвКЭ  $V_n^d$  3-го порядка с характерными размерами  $18h_x^e \times 18h_y^e \times 18h_z^e$  (рис. 7), которые построены по процедуре п. 1.3 и мелкие сетки которых имеют размерность  $19 \times 19 \times 19$ ,

$n=1, \dots, N_0$ ,  $N_0$  – общее число ДвКЭ  $V_n^d$ . Для панели  $V_0$   $N_0 = 32$ . На рисунке 7 узлы крупной сетки  $H_a$  ДвКЭ  $V_n^d$  отмечены точками (64 узла).

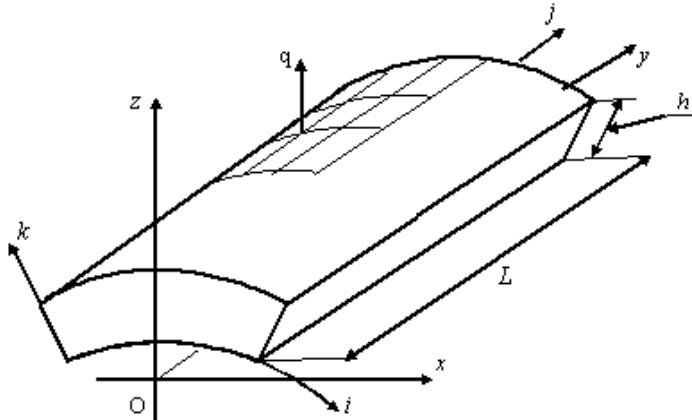


Рис. 6. Панель  $V_0$

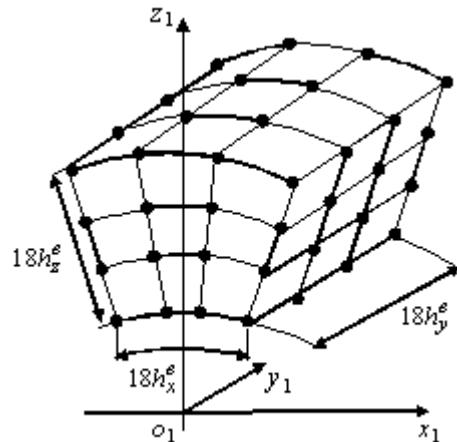


Рис. 7. ДвКЭ  $V_n^d$

Базовые разбиения ДвКЭ  $V_n^d$  состоят из КЭ  $V_e$  (см. рис. 1). ДвКЭ  $V_n^d$  расположен в декартовой системе координат  $O_1x_1y_1z_1$ , причем ось  $O_1y_1$  параллельна оси  $Oy$  декартовой системы координат  $Oxyz$  панели (рис. 6). Область ДвКЭ  $V_n^d$  содержит 27 суперэлементов  $G_e^s$  с характерными размерами  $6h_x^e \times 6h_y^e \times 6h_z^e$ . На рисунке 8 представлено сечение суперэлемента  $G_e^s$  в плоскости, перпендикулярной оси  $O_1y_1$ . Сечение представлено сеткой базового разбиения, сечения волокон с характерными размерами  $h_x^e \times h_z^e$  заштрихованы. В узлах мелкой сетки с целочисленными координатами  $i, j, k$ , где  $i = 1 + 6(\alpha - 1)$ ,  $\alpha = 1, \dots, 7$ ,  $j = 73 + 6(\beta - 1)$ ,  $\beta = 1, \dots, 13$ ,  $k = 19$ , на панель действуют вертикальные силы  $q = 0,1$ . На рисунке 6 поверхность панели, на которой задано нагружение, заштрихована. Модуль Юнга связующего материала равен 1, волокна – 10, коэффициент Пуассона для волокна и связующего материала равен 0,3. Радиус внутренней поверхности панели равен 25, радиус внешней поверхности – 30, толщина панели  $h=5$ , длина панели  $L=40$  (рис. 6). Угол раствора панели равен  $\pi/4$ .

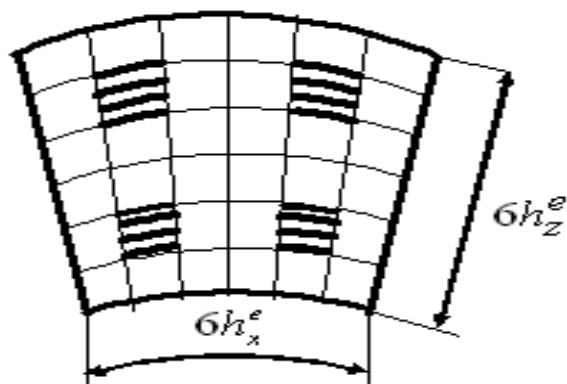


Рис. 8. Сечение суперэлемента  $G_e^s$

Результаты расчетов панели  $V_0$  показывают, что максимальное эквивалентное напряжение (перемещение) двухсеточной дискретной модели  $\mathbf{R}_h$  панели  $V_0$ , состоящей из ДвКЭ  $V_n^d$ , отличается от максимального эквивалентного напряжения (перемещения) базовой дискретной модели  $\mathbf{R}_0$  на 3,61% (на 2,73%). Размерность базовой модели  $\mathbf{R}_0$  панели  $V_0$  равна 599184, ширина ленты системы уравнений (СУ) МКЭ равна 8447. Двухсеточная дискретная модель  $\mathbf{R}_h$  панели  $V_0$  имеет 3744 узловых неизвестных (т.е. в 160 раз меньше, чем неизвестных в базовой модели  $\mathbf{R}_0$ ), ширина ленты СУ МКЭ равна 1031 (в 8 раз меньше ширины ленты СУ МКЭ модели  $\mathbf{R}_0$ ). Реализация МКЭ для двухсеточной модели  $\mathbf{R}_h$  требует в 1310 раз меньше объема памяти ЭВМ, чем для базовой модели  $\mathbf{R}_0$ . Эквивалентные напряжения определяются по 4-й теории прочности.

**Заключение.** В данной работе показаны процедуры построения криволинейных лагранжевых ДвКЭ и сложных МнКЭ, которые используем для расчета трехмерных упругих композитных цилиндрических панелей и оболочек с различными коэффициентами наполнения. Достоинства предлагаемых элементов состоят в следующем. Лагранжевые ДвКЭ и сложные МнКЭ в панелях и оболочках:

- описывают трехмерное напряженное состояние;
- учитывают неоднородную и микронеоднородную структуры, порождающие двух- и многосеточные дискретные модели, размерности которых в  $10^3 \div 10^4$  раз меньше размерностей базовых моделей;
- учитывают сложный характер закрепления.

Отметим, что напряжения можно определить в любом компоненте неоднородных структур панелей и оболочек. Реализация МКЭ для двух- и многосеточных дискретных моделей требует в  $10^2 \div 10^3$  раз меньше временных затрат, чем для базовых моделей.

### Литература

1. Матвеев А.Д. Некоторые подходы проектирования упругих многосеточных конечных элементов / Институт вычислительного моделирования СО РАН. – Красноярск, 2000. – 30 с. – Деп. в ВИНТИ №2990-В00.
2. Матвеев А.Д. Многосеточное моделирование композитов нерегулярной структуры с малым коэффициентом наполнения // ПМТФ. – 2004. – № 3. – С. 161–171.
3. Матвеев А.Д. Построение сложных многосеточных элементов с неоднородной и микронеоднородной структурой // Известия АлтГУ. Сер. Математика и механика. – 2014. – 1/1. – С. 80–83.
4. Матвеев А.Д., Гришанов А.Н. Двухсеточное моделирование цилиндрических оболочек и панелей переменной толщины // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 4. – С. 90–97.
5. Матвеев А.Д., Гришанов А.Н. Одно- и двухсеточные криволинейные элементы трехмерных цилиндрических панелей и оболочек // Известия АлтГУ. Сер. Математика и механика. – 2014. – 1/1. – С. 84–89.
6. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов. – М.: Мир, 1981. – 304 с.
7. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.



# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 641.55

Г.В. Иванова, И.С. Аникин, О.Я. Колман

## НОВЫЕ ВИДЫ ПЛАСТОВОГО МАРМЕЛАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕЛЬДЕРЕЯ (*APIUM GRAVEOLENS*)

В статье с помощью пакета программ Microsoft Office Excel 2007 проведен регрессионный анализ экспериментальных данных. На основании полученных результатов разработана рецептура и технологическая схема производства пластового сельдерейно-лимонного мармелада.

**Ключевые слова:** сельдерей, лимон, пластовой сельдерейно-лимонный мармелад.

G.V. Ivanova, I.S. Anikin, O. Ya. Kolman

## NEW TYPES OF LAYER MARMALADE WITH THE USE OF CELERY (*APIUM GRAVEOLENS*)

The regression analysis of experimental data with the use of Microsoft Office Excel 2007 software is conducted in the article. On the basis of the obtained results the formulation and the technological scheme to produce the layer celery-lemon marmalade are developed.

**Key words:** celery, lemon, layer, celery-lemon marmalade.

---

**Введение.** В России с каждым годом становится все больше регионов, где состояние окружающей природной среды приближается к экологической катастрофе, что делает жизнь людей крайне опасной. Загрязнение окружающей среды химическими веществами оказывает определенное влияние на здоровье населения крупных промышленных городов, обуславливая распространение экологически зависимых заболеваний [1–3].

Решить данную проблему можно активно внедряя в рационы населения продукты питания функционального назначения. Такие продукты могут быть созданы путем обогащения продуктов питания необходимыми нутриентами и биологически активными добавками, что позволит обеспечить организм необходимыми ему веществами и повысить его резистентность к неблагоприятным факторам окружающей среды. За последние годы в связи с неблагоприятной экологической обстановкой определилась тенденция обогащения продуктов питания пищевыми волокнами, минеральными веществами, витаминами, что обеспечивает высокий уровень сбалансированности продукта питания и его функциональные свойства [1–3]. Поэтому разработка новых и совершенствование уже существующих рецептур (особенно кондитерской продукции) представляется нам актуальным.

**Цель исследования.** Разработать новые виды функционального продукта питания – пластового мармелада с заданными структурно-механическими свойствами для различных слоев населения, в том числе для населения, проживающего в экологически неблагоприятных регионах.

**Задачи исследования:**

- 1) разработать новую рецептуру кондитерских изделий с высоким содержанием пищевых волокон;
- 2) исследовать структурно-механические показатели разработанного пластового мармелада;
- 3) определить оптимальное соотношение компонентов, входящих в состав разработанного пластового мармелада;
- 4) провести дегустационную оценку и определить степень удовлетворения суточной потребности человека в основных пищевых веществах за счет разработанного пластового мармелада.

В настоящее время на рынке сахаристой кондитерской продукции в основном представлен мармелад, произведенный только из пюре фруктов и ягод, имеющий высокую пищевую ценность и практически не содержащий пищевых волокон [1–4].

Как известно, пластовой мармелад, произведенный по традиционной рецептуре, является в основном источником легкоусвояемых углеводов, но в нем практически отсутствуют пищевые волокна, витамины, микроэлементы, которые содержатся, к примеру, в овощах, ягодах. Перспективным источником пищевых волокон может стать сельдерей. Сельдерей (лат. *Apium*) – род травянистых растений семейства Зонтичные (*Apiaceae*). Самый известный вид Сельдерей пахучий (*Apium graveolens*) – распространённая овощная культура.

В листьях сельдерея содержатся витамин С, А, Е, полный комплекс витаминов группы В, растительные гормоны, гликозиды, минеральные вещества, эфирные масла, аминокислоты. Количество витамина Е и каротина в зелени сельдерея в 5 раз больше, чем в корнях [5].

Сельдерей является эффективным лечебным средством, обладает противовоспалительным, обволакивающим, мочегонным действием. Его рекомендуют для улучшения аппетита, пищеварения, он полезен при гастритах, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, при запорах. Полезен пожилым людям, его рекомендуют при ожирении, неврозах [6–8].

Применяется сельдерей при заболеваниях почек (нефриты, нефромитиаз), при воспалении предстательной железы, подагре, крапивнице, дерматитах, при плохом пищеварении и импотенции, для лечения и профилактики ожирения, при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, хронических колитах, запорах, а также при нарушении сна, неврозах, астенических состояниях, для профилактики атеросклероза, при болезнях верхних дыхательных путей. Его считают средством, способным поднять общий тонус организма и повысить физическую и умственную работоспособность [6, 7].

В древней медицине Индии, Египта, Тибета, Китая сельдерей рекомендовали употреблять в пищу больным раком [6, 7].

Широко используется для растворения скоплений мочевой кислоты в суставах и, как следствие, улучшает состояние страдающих ревматизмом, артритом и подагрой [6, 7].

В качестве естественного ароматизатора и источника органических кислот были выбраны плоды лимона, поскольку в плодовой мякоти содержание лимонной кислоты может достигать 8 %. В мякоти также содержится яблочная кислота, но в количественном отношении она намного уступает лимонной. Сахара представлены глюкозой (до 0,80 %), сахарозой (до 0,75 %) и фруктозой (до 0,60%). Обнаружены пектиновые вещества (0,5%), клетчатка, влияющая положительным образом на тонус стенок кишечника у страдающих запорами. Витаминный ряд представлен каротином, витаминами В1, В2, С, D, Е, Р. В публикациях некоторых исследователей приводятся новые данные о содержании в плодах витаминов В6, В15, РР. Среди минеральных элементов в плодах лимона больше всего содержится солей калия. Выявлены также фосфор, железо, магний, натрий, сера, кобальт, марганец и другие минеральные вещества. Обнаружены различные гликозиды и фитонциды. В кожуре содержатся значительные запасы аскорбиновой кислоты и флавоноидов. Желтый цвет ей придает красящее вещество гесцеридин, а источаемый приятный аромат обусловливается эфирным лимонным маслом (0,4–0,6%), основу которого составляют лимонен, спирт гераниол и цитраль [5].

С учетом современных тенденций создания функциональных сахаристых кондитерских изделий была разработана технологическая схема производства пластового сельдерейно-лимонного мармелада.

**Объект исследования.** Пластовой мармелад, основу которого составляет Сельдерей пахучий (*Apium graveolens*).

**Методы исследования.** Структурно-механические показатели (эластичность, упругость) исследованы с помощью структурометра.

Основными отличительными особенностями предлагаемого пластового сельдерейно-лимонного мармелада является то, что в его состав входит гомогенизированная сельдерейная и

лимонная масса в отличие от традиционного мармелада, в состав которого входит чистый фруктовый или ягодный сок.

**Технологическая схема приготовления пластового сельдерейно-лимонного мармелада.** Сухой пектин смешивают с двойным количеством сахара-песка в чане-растворителе, заливают холодной водой (гидромодуль 1 : 25) и выдерживают в течение 1 ч. Набухший пектин растворяют в диссупторе, где его доводят до кипения и кипятят 1–1,5 мин. Стебли сельдерея и лимон (вместе с цедрой) гомогенизируют с помощью миксера-блендера до однородной массы, полученное сельдерейно-лимонное пюре подают в смеситель и тщательно перемешивают, измеряют кислотность смеси и добавляют сахар-песок. Смесь перемешивают до растворения сахара-песка, добавляют пектин и направляют на варку. Смесь уваривают до влажности 26–32 %. Массу перемешивают и вводят в ячейки форм формующего транспортера, где процесс студнеобразования заканчивается через 20–30 мин.

Исследование химического состава показало, что разработанная нами рецептура и технология приготовления пластового мармелада отличается более высоким содержанием пищевых волокон и витаминов – Е,  $\beta$ -каротин, РР, минеральных веществ К, Са, Mn, Na, Mg, органических кислот – по сравнению с традиционными рецептами. Несмотря на большое содержание в исходном продукте витамина С, в готовом мармеладе его остается незначительное количество из-за термической обработки. Поэтому считаем нецелесообразным рассматривать данный мармелад в качестве источника витамина С.

Нами исследованы структурно-механические свойства пластового сельдерейно-лимонного мармелада.

С помощью пакета Microsoft Office Excel 2007 произведен регрессионный анализ структурно-механических показателей мармелада, а также определено оптимальное соотношение компонентов.

В качестве функций отклика были выбраны следующие показатели:  $y_1$  – эластичность, %;  $y_2$  – упругость, %.

Независимыми, или варьируемыми, факторами являлись:  $x_1$  – концентрация сельдерея, %;  $x_2$  – концентрация лимона, %.

Полученные экспериментальные данные обработаны с помощью пакета программ Microsoft Office Excel 2007.

Результаты регрессионного анализа представлены в таблице.

#### Результаты регрессионного анализа

Структурно-механический показатель	Коэффициент корреляции ( $R$ )	Коэффициент детерминации ( $R^2$ )	Критерий Фишера ( $F$ )
Эластичность, %	0,96	0,93	87,57*
Упругость, %	0,94	0,88	48,1*

\* Критический уровень  $F_{табл}$  находим с помощью таблицы ( $F$  – распределение: критические значения  $F$  с  $v_1$  и  $v_2$  степенями свободы, уровень значимости в 5 %):  $F_{табл}=3,89$  [3].

Поскольку исследования подтвердили, что  $F_{факт} > F_{табл}$ , то представленные ниже уравнения адекватно описывают опытные данные:

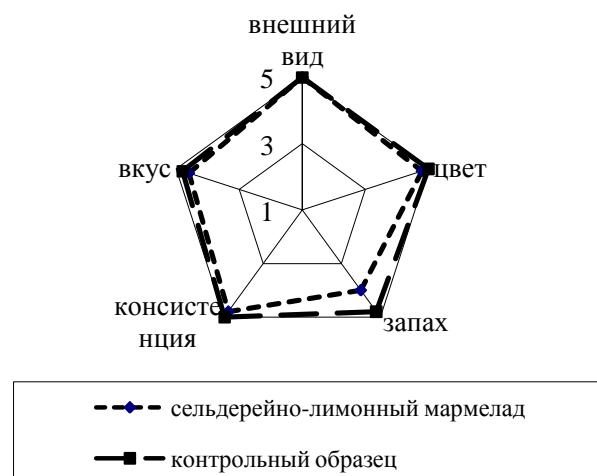
$$y_1 = 19,96 - 0,17 \cdot x_1 + 0,73 \cdot x_2. \quad (1)$$

$$y_2 = 1,85 + 1,75 \cdot x_1 + 2,32 \cdot x_2. \quad (2)$$

Оптимальным можно считать соотношение сельдерей : лимон – 1:0,25.

Нами проведена сравнительная дегустационная оценка разработанного пластового мармелада и мармелада, изготовленного по унифицированной рецептуре.

Для дегустации предлагался пластовой мармелад, приготовленный по стандартной технологии [4], а также пластовой сельдерейно-лимонный мармелад. Дегустационная оценка проводилась по специально разработанной шкале. По результатам дегустационной оценки разработанной сахаристой кондитерской продукции можно заключить, что средний балл оценки показателей качества предлагаемого мармелада по показателям «запах» «вкус» не ниже, чем у традиционных видов пластового мармелада. Лишь незначительное отклонение наблюдается по показателю «запах». Это можно объяснить присутствием сельдерейного аромата (рис.).



Сравнительная сенсорная оценка сельдерейно-лимонного и традиционного мармелада, изготовленного по унифицированной рецептуре

**Выводы.** Очень слабый привкус и аромат сельдерея, по нашему мнению, не умаляет достоинства разработанного изделия. В целом оценка качества разработанных изделий по органолептическим показателям высокая.

Разработанный пластовой сельдерейно-лимонный мармелад отличается отличными органолептическими показателями, что подтверждено дегустационными комиссиями, а также удовлетворяют дневную потребность человека: в пищевых волокнах – на 40 %, калии – на 52, кальции – на 24, фосфоре – на 16, белке – на 20, β-каротине – на 40, витамине С – на 15, витамине Е – 11 %.

### Литература

1. Иванова Г.В., Кольман О.Я. Новые продукты функционального назначения для населения, проживающего в условиях экологического прессинга // Качество и безопасность продукции в рамках гармонизации государственной политики в области здорового питания / ФГБОУ ВПО "СПбГТЭУ"; под общ. ред. Н.В. Панковой. – СПб.: ЛЕМА, 2012. – С. 336–349.
2. Кольман О.Я., Иванова Г.В. Инновационные технологии в использовании вторичных сырьевых ресурсов // Инновационные технологии в области пищевых продуктов и продукции общественного питания функционального и специализированного назначения / ФГБОУ ВПО "СПбГТЭУ"; под общ. ред. Н.В. Панковой. – СПб.: ЛЕМА, 2012. – С. 97–109.
3. Кольман О.Я., Иванова Г.В. Пищевые ингредиенты растительного происхождения в производстве кондитерских изделий повышенной пищевой ценности // Питание и здоровье: мат-лы XIV Всерос. конгресса диетологов и нутрициологов с междунар. участием (Москва, 3–5 декабря 2012 г.). – М., 2012. – С. 41.
4. Павлова Н.С. Сборник основных рецептур сахаристых кондитерских изделий. – СПб.: ГИОРД, 2000. – С.162.

5. Справочник товароведа продовольственных товаров: в 2 т. – М.: Экономика, 1987.
  6. Филонов М. «Заместитель» поваренной соли // Питание и общество.– 2006. – № 10. – С. 28.
  7. Сельдерей // Питание и общество.– 2012. – № 10. – С. 17.
  8. Химический состав российских пищевых продуктов: справ. / под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. – М.: ДeЛи принт, 2002. – 236 с.
- 

УДК 630.282.1

О.Н. Еременко, П.В. Мишура,  
Т.В. Рязанова, М.В. Ток

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ДУБИЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ КОРЫ ХВОЙНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЩЕЛОЧНЫХ ЭКСТРАГЕНТОВ

В статье приведены результаты исследований по совершенствованию технологии дубильных экстрактов из низкосортного сырья с получением продукта с высокими выходом (до 59 %) и качеством (доброта 67 %). Это достигается при использовании водно-щелочного экстрагента и комбинированного способа облагораживания полученных экстрактов (нейтрализация, сульфитирование, ультрафильтрация).

**Ключевые слова:** кора, водно-щелочные экстракты, доброта, сульфитирование, ультрафильтрация.

O.N. Eremenko, P.V. Mishura,  
T.V. Ryazanova, M.V. Tok

## THE IMPROVEMENT OF THE TANNING EXTRACT PRODUCTION FROM THE CONIFEROUS BARK WITH THE USE OF ALKALINE EXTRACTANTS

*The research results on the improvement of the tanning extract technology from low-quality raw materials with receiving the product with a high yield (up to 59%) and quality (good quality – 67%) are presented in the article. It is achieved by the use of the water-alkaline extractant and the combined method of the obtained extract refining (neutralization, sulphitation, ultrafiltration).*

**Key words:** bark, water-alkaline extracts, good quality, sulphitation, ultrafiltration.

---

**Введение.** Красноярский край относится к ведущим лесопромышленным регионам России, занимая по объему продукции лесопромышленного производства 12-е место среди регионов Российской Федерации и второе (после Иркутской области) место в Сибирском федеральном округе [1–4].

Потенциал ЛПК края, определяемый природными ресурсами, существенно превосходит не только текущие объемы производства, но и потенциал роста, определяемый возможным увеличением как внутреннего спроса, так и экспортного потенциала на перспективу не менее чем 10–15 лет. Учитывая, что при существующих объемах заготовки древесины на территории Красноярского края объем древесных отходов составляет порядка 4,5 млн м<sup>3</sup> (из них 70,5 % – отходы лесозаготовки и 29,5 % – отходы деревообработки), дефицит мощностей по глубокой переработке древесины составляет порядка 78 % [3, 4]. Поэтому проблема рационального и комплексного использования лесных ресурсов особенно актуальна.

Основным отходом деревопереработки является кора хвойных, составляющая около 7–15 % объема стволовой древесины, которая практически не нашла удовлетворительного, универсального применения в народном хозяйстве. Состав коры [5–7] свидетельствует о том, что она является ценным сырьем для химической переработки. Экстрактивные вещества коры хвойных, содержание

которых в среднем достигает 20–30 % от абсолютно сухой массы, в основном фенольные соединения, которые представляют особый интерес в дубильно-экстрактовом производстве.

Переработка дубильного сырья целесообразна в том случае, если данное сырье богато танинами, при достаточно высокой их доброкачественности, и легко может быть заготовлено и доставлено на место. В настоящее время считается, что переработка сырья целесообразна при содержании танинов в древесине не ниже 3 % и в коре не ниже 7 % [8]. На практике отходы, как правило, представляют собой смесь коры различных пород. Кроме того, доля древесины в основной массе отходов окорки всегда превышает показатель требований технических условий на сырье для дубильно-экстрактного производства.

**Цель исследований.** Разработка новой технологии переработки древесной коры, позволяющей более эффективно перерабатывать низкосортное сырье с получением продукта, отвечающего запросам потребителя.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследования служили отходы окорки древесины Красноярского ЦБК и ЛДК и водно-щелочные экстракты коры хвойных.

Способ подготовки. Сущность данного способа заключалась в предварительном измельчении сырья на молотковой дробилке ДМ-431 и дезинтеграторе ДУ-16 до частиц размером от 0,5 до 1 мм, с последующей экстракцией раствором едкого натра при оптимальных параметрах.

Исследования химического состава коры проводили по методикам, принятым в химии древесины [9]. Доброкачественность экстракта определяли по ВЕМ [10].

**Результаты и их обсуждение.** Механический состав отходов механизированной окорки лиственницы (отходы ЛДК) представляет собой до 90 % коры и до 10 % древесины, состав отходов ЦБК представлен: до 80 % корой и до 20 % древесиной, при этом на долю коры хвойных приходится 90 %, 10 % составляет кора лиственных пород (тополь, осина). По видовому составу кора хвойных пород ЦБК состоит на 70–80 % из коры пихты и на 30–20 % из коры ели, отходы окорки ЛДК в основном состоят из коры сосны. По механическому составу отходы окорки лиственницы соответствуют требованиям, согласно которым доля древесины не должна превышать 8 %, тогда как отходы ЦБК превышают все регламентируемые показатели. Результаты испытаний по ВЕМ также показывают, что кора с ЦБК не пригодна для переработки при существующих технологиях в дубильно-экстрактной промышленности. Химический состав отходов представлен в таблице 1.

Как видно из данных таблицы, оба вида сырья отличаются по содержанию экстрактивных веществ, извлекаемых горячей водой, а по содержанию веществ, извлекаемых спиртовыми растворами, довольно близки. При этом кора смеси хвойных пород отличается низким содержанием лигнина и более высоким содержанием легкогидролизуемых полисахаридов, в 1,5–2,0 раза выше, чем в коре лиственницы.

Таблица 1  
Химический состав отходов окорки

Компонент	Содержание, % от абсолютно сухой коры	
	Лиственничная кора	Кора смеси хвойных
Вещества, экстрагируемые горячей водой	11,80	7,40
Вещества, экстрагируемые спиртом	8,30	9,40
Всего экстрактивных веществ	20,10	16,80
Легкогидролизуемые полисахариды	10,80	20,20
Трудногидролизуемые полисахариды	23,30	25,30
Целлюлоза	22,90	23,40
Лигнин	40,30	34,50
Дубильные вещества	11,30	6,20
Зольные вещества	5,40	4,20

По содержанию дубильных веществ кора лиственницы имеет более высокий показатель и соответствует требованиям предприятий дубильно-экстрактовой промышленности.

Однако даже при достаточно низком содержании дубильных веществ в коре смеси хвойных пород содержание экстрактивных веществ достигает практически 17 %, что предполагает возможность использования данного сырья для дубильно-экстрактовой промышленности при условии использования альтернативного экстрагента вместо воды.

Поскольку танинды и другие полифенолы содержатся не только в полостях клеток, но и пропитывают клеточные стенки, то эффективность процесса извлечения экстрактивных веществ будет зависеть от способности реагента проникать в капиллярно-пористую структуру клеточной стенки. Следовательно, эффективность процесса экстракции может быть повышена за счет использования нового экстрагента, обладающего определенной селективностью по отношению к веществам фенольной природы.

Исследования, ранее проведенные на кафедре химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ [11–12], дали основание рекомендовать в качестве экстрагента фенольного комплекса коры разбавленные водно-спиртовый или водный раствор NaOH, которые обладают селективными свойствами и достаточно высокой экстрагирующей способностью по отношению к фенольному комплексу коры.

Использование в качестве экстрагента водно-спиртовых растворов щёлочи приведёт к более сложному аппаратурному оформлению технологии и более высокой цене за готовый продукт, в случае водно-щелочной экстракции этого можно избежать. Следовательно, применение слабощелочных растворов – единственно верный путь в создании новой технологии на данный момент.

Проведённые нами исследования [11–12] о влиянии одних и тех же технологических параметров на процесс экстракции лиственничного коры и коры смеси хвойных пород позволили сделать выбор наиболее оптимального режима экстракции применительно к каждому виду сырья:

- для коры лиственницы: концентрация NaOH в экстрагенте – 1 %; температура процесса – 90 °C, жидкостный модуль – 1 ÷ 9, продолжительность экстракции – 35 мин;

- для смеси коры хвойных пород: концентрация NaOH в экстрагенте – 0,5 %, температура процесса – 90 °C, жидкостный модуль – 1 ÷ 6, продолжительность экстракции – 10 мин.

В разработанных оптимальных режимах были получены экстракты, характеристика которых представлена в таблице 2. Как видно из результатов (табл. 2), экстракты, полученные в оптимальных режимах, имеют высокий выход экстрактивных веществ при их достаточно высокой растворимости, но при этом они имеют низкий показатель доброкачественности, связанный с большим содержанием веществ нетаниндиной природы.

Таблица 2  
Характеристика экстрактов

Качественный показатель	Вид экстракта	
	Лиственничный	Смесь хвойных
Выход, % от а.с.к.	55,48	59,94
Сухой остаток (СО), г/л	19,5	20,3
Водорастворимые, % от СО	97,8	95,2
Нерастворимые, % от СО	2,2	4,8
Нетанинды, % от СО	55,7	50,8
Танинды, % от СО	43,1	44,4
Доброкачественность, %	42,1	42,3
pH	9,2	8,8

В дальнейшем это ограничивает их использование и требует дальнейшего облагораживания до требований, предъявляемых дубильно-кожевенной промышленностью. Дубильный экстракт квебрахо, который в настоящее время компенсирует дефицит дубителей в кожевенном производстве и является эталоном, имеет доброкачественность до 75 %.

Дальнейшее облагораживание экстрактов заключалось в обработке сульфитом натрия и нейтрализации на катионообменной смоле КУ-2.

Результаты исследований, ранее проведенных в СибГТУ [12], показали, что процесс нейтрализации водно-щелочных экстрактов (до pH 5,8–6) предпочтительно проводить перед сульфитированием, при этом сульфит натрия вносился в количестве 0,1–1 % от массы сухого вещества в экстракте. Доброкачественность нейтрализованного сульфитированного экстракта составила 48 %.

Следующим этапом облагораживания была ультрафильтрация нейтрализованного и модифицированного экстракта на мембранный установке УПЛ-0,6 с полыми волокнами ВПУ-15.

Процесс мембранных облагораживания заключается в концентрировании экстракта за счет удаления части растворителя и низкомолекулярных соединений, а также за счет процессов конденсации фенольных соединений, которые протекают на полых волокнах. Известно [13], что на ацетатцеллюлозных волокнах образуется динамическая мембрана, которая существенно влияет на процессы, происходящие при ультрафильтрации.

Экстракцию коры проводили в две стадии, и были получены экстракты с различной концентрацией сухих веществ. В работах [14,15] показано, что концентрация сухих веществ оказывает существенное влияние на процесс ультрафильтрации, поэтому были проведены исследования по мембранным облагораживанию экстракта с высоким и низким содержанием сухих веществ. Результаты исследований представлены на рисунках 1 и 2.

Из рисунков видно, что проводить облагораживание экстрактов с высоким содержанием сухих веществ нецелесообразно, так как с увеличением их концентрации доброкачественность падает, при этом также наблюдается снижение содержания растворимых веществ в экстракте.

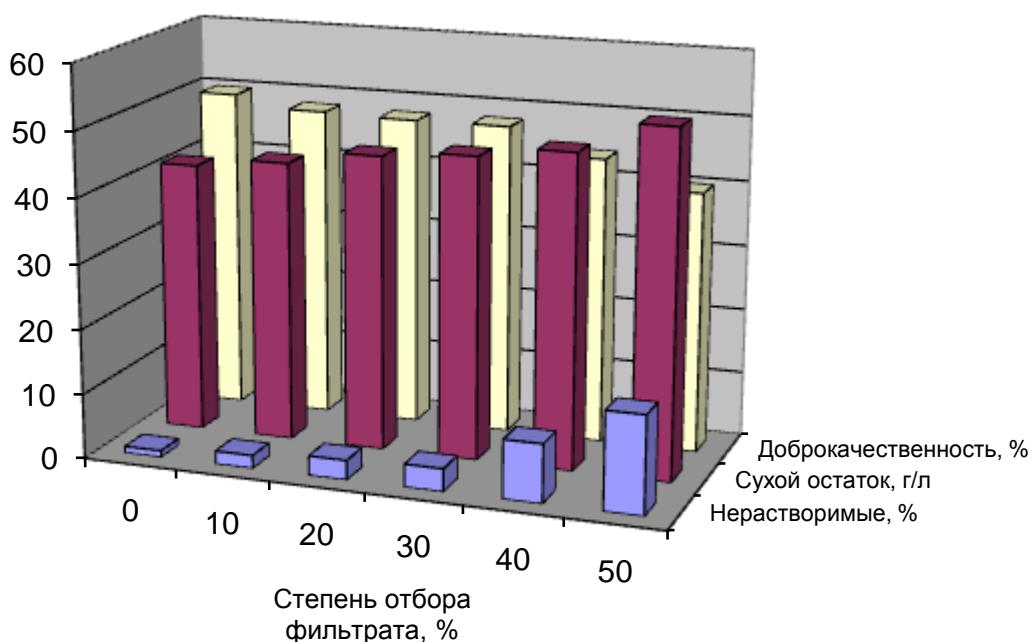


Рис.1. Изменение качественного состава экстракта коры смеси хвойных пород с высокой концентрацией сухих веществ при ультрафильтрации

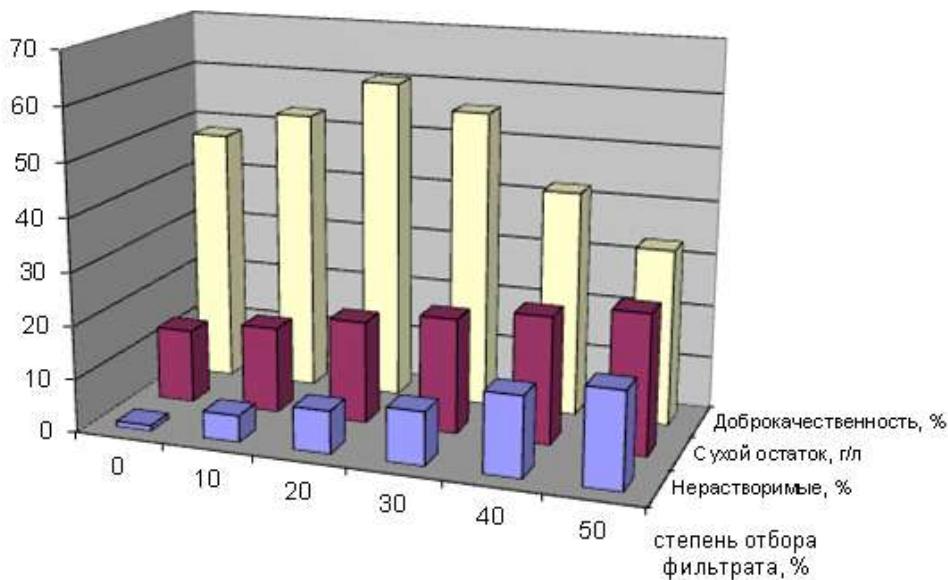


Рис. 2. Изменение качественного состава экстракта коры смеси хвойных пород с низкой концентрацией сухих веществ при ультрафильтрации

Экстракт коры смеси хвойных пород с низким содержанием сухих веществ, как видно, при облагораживании ведет себя иначе. В процессе концентрирования содержание сухих веществ увеличивается, а доброта достигает максимума при степени отбора фильтрата 20 % и составляет 60,3 %, при дальнейшем концентрировании доброта падает ниже исходной. Из полученных результатов вытекает необходимость провести анализ влияния мембранныго облагораживания на свойства объединенного экстракта – нейтрализованного и сульфитированного. Результаты исследования приведены на рисунке 3.

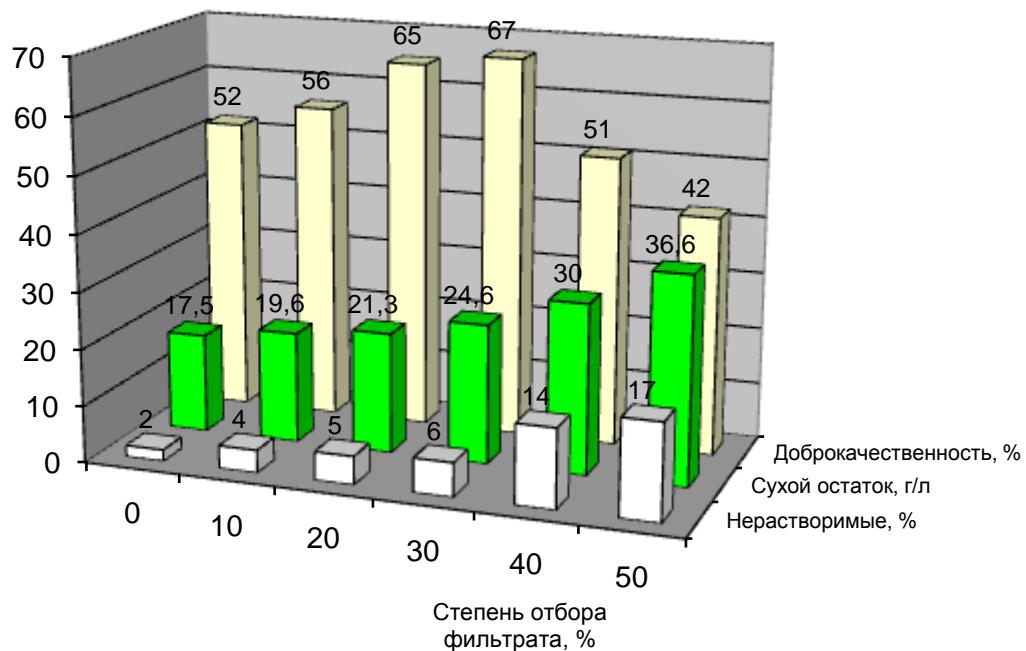


Рис.3. Изменение качественного состава объединенного экстракта коры смеси хвойных пород при ультрафильтрации

Из рисунка видно, что процесс ультрафильтрации целесообразно вести до 30 % отбора фильтрата, так как при увеличении концентрации сухих веществ доброкачественность при отборе фильтрата более 30 % резко падает, так же как и содержание растворимых веществ. При концентрировании экстракта до 30 % доброкачественность составляет 67 %, что отвечает требованиям потребителя.

**Выводы.** Таким образом, отходы окорки можно перевести в разряд сырья, пригодного для дубильно-экстрактного производства, если процесс извлечения дубильных веществ осуществлять разбавленным водным раствором гидроксида натрия с последующим облагораживанием экстрактов комбинированным методом, включающим:

- нейтрализацию на ионообменной смоле КУ-2 до pH 5,8–6;
- сульфитирование  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в количестве 0,1–1 % от сухих веществ экстракта;
- облагораживание ультрафильтрацией на полых волокнах ВПУ-15 со степенью концентрирования не более 30 %.

### Литература

1. Лесной форум Гринпис России. – 2011. – URL: [www.forestforum.ru](http://www.forestforum.ru).
2. Лес он-лайн. Лесная промышленность России. Тенденции 2011 год. – URL: [http://www.lesonline.ru/analitic/?cat\\_id=12&id=1756](http://www.lesonline.ru/analitic/?cat_id=12&id=1756).
3. Леспром информ. Запас лесосырьевых ресурсов в Красноярском крае увеличивается. – URL: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemprint/3201>.
4. Ведомственная целевая программа "Развитие деятельности по подготовке древесины на 2011–2013 годы". Паспорт ведомственной целевой программы. – URL: <http://do2.gendocs.ru/docs/index-400745.html>.
5. Рязанова Т.В., Репях С.М. Химия и технология коры хвойных. – Красноярск: Изд-во КГТА, 1996. – 302 с.
6. Флаваноиды из коры некоторых видов пихты, ели и сосны / А.С. Громова [и др.] // Химия древесины. – 1978. – № 4. – С. 90–98.
7. Дайнеко И.П., Дайнеко И.В., Белов Л.В. Исследование химического состава коры сосны // Химия растительного сырья. – 2007. – № 1. – С.19–24.
8. Вахрушев В.И. Производство дубильных экстрактов. – М.: Легпромиздат, 1990. – 320 с.
9. Рязанова Т.В., Чупрова Н.А., Исаева Е.В. Химия древесины: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КГТА, 1996. – 358 с.
10. Всесоюзный единый метод исследования в кожевенном, обувном и дубильно-экстрактном производстве (ВЕМ). – М.: Гостехиздат, 1955. – 320 с.
11. Левин Э.Д., Астапович И.И., Рязанова Т.В. Экстракция коры лиственницы сибирской спиртовым раствором щелочи // Химия древесины. – 1980. – № 4. – С. 93–97.
12. Рязанова Т.В. Комплексная переработка коры хвойных пород с получением дубильных экстрактов с заданными свойствами: дис. ... д-ра техн. наук. – Красноярск, 1999. – 498 с.
13. Брык М.Т., Цаплюк Е.А., Твёрдый А.А. Мембранные технологии в промышленности. – Киев: Техника, 1990. – 247 с.
14. Брык М.Т., Цаплюк Е.А. Ультрафильтрация. – Киев: Наук. думка, 1989. – 288 с.
15. Брык М.Т. Мембранные методы очистки и орошения воды // Химия и технология воды. – 1990. – № 2. – С. 84–85.



## РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА МУЧНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЕЙ С ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ В РЕЦЕПТУРУ ПШЕНИЧНОЙ И ЯЧМЕННОЙ МУЧКИ

В результате исследований выявлено, что при использовании алейронового слоя в пищевой промышленности можно улучшить питательную и биологическую ценность, а также показатели качества продукции. Кроме того, обогатить пшеничную муку можно различными видами мучных смесей, полученных посредством экструзионной обработки. Это дает возможность моделировать химический состав, повышать пищевую и биологическую ценность готовых продуктов.

**Ключевые слова:** хлебопекарная промышленность, пищевая ценность, биологическая ценность, пшеница, ячмень, алейроновый слой, показатели качества, композитные смеси.

E.Yu. Chebotareva, M.A. Yanova

## THE ASSORTMENT EXPANSION OF THE FLOUR COMPOSITE MIXTURES WITH HIGH NUTRITIONAL VALUE BY INTRODUCING THE WHEAT AND BARLEY FLOUR INTO THE FORMULATION

As a result of studies it is revealed that the aleurone layer use in the food industry can improve the nutritional and biological value, and the product quality indicators. Moreover, the wheat flour can be enriched by various kinds of flour mixtures obtained by extrusion processing. This makes it possible to simulate the chemical composition, to improve the nutritional and biological value of the finished products.

**Key words:** baking industry, nutritional value, biological value, wheat, barley aleurone layer, quality indicators, composite mixtures.

---

**Введение.** Длительная транспортировка и хранение продуктов питания уменьшают содержание в готовом продукте биологически активных веществ, а технологии переработки, консервирования, рафинации и кулинарная обработка усугубляют ситуацию [1].

Наряду с этим снизилась пищевая ценность многих продуктов животного и растительного происхождения вследствие минерального истощения почв. Поэтому пищевая индустрия начинает переориентацию на производство продуктов питания с новыми качествами, улучшающими здоровье. Лишь при удовлетворении физиологических потребностей человека в энергии и всем комплексе пищевых и биологически активных веществ здоровье может быть достигнуто и сохранено [2, 3].

Обогащение продуктов массового потребления различными физиологически ценными компонентами для придания им дополнительных полезных свойств является одним из перспективных направлений совершенствования пищевых технологий [4].

Продукты повышенной пищевой ценности и функциональные продукты отличаются от традиционных продуктов питания по составу и включают нутриенты (питательные вещества), способствующие восстановлению организма, его росту и укреплению здоровья в целом, имеют высокую усвояемость пищевого функционального ингредиента и высокую пищевую ценность продукта при его минимальной калорийности. Важно подчеркнуть еще и то, что для включения продукта повышенной пищевой ценности и функционального продукта в рацион питания не требуется специальных консультаций, поскольку это прежде всего продукты питания, а на упаковке каждого продукта имеется инструкция по кратности включения в рацион [1].

Анализ научных и промышленных разработок в области здорового питания свидетельствует, что в настоящее время в мире активное развитие получает производство продуктов повышенной пищевой ценности с функциональными свойствами на основе зерновых культур. Их функциональное действие обусловлено присутствием целого комплекса обогащающих ингредиентов (биологи-

чески активных веществ): пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, протеины, липиды, антиоксиданты, пребиотические углеводы и др. [5].

**Цель исследований.** Изучение возможности использования муки из алейронового слоя пшеницы и ячменя в производстве мучных композитных смесей повышенной пищевой ценности.

В связи с этим ставились **задачи**: исследование химического состава, показателей качества цельного зерна и отдельных его частей, а также содержания минеральных веществ; анализ полученных результатов с последующим рассмотрением возможности и целесообразности использования алейроновой муки как ингредиента для дополнительного обогащения мучных композитных смесей при производстве хлебобулочных, мучных кондитерских изделий.

**Методы и результаты исследований.** Повысить пищевую и биологическую ценность, а также улучшить показатели качества изделий можно используя побочный продукт переработки зерна крупяного производства – пшеничную и ячменную муку, состоящую главным образом из алейронового слоя.

Фракция алейроновой муки пшеницы и ячменя (проход сита с размером ячеек 180 мкм) представлена на рисунках 1 и 2, изображение получено посредством электронного микроскопа с 20-кратным увеличением.

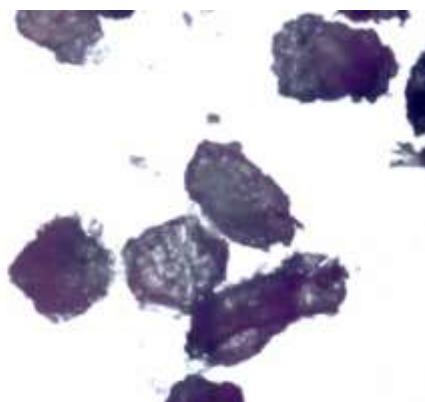


Рис. 1. Фракция алейроновой муки пшеницы (проход сита с размером ячеек 180 мкм)

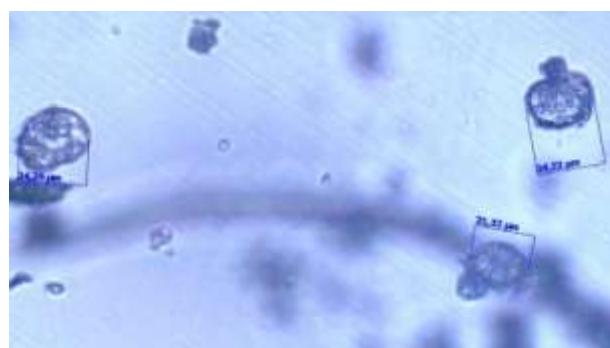


Рис. 2. Фракция алейроновой муки ячменя (проход сита с размером ячеек 180 мкм)

Оболочка с алейроновым слоем содержит много белка, что объясняется высоким его содержанием в клетках алейронового слоя, где они находятся в виде алейроновых зерен. Распределение белка по отдельным морфологическим частям зерна неоднородно, основная его масса (72%) находится в периферических, наружных слоях эндосперма, несколько меньше в более глубоких и еще меньше в самых внутренних слоях зерна. Поэтому мука, получаемая из самых верхних слоев эндосперма, богаче белком, чем мука из внутренних частей [6].

С точки зрения физиологии питания алейроновый слой представляет собой очень ценный компонент зерна из-за содержания витаминов, незаменимых жирных кислот, минеральных веществ, белка, биоактивных веществ (полифенолы, флавоноиды, лигнан, бета-глютан) [7].

В данной работе приведены исследования химического состава, показателей качества цельного зерна и отдельных его частей (табл. 1), а также содержания минеральных веществ (табл. 2). Исследования проводились в лаборатории НИИЦ по контролю качества с.-х. сырья и пищевых продуктов ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет».

Таблица 1  
Химический состав, показатели качества цельного зерна пшеницы и отдельных его частей, %

Образец	Белок	Клетчатка	Сахара	Жир	Влага	Зола
Зерно – контроль	11,94	4,49	4,73	1,21	8,91	1,72
Зерно очищенное	12,36	2,17	4,89	1,17	9,85	1,64
Мучка	12,91	10,77	5,87	3,11	9,27	3,76
Отходы	8,32	19,02	3,07	0,38	19,67	3,66

Таблица 2  
Содержание минеральных веществ зерна пшеницы, %

Образец	Кальций	Магний	Фосфор	Сахар
Зерно. Контроль	0,21	0,56	2,28	4,73
Зерно очищенное	0,25	0,46	2,21	4,89
Мучка	0,36	0,34	3,55	5,87
Отходы	0,35	0,42	2,46	3,07

Как видно из таблицы 1, больше всего белка содержится в мучке алейронового слоя – 12,91 % – по сравнению с контрольным образцом зерна – 11,94 % и зерна, прошедшего стадию очистки, – 12,36 %. Это объясняется тем, что большее количество белковых клеток располагается ближе к периферийной части зерна. То же можно сказать и про содержание сахаров и жира – в пшеничной мучке их содержится больше всего – 5,87 и 3,11 % по сравнению с зерном очищенным (сахара – 4,89 %, жир – 1,17 %) и контрольным (сахара – 4,73 %, жир – 1,21 %). Не менее важный показатель качества зерна – клетчатка – содержится в мучке алейронового слоя в большем количестве – 10,77 %, чем в зерне контрольного образца – 4,49 %, причем меньшая часть клетчатки остается в зерне после прохождения стадии очистки – 2,17 %, а большая часть уходит в отходы – 19,02 %.

Из таблицы 2 видно, что содержание такого важного макроэлемента, как кальций, больше всего в мучке алейронового слоя – 0,36 %, – по сравнению с контрольным образцом зерна – 0,21 % и зерна, прошедшего стадию очистки – 0,25 %. То же можно сказать и про содержание фосфора – в пшеничной мучке его содержится больше всего – 3,55 %, причем большая часть уходит в отходы – 2,46 %, а на очищенное зерно остается всего – 2,21 %. Из таблицы 2 видно, что магний, не менее важный макроэлемент, содержится в мучке в меньшем количестве – 0,34%, чем в зерне очищенном – 0,46%.

Показатель золы в процентном содержании больше всего в мучке алейронового слоя – 3,76 % по сравнению с зерном очищенным и контрольным – 1,64 и 1,72 % соответственно. Это еще раз подтверждает, что большая часть макроэлементов и других минеральных веществ содержится в пери-

ферийных частях зерна – в цветочных оболочках (отходы) и в алейроновом слое, в данном случае – в мучке из алейронового слоя, что делает этот компонент ценным с точки зрения физиологии питания.

Известно, что витамин В1 (тиамин) содержится в большом количестве в пшеничных отрубях, зародыше и алейроновом слое. При изготовлении пшеничной муки высшего сорта отруби, зародыш и алейроновый слой удаляются, поэтому такая мука практически не содержит витаминов. Содержание витамина В1 в зерне пшеницы (в мкг/кг) – 5–6 %, около 60 % от общего содержания приходится на зародыш пшеницы. Содержание витамина В2 (рибофлавина) (в мкг/кг) составляет 2 %. Больше всего в пшеничном зерне и продуктах его переработки (в мкг/кг) содержится никотиновой кислоты (витамин PP) – около 60 %. Особенно много никотиновой кислоты в алейроновом слое. Содержание витамина В6 (пиридоксин) (в мкг/кг) составляет 4% [6].

Также отмечено наличие биотина в количестве 0,05 (мкг/кг), холина – 204,0–224,0 мг%, пантотеновой кислоты – 1,20–1,62 мг%, фолиевой кислоты – 0,046–0,053 мг%, инозита – 352,0–383,0 мг% и пара-аминобензойной кислоты – 0,39–0,63 мг% [8].

В лаборатории НИИЦ по контролю качества с.-х. сырья и пищевых продуктов ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет» нами проводились исследования на поставленную задачу: проанализировать химический состав мучки пшеницы и ячменя с целью выявления наиболее оптимальной фракции, результаты чего представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3  
Биохимический состав мучки алейронового слоя зерна пшеницы, %

Размер ячеек сита, мкм	Влага	Белок	Зола	Клетчатка	Жир	Сахар
560	9,97	13,83	2,14	3,08	0,09	19,07
330	9,52	15,74	1,97	3,96	0,21	19,88
300	9,40	15,50	1,99	4,02	0,26	19,94
250	9,13	14,72	2,05	4,37	0,31	20,06
180	9,00	14,54	2,10	4,93	0,46	22,25
160	8,62	13,59	2,42	5,31	0,48	19,89
145	8,88	13,30	3,60	6,42	0,41	19,99

Таблица 4  
Биохимический состав мучки алейронового слоя зерна ячменя, %

Размер ячеек сита, мкм	Влага	Белок	Зола	Клетчатка	Жир	Сахар
560	6,98	10,20	8,38	13,02	3,11	6,43
330	7,04	16,49	7,92	12,87	3,07	6,77
300	7,07	17,35	6,53	12,34	2,99	6,96
250	7,19	19,84	6,50	8,45	2,90	7,69
180	7,21	21,52	6,26	5,64	2,82	8,10
160	7,47	21,02	5,65	4,85	2,72	8,07
145	7,47	20,72	5,44	2,56	2,18	8,02

Как видно из таблицы 3, отруби каждой фракции отличаются друг от друга размером частиц, влажностью, содержанием белка и зольностью, незначительно отличаясь по содержанию жира. Фракции пшеничной мучки, являющиеся сходом сита с размером ячеек 330 и 300 мкм, содержат

белка больше (15,74 и 15,50 %) по сравнению с фракциями более мелкими (14,72–13,30 %) вследствие прохода большего количества частиц оболочек. Более крупные фракции ячменной мучки по содержанию белка, напротив, – 16,49 и 17,35 % (330 и 300 мкм), уступают фракциям ячменной мучки более мелким – 21,52 % (180 мкм) и 21,02 – 20,72 % (160 и 145 мкм соответственно), вследствие того, что частицы оболочек ячменя жесткие и крупнее по размерам, большинство их остается на крупных ситах.

В белках зерна ячменя, как и в белках зерна пшеницы, преобладают спирторастворимые (проламины) и щелочорастворимые (глютенины) фракции. По сумме незаменимых аминокислот белок ячменя является более полноценным, чем белок зерна пшеницы. В белке зерна ячменя содержание незаменимых аминокислот составляет (в г на 100 г белка) 30,56–31,83, а в белке пшеницы – 28,2–29,3. Ячмень является источником полисахаридов, пентозанов и клетчатки [9].

**Выводы.** Сравнительный анализ химического состава представленного сырья показал, что содержание белка, клетчатки, жира, сахаров, минеральных веществ (кальция, фосфора) в пшеничной мучке в процентном содержании больше, чем в зерне цельном или очищенном. Таким образом, пшеничная мучка из алейронового слоя может использоваться как ингредиент для дополнительного обогащения муки, мучных смесей, различных видов круп и хлебобулочных изделий при производстве продуктов питания обычного или функционального назначения, а также высококачественных обогащенных продуктов с повышенной пищевой ценностью.

По результатам исследований, ячмень в составе композитной смеси является перспективной культурой для производства пищевых продуктов здорового питания. Та же обогащение хлебобулочных и мучных кондитерских изделий различными видами мучных смесей на основе мучки зерновых культур дает возможность моделировать химический состав, повышать пищевую и биологическую ценность готовых продуктов.

### **Литература**

1. Пилат Т.Л., Белых О.А., Волкова Л.Ю. Функциональные продукты питания: своевременная необходимость или общее заблуждение? // Сырье и добавки. – 2013. – № 2. – С.71–73.
2. Красина И.Б., Мушта Л.В., Лозовой А.В. Новые продукты для функционального питания // Успехи современного естествознания. – 2005. – № 5. – С. 53–55.
3. Рязанова О.А. Биологически активные добавки к пище: история и современность // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2012. – № 1. – С. 82–85.
4. Дурене А.Д., Оганесянц Л.А. Функциональные продукты питания // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 9. – С.15–21.
5. Капрельянц Л.В., Иоргачева Е.Г. Зерновые многокомпонентные ингредиенты для функционального питания // Пищевая промышленность. – 2003. – № 3. – С. 22–23.
6. Кретович В.Л. Биохимия зерна и хлеба. – М.: Наука, 1991. – 136 с.
7. Патент № 2335142. Алейроновый продукт и способ его получения.
8. Княгичев М.И. Биохимия пшеницы. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1951. – 416 с.
9. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.



## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ УЛУЧШИТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ЗАМОРОЖЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В работе представлены исследования по сравнительной оценке воздействия традиционного хлебопекарного улучшителя «Фрости» и нового – муки из топинамбура – на качество замороженного дрожжевого теста и готовых изделий. Обоснована возможность применения муки из топинамбура в качестве натурального структурообразователя замороженного теста, определены технологические параметры производства.

**Ключевые слова:** хлебопекарный улучшитель, замороженное тесто, хлебобулочные изделия, мука из топинамбура.

L.G. Ermosh

## THE COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE BREAD-MAKING IMPROVER INFLUENCE ON THE FROZEN BAKERY PRODUCT QUALITY

*The research results on the comparative assessment of the influence of the traditional bread-making improver "Frosty" and the new – Jerusalem artichoke flour – on the quality of the frozen yeast dough and the finished products are presented in the article. The possibility of applying the Jerusalem artichoke flour as the natural structure maker for the frozen dough is substantiated, the production technological parameters are determined.*

**Key words:** bread-making improver, frozen dough, bakery products, Jerusalem artichoke flour.

**Введение.** Тема использования замороженного хлеба и мелкоштучных изделий из замороженного теста является актуальной во всем мире, в том числе и в России. Применение технологии шоковой заморозки предполагает длительное хранение замороженных полуфабрикатов и позволяет получать свежевыпеченную продукцию непосредственно на местах реализации в максимально короткие сроки.

При использовании данной технологии особое внимание уделяется составу сырьевого набора, его свойствам и технологическим параметрам, так как в процессе замораживания, низкотемпературного хранения полуфабрикатов происходят физико-химические процессы, приводящие к изменению бродильной микрофлоры, повреждению клейковины, перекристаллизации воды и др., что отрицательно влияет на качество готовой продукции. Введение в рецептурный состав теста хлебопекарного улучшителя препятствует протеканию данных процессов. В состав хлебопекарных улучшителей для замороженного дрожжевого теста входят гидроколлоиды (гуаровая камедь, ксантановая камедь, каррагинаны, крахмал, агар, пектин, инулин и др.), которые обеспечивают стабильность тестовых заготовок при брожении, расстойке, замораживании и размораживании [4].

Одним из видов хлебопекарных улучшителей для замороженного хлеба является хлебопекарный улучшитель «Фрости» (ТУ 9291-022-18256266-02).

В рамках научной работы нами была определена пищевая ценность муки из топинамбура, которая показала наличие в ней высокого содержания белка (9,45 %), инулина (11,1 %), клетчатки (2,5 %), пектиновых веществ (12,2 %), наличие аскорбиновой кислоты [2]. Это обозначило новое направление ее применения не только в качестве функциональной добавки, но и в качестве натурального хлебопекарного улучшителя замороженного дрожжевого теста.

**Цель работы.** Сравнительная оценка воздействия хлебопекарного улучшителя «Фрости» и муки из топинамбура на качество замороженных полуфабрикатов из дрожжевого теста и готовых хлебобулочных изделий.

Для достижения цели решались **задачи**: исследование процесса брожения и созревания теста с данными улучшителями, сравнительная оценка криопротекторных свойств, влияние процессов замораживания и дефростации на показатели качества готовых изделий.

**Материалы и методы исследований:** дрожжевое тесто, приготовленное безопарным способом, полуфабрикаты и готовые изделия с мукой из топинамбура, произведенные по разработанной нами рецептуре. Контрольные образцы – дрожжевое тесто, полуфабрикаты и готовые изделия с использованием хлебопекарного улучшителя «Фрости». Физико-химические, структурно-механические показатели полуфабрикатов и готовых изделий определяли в соответствии с требованиями ГОСТа [1]. Органолептические показатели готовых изделий определяли в соответствии с балльной оценкой качества хлеба по методике, разработанной кафедрой технологии хлебопекарного производства МГУПП [3]. Замораживание полуфабрикатов проводили в аппарате шоковой заморозки (PF 031 AF CHILLY GN1) до температуры минус 18,0±1,0° С внутри полуфабриката. Низкотемпературное хранение (при температуре минус 18,0±1,0° С) осуществляли в течение 20 дней. Дефростацию полуфабрикатов проводили в два этапа: при комнатной температуре до плюс 10° С внутри изделий, далее – в пароконвекционном аппарате при температуре плюс 30°С – 15 мин. Выпечка изделий в пароконвекционном аппарате (XV 303J (UNOX) (T=210° С, пар 10 %). Качество выпеченных изделий определяли через два часа после выпечки.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы «Statistica 6.0». При сравнении средних значений для двух выборок и множественном сравнении средних разница считалась достоверной при 95 %-м уровне значимости ( $p<0,05$ ).

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе исследовали активность процесса брожения теста с выбранными улучшителями по изменению кислотности, плотности и удельному объему теста. Результаты представлены на рисунках 1–3.

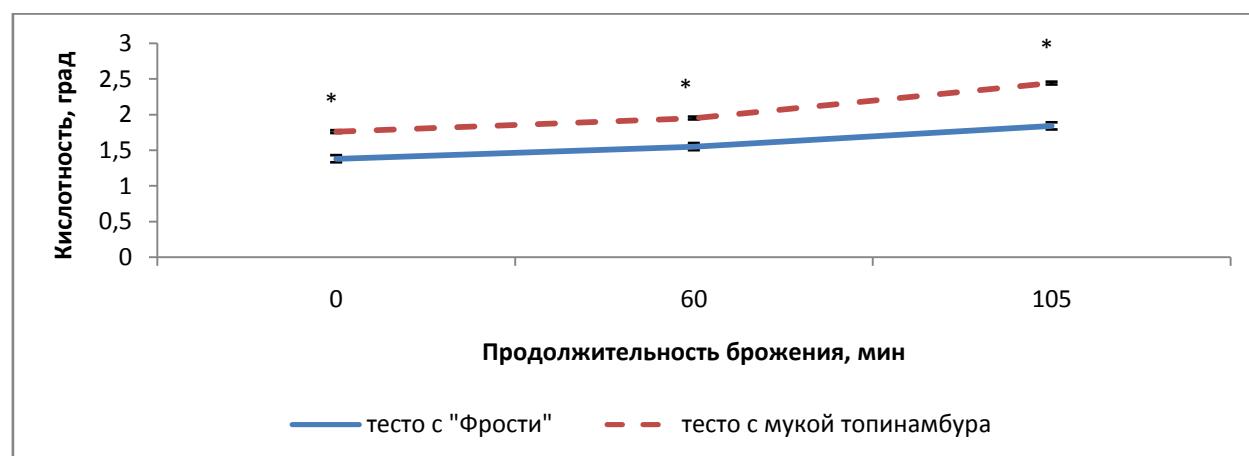


Рис. 1. Изменение кислотности дрожжевого безопарного теста с мукой из топинамбура и улучшителем «Фрости» в процессе брожения ( $M\pm m$ ) ( $n=6$ ) (\* – межгрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p<0,05$ )

С введением в рецептурный состав дрожжевого теста муки из топинамбура увеличивается количественное содержание моно-, дисахаридов, что приводит к повышению бродильной активности дрожжей. Ферментативный гидролиз полисахаридов также приводит к повышению углеводного состава теста. В результате этого кислотность теста с мукой из топинамбура выше, чем теста с добавлением «Фрости», на протяжении всего процесса брожения.

Активное брожение теста с мукой из топинамбура приводит к понижению его плотности и повышению удельного объема по сравнению с контрольным образцом. К концу брожения значение удельного объема теста с мукой из топинамбура на 10,9 % выше, чем теста с «Фрости». Созревшее тесто с мукой из топинамбура более пышное, разрыхленное, имеет более выраженный дрожжевой аромат.

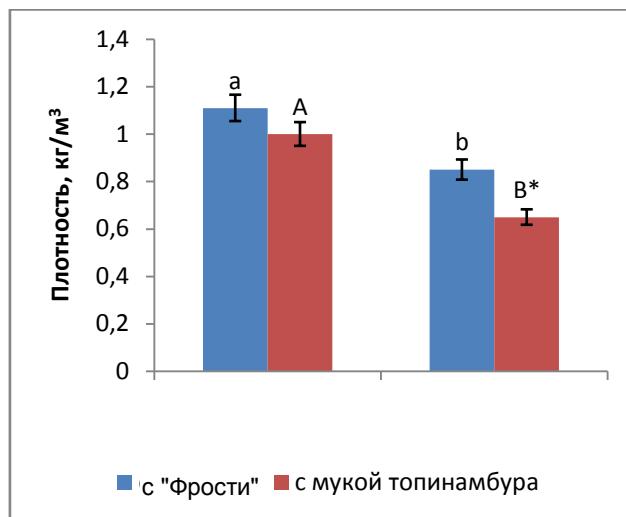


Рис. 2. Изменение плотности дрожжевого теста в процессе брожения

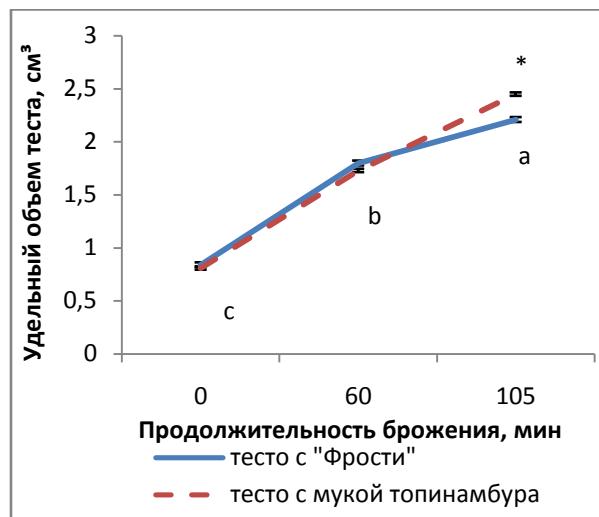


Рис. 3. Изменение удельного объема дрожжевого теста в процессе брожения

( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, \* – межгрупповые различия, множественное сравнение средних, Манн-Уитни, LSD-тесты,  $p<0,05$ )

Продолжительность расстойки сформованных из созревшего теста полуфабрикатов, существенно влияет на качество готовых изделий.

С целью определения оптимальных параметров расстойки сформованные из теста мелкотучные полуфабрикаты были разделены на три группы и выбраны режимы их расстойки: отлежка – в течение 10 мин, расстойка – в течение 20 и 40 минут.

Динамика изменения кислотности и удельного объема полуфабрикатов в процессе расстойки представлена на рисунках 4, 5.

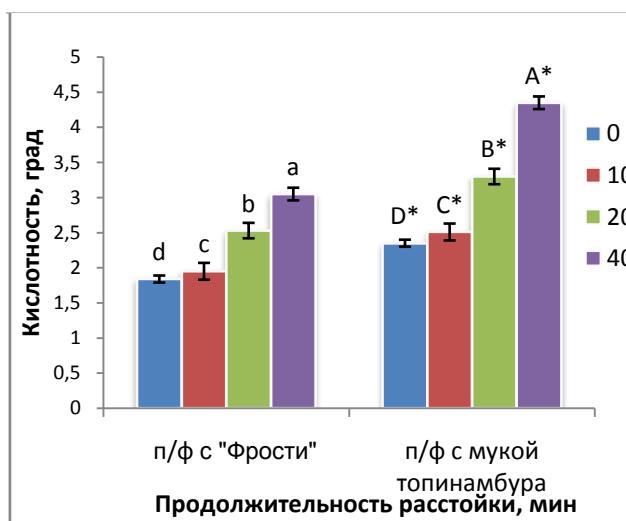


Рис. 4. Динамика изменения кислотности дрожжевых полуфабрикатов в процессе расстойки

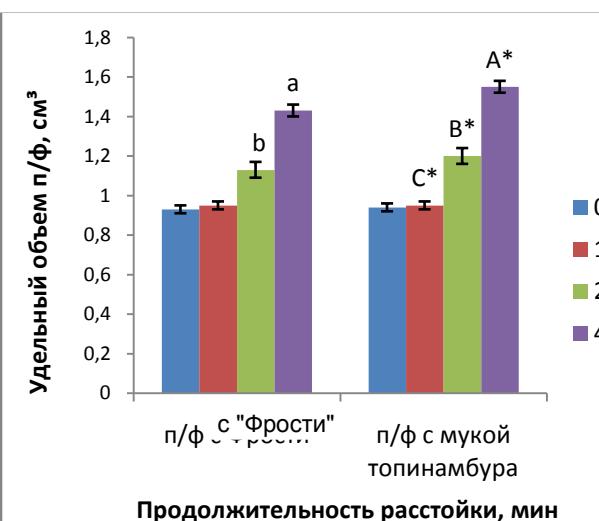


Рис. 5. Динамика изменения удельного объема дрожжевых полуфабрикатов в процессе расстойки

( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, \* – межгрупповые различия, множественное сравнение средних, Манн-Уитни, LSD-тесты,  $p<0,05$ )

С увеличением продолжительности расстойки кислотность всех образцов возрастает в результате дальнейшего брожения теста. После 40 минут расстойки активность брожения резко возрастает: у полуфабрикатов с «Фрости» до 3,2 град, у полуфабрикатов с мукой из топинамбура – до 4,35, что превышает нормативные показатели. Появляется кислый запах, выраженный привкус топинамбура, наблюдается расплывание полуфабрикатов. Поэтому данные образцы для дальнейших исследований не использовались.

Удельный объем полуфабрикатов после отлежки изменяется незначительно. В процессе 20-минутной расстойки происходит увеличение удельного объема всех видов полуфабрикатов, при этом более интенсивное – у полуфабрикатов с мукой из топинамбура (на 6,2 %), чем у полуфабрикатов с «Фрости».

Физико-химические показатели полуфабрикатов с отлежкой и расстойкой 20 минут представлены в таблице.

#### Физико-химические показатели полуфабрикатов перед замораживанием

Образцы	Показатели	
	М.д. влаги, %	Кислотность, град
<i>Полуфабрикаты с «Фрости»</i>		
Сформованные	41,2±0,18	1,84±0,01
С отлежкой 10мин	41,2±0,22	1,95±0,09
С расстойкой 20мин	41,6±0,11	2,53±0,04
<i>Полуфабрикаты с мукой из топинамбура</i>		
Сформованные	40,0±0,10*	2,35±0,034*
С отлежкой 10мин	40,1±0,15*	2,51±0,08*
С расстойкой 20мин	40,3±0,22*	3,31±0,04*

\* Межгрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p<0,05$ .

На следующем этапе были проведены шоковое замораживание, упаковка и низкотемпературное хранение полуфабрикатов. По истечении двадцатидневного срока хранения (при минус 18° С) полуфабрикаты размораживали и исследовали изменение качественных характеристик.

Масса всех видов дефростированных полуфабрикатов осталась неизменной.

Динамика изменений массовой доли влаги в полуфабрикатах с «Фрости» и мукой из топинамбура идентична. После 20 суток низкотемпературного хранения ее значение во всех дефростированных полуфабрикатах сохраняется на том же уровне, что и у свежевыработанных (рис.6).

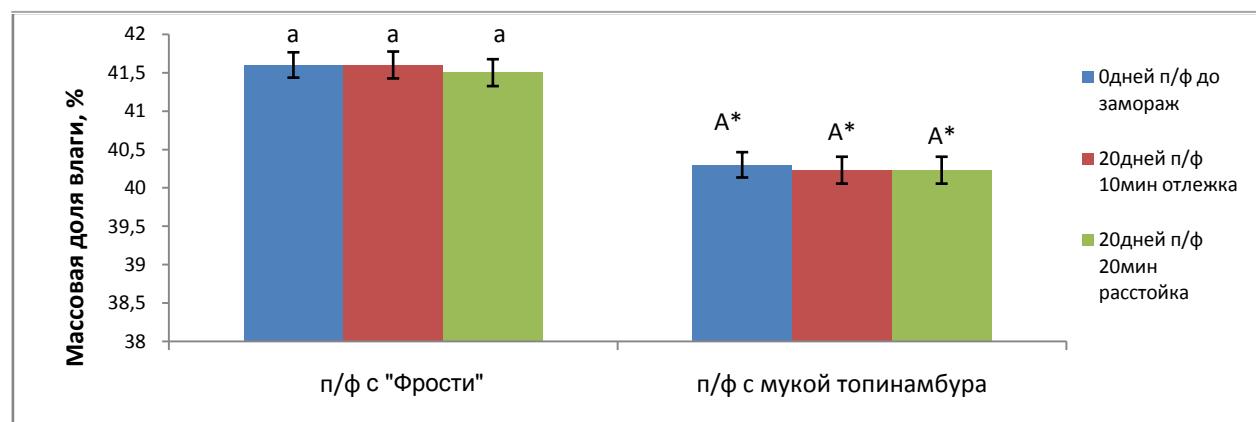


Рис. 6. Изменение массовой доли влаги в дефростированных полуфабрикатах

$(M \pm m)$  ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, \* – межгрупповые различия, множественное сравнение средних, Манн-Уитни, LSD-тесты,  $p<0,05$ )

Сохранность массы и влаги в дефростированных полуфабрикатах можно объяснить тем, что

«Фости» и мука из топинамбура содержат значительное количество гидроколлоидов, способных удерживать влагу. Высокое содержание инулина, пектина и клетчатки в муке из топинамбура повышает влагопоглотительную способность теста. Аскорбиновая кислота, имеющаяся в составе того и другого улучшителя, способствует упрочнению структуры белка, что также ведет к повышению содержания связанной влаги в тесте. Шоковое замораживание препятствует образованию крупных кристаллов льда, способных повредить клеточные ткани, что предотвращает потери влаги. В результате поэтапной дефростации данные показатели не изменяются.

Во всех образцах дефростированных полуфабрикатов значение кислотности так же остается на том же уровне, что и до замораживания, так как в результате замораживания и низкотемпературного хранения бродильная активность дрожжей прекращается. Не изменилось значение удельного объема дефростированных полуфабрикатов.

На последнем этапе исследований проводили оценку качества выпеченных изделий. Балльная органолептическая оценка готовых изделий, выпеченных из замороженных полуфабрикатов (с учетом коэффициентов весомости), проводилась дегустационной комиссией ( $n=7$ ) [3]. Сравнительная балльная оценка органолептических показателей качества свежевыпеченных изделий и изделий из замороженных полуфабрикатов приведена на рисунке 7.

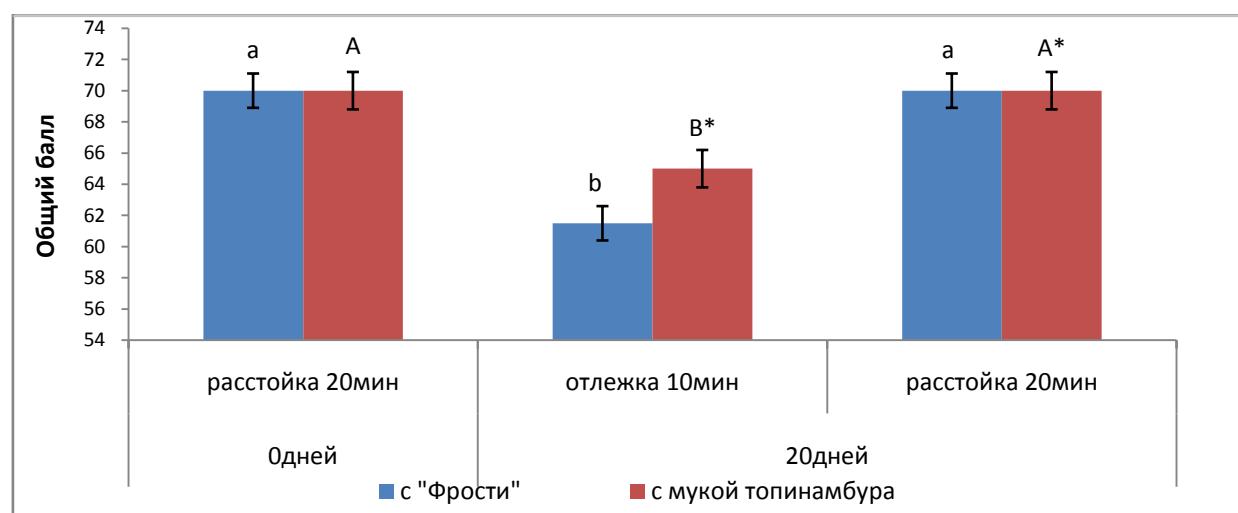


Рис.7. Балльная оценка качества готовых изделий с «Фости» и мукой из топинамбура

( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, \* – межгрупповые различия, множественное сравнение средних, Манн-Уитни, LSD-тесты,  $p<0,05$ )

По итогам анализа оценка органолептических показателей всех видов выпеченных изделий после отлежки была значительно ниже, чем изделий после расстойки. Сравнительно низкие баллы изделия получили по таким показателям, как правильность формы, формоустойчивость и пористость.

Изделия с расстойкой (как с «Фости», так и с мукой из топинамбура) получили максимально высокий общий балл.

Динамика изменения массовой доли влаги в выпеченных изделиях с «Фости» и мукой из топинамбура (после отлежки и расстойки) идентична (рис. 8). При использовании процесса расстойки тестовых заготовок массовая доля влаги в готовых изделиях выше, чем в готовых изделиях с отлежкой: в изделиях с «Фости» на 2,2 %, в изделиях с мукой топинамбура – на 3,6 %. Их значения приближены к значениям свежевыпеченных изделий. В муке топинамбура количественное значение гидроколлоидов выше, чем в порошке «Фости», поэтому готовые изделия с мукой топинамбура лучше удерживают влагу, чем изделия с «Фости».

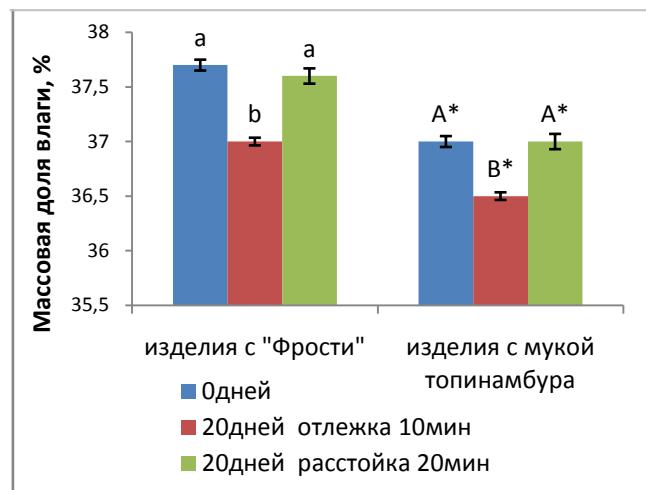


Рис. 8. Содержание массовой доли влаги в готовых изделиях с «Фрости» и мукой из топинамбура

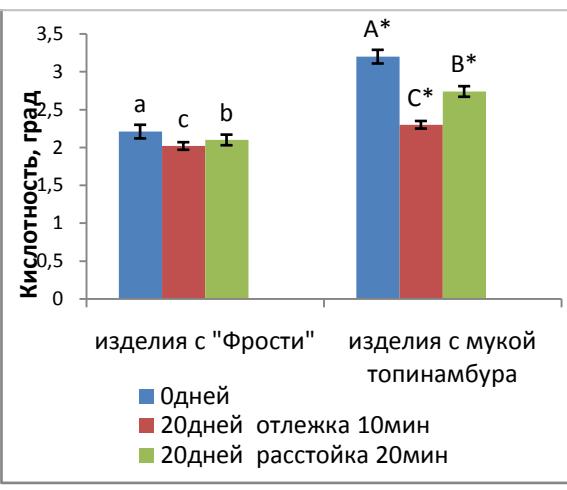


Рис. 9. Кислотность готовых изделий с «Фрости» и мукой из топинамбура

( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, \* – межгрупповые различия, множественное сравнение средних, Манн-Уитни ,LSD-тесты,  $p<0,05$ )

Кислотность всех видов готовых изделий значительно снижается по сравнению с полуфабрикатами (рис. 9). В процессе низкотемпературного хранения полуфабрикатов жизнедеятельность дрожжевых клеток прекращается. В процессе выпечки (при достижении 70°C) дрожжевые клетки погибают. Эти факторы приводят к снижению кислотности готовых изделий. Более низкие значения кислотности наблюдаются у изделий после отлежки, как и в аналогичных полуфабрикатах.

Использование процесса расстойки перед замораживанием формирует более высокие структурно-механические показатели, такие как удельный объем и пористость, по сравнению с изделиями с отлежкой. Более высокие значения данных показателей наблюдаются у изделий с мукой из топинамбура: удельный объем выше на 12,8 % (рис.10), пористость – на 4,0 % (рис.11).

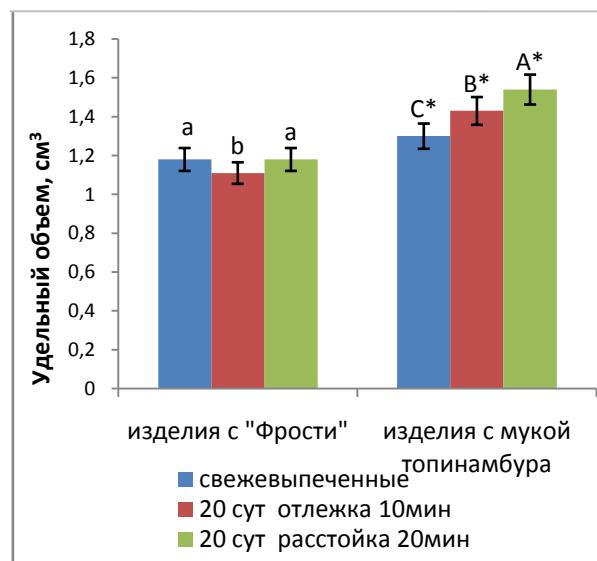


Рис.10. Изменение объема готовых изделий с «Фрости» и мукой из топинамбура

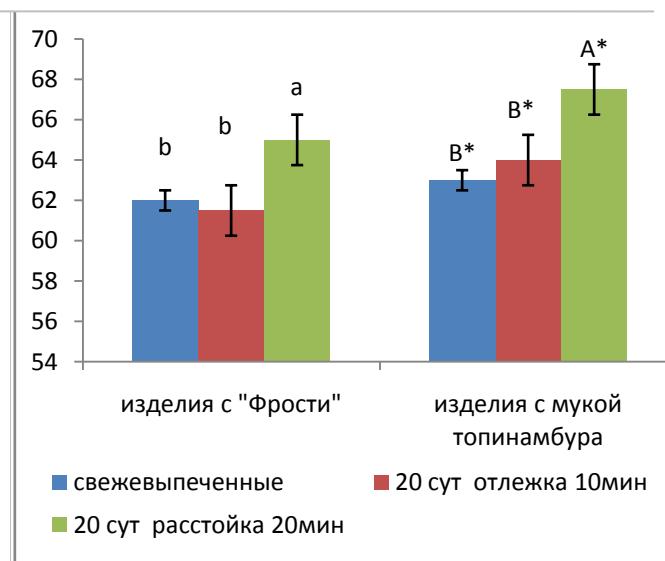


Рис.11. Изменение пористости готовых изделий с «Фрости» и мукой из топинамбура

( $M \pm m$ ) ( $n=6$ ) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, \* – межгрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD, Манн-Уитни -тесты,  $p<0,05$ )

## Выводы

1. Проведенные исследования показали возможность использования муки из топинамбура в качестве хлебопекарного улучшителя для замороженного теста.

Благодаря наличию гидроколлоидов (белков, инулина, клетчатки, пектиновых веществ, аскорбиновой кислоты и др.), введение муки в рецептуру дрожжевого теста улучшает его органолептические показатели, структурно-механические свойства, повышает содержание массовой доли влаги в полуфабрикатах и готовых изделиях, при этом качественные характеристики теста, дефростированных полуфабрикатов и готовых изделий выше, чем при использовании хлебопекарного улучшителя «Фрости».

2. В процессе отработки технологических параметров установлено, что применение технологии с отлёжкой полуфабрикатов в течение 10 минут нецелесообразно. Биохимические процессы в тесте интенсивнее развиваются при расстойке тестовых заготовок в течение 20 минут перед замораживанием, формируют более развитую пористость, высокую формоудерживающую способность готовых изделий, вкус и аромат.

## Литература

1. ГОСТ Р 52697-2006. Полуфабрикаты хлебобулочные замороженные и охлажденные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – 24 с.
2. Ермош Л.Г., Березовикова И.П. Обоснование способа производства муки из топинамбура высокой пищевой ценности // Сиб. вестн. с.-х. наук. – 2012. – № 2. – С. 96–101.
3. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.
4. Технология отложенной выпечки. – URL: <http://www.safneva.com>.





# СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

## АГРОНОМИЯ

УДК 633.16:633.421 (571.12)

М.В. Губанов

### ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ ПЛЕНЧАТОГО ЯЧМЕНЯ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приводятся результаты изучения образцов по следующим хозяйствственно-ценным признакам: урожайность, продолжительность периода вегетации, устойчивость к стеблевой ржавчине, а также к полеганию стебля, содержание белка и сбор белка с гектара. Представлены также образцы, выделившиеся по пивоваренным качествам.

**Ключевые слова:** ячмень, коллекция, урожайность, период вегетации, качество зерна, стеблевая ржавчина, полегание.

M.V. Gubanov

### THE STUDY OF THE HULLED BARLEY COLLECTION IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF THE TYUMEN REGION

*The results of the specimen study on the following economically valuable characteristics: yield, vegetation period duration, resistance to the stem rust and the stalk lodging, protein content and the protein collection per hectare are given in the article. The specimen having distinctive brewing quality characteristics are presented.*

**Key words:** barley, collection, yield, vegetation period duration, grain quality, stem rust, lodging.

**Введение.** Яровой ячмень – одна из важнейших зернофуражных культур мира, возделываемая со времен зарождения земледелия. В Тюменской области в сортовых посевах этой культуры за последнее десятилетие произошли значительные изменения. На смену старым (Одесский 100, Кедр) пришли новые, более урожайные сорта (Ача, Челябинский 99). Однако и новые сорта не полностью удовлетворяют требованиям производства. Они недостаточно пластичны, снижают урожай в условиях засухи, в увлажненные годы полегают и затягивают созревание, восприимчивы к ряду заболеваний (пыльная и твердая головня, стеблевая ржавчина, корневые гнили и др.). В связи с этим существует необходимость создания и внедрения в производство новых высокопродуктивных и пластичных сортов ячменя [1–3].

Успех создания новых сортов ячменя в значительной степени предопределен исходным материалом, который может быть представлен как образцами коллекции Всероссийского НИИ растениеводства (ВИР), так и материалом других селекционных учреждений [4].

**Цель исследований.** Выделение образцов, лучших по хозяйственно-ценным признакам – урожайности, продолжительности периода вегетации, качеству зерна, устойчивости к стеблевой ржавчине, а также к полеганию.

**Материалом для изучения** послужили образцы пленчатого ячменя коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова, других НИУ в количестве 124 образцов разного географического происхождения, относящихся к 26 ботаническим разновидностям, наиболее многочисленные из которых – *pitans*, *pallidum*, *medicum*. В качестве стандарта использовали сорт двурядного ячменя Ача. Опыты проводились на опытном поле Государственного аграрного университета Северного Зауралья в период 2011–2013 гг. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный, маломощный тяжелосуглинистый. Предшественник – однолетние травы. Закладка опыта проводилась в соответствии с методикой ВИР: образцы высевались без повторностей, площадь делянки 1–2 м<sup>2</sup>, стандарт размещался через 20 образцов коллекции [5].

Содержание белка и крахмала определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе Infratec 1241 Grain Analyzer (Швеция). У образцов определение белка проводили по методу Кельдаля на приборе Kjeltec 2200 (Швеция), крахмала – поляриметрическим методом по Эверсу [6]. Анализы проведены в отделе биохимии и молекулярной биологии Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (Санкт-Петербург).

Экстрактивность зерна ячменя пивоваренных сортов определена расчетным методом по формуле Бишопа:  $E = K - 0,85*B + 0,15*A$ , где  $K = 83$  – константа для двурядного ячменя;  $B$  – содержание белковых веществ в зерне (в % от сухого вещества);  $A$  – масса 1000 зерен [7].

Устойчивость к стеблевой ржавчине (*Russinia graminis* Pers), к полеганию стебля проводили согласно методике ВИР [3] по 9-балльной шкале.

Погодные условия в годы изучения были различны как по количеству осадков, так и по температуре воздуха. В 2011 г. отмечены дефицит влаги в мае и обильные осадки в июне. В 2012 г. наблюдался острый дефицит влаги с повышенными температурами в мае, июне и июле. В 2013 г. был дефицит влаги в июне и обильные осадки в июле.

**Результаты исследований.** Набор изучаемых коллекционных образцов характеризовался различной продолжительностью вегетационного периода. В целом за годы исследований вегетационный период варьировал от 68 до 81 суток. В зависимости от метеорологических условий продолжительность периода вегетации значительно различалась по годам. В 2011 году она составила 68–102 суток, в 2012 году – 51–65 суток и в 2013 году – 71–85 суток (табл.1).

Таблица 1  
Варьирование вегетационного периода сортообразцов пленчатого ячменя (2011–2013 гг.)

Год	Признак	Фаза вегетационного периода		
		Всходы-колошение	Колошение-созревание	Всходы-созревание
2011	Размах варьирования, суток	30-73	17-57	68-102
	Коэффициент вариации, %	20,9	25,1	9,3
2012	Размах варьирования, суток	28-41	14-30	51-65
	Коэффициент вариации, %	8,4	9,1	5,5
2013	Размах варьирования, суток	33-46	15-30	71-85
	Коэффициент вариации, %	7,3	11,4	4,1
Среднее	Размах варьирования, суток	32-53	16-24	68-81
	Коэффициент вариации, %	11,8	11,4	4,4

В результате проведенных исследований выделены образцы с продолжительностью периодов: всходы-колошение – 33–43 суток и колошение-созревание 29–33 суток. Именно при таком соотношении продолжительности межфазных периодов сформирована урожайность выше стандарта на 1,5–15,8 % (табл. 2).

Таблица 2  
Высокопродуктивные образцы ячменя с вегетационным периодом 68–78 суток (2011–2013 гг.)

Номер по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Фаза вегетационного периода, суток			Урожайность, г/м <sup>2</sup>
			Всх.- колош.	Колош.- созр.	Всх. - созр.	
30243	Ача (st)	Новосибирская обл.	33	35	68	405
24884	Ботаническая форма	Чехия	40	38	78	469
30245	Соболек	Красноярский край	40	33	73	459
30776	Убаган	Челябинская обл.	40	31	71	432
30819	Челябинский 1	Челябинская обл.	41	28	69	468
30895	Первоцелинник	Оренбургская обл.	37	30	67	452
30899	Лука	Кемеровская обл.	39	32	71	499
30900	Никита	Кемеровская обл.	39	32	71	478
30927	Pejas	Чехия	43	28	71	432
30949	Илек 34	Казахстан	43	28	71	478
30986	Ястреб	Самарская обл.	39	33	72	411
НСР 05 (n=122)			1,2	0,9	0,8	35,9

Высокой устойчивостью к стеблевой ржавчине обладали следующие образцы: Местный (к-19709, Дания), П-22-6659 (к-29407) и Н-57-6018 (к-29408, Красноярский край), Наан (к-30892, Бурятский край), Первоцелинник (к-30895, Оренбургская обл.), Pejas (к-30927, Чехия).

По устойчивости к полеганию выделились следующие образцы: Л.АНОР 2542/63 (к-20024, Эфиопия), Mutant 2207 (к-20213), Л-5 Криничный (к-30439, Беларусь), Карабалыкский 5 (к-30774, Челябинская обл.), Азов (к-30800, Ростовская обл.), Нутанс 302 (к-30961, Самарская обл.).

Химический состав зерна может значительно меняться в зависимости от сортовых особенностей, места выращивания и погодных условий. Согласно ГОСТ Р 53900-2010, в зерне кормового ячменя 1-го класса должно быть белка не менее 13 %. Коллекционные образцы с повышенным содержанием белка (16,2–17,6 %) приведены в таблице 3.

Таблица 3  
Характеристика лучших образцов ярового ячменя коллекции ВИР по содержанию и сбору белка в зерне (2011–2013 гг.)

Номер по каталогу ВИР	Сорт, сортообразец	Происхождение	Содержание белка, %	Сбор белка, кг/га
1	2	3	4	5
30243	Ача (St)	Новосибирская обл.	12,6	510
20079	Л.АНОР 2547/63	Эфиопия	17,6	334
24884	Ботаническая форма**	Чехия	15,5	727
30245	Соболек**	Красноярский край	13,2	605
30319	Anadolu 86	Турция	16,5	541
30320	Obruk 86	Турция	16,2	541
30453	Зерноградский	Ростовская обл.	16,6	412
30748	Л-1899*	Кемеровская обл.	16,7	494

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
30776	Убаган**	Челябинская обл.	14,2	613
30819	Челябинский 1**	Челябинская обл.	13,0	608
30827	Сокол	Ростовская обл.	16,3	486
30829	Анна	Оренбургская обл.	16,1	399
30892	Наран	Бурятский край	16,3	489
30894	Адамовский 1	Оренбургская обл.	16,3	492
30895	Первоцелинник**	Оренбургская обл.	16,0	723
30899	Лука**	Кемеровская обл.	16,2	808
30900	Никита**	Кемеровская обл.	13,5	645
30927	Реjas**	Чехия	11,0	475
30949	Илек 34**	Казахстан	14,4	688
30986	Ястреб**	Самарская обл.	14,3	587

\* Белок определен по Кельдалю ( $N^*5,7$ ); \*\* сорта, выделившиеся по урожайности.

Повышенным содержанием белка (16,6–17,6%) среди образцов характеризовались: Л.АНОР 2547/63 (к-20079, Эфиопия), Зерноградский (к-30453, Ростовская обл.), Л-1899 (к-30748, Кемеровская обл.), а повышенным сбором белка отличался высокоурожайный сорт Лука (к-30899, Кемеровская обл.).

В селекции на пивоваренные качества первостепенное значение имеет пониженное содержание белка. Согласно ГОСТ 5060-86 (ячмень пивоваренный), количество белка в зерне должно быть не более 12 %. Лучшие образцы по этому показателю представлены в таблице 4.

Таблица 4  
Образцы ячменя с лучшими пивоваренными свойствами (2011–2013 гг.)

Номер по каталогу ВИР	Сорт, образец	Происхождение	Масса 1000 зерен, г	Экстрактивность		
				на абсолютно сухое в-во, %		
30243	Ача (St)	Новосибирская обл.	46,5	12,6	61,1	79,3
30589	Балтика	Ленинградская обл.	44,2	11,8	62,8	79,6
30927	Реjas	Чехия	49,8	11,0	62,4	81,1
30957	Натали	Оренбургская обл.	55,0	12,0	61,3	81,1
31043	Омский 85	Омская обл.	41,0	11,6	60,8	79,3

**Выводы.** В результате изучения образцов коллекции ВИР выделены лучшие: с содержанием белка на уровне 12 %, крахмала – 60,8–62,8 %, высокой массой 1000 зерен (41,0–55,0 г) и высокой экстрактивностью (79,3–81,1 %).

Выделенный материал может быть включён в селекционную программу создания новых сортов для условий Северного Зауралья.

### Литература

- Грязнов А.А. Ячмень голозерный в условиях неустойчивого увлажнения. – Куртамыш: ООО “Куртамышская типография”, 2014. – 300 с.
- Программа работ комплексного селекционно-семеноводческого центра по растениеводству Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья на период

- 2011–2030 гг. / В.В. Новохатин, М.Н. Фомина, Т.Д. Бабушкина [и др.]; под ред. В.В. Новохатина. – Тюмень, 2011. – 98 с.
3. Сурин Н.А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес). – Новосибирск, 2011. – 708 с.
  4. Вавилов Н.И. Мировые растительные ресурсы и их использование в селекции // Математика и естествознание в СССР. – М.; Л., 1938. – С. 575–595.
  5. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. – СПб., 2012. – 63 с.
  6. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович [и др.]; под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
  7. Алексеев Ю.В. Качество растениеводческой продукции. – Л.: Колос, 1978. – 256 с.
- 



УДК 582.572.2:581.14:635.9

Л.А. Приходько, О.А. Сорокопудова

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЗДНЕЦВЕТУЩЕГО ВИДА *HEMEROCALLIS CITRINA* BARONI В ЯКУТСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

В статье представлены данные по индивидуальному развитию растений *Hemerocallis citrina* из семян в условиях Центральной Якутии, их характеристика в различных онтогенетических состояниях, оценка ряда хозяйствственно-биологических признаков генеративных растений. Установлено, что данный вид устойчив в культуре в Центральной Якутии и перспективен для озеленения и селекции как высокодекоративный поздноцветущий вид.

**Ключевые слова:** интродукция, лилейник, онтогенез, морфология.

L.A. Prikhodko, O.A. Sorokopudova

## THE DEVELOPMENT PECULIARITIES OF THE LATEBLOSSOMING *HEMEROCALLIS CITRINA* BARONI SORT IN THE YAKUT BOTANICAL GARDEN

The data on the individual development of *Hemerocallis citrina* plants from seeds in the conditions of Central Yakutia, their morphological characteristics in different ontogenetic states, the assessment of some economic-biological characteristics of generative plants are presented in the article. It is established that this sort is stable in culture in Central Yakutia and is promising for landscaping and selection as a highly-decorative lateblossoming sort.

**Key words:** introduction, *Hemerocallis*, ontogenesis, morphology.

---

**Введение.** Представители рода *Hemerocallis* L. – многолетние поликарпические травянистые растения, которые широко представлены в декоративном садоводстве. Их виды и сорта интродуцированы во многих ботанических садах России. *Hemerocallis citrina* Baroni (синоним *Hemerocallis altissima* Stout) – лилейник, или красоднев лимонно-желтый, – оригинальный и один из наиболее высокорослых видов лилейников [1]. Эндемик Маньчжурии [2].

*H. citrina* естественно произрастает в 12 провинциях Китая (преимущественно на северо-востоке страны), Японии и Корее; обитает по лесным опушкам, вдоль речных долин, на луговых склонах до отметки 2000 м над уровнем моря [3]. В культуре встречается редко. Выращивается в горах юго-западного Китая. Культивируется в ботанических садах Европы – в городах Бохум (Гер-

мания), Воцратот (Венгрия), Листруп (Дания), Лодзь (Польша), Марсель (Франция), Любляна (Словения), Дублин (Ирландия), Пуэрто-де-ла-Крус (Испания), Рига (Латвия), Минск (Беларусь), в России – в ботанических садах Москвы, Воронежа, Владивостока и некоторых других.

По описанию, в Китае побеги *H. citrina* достигают высоты 1 м и более, растения летне-зимне-зеленые с мощным корневищем, на котором развиваются продолговатые вздутые корни; с линейными листьями длиной 50–130 см, шириной 0,5–2,5 см; немногочисленными цветоносами, которые немного длиннее листьев; ветвистыми соцветиями, содержащими по 3–5 ответвлений, на каждом из которых развивается по 2–5 цветков. Цветки *H. citrina* большие, ароматные, открываются днем или вечером на 12–24 часа; бутоны имеют бордовую окраску, внутренние стороны листочеков околоцветников – лимонную; трубка цветка длинная – 3–5 см, внутренние доли длиной 7–12 см, шириной 2–3 см, немного шире, чем наружные. Тычиночные нити длиной 7–8 см, пыльники – 8–10 мм. Плод – эллипсоидная коробочка длиной 2–2,5 см, шириной 1,2–1,5 см. Кариотип: 2 n = 22. Цветет с мая по август [3]. В Европе цветет позднее – с июля по сентябрь.

Есть сведения о необходимости холодной стратификации для выхода из состояния покоя семян видов рода *Hemerocallis* [4]. У вида *H. citrina* отмечен предел морозостойкости растений до -40°C [5]. Этот вид издавна служит в селекции для создания поздноцветущих гибридов, высоко декоративен, в Китае и других странах центральной и юго-восточной Азии широко используется как пищевое и лекарственное растение. *H. citrina* введен в культуру Якутского ботанического сада впервые.

**Цель работы.** Изучить особенности развития растений *H. citrina* в культуре, дать морфологическую характеристику нового вида в условиях Центральной Якутии.

**Объекты, условия и методы исследований.** Объектами исследований являлись два образца *Hemerocallis citrina*, выращенные из семян, полученных по обмену из Ботанического сада в Венгрии (г. Воцратот): образец 1 – *Hemerocallis altissima* Stout (2006), образец 2 – *Hemerocallis citrina* Baroni (2011).

Учеты морфологических признаков проводили в фазу цветения в 2012–2014 гг. (в августе). При изучении некоторых признаков цветков и листьев руководствовались атласами по описательной морфологии высших растений [6–7]. Математическая обработка данных проводилась по методике Г.Н. Зайцева [8], вычисления – с использованием статистической программы PAST [9]. Описание жизненной формы проведено согласно классификации И.Г. Серебрякова [10], а также А.Б. Безделева и Т.А. Безделевой [11].

**Результаты и обсуждение.** *Hemerocallis citrina*, или лилейник лимонный, по нашим наблюдениям, представляет собой многолетний летне-зеленый травянистый короткокорневищно-кистекорневой поликарпик с утолщенными придаточными запасающими корнями, нарастающий симподиально, с вегетативно-генеративными побегами, состоящими из двух элементарных побегов – вегетативных розеточных и удлиненных ортотропных генеративных.

Семена у *Hemerocallis citrina* черные, блестящие, сильно варьируют по размерам: длина составляет 0,40–0,62 (0,47±0,017) см, ширина – 0,21–0,40 (0,29±0,012) см. Посев семян, полученных по делектусу, производился в оптимальные сроки в Центральной Якутии во второй половине сентября.

В первый год жизни растения достигают имматурного (im) онтогенетического состояния.

Проростки (p) при осеннем посеве семян появляются в начале лета (первая декада июня) следующего года. Прорастание семян происходит медленно и неравномерно. У ювенильных растений (j) в конце июня – начале июля формируется система придаточных сосущих корней, утолщается зародышевый корень. Со второй половины июня и до конца вегетационного периода растения находятся в имматурном онтогенетическом состоянии (im) (рис. 1–2).



Рис. 1. Имматурные особи *Hemerocallis citrina* (образец 2, 20.09.12)

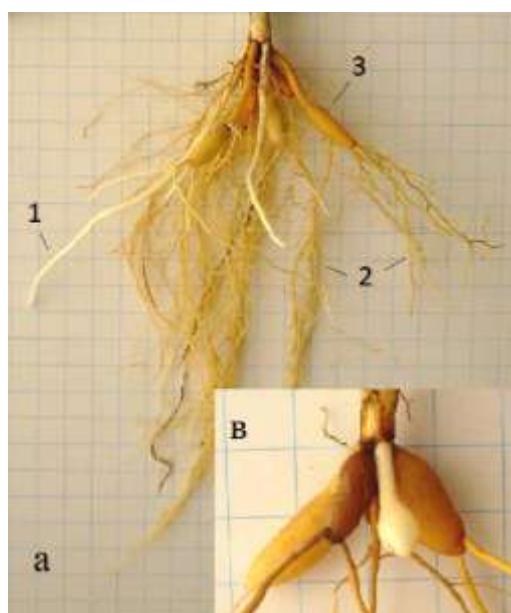


Рис. 2. Типы корней имматурных особей *Hemerocallis citrina* (образец 2):  
1а – втягивающие; 2а – сосущие; 3а, в – запасающие (20.09.12)

У имматурных растений (im) происходит ветвление придаточных корней до I-II порядка, активное формирование и рост запасающих корней (см. рис. 1–2). Молодые запасающие корни выглядят как крупные гладкие бусины белого цвета длиной 0,8–3,9 см и толщиной 0,4–0,9 см, в числе от 3 до 9 (табл. 1), имеют округлую или продолговатую форму, утолщаются от основания формирующегося корневища или на расстоянии 0,8–1,0 см от него – с более или менее длинной толстой ножкой. По мере роста растений эти клубневидные утолщения увеличиваются, корни приобретают коричневатую окраску, позже еще темнеют, и их поверхность из гладкой становится шероховатой. На концах клубневидных утолщений формируются корни, ветвящиеся до третьего порядка. У имматурных растений начинают формироваться и корни третьего типа, способствующие расположению

зоны возобновления растений на оптимальной глубине в почве, – контрактильные, или втягивающие, корни. Они толстые, белые, гладкие, веретеновидные, неветвящиеся, прочные, до 12–14 см длины, короче придаточных корней. Таким образом, у имматурных растений формируется корневая система со специализированными по функциям придаточными корнями – сосущими, запасающими и контрактильными, располагается в поверхностном слое почвы до глубины 9,5–24,5 см.

Таблица 1

**Биоморфологические признаки органов растений *Hemerocallis citrina* (образец 2)  
первого года жизни (20.09.12)**

Признак	N	M±t	V, %
Длина листа, см	18	39,32±2,37	25,6
Ширина листа max, см	18	0,66±0,06	37,1
Число листьев в одном побеге	18	7,22±0,41	24,0
Число побегов, шт.	18	1,28±0,11	36,0
Толщина корневой шейки, см	18	0,64±0,05	32,1
Глубина залегания корневой системы, см	18	17,98±0,87	21,7
Число запасающих корней, шт.	18	6,28±0,40	27,2
Длина клубневидного утолщения, см	18	2,08±0,17	34,1
Толщина клубневидного утолщения, см	18	0,70±0,03	20,9

Примечание: N – объем выборки; M – среднее арифметическое; t – ошибка средней арифметической; V – коэффициент вариации.

Надземная часть растений представлена одним, реже двумя розеточными побегами с тонкими, линейными ассимилирующими листьями длиной 15,8–53,0 см, шириной 0,2–1,1 см, в основании этиолированными, по 4–10 шт. в одном побеге. Корневая шейка залегает на глубине около 3 см, ее толщина составляет 0,3–1,0 см.

Растения в имматурном онтогенетическом состоянии в первый год жизни характеризуются высокой вариабельностью всех количественных и некоторых качественных признаков надземных и подземных органов. Вариабельность качественных признаков растений выражается в различной форме и окраске клубневидных утолщений на корнях: отмечена эллиптическая, заостренно-эллиптическая, продолговатая, продолговато-эллиптическая, яйцевидная, обратнояйцевидная форма утолщений с окраской от белой до темно-коричневой. В данном онтогенетическом состоянии растения пребывают до августа следующего года. Весеннее отрастание на второй год жизни (2008 г.) наблюдалось в середине мая.

Виргинильное онтогенетическое состояние (v) начинается на третий год и длится 3–4 года и более. У растений развиваются системы побегов, состоящие из 14–18 вегетативных побегов с многочисленными раскидистыми, дуговидно поникающими листьями. Весеннее отрастание побегов у растений третьего и последующих лет жизни наступает еще раньше – в первую декаду мая. Самое раннее отрастание побегов отмечено в 2011 году 29 апреля.

Молодое генеративное состояние (g<sub>1</sub>) у растений наступило на 6–7-й год их жизни. В 2012 г. единичное цветение наблюдалось лишь у одного экземпляра – растение достигло высоты 105 см, образовало 18 вегетативных побегов и один вегетативно-генеративный.

Зрелое генеративное онтогенетическое состояние (g<sub>2</sub>) у лилейника лимонного наступало на 7–8-й год жизни растений, во время которого они имели хорошо сформированную корневую систему и развитую систему побегов, в которой насчитывалось до 47 розеточных побегов и 6 вегетативно-генеративных. Придаточные корни внешне грубо-волокнистые, прочные, многочисленные, густоветвящиеся, с клубневидными, мясистыми утолщениями. Куст формируется плотный, широкий, с многочисленными линейными листьями, плавно поникающими вниз каскадом на высоте 85–90 см (в верхней третьей части их длины у большинства листьев). Листья длиной 25–115 см, шириной 0,7–2,45 см, плотные, жесткие, до 1/3 или 1/2 длины с основания желобчатые (листовая пластинка сло-

жена вдоль оси под углом 80–90°). В верхней части листовые пластинки более или менее плоские, с хорошо выраженной центральной жилкой и удлиненно-заостренными верхушками. Число листьев в вегетативно-генеративном побеге варьирует от 17 до 19 штук. Генеративные побеги высокие, длиной до 135 см (выше листьев), в основании 0,6–1,2 см толщиной и частично одревесневшие, прочные, в верхней половине дважды коленообразно изогнутые (под углом 100–110°), ветвящиеся (2–3 порядка ветвления). У генеративных побегов брактеи пленчатые, узкие, на верхушке удлиненно-заостренные, коричневатые, до 3–3,5 см длины; брактеоли в 3–5 раз меньше.

Соцветия многоцветковые, возвышаются над листьями на 35–50 см. Число бутонов варьирует от 23 до 37 шт. на одном побеге. Цветки воронковидные, в полуоткрытом состоянии (днем) диаметром 5,3–8,5 см.

Околоцветник однотонный, светло-лимонного цвета, длиной 9,4–12,8 см с трубкой 2,9–4,5 см. Наружные листочки (доли) околоцветника длиной 6,3–8,5 см, шириной 1,1–1,7 см, внутренние листочки немного тоньше и шире, чем внешние: длиной 6,6–8,8 см, шириной 1,5–2,8 см, по краю полупрозрачные, слабоопущенные. Наружные стороны внешних долей и бутоны на вершине коричневатые. Тычинки длиной 4,4–6,5 см, светло-желтые, светлее в основании; пыльники длиной 5,0–9,0 мм, шириной 0,8–1,8 мм, яично-желтые. Пестик длиной 8,2–11,7 см, столбик светло-желтый, в основании светлее, рыльце желтое, завязь зеленая. Цветки имеют очень сильный, приятный аромат, открываются во второй половине дня или вечером, в основании трубки содержат нектар, опыляются насекомыми.

Анализ вариабельности частей цветков и параметров листьев генеративных растений показал низкий и средний уровень изменчивости большинства признаков. Высокие показатели варьирования отмечены лишь по длине листьев.

Биометрические параметры (размеры листочек околоцветника и ширина листьев), полученные для вида в условиях культуры в Центральной Якутии, незначительно отличаются от приведенных данных в литературных источниках (табл.2), но ближе к их минимальным значениям – растения местной репродукции имеют заметно меньшие параметры длины листьев, высоты растений, диаметра цветков.

Таблица 2  
Сравнительный анализ биоморфологических признаков генеративных особей *Hemerocallis citrina*

Признак	M**	N	M±m (образец 1)	V, %
Высота цветоносов, см	144,78	2	до 135,0	-
*Диаметр цветка, см	13,33	15	6,63±0,27	15,7
Длина цветка, см	-	15	11,61±0,27	8,9
Длина трубки околоцветника, см	-	15	3,79±0,11	11,0
Длина	внутренней доли	8,89	7,87±0,09	8,0
Ширина	околоцветника, см	2,54	2,47±0,04	10,6
Длина	внешней доли	7,62	7,65±0,096	8,8
Ширина	околоцветника, см	1,27	1,44±0,02	10,8
Длина тычинки, см	-	45	5,66±0,08	9,6
Длина пыльника, см	-	45	0,71±0,01	10,2
Ширина пыльника, см	-	45	0,10±0,003	19,1
Длина пестика, см	-	13	10,19±0,26	9,3
Длина листа, см	121,92	30	85,94±5,11	35,6
Ширина листа, см	1,90	30	2,03±0,07	18,5

Примечание: \* – данные, полученные в дневное время суток; M\*\* – источник данных: Terence P. McGarty. *Hemerocallis, Species to Hybrids* [12].

Отрастание побегов у генеративных особей, как и виргинильных, начинается в первой – начале второй декадах мая. Примерно через два месяца (в начале второй декады июля) появляются первые бутоны. В конце первой декады августа (через 3–4 недели после начала бутонизации) раскрываются первые цветки. Цветение заканчивается с наступлением первых заморозков, обычно в начале сентября. Несмотря на это обстоятельство, растение продолжает сохранять декоративность до конца сентября благодаря прочным, изящным, красиво изогнутым листьям, сменяющим свою окраску постепенно, начиная с верхушек листьев, с зеленой на желтую. Вегетация заканчивается при понижении температур до -5–7 °С. Растения хорошо перезимовывают в открытом грунте без укрытия, выдерживают без повреждений кратковременную температуру до -50 °С. Семена не формируются, однако растения легко размножаются вегетативно делением корневищ. Растения неприхотливы, отзывчивы на уход – при поливах, подкормках, рыхлении дают хорошие приrostы.

**Выводы.** В условиях культуры в Центральной Якутии вид *Hemerocallis citrina* проходит неполный цикл развития. Растения не успевают формировать спелые семена, однако могут размножаться вегетативно. Прегенеративный период длительный, длиннее других, интродуцированных в Якутском ботаническом саду видов лилейников, составляет 5–6 лет. *H. citrina* отличается и более продолжительным вегетационным периодом, заканчивающимся с наступлением заморозков с температурой ниже -5–7 °С.

*H. citrina* является перспективным для озеленения Центральной Якутии новым высокодекоративным видом. Растения этого вида зимостойки, не требовательны к уходу, и в отличие от других видов рода *Hemerocallis*, выращиваемых в Якутском ботаническом саду – *H. thunbergii* Baker, *H. middendorffii* Trautv. & C.A. Mey., *H. dumortieri* E. Morr., *H. esculenta* Koids., *H. lilio-asphodelus* L., *H. minor* Mill. – сохраняют декоративность длительный период благодаря тонким, изящным, декоративным, особенно осенью, листьям, окрашенным частично в золотистый цвет. Обладает более ярким, сильным, чем у *H. thunbergii*, приятным ароматом. В культуре долговечен. Является родоначальником многих позднецветущих сортов, может использоваться в селекции при использовании защищенного грунта.

### Литература

1. USDA GRIN, GRIN Taxonomy for Plants, Taxson: *Hemerocallis citrina* Baroni. – URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?18853>.
2. Yang X., Xu M. Biodiversity conservation in Changbai Mountain Biosphere Reserve, northeastern China: status, problems, and strategy //Biodiversity and Conservation. – 2003. – V.12. – P. 883–903.
3. Flora of China. – 2000. – V. 24. – P. 161–165.
4. Griesbach R.A., Voth P.D. On dormancy and seed germination in *Hemerocallis* // Bot. Gaz. – 1957. – V. 118. – P. 223–237.
5. Лимонник лимонно-желтый (*H. citrina*). – URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Hemerocallis\\_citrina](http://ru.wikipedia.org/wiki/Hemerocallis_citrina).
6. 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.
7. Федоров Ал.А., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Цветок. – Л.: Наука, 1975. – 352 с.
8. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
9. 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.

10. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – С. 146–205.
11. Безделев А.Б., Безделева Т.А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – 296 с.
12. McGarty T.P. Hemerocallis, Species to Hybrids: A Review of the Development of Form and Color (1900–1985). – 2007. – 59 р. – URL: <http://www.telmarcgardens.com/Hemerocallis%20Color%20Evolve%20GSDS%202007%2004%2022.pdf>.



УДК 630\*181.8:630\*161.036.5:634.17

А.И. Лобанов, М.А. Кириенко

## ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ РОДА CRATAEGUS L. В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В результате исследования сезонного развития 29–31-летних растений рода *Crataegus L.* в 2009–2010 гг. авторы приходят к выводу, что местные и интродуцированные виды растений рода *Crataegus L.* в дендрарии проходят полный цикл развития, регулярно цветут и плодоносят, что свидетельствует об их успешной адаптации в условиях центральной части Средней Сибири.

**Ключевые слова:** озеленение, интродукция, сезонное развитие, зимостойкость.

A.I. Lobanov, M.A. Kirienko

## SEASONAL DEVELOPMENT PECULIARITIES OF THEGENUS CRATAEGUS L. PLANTS IN THE KRASNOYARSK FOREST STEPPECONDITIONS

As a result of the seasonal development of 29–31-year-old *Crataegus L.* genusplants in 2009–2010 the authors come to the conclusion that the local and the introduced species of *Crataegus L.* genus plantsin the arboretum have the full development cycle, blossom and fructify regularly that indicates to their successful adaption in the Middle Siberiacentral part.

**Key words:** landscape gardening, introduction, seasonal development, winter hardiness.

---

**Введение.** Число видов деревьев и кустарников, введенных в культуру в условиях Красноярской лесостепи, невелико. Даже в специальных дендрологических коллекциях в ботанических садах и арборетумах встречается не более 30 % видового состава арборифлоры Азиатской России [4].

Введение в культуру новых видов может быть использовано для повышения продуктивности бореальных лесов и уровня хозяйственного использования земельных ресурсов, устойчивости защитных лесонасаждений, улучшения комфортности городов и поселков, формирования и расширения базы витаминного и лекарственного сырья, а также выполнения культурно-просветительной функции [1, 2, 6, 7, 11, 12, 15–17].

Следует отметить, что значительный вклад в изучение введенных в культуру новых видов деревьев и кустарников в южных районах Сибири внесли ученые разных научно-исследовательских учреждений и университетов, такие как: О.Ф. Буторова, Г.С. Вараксин, А.А. Верещагин, Т.Н. Встовская, Г.Н. Гордеева, А.А. Гукова, М.А. Кириенко, И.Я. Китаева, Ю.В. Кладько, С.Г. Князева, И.Ю. Коропачин-

ский, В.М. Крутовский, Н.И. Лиховид, А.И. Лобанов, Р.И. Лоскутов, М.А. Мартынова, Р.Н. Матвеева, В.А. Молоков, В.Е. Мулява, В.Н. Невзоров, А.И. Олинченко, О.П. Олисова, Н.П. Погосова, В.Я. Поляков, Е.Н. Протопопова, М.В. Репях, А.Б. Романова, Е.Н. Савин, М.И. Седаева, Л.Н. Сунцова, И.В. Тихонова, Е.А. Усова, М.А. Шемберг, К.В. Шестак, В.Е. Шмидт и многие другие.

Имеется опыт введения некоторых европейских, североамериканских и дальневосточных видов деревьев и кустарников в зеленые насаждения Красноярской лесостепи [2, 9, 10, 13, 14]. Однако биолого-экологические особенности в их росте и развитии в данных условиях изучены слабо или вовсе не изучены.

**Цель исследований.** Изучить особенности сезонного развития некоторых видов боярышника в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (ИЛ СО РАН), расположенному в Красноярской лесостепи.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований послужили биогруппы растений боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea* Pall.) местного происхождения и введенных в культуру шести видов боярышника: Шредера (*C. Schroederii* Koehne); зеленомясого (*C. chlorosarca* Maxim.); круглолистного (*C. rotundifolia* Wall.); Максимовича (*C. Maximowiczii* Schneid.); перистонадрезанного (*C. pinnatifida* Bunge); алтайского (*C. altaica* (Loud) Lange), которые произрастают в дендрарии ИЛ СО РАН, расположенному в Красноярской лесостепи красноярского Академгородка. Выбор исследуемых видов обусловлен перспективностью введения в культуру, способностью к семенному размножению и естественному возобновлению, что дает возможность их массовой репродукции с целью получения генотипически ценного посадочного материала.

Ареалы естественного произрастания изученных видов растений и происхождение их семян приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Ареалы видов растений и происхождение их семян

Вид растения	Ареал	Происхождение семян
Боярышник кроваво-красный	Восток евр. части СССР, Сибирь, Средняя Азия, Монголия	Красноярский край – Манский район
Боярышник Шредера	Дальний Восток	Новосибирск
Боярышник зеленомясый	Камчатка, Сахалин, о. Хокайдо	Барнаул
Боярышник круглолистый	Северная Америка	Новосибирск
Боярышник Максимовича	Вост. Забайкалье, Приморье, о-в Сахалин	Новосибирск
Боярышник перистонадрезанный	Дальний Восток, Корея, Сев. Китай, включая Манчжурию	Окрестности г. Хабаровска
Боярышник алтайский	Памиро-Алтай, Тань-Шань, Тарбагатай	Алтай, 10 км южнее п. Туэкта

Из таблицы 1 видно, что изучению были подвергнуты представители видов боярышника разных флористических областей: дальневосточной, североамериканской, памироалтайской и местной.

Климат в Красноярской лесостепи резко континентальный – с холодной зимой и коротким жарким летом. Среднегодовая температура воздуха составляет здесь 0,5 °С при среднегодовой сумме осадков 485 мм. Почва в дендрарии – дерново-карбонатная, характеризующаяся слабошелочной реакцией среды ( $7,01 \pm 0,08$ ), невысоким содержанием гумуса ( $2,55 \pm 0,13\%$ ) [8]. Почвенно-климатические условия в основном благоприятны для успешного произрастания здесь целого ряда

местных древесных растений и не исключают возможности введения многих иноземных деревьев и кустарников.

Диагностику фенологических фаз растений проводили по общепринятой методике И.Н. Елагина и А.И. Лобанова [3]. Зимостойкость растений оценивали по 7-балльной шкале, рекомендованной Советом ботанических садов СССР для всех научных учреждений, занимающихся интродукцией древесных растений [5]. Результаты наблюдений за фазами развития генеративных и вегетативных органов представляли в виде фенологических спектров. При этом фенологический спектр разделяли на две половины: верхняя показывала фенологическое состояние генеративных органов, нижняя – вегетативных.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Поскольку сезонная динамика фитоценозов обусловлена гидротермическим режимом [12], охарактеризуем особенности вегетационных периодов в годы наблюдений. Вегетационный период 2009 г. был влажный, с максимумом осадков в августе. За май–сентябрь выпало 354,3 мм осадков, что на 25,6 % выше нормы (282 мм). Среднемесячная температура воздуха в этот период составляла 13,6 °C (на 0,3 °C выше нормы). Вегетационный период 2010 г. был влажный в июле (115,8 мм) и относительно засушливый в июне, августе и сентябре. За май–сентябрь выпало 230,8 мм, что на 18,4 % ниже нормы. Среднемесячная температура воздуха в этот период составляла 13,8 °C, что в пределах нормы.

Таким образом, погодные условия в период исследований 2009–2010 годов были различными. Это дало возможность изучить сезонное развитие в условиях широкой вариации метеорологических факторов и сделало полученные выводы более достоверными.

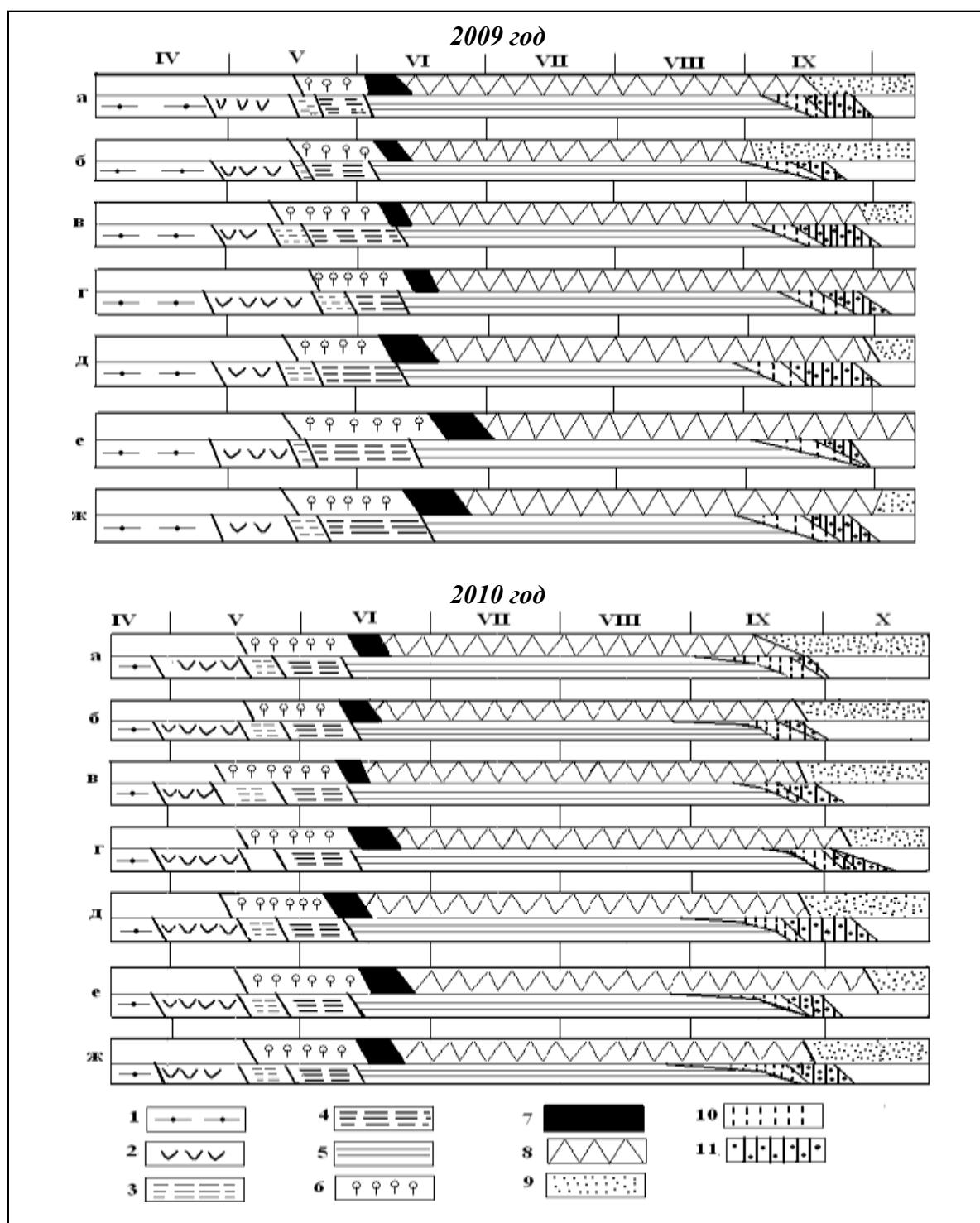
Определение у разных видов боярышника средней высоты показало, что она у североамериканского представителя флоры – боярышника круглолистного – варьирует от 1,5 до 2 м, у всех остальных видов – от 4 до 5 м (табл. 2).

Таблица 2  
Биологический возраст растений и их высота в 2009–2010 годах

Вид растения	Возраст, лет	Варьирование высоты, м
Боярышник кроваво-красный	30-31	4-5
Боярышник Шредера	30-31	4-5
Боярышник зеленомясый	29-30	4-5
Боярышник круглолистный	29-30	1,5-2
Боярышник Максимовича	30-31	4-5
Боярышник перистонадрезанный	30-31	4-5
Боярышник алтайский	30-31	4-5

Одним из критериев успешности интродукции является способность растений проходить полный цикл сезонного развития. Исследования в разные по погодным условиям годы показали, что все изученные виды растений рода *Crataegus* L. в условиях дендрария Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН успешно проходят все фенологические фазы роста и развития (рис.).

Начало вегетационного периода, которое обычно связывают с фенологической фазой наблюдения почек, у большинства интродуцированных видов боярышника (Шредера, зеленомясого, круглолистного, Максимовича, перистонадрезанного) в разные по погодным условиям годы наступало 25–28 апреля, одновременно с местным видом – боярышником кроваво-красным (табл. 3). Лишь у боярышника алтайского эта фаза наступала на 5 дней позднее, чем у большинства видов. Началу вегетационного периода у большинства видов боярышника способствовал устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 5 °C.



## Фенологический спектр развития растений рода *Crataegus* L. в условиях дендрария ИП СО РАН в 2009 и 2010 годах

Растения: а – боярышник кроваво-красный; б – б. Шредера; в – б. зеленомясый; г – б. круглолистный; д – б. Максимовича; е – б. перистонадрезанный; ж – б. алтайский.

Фенологические фазы: 1 – зимний покой; 2 – набухание почек; 3 – распускание почек;

Фенологические фазы: 1 – залупка почек; 2 – набухание почек; 3 – распускание почек; 4 – развертывание листьев; 5 – летняя вегетация; 6 – бутонизация; 7 – цветение;

4 – развертывание листьев, 5 – летняя вегетация, 6 – бутонизация, 7 – цветение, 8 – спеление и созревание плодов; 9 – рассеивание плодов почек; 10 – осенние расщепления

6 – завязывание и созревание плодов, 9 – рассеивание плодов, почек, 10 – осеннеё расцвечивание листьев; 11 – опадение листьев

Таблица 3

Дата наступления основных фенологических фаз у вегетативных органов растений р. *Crataegus* L. в 2009 (числитель) и 2010 (знаменатель) годах

Фено-фаза, период	Б. кр-кр.	Б. Шред.	Б. зел.	Б. кругл.	Б. Макс.	Б. перист.	Б. алт.
Набух. почек	<u>25.IV</u> 28.IV	<u>25.IV</u> 28.IV	<u>25.IV</u> 28.IV	<u>25.IV</u> 28.IV	<u>25.IV</u> 28.IV	<u>25.IV</u> 28.IV	<u>1.V</u> 3.V
Распуск. почек	<u>11.V</u> 15.V	<u>9.V</u> 15.V	<u>5.V</u> 11.V	<u>12.V</u> 15.V	<u>7.V</u> 14.V	<u>9.V</u> 15.V	<u>10.V</u> 15.V
Разверт. листьев	<u>15.V</u> 23.V	<u>12.V</u> 25.V	<u>11.V</u> 23.V	<u>20.V</u> 23.V	<u>12.V</u> 24.V	<u>12.V</u> 25.V	<u>15.V</u> 27.V
Летняя вегетац.	<u>2.VI</u> 10.VI	<u>2.VI</u> 11.VI	<u>1.VI</u> 10.VI	<u>2.VI</u> 11.VI	<u>2.VI</u> 10.VI	<u>3.VI</u> 11.VI	<u>5.VI</u> 12.VI
Прод. вегетац. периода, дней	<u>149</u> 155	<u>154</u> 154	<u>151</u> 151	<u>154</u> 161	<u>144</u> 151	<u>159</u> 150	<u>142</u> 146

Примечание. Б. кр-кр. – боярышник кроваво-красный; б. Шред. – б. Шредера; б. зел. – б. зеленомясый; б. кругл. – б. круглолистый; б. Макс. – б. Максимовича; б. перист. – б. перистонадрезанный; Б. алт. – б. алтайский.

Окончание вегетационного периода, которое характеризуется у растений полным осенним расцвечиванием листьев, в 2009 влажном году наступило у изученных видов боярышника во 2–3-й декаде сентября, а в относительно сухой 2010 год – в первой пентаде октября. В итоге продолжительность вегетационного периода в 2009 г. варьировала от 142 до 159 дней, а в 2010 г. – от 146 до 161 дня.

Фенологическая фаза цветения в 2009 г. раньше всех (31.V) изученных видов растений наступила у боярышников зеленомясого и Максимовича, позднее всех (10.VI) – у боярышника перистонадрезанного. Остальные виды по дате наступления фазы цветения занимают промежуточное положение между рано- и поздноцветущими видами растений.

Фенофаза цветения в 2010 году у видов растений рода *Crataegus* L. наступила на 4–9 дней позднее, чем в 2009 году, что связано с более поздним началом вегетационного периода. Общая же картина в сроках начала цветения у разных видов боярышника была той же, что и в 2009 году.

Фенофаза рассеивания плодов в годы наблюдений раньше всех наступала (13–15.IX) у аборигена боярышника кроваво-красного, позднее всех из экзотов (7–15.X) – у боярышника перистонадрезанного. Остальные виды по дате начала рассеивания плодов занимают промежуточное положение.

Зимостойкость всех изученных видов боярышника в биологическом возрасте 29–31 год составляет I балл, следовательно, растения не обмерзают даже в суровые морозы.

**Заключение.** Проведенное исследование показало, что сезонное развитие растений рода *Crataegus* L. находится в зависимости от географического происхождения семян, систематического положения видов и погодных условий периодов вегетации в районе интродукции. Разные виды боярышника в возрасте от 29 до 31 года в условиях дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН проходят полный цикл сезонного и онтогенетического роста и развития, регулярно цветут и плодоносят, что свидетельствует об успешной адаптации изученных интродуцентов в условиях центральной части Средней Сибири. Высокие оценки зимостойкости и способность к генеративному развитию изученных видов растений позволяют прогнозировать возможность успешного размножения их для использования в городских озеленительных посадках и в защитном лесоразведении.

## Литература

1. Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Долинская И.С. Интродуценты и экстразональные виды в антропогенной среде (на примере г. Вологды). – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. – 184 с.
2. Буторова О.Ф., Матвеева Р.Н., Усова Е.А. Изменчивость дальневосточных древесных видов в дендрарии СибГТУ. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2009. – 140 с.
3. Елагин И.Н., Лобанов А.И. Атлас-определитель фенологических фаз растений. – М.: Наука, 1979. – 95 с.
4. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 707 с.
5. Лапин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н. Интродукция лесных пород. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 224 .
6. Лиховид Н.И. Интродукция древесных растений в аридных условиях юга Средней Сибири. – Абакан: Фирма «Март», 2007. – 288 с.
7. Лобанов А.И. Пути повышения качества и эффективности защитных лесных насаждений в степях Средней Сибири // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: мат-лы Всерос. конф. – Красноярск, 2004. – С. 60–62.
8. Лоскутов Р.И. Выращивание древесных растений из разных ботанико-географических областей в южной части Средней Сибири // Изменчивость и интродукция древесных растений Сибири. – Красноярск: Изд-во ИЛиД СО АН СССР, 1984. – С. 32–61.
9. Лоскутов Р.И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во ИЛиД СО АН СССР, 1991. – 189 с.
10. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Романова А.Б. Интродукция растений в дендрарии СибГТУ. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2000. – 184 с.
11. Молоков В.А., Савин Е.Н., Невзоров В.Н. Интродуценты в защитных и лечебно-озеленительных насаждениях на берегах степных водоемов лечебного значения. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2000. – 35 с.
12. Погосова Н.П., Лобанов А.И. Особенности в годичном цикле развития некоторых древесных и кустарниковых растений в условиях Средней Сибири // Повышение продуктивности лесов Сибири и Дальнего Востока. – Красноярск, 1974. – С. 197–200.
13. Погосова Н.П., Лобанов А.И. Особенности в годичном цикле развития у некоторых местных древесных растений и экзотов // Повышение продуктивности лесов Сибири и Дальнего Востока. – Красноярск, 1975. – С. 156–162.
14. Протопопова Е.Н. Итоги интродукции и возможность расширения ассортимента древесных пород в условиях Центральной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Свердловск, 1964. – 21 с.
15. Протопопова Е.Н. Новые древесные породы Сибири. – М.: Наука, 1966. – 104 с.
16. Протопопова Е.Н., Павлов И.Н. Озеленению улиц городов КАТЭКа – больше внимания // Лесн. хоз-во. – 1987. – № 3. – С. 68–70.
17. Сунцова Л.Н., Иншаков Е.М., Козик Е.В. Исследование итогов интродукции древесных представителей флоры Европы в условиях г. Красноярска: мат-лы 12-й Междунар. науч. конф. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2009. – С. 113–116.

## МОРФОЛОГИЯ СОЦВЕТИЯ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *CHIONODOXA* (*HYACINTHACEAE*)

Представлены результаты изучения соцветия у пяти видов и форм хионодокс. Определены особенности строения соцветия. Проанализирована морфологическая изменчивость соцветия в условиях интродукции.

**Ключевые слова:** хионодокса, морфология, соцветие, интродукция, Западная Сибирь.

L.L. Sedelnikova

## MORPHOLOGY OF FOSCULE IN *CHIONODOXA* (*HYACINTHACEAE*) GENUS REPRESENTATIVES

The results of the foscule study in five sorts and forms of *Chionodoxa* are presented in the article. The peculiarities of the foscule structure are determined. The foscule morphological variability in the introduction conditions is analyzed.

**Key words:** *Chionodoxa*, morphology, foscule, introduction, West Siberia.

**Введение.** Соцветие как одна из составных частей побеговой системы выполняет специфическую роль в формировании генеративных органов покрытосеменных растений. Известно три подхода при описании соцветий – физиономическое, ритмологическое и структурное [Кузнецова, 1985; Кузнецова и др., 1992]. Последний как наиболее перспективный и современный при исследовании строения соцветий является основополагающим и первоначально отражен в работе [Troll, 1957]. Он базируется на выявлении закономерностей расположения цветоносных осей в общей осевой системе растения, независимо от степени их сформированности. Описательная морфология физиономического характера общего строения соцветий у однодольных растений в пределах семейств представлена в трудах отечественных ученых [Федоров, Кирпичников, Артюшенко, 1979], позднее в работах [Серебрякова, Воронин, Еленевский и др. 2006] даны элементы структурного анализа. В процессе переноса видов из условий естественного местообитания наблюдается морфологическая изменчивость в строении ряда признаков, в том числе и соцветия. Поэтому частные особенности строения соцветия на меж- и внутривидовом уровне еще исследованы недостаточно. К их числу относятся ранневесенние луковичные эфемероиды – представители рода *Chionodoxa* Boiss. семейства *Hyacinthaceae* Batsch. Род состоит из 5 видов, родина которых Малая Азия, о. Крит [Артюшенко, 1977]. Нами изучен жизненный цикл развития хионодокс в условиях лесостепной зоны Западной Сибири [Седельникова, 2002, 2014]. Особенности формирования их соцветия послужили основанием выполнения данной работы.

**Цель работы.** Исследование морфологического строения соцветия у представителей рода *Chionodoxa* для выявления изменчивости при интродукции в Западной Сибири.

**Объекты и методы исследований.** Работа выполнена в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск), где интродуцировано 5 видов и форм хионодокс: *Ch. luciliae* Boiss. – Хионодокса Люцилии, *Ch. luciliae* f. *coerulea* hort. – Х. Люцилии форма голубая, *Ch. luciliae* f. *rosea* – Х. Люцилии – форма розовая, *Ch. gigantea* Witt. – Х. гигантская, *Ch. gigantea* f. *alba* hort. – Х. гигантская – форма белая. Материал получен в 1985 г. из Всесоюзного института растениеводства (г.Санкт-Петербург). Морфологическое описание генеративного побега сделано согласно общепринятой терминологии [Кузнецова и др., 1992; Серебрякова и др., 2006]. Статистическая обработка проведена с помощью компьютерной программы *Statistica* 6.0.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Начало отрастания хионодокс в лесостепной зоне Западной Сибири по среднемноголетним данным (1986–2014 гг.) наблюдали при переходе среднесуточных температур через 0+5° С, сразу после таяния снега, с 15 по 20 апреля. Первые этапы роста и развития генеративных особей у всех видов хионодокс проходят очень быстро. После развертывания первых двух настоящих листьев, наступало цветение (III декада апреля, I–II декады мая) (табл.1).

Таблица 1

## Начало цветения хионодокс в разные вегетационные периоды в условиях Новосибирска

Вид	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
<i>Ch. gigantea</i>	10.05	05.05	28.04	04.05	03.05	12.05
<i>Ch. gigantea f. alba</i>	11.05	06.05	30.04	04.05	06.05	13.05
<i>Ch. luciliae</i>	12.05	04.05	29.04	05.06	10.05	12.05
<i>Ch. luciliae f. coerulea</i>	13.05	05.05	29.04	06.05	09.05	10.05
<i>Ch. luciliae f. rosea</i>	13.05	06.05	24.04	06.05	03.05	10.05

За последние десять лет погодные условия в течение вегетационных периодов в Приобской лесостепной климатической провинции крайне противоречивы: то засушливые, то холодные с обилием осадков, поэтому адаптация интродуцентов проходила на фоне оптимума и минимума факторов среды. Так, по гидротермическим показателям тепла и запасам влаги 2007 г. был засушливым, особенно во второй половине; 2008 г. – теплым, умеренно увлажненным; 2009 г. – прохладным, избыточно увлажненным; 2010 г. – теплым, умеренно увлажненным; 2011 г. – слабозасушливым с ранней теплой весной; 2012 г. – теплым, засушливым; 2013 г. – прохладным, избыточно увлажненным; 2014 г. – холодным, избыточно увлажненным с частыми возвратными заморозками в мае, но с ранней весной. Все виды практически зацветали одновременно. Однако отмечено, что цветение у хионодокс в условиях г. Новосибирска наступает раньше на 5–16 дней в годы с ранней теплой весной (2010–2012 гг.) по сравнению с прохладной (2009 г., 2013–2014 гг.). После цветения и плодоношения (апрель–май) наступает летний (июнь–август) период относительного покоя и далее зимний (сентябрь–март).

В период цветения наблюдения проводили за одновозрастными особями с морфометрическими показателями длины листовой пластинки, генеративного побега и луковицы, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Морфометрические показатели вегетативных и генеративных органов (min-max, см, шт.) интродуцентов рода *Chionodoxa* в Новосибирске

Вид	1	2	3	4	5	6
<i>Ch. luciliae f. rosea</i>	15,5-16,0	12,0-13,5	8,5-15,5	3-6	2,0-2,5	9-10
<i>Ch. gigantea f. alba</i>	9,5-13,5	10,0-13,5	5,2-8,0	1-4	2,0-2,5	6-7
<i>Ch. luciliae</i>	15,5-16,5	10,0-13,0	8,0-10,5	3-7	1,5-2,0	5-6
<i>Ch. gigantea</i>	11,5-14,0	11,5-14,0	6,5-12,5	3-5	1,5-1,7	5-6
<i>Ch. luciliae f. coerulea</i>	6,5-10,5	2,5 – 8,5	8,5-15,5	2-5	2,0-2,3	7-8

Примечание: 1 – длина первого листа, см; 2 – длина второго листа, см; 3 – длина генеративного побега, см; 4 – число цветков в соцветии, шт.; 5 – высота луковицы, см; 6 – число запасающих чешуй, шт.

В период цветения особое место уделяли особенности формирования соцветия. Его развитие рассмотрено в рамках структурного подхода морфологического описания как более современного, сочетающего в себе элементы физиономического и ритмологического. Установлено, что для всех видов хионодокс характерно соцветие простая открытая кисть. По определению [Федоров и др., 1979, с. 24], для простого соцветия характерно то, что пазушные меристемы полностью расходятся на формирование боковых цветков с цветоножками. Известно, что кисть – это соцветие с удлиненными междуузлиями главной оси и удлиненными боковыми осями (цветоножками) [Кузнецова и др., 1992, с.11]. Зачаточные цветки у хионодокс во внутрипочечном развитии формируются акропетально, и верхний (последний) цветок всегда расположен в боковом направлении к оси, по-

этому верхушечная часть соцветия нарастает меристематической тканью, и ее терминальная зона открытая [Седельникова, 2014]. В соцветии всегда имеется боковой цветок, меристематическая ткань верхушечной части монокарпического побега в период цветения сильно паранхематизируется, но оно открытое, что присуще для представителей семейства *Hyacinthaceae* и *Liliaceae*. Кроющие листья у всех видов видоизменены и представляют брактеи или прицветники размером 0,05–0,1 мм с зелено-синеватым оттенком, поэтому соцветие брактеозное.

Относительно длины междуузлий главной оси соцветия установлена фенотипическая изменчивость. У *Ch. gigantea*, *Ch. gigantea* f. *alba* (рис., а, б) все междуузлия главной оси соцветия были удлиненные. Длина их главной оси составляла 7,2–12,5 см с междуузлиями 1,5–2,0 см. У *Ch. luciliae*, *Ch. luciliae* f. *coerulea* и *Ch. luciliae* f. *rosea* главная ось соцветия была 8,5–15,5 см и имела как удлиненные (1,5–2,0 см), так и укороченные (0,5–1,0 см) междуузлия (рис., д, ж, з). Причем чередование междуузлий в соцветии от длинных до коротких было выражено акропетально только у *Ch. luciliae* (рис., д). У форм *Ch. luciliae* f. *coerulea* и *Ch. luciliae* f. *rosea* наблюдали укороченные междуузлия в базальной части соцветия, средней – длинные, верхней – короткие (рис., д, ж). Расположение цветоножек с цветками очередное, с двух сторон либо с одной стороны оси соцветия. Наблюдали сильно укороченное междуузлие (0,2–0,3 см) у *Ch. gigantea* f. *alba* (рис., в).

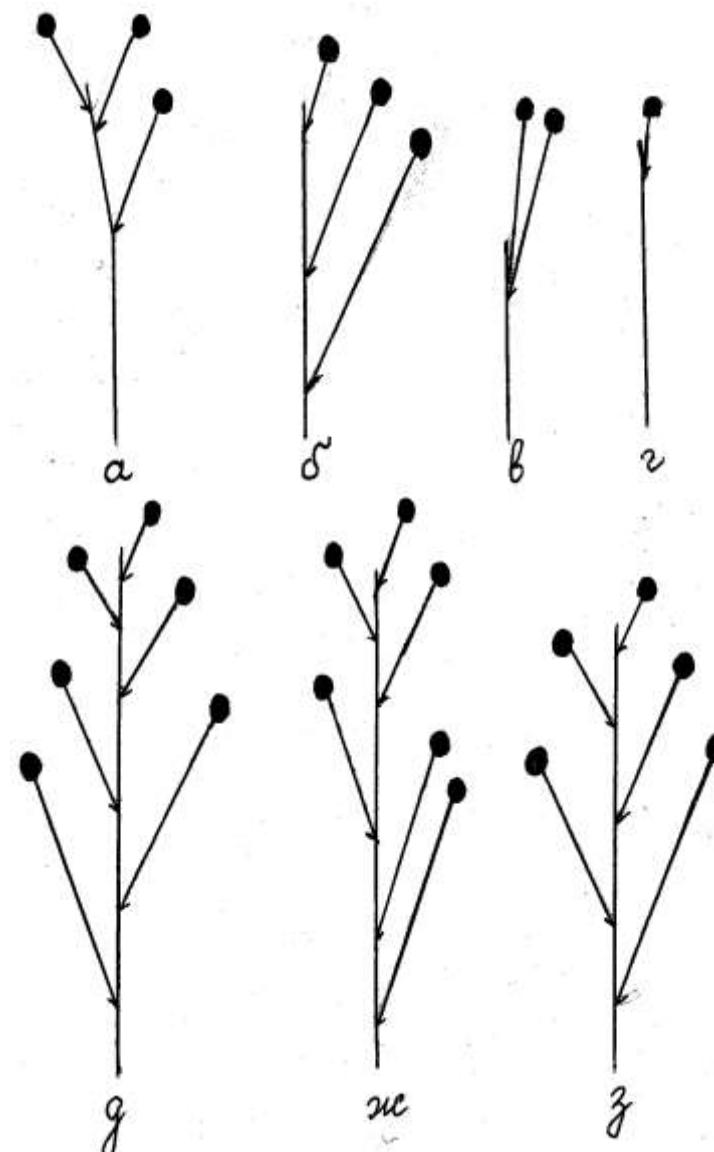


Схема соцветий у *Chionodoxa gigantea* (а, б), *Ch. gigantea* f. *alba* (в, г), *Ch. luciliae* (д), *Ch. luciliae* f. *rosea* (ж), *Ch. luciliae* f. *coerulea* (з)

Относительно длины боковых осей (цветоножек) установлена изменчивость этого признака от длинных до коротких. Длинные цветоножки (от 2,5 до 4,1 см) наблюдали у цветков от первого до третьего порядка. Верхние цветки имели короткую цветоножку – от 0,5 до 0,8 см. Чередование длинных и коротких цветоножек отмечено у *Ch. luciliae*, *Ch. luciliae* f. *rosea* (рис., д, ж). Таким образом, длина цветоножек варьировала в пределах соцветия, но физиономически она всегда уменьшалась снизу вверх от 4,0 до 0,8 см.

Следует отметить, что у однодольных растений, особенно у близкородственных таксонов (*Scilla* L., *Tulipa* L., *Crocus* L.), очень часто наблюдаются редукционные явления в открытой кисти, в которой формируется только один цветок. Такая же редукция обнаружена нами у *Ch. gigantea* f. *alba*, где одновременно с формированием в кисти по два-три цветка у отдельных особей формируется только один цветок (рис., г) независимо от их возрастного состояния. Такие соцветия рассматриваются как открытые. Поэтому одиночный цветок у *Ch. gigantea* f. *alba* – это единственно сохранившейся элемент флоральной единицы (ФЕ) – открытой кисти. Всего цветков в соцветии у данных интродуцентов от 1 до 7 шт. (см. табл.2).

Относительно универсальной схемы строения цветоносного побега у хионодокс за флоральную единицу (ФЕ) следует принимать годичный побег, т.е. открытое рацемозное соцветие без паракладиев. Понятие синфлоресценции, по В. Троллю (1957), включает совокупность цветоносных осей годичного побега с главной верхушечной ФЕ и все паракладии. Поэтому в нашем случае соцветие у хионодокс в физиономическом смысле оказывается отдельным элементом синфлоресценции, а именно ФЕ. Установленные нами структурные типы соцветия у хионодокс не обладают строгой дискретностью и связаны между собой переходными формами. Однако каждая ось соцветия формируется за счет деятельности одной апикальной меристемы, является побегом одного порядка. По классификации структурных типов, соцветия представителей рода *Chionodoxa* отнесены к моноподиальным, рацемозным, с акропетальным порядком формирования и распускания цветков.

Таким образом, у ранневесенних эфемероидов из рода *Chionodoxa* формирование соцветия и их фенотипическая изменчивость обусловлены высокоспециализированной адаптацией видов к внешним факторам в процессе исторического становления жизненной формы, связанной с укороченным ритмом надземного развития и длительным периодом внутрипочечного подземного развития в период относительного летнего и зимнего покоя.

## Выводы

1. У представителей рода *Chionodoxa* (*Ch. luciliae* Boiss. – Хионодокс Люцилии, *Ch. luciliae* f. *coerulea* hort. – Х. Люцилии – форма голубая, *Ch. luciliae* f. *rosea* – Х. Люцилии – форма розовая, *Ch. gigantea* Witt. – Х. гигантская, *Ch. gigantea* f. *alba* hort. – Х. гигантская – форма белая) соцветие кисть – простое, брактеозное, с моноподиальным нарастанием главной оси рацемозного типа.

2. В условиях интродукции отмечена редукция открытой кисти, выраженная в формировании одиночного цветка.

3. Выделена фенотипическая изменчивость морфологических признаков с удлиненными и укороченными междуузлиями главной оси соцветия, с акропетальным развитием цветка и длиной цветоножки от 0,5 до 4,1 см.

4. Установлено межвидовое и внутривидовое морфологическое разнообразие в строении простой кисти как годичного побега без паракладиев, идентичного элементу синфлоресценции.

## Литература

1. Артюшенко З.Т. *Chionodoxa* Boiss. – Хионодокса // Декоративные травянистые растения. – Л.: Наука, 1977. – Т. 2. – С. 36–37.

2. Кузнецова Т.В. Методы исследования соцветий. I. Описательный метод и концепция синфлоресценции Вильгельма Тролля // Бюл. МОИП. Отделение биологии. – 1985. – Т. 88. – Вып. 1. – С. 89–99.
3. Кузнецова Т.В., Пряхина Н.И., Яковлев Г.П. Соцветия. Морфологическая классификация. – СПб.: ФХИ, 1992. – 127 с.
4. Седельникова Л.Л. Биоморфология геофитов в Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 2002. – 307 с.
5. Седельникова Л.Л. Онтогенез у представителей рода *Chionodoxa* (*Hyancintaceae*) при интродукции // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 8. – С. 51–56.
6. Ботаника с основами фитоценологии: анатомия и морфология растений / Т.И. Серебрякова, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский [и др.]. – М.: Академкнига, 2006. – 543 с.
7. Федоров А.А., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Соцветие. – Л.: Наука, 1979. – 295 с.
8. Troll W. Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie. Teil. 2. Die blühende Pflanze. – Jena: Fischer Verlag, 1957. – 121 s.



УДК 582.52+ 581.9 + 635.25

Н.В. Степанов

## НОВЫЙ ВИД ЛУКА (ALLIUM – ALLIACEAE) ИЗ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КРАСНОЯРСКА

В статье приведены данные о новом виде лука (*Allium monachorum* – *Alliaceae*) из подрода *Rhizirideum*, секции *Reticulato-bulbosa*, собранного в окрестностях г. Красноярска, его диагностические особенности, отличия от родственных видов.

**Ключевые слова:** лук, *Allium*, *Alliaceae*, *Rhizirideum*, Красноярский край.

N.V. Stepanov

## NEW SPECIES OF THE ONION (ALLIUM – ALLIACEAE) FROM KRASNOYARSK CITY NEIGHBORHOOD

The data on the new species of onion (*Allium monachorum* – *Alliaceae*) of the subgenus *Rhizirideum*, section *Reticulato-bulbosa*, collected in the vicinity of the Krasnoyarsk city, its diagnostic features, differences from related species are presented in the article.

**Key words:** Onion, *Allium*, *Alliaceae*, *Rhizirideum*, Krasnoyarsk territory.

---

**Введение.** Представители рода лука *Allium* L. являются ценными пищевыми, декоративными, лекарственными и медоносными растениями с богатым спектром биологически активных веществ [1]. Многие виды являются достаточно редкими и внесены в Красные книги РФ [2] и Красноярского края [3]. В Красноярском крае всё разнообразие луков приурочено к южной части и, по данным Л.М. Чепрнина [4], составляет 18 видов. Такие же данные приводит К.А. Соболевская [5], понижая видовое разнообразие лишь за счет объединения двух близких таксонов до 17 видов. Аналогичные сведения представлены и в более поздних работах [6–8]. Однако степень изученности региона всё еще остается недостаточно полной, и в процессе исследования флоры северо-западной оконечности Восточного Саяна в окрестностях г. Красноярска была обнаружена своеобразная популяция лука, после ознакомления с которой мы пришли к выводу о её видовом статусе.

**Цель работы.** Охарактеризовать морфологические, экологические и географические особенности нового описываемого вида рода *Allium* L. из окрестностей г. Красноярска, его особенности, отличия от родственных видов.

**Задачи:** анализ коллекционных материалов и сведений литературных источников по географии и морфологических особенностей видов рода *Allium* подрода *Rhizirideum* (Koch) Wendelbo, секции *Reticulato-bulbosa* Kamelin в Красноярском крае; изучение особенностей морфологии рассматриваемых растений и сравнение с близкородственными видами; описание нового таксона.

**Результаты.** В Красноярском крае виды диких луков сосредоточены почти исключительно на юге региона. При этом представители подрода *Rhizirideum* (Koch) Wendelbo, секции *Reticulato-bulbosa* Kamelin представлены всего тремя видами: *Allium splendens* Willd. ex Schult. & Schult. f., *Allium strictum* Schrad. и *Allium clathratum* Ledeb. По сравнению с соседними регионами бедность видового состава секции бросается в глаза: незначительное смещение к югу, западу или востоку от границ Красноярского края фиксирует внезапное и необъяснимое увеличение видового состава в 2–3 и более раз. Юг края – горно-котловинный регион, с контрастными природными условиями, в целом сходными с теми, что есть в Байкальском регионе, на Алтае и в Туве. Закономерности формирования флоры юга Красноярского края, рассмотренные разными исследователями [9–16], имеют те же тенденции формирования и общие черты, что и соседние южно-сибирские флоры. Тем более странными представляются контрасты участия луков рассматриваемой секции, да и рода в целом во флоре Красноярского региона. Нами не было установлено никаких флорогенетических «противопоказаний» для рода *Allium* во флоре юга Красноярского края, и можно предположить, что, скорее всего, этот «минимум» связан со слабой изученностью региона со стороны специалистов в отношении данного таксона. Косвенным подтверждением этой гипотезы явилась и наша находка необычного лука в черте города Красноярска, на немногих сохранившихся естественных участках скал и осыпей к р. Енисей, недоступных для хозяйственного освоения и застройки. Ниже приводится описание нового вида.

***Allium monachorum* Stepanov sp.nov.**

Bulbi in rhizomate abbreviatis aliquot insidentes vel in grege in numero 20–25(30), anguste cylindrici, ad 18 cm alt., tunicis fuscis, reticulatis. Caulis 60–80(90) cm lg., ad 1/3–1/2 altitudinem vaginae foliaris amplexus. Folia in numero 3–4, linearia, 4–6 mm lt. Spatha inflorescentia 2–3-plo brevior. Inflorescentia globosa, densa, 3.5–4 cm in diam., multiflora (150–225 floralis). Pedicelli distincte inaequales, perigonio 3–4-plo longiores. Perigonii phylla diluta, pallide roseola, fere alba, nervis indistinctis, viridulis. Filamento perigonio 2–3(4)-plo longiora; filamenta anteriora uni-bidenticulata basi.

**Holotypus:** Urbis Krasnojarsk, in adjacentibus Akademgorodok, semita Monastyrskaja, declive stepposum, lapidosum, versus flumin Enissej. N.V. Stepanov. 02.VIII.2013 (KRSU); **isotypi** – TK, LE.

**Affinitas:** ab speciebus propinquis (*Allium splendens* Willd. ex Schult. & Schult. f. et *Allium strictum* Schrad.) dimensionibus plantarum et inflorescentis magnis, bulbis aggregatis, pedicellis et filamentis longis differt.

***Allium monachorum* Stepanov sp.nov.** – Лук монахов (см. рис.). Луковицы, по нескольку или группами до 20–25 (30), расположены на укороченном корневище, узкоцилиндрические, до 18 см высотой, с бурьими сетчатыми оболочками. Стебель 60–80(90) см высотой, на 1/3–1/2 одет листовыми влагалищами. Листья в числе 3–4, линейные, 4–6 мм шириной. Чехол в 2–3 раза короче соцветия. Зонтик шаровидный, густой, до 4 см в диаметре, многоцветковый (до 225 цветков в соцветии). Цветоножки заметно неравные, в 3–4 раза длиннее околоцветника. Листочки околоцветника светлые, бледно-розоватые, почти белые, с нерезкой зеленоватой жилкой. Нити тычинок в 2–3 (4) раза длиннее околоцветника, у внутренних тычинок с 1–2 зубцами при основании.



*Allium monachorum* Stepanov: а – общий вид растения, соцветие и цветок;  
б – степное сообщество с участием *Allium monachorum*; в – соцветие; г – группа луковиц;  
д – цветок; е – тычинки и листочек околоцветника

**Голотип:** г. Красноярск, окрестности Академгородка, Монастырская тропа, каменистый степной склон к Енисею. Н.В. Степанов. 02.08.2013 (KRSU); **Изотипы** – ТК, LE.

**Родство.** От родственных видов (*Allium splendens* и *Allium strictum*) отличается более крупными размерами растений и соцветиями, скученными луковицами, длинными цветоножками и тычинками.

**Заключение.** В Красноярском крае встречается 4 вида лука из подрода *Rhizirideum*, секции *Reticulato-bulbosa*: *Allium splendens* Willd. ex Schult. & Schult. f., *Allium strictum* Schrad., *Allium clathratum* Ledeb. и *Allium monachorum* Stepanov. Первые три вида имеют широкое распространение, охватывающее большую часть региона и соседние территории. *Allium monachorum* отмечен пока локально, только в окрестностях г. Красноярска, на северо-западной оконечности Восточного Саяна. На данный момент этот вид может рассматриваться как эндемик, приуроченный к степным каменистым, скалистым склонам коренных берегов р. Енисей.

### Литература

1. Растительные ресурсы России и сопредельных государств. Семейства *Butomaceae-Turhaceae*. – СПб.: Наука, 1994. – 271 с.
2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Р.В. Камелин [и др.]. – М.: Изд-во КМК, 2008. – 855 с.
3. Красная книга Красноярского края: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов / Н.В. Степанов, Е.Б. Андреева, Е.М. Антипова [и др.]. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2012. – 576 с.
4. Черепнин Л.М. Флора южной части Красноярского края. – Красноярск, 1959. – Вып. 2. – 240 с.
5. Соболевская К.А. Семейство Лилейные – *Liliaceae* Hall. // Флора Красноярского края. – *Liliaceae-Orchidaceae*. – Новосибирск: Наука, 1967. – Вып.4. – С. 5–31.
6. Фризен Н.В. 7 *Allium* L. – лук // Флора Сибири. *Araceae-Orchidaceae*. – Новосибирск: Наука, 1996. – Т. 10. – С. 55–96.
7. Фризен Н.В. Луковые Сибири. – Новосибирск: Наука, 1988. – 136 с.
8. Шауло Д.Н. Флора Западного Саяна // *Turczaninowia*. – 2006. – Т. 9. – № 1–2. – С. 5–336.
9. Черепнин Л.М. Особенности флоры юга Красноярского края // Ученые записки Краснояр. пед. ин-та. – 1957. – Т.10. – С. 3–11.
10. Красноборов И.М. Высокогорная флора Западного Саяна. – Новосибирск: Наука, 1976. – 379 с.
11. Степанов Н.В. Особенности флоры сосудистых растений Северо-Востока Западного Саяна // Ботанический журнал. – 1999. – Т.84. – № 5. – С. 95–101.
12. Степанов Н.В. Флора северо-востока Западного Саяна и острова Отдыха на Енисее (г. Красноярск). – Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 2006. – 170 с.
13. Сонникова А.Е. Сосудистые растения Саяно-Шушенского заповедника // Флора и фауна заповедников СССР. – М., 1992. – С. 3–104.
14. Андреева Е.Б., Штаркер В.В., Степанов Н.В. Конспект флоры высших растений // Тр. гос. заповедника «Столбы». – Красноярск, 2010. – Вып.18. – С. 59–155.
15. Андреева Е.Б., Тупицына Н.Н. Флора заповедника «Столбы». – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 304 с.
16. Антипова Е.М. Флора внутренних островных лесостепей Средней Сибири. – Красноярск, 2012. – 662 с.



ВЛИЯНИЕ СВЕРХЭКСПРЕССИИ ГЕНА  $\text{Ca}^{2+}$ -ЗАВИСИМОЙ ПРОТЕИНКИНАЗЫ VACP13  
НА УСТОЙЧИВОСТЬ КУЛЬТУР КЛЕТОК ВИНОГРАДА АМУРСКОГО *VITIS AMURENSIS* RUPR.  
К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ\*

Полученные в результате исследования данные показали, что сверхэкспрессия гена VaCPK13 не влияла на устойчивость клеток *V. amurensis* к температурному, осмотическому и солевому стрессам. Полученные результаты свидетельствуют, что ген VaCPK13 не является сильным позитивным регулятором ответа растений на проанализированные абиотические стрессы.

**Ключевые слова:**  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимые протеинкиназы, *Vitis amurensis*, абиотический стресс, клеточные культуры растений

V.S. Khristenko, A.S. Dubrovina,  
O.A. Aleynova, K.V. Kiselev

THE INFLUENCE OF THE GENE OVEREXPRESSION  $\text{Ca}^{2+}$ -DEPENDENT PROTEIN KINASE VACP13  
ON THE RESISTANCE OF THE AMUR GRAPE (*VITIS AMURENSIS* RUPR.) CELL  
CULTURES TO THE ABIOTIC STRESS

The obtained as research result data showed that the VaCPK13 gene overexpression did not influence on the stability of the *V. amurensis* cells to the temperature, osmotic and salt stress. The obtained results prove that the gene VaCPK13 is not a strong positive regulator of the plant response to the analyzed abiotic stress.

**Key words:**  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent protein kinase, *Vitis amurensis*, abiotic stress, plant cell cultures.

**Введение.** Воздействие на растение абиотических стрессовых факторов, таких как экстремальные температуры, засуха, высокая соленость почвы или затопление, приводит к многомиллионным потерям в сельском хозяйстве и является главным лимитирующим фактором этой отрасли экономики. По данным FAO (Food, Agriculture Organization of the United Nations), приблизительно 22 % находящихся в сельхозпользовании земель являются засоленными, и с каждым годом это количество возрастает [1]. Засоление (первичное – природное или вторичное – вызванное нарушениями ирригации) связано с наличием в почве избыточных количеств ионов натрия, кальция или магния, хлоридов, сульфатов или карбонатов [2]. Помимо засоления почв, истощение запасов почвенной влаги также является важным фактором, лимитирующим развитие сельского хозяйства. Дефицит влаги приводит к снижению тurgора клеток, закрытию устьиц, угнетению роста и уменьшению урожая. Воздействие критических температур понижает всхожесть семян и интенсивность фотосинтеза главным образом из-за повреждения компонентов фотосистемы II, локализованной в мембранах тилакоидов хлоропластов. Кроме того, при температурном стрессе уменьшается скорость поглощения углекислого газа и происходят нарушения мембранного транспорта. Нарушается также процесс окислительного фосфорилирования и синтез АТФ [3].

Понимание молекулярно-генетических механизмов ответа растений на неблагоприятные условия окружающей среды поможет понять, как растения справляются со стрессом. Приобретение растениями устойчивости к абиотическому стрессу нуждается в различных биохимических и физиологических изменениях, и большинство из них зависит от изменений в экспрессии генов. Исследования последних двух десятилетий показали, что различные стрессы влекут за собой сигнал-специфичные изменения уровня цитоплазматического  $\text{Ca}^{2+}$ , который функционирует как передатчик в модуляции разнообразных физиологических процессов, важных для адаптации к стрессам [4, 5].

\* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №14-14-00366).

Известно, что увеличение концентрации  $\text{Ca}^{2+}$  в цитозоли сигнализирует об изменениях в окружающей среде через связывание ионов  $\text{Ca}^{2+}$  с белками-сенсорами  $\text{Ca}^{2+}$ , которые активируют дальнейшие события в сигнальной цепи. Одним из важнейших сенсорных белков в растительной клетке являются  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимые протеинкиназы (CDPK). CDPK играют важную роль в поддержании мембранных потенциала, регуляции углеводного и азотного обмена, устойчивых движений и ответа клеток растений на абиотические и биотические стрессы [6]. Известно, что экспрессия генов и активность различных изоформ CDPK могут значительно возрастать в ответ на воздействие абиотических стрессов [7]. Кроме того, некоторые из идентифицированных белков-мишеней CDPK участвуют в защитном ответе клеток растений на абиотический стресс [8].

Особый интерес представляет изучение экспрессии генов CDPK в дикорастущих растениях с высоким уровнем устойчивости к стрессам, поэтому объектом нашего исследования был выбран виноград амурский *Vitis amurensis* Rupr., произрастающий на Дальнем Востоке России и обладающий высоким адаптивным потенциалом и устойчивостью к неблагоприятным условиям внешней среды. Ранее нами была изучена экспрессия генов CDPK под воздействием таких абиотических стрессовых факторов, как солевой стресс, водный дефицит, осмотический и температурные стрессы в дикорастущем *V. amurensis*. Согласно полученным данным, экспрессия гена *VaCPK13* значительно увеличивалась при холодовом стрессе в растениях *V. amurensis* [9].

**Цель работы.** Изучение роли гена *VaCPK13* в устойчивости дикорастущего винограда *V. amurensis* к абиотическим стрессам.

#### Материалы и методы исследования

**Растительный материал и клеточные культуры.** Каллусная культура V2 была получена в 2002 году из молодого стебля взрослого дикорастущего растения *V. amurensis* (*Vitaceae*), которое было собрано на Дальнем Востоке России (юг Приморского края) и определено в отделе ботаники Биологического института ДВО РАН.

Для проведения экспериментов на культуре клеток винограда мы использовали  $W_{\text{B/A}}$  агаризованную питательную среду [10] с добавлением 0.5 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП) и 2 мг/л а-нафтилуксусной (АНУ) кислоты, которую разливали в пробирки 150·16 мм по 8 мл. Интервал субкультивирования составлял 30 дней в темноте при  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ .

**Получение трансгенных культур клеток винограда *V. amurensis*, сверхэкспрессирующих ген *VaCPK13*, с помощью агробактериальной трансформации.** Комплементарная (кДНК) гена *VaCPK13* (номер доступа в ГенБанк KC488320) была амплифицирована после выделения РНК из листьев *V. amurensis*. Для амплификации полноразмерной кодирующей последовательности кДНК *VaCPK13* использовали пару праймеров 5'ATG GGG AAC TGT TGC AGA T, 5'TTA CTC ATT CCC CAA GTT TAG. Полученный ОТ-ПЦР продукт *VaCPK13* был выделен из геля при помощи набора Cleanup Mini kit (ЕвроГен, Москва, Россия), клонирован в вектор pTZ57R/T согласно протоколу фирмы-производителя (Fermentas, Вильнюс, Литва). Затем, используя пару праймеров 5'GCT CGA GCT CAT GGG GAA CTG TTG CAG AT и 5'TCG AGG TAC CTT ACT CAT TCC CCA AGT TTA G, содержащих в своей последовательности сайты рестрикций для рестриктаз *SacI* and *KpnI*, мы амплифицировали полную последовательность *VaCPK13*. В качестве матрицы использовали предварительно полученную генетическую конструкцию pTZ57-VaCPK13. Полученные ПЦР-продукты перенесли по рестрикционным сайтам *SacI* and *KpnI* в вектор pSAT1. В этой конструкции ген *VaCPK13* находится под контролем двойного CaMV 35S промотора. После этого мы перенесли кассету, содержащую *VaCPK13*, из вектора pSAT1 в вектор pZP-RCS2-nptII [11], используя сайт рестриктазы *PstI* (СибЭнзим, Новосибирск, Россия). Далее генетическая конструкция pZP-RCS2-VaCPK13-nptII была перенесена в агробактерии *Agrobacterium tumefaciens* GV3101::pMp90.

Суспензионную культуру клеток винограда *V. amurensis* V2 трансформировали полученными штаммами агробактерий по методике, описанной ранее [12]. После трансформации каллусы культивировали в течение 3 месяцев в присутствии 250 мг/л цефотаксима для подавления роста агробактерий. Отбор трансгенных клеток проводили на канамицине (Km) в концентрации 10–15 мг/л в течение 3–4 месяцев.

**Воздействие абиотических стрессов на культуры клеток *V. amurensis*.** Для анализа воздействия абиотических стрессовых факторов на устойчивость *VaCPK13*-трансгенных культур клеток мы исследовали влияние пониженной и повышенной температуры на рост трансгенных кле-

точных культур (культивирование в течение 30 дней при температурах +16°C и +33°C) и влияние солевого стресса (культивирование в течение 30 дней при +23°C на питательных средах, содержащих NaCl в концентрации 60 и 120 мМ). NaCl добавляли в питательные среды после измерения pH. Также исследовали влияние осмотического стресса на рост трансгенных клеточных культур, сверх-экспрессирующих ген *VaCPK13*. Для этого эксперимент проводили при температуре +23°C, используя среду *W<sub>BA</sub>*, содержащую маннитол в концентрации 200 и 300 мМ.

**Выделение нуклеиновых кислот и получение комплементарной ДНК (кДНК).** Выделение РНК из культур клеток *V. amurensis* осуществляли на основе СТАВ протокола по Bekesiova и др. [13]. кДНК была синтезирована, как описано ранее [12, 14].

**Количественная оценка экспрессии гена *VaCPK13*.** Доказательство экспрессии экзогенного и эндогенного *VaCPK13*, а также тотальной экспрессии *VaCPK13* проводили с помощью ПЦР в реальном времени (ПЦР РВ). ПЦР РВ для гена был выполнен согласно методике, описанной Giulietti и др. [15]. Тотальную экспрессию гена *VaCPK13* анализировали с помощью пары праймеров, подобранных к последовательности киназного домена гена *VaCPK13* (табл.1). Эндогенную экспрессию *VaCPK13* изучали, используя праймеры, один из которых был комплементарен концу последовательности киназного домена *VaCPK13*, а другой к последовательности 3'-нетранскрибуемой области (3'UTR) *VaCPK13*. Экспрессию дополнительной вставки гена *VaCPK13* определяли, используя пару праймеров, подобранных к концу белок-кодирующей последовательности гена *VaCPK13* и к последовательности CaMV 35S терминатора, находящегося в бинарной конструкции *pZP-RCS2-nptII-VaCPK13*. Геноспецифичные пары праймеров представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Праймеры для определения суммарной, эндогенной экспрессии и экспрессии трансгена *VaCPK13*

Ген	Праймеры для определения тотальной экспрессии, 5'-3'	Праймеры для определения эндогенной экспрессии, 5'-3'	Праймеры для определения экспрессии трансгена, 5'-3'
<i>VaCPK13</i>	5'TAT TCT TCA AGC CAG GTG AGA 5'CCA TAA TTC CGC TTG AGG AC	5'CTT CTA GGC ATT ATT CAA GAG G 5'CTT GTG TGG ATG AAC AAA AGA C	5'CTT CTA GGC ATT ATT CAA GAG G 5'GAG AGA CTG GTG ATT TTT GCG

кДНК амплифицировали в 20 мкл реакционной смеси, содержащей 1 × TaqMan буфер B, 2.5 мМ MgCl<sub>2</sub>, 250 мКМ dNTP, 1 единицу активности Таq ДНК полимеразы, 15 нг кДНК и 0,25 мКМ каждого из праймеров (Синтол, Россия). Амплификацию проводили при следующих условиях: 2 мин при 95°C, затем 50 циклов при 95°C в течение 10 с и 62°C в течение 25 с.

кДНК амплифицировали с реагентом EvaGreen (Biotium, Хейвард, США). Для амплификации использовали амплификатор с функцией детекции результатов в реальном времени (ДНК Технология, Москва, Россия). Уровень экспрессии генов был определен по формуле 2<sup>-ΔΔCT</sup>. Полученное наивысшее значение экспрессии, накопленное отдельным образом, было принято за единицу относительно количества мРНК. Гены *VaActin1* (ГенБанк DQ517935) и *VaGAPDH* (ГенБанк GU585870) были использованы в качестве внутренних контролей для нормализации количества кДНК в каждой реакции ПЦР РВ. Данные ПЦР РВ были получены из 8 независимых реакций ПЦР РВ [16].

**Статистический анализ полученных результатов.** Результаты были обработаны при помощи программы Statistica, версия 10.0. Все данные представлены как среднее значение ± стандартная ошибка (СО). Полученные данные проверены по спаренному критерию Стьюдента. Уровень значимости в 0,05 был выбран как минимальное значение статистической разницы во всех экспериментах.

**Результаты исследования.** Трансгенные по гену *VaCPK13* клеточные культуры КА-15-I, КА-15-II, КА-15-III и КА-15-IV были получены в результате независимых трансформаций супензационной культуры V2 штаммом *A. tumefaciens* GV3101:pMp90, несущим векторную конструкцию *pZP-RCS2-VaCPK13-nptII*. В конструкции ген *VaCPK13* находится под контролем CaMV 35S промотора вируса мозаики цветной капусты [11]. Конструкция также несет ген устойчивости к Km (*nptII*) под контролем

35S промотора. Сходным способом была получена контрольная клеточная линия KA-0, которая не содержала в конструкции ген *VaCPK13*, а содержала только ген *prtII*.

Селекцию трансгенных клеточных агрегатов проводили в течение 3 месяцев на средах, содержащих 10–15 мг/л Km, и затем отобрали несколько устойчивых к Km линий. В течение первого месяца трансформации мы отобрали быстрорастущие каллусы из отдельных маленьких агрегатов, которые обладали устойчивостью к Km, и несколько Km-устойчивых независимых клonalных линий KA-0, KA15-I, II, III, IV. Клеточная линия KA-0 идентична родительской клеточной культуре V2 по ростовым и морфологическим признакам. Это свидетельствует о том, что трансформация пустым вектором не вызвала значительных изменений в клеточных культурах. Клеточная линия KA-0 была использована далее как контрольная в ходе экспериментов. Четыре трансгенные клеточные линии KA15-I, II, III, и IV, активно экспрессирующие ген *VaCPK13*, были получены в результате четырех независимых трансформаций. Данные ПЦР РВ показали, что трансген *VaCPK13* активно экспрессируется во всех полученных клеточных линиях (рис.1, А), а экспрессия эндогенного гена *VaCPK13* в трансгенных клеточных линиях KA15 не отличалась значительно от его экспрессии в контрольной клеточной линии KA-0 (рис.1, Б). Уровень тотальной экспрессии гена *VaCPK13* увеличился в 1,6–4,8 раза по сравнению с контрольной клеточной линией KA-0 (рис.1, В).

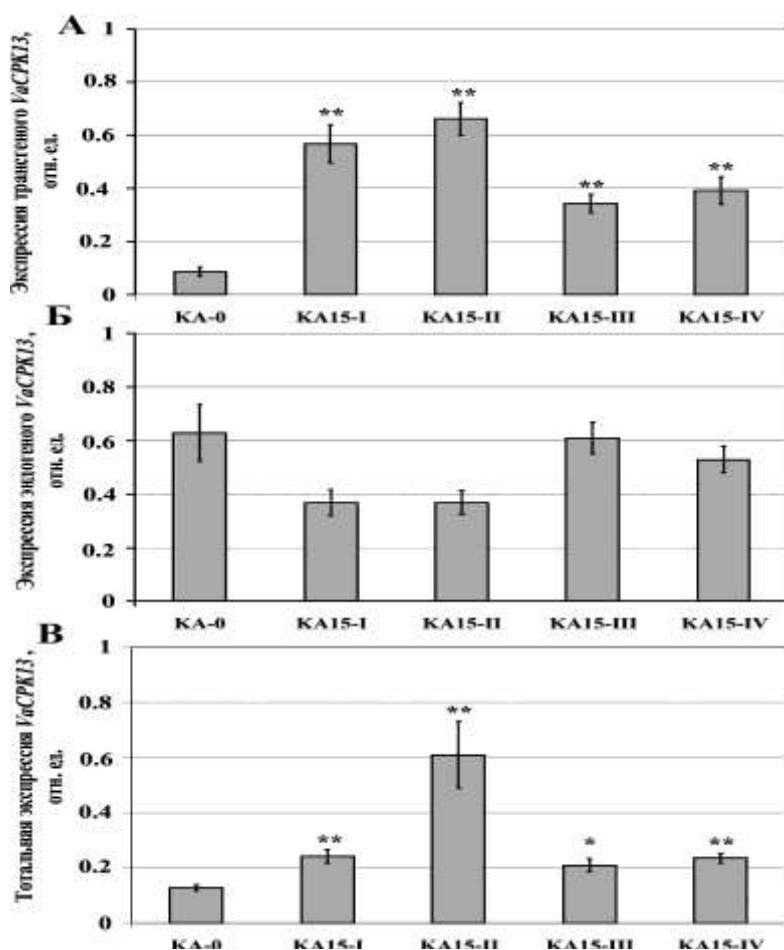


Рис.1. Экспрессия трансгена *VaCPK13* (А), эндогенного *VaCPK13* (Б), суммарная экспрессия эндогенного и экзогенного *VaCPK13* (В) в клеточных линиях *V. amurensis*: KA-0 – контрольная клеточная культура, содержащая ген *prtII* (устойчивость к Km); KA15-I, KA15-II, KA15-III и KA15-IV – трансгенные клеточные линии, сверхэкспрессирующие ген *VaCPK13*. Данные представлены как среднее значение  $\pm$  СО; \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$  по сравнению с уровнем флюоресценции для KA-0

Мы проанализировали эффект солевого, осмотического, теплового и холодового стрессов на рост четырёх *VaCPK13*-трансгенных клеточных линий *V. amurensis*. Сверхэкспрессия гена *VaCPK13* незначительно увеличила устойчивость одной трансгенной клеточной линии *V. amurensis* (KA15-III) из четырёх к солевому стрессу (рис. 2, А).

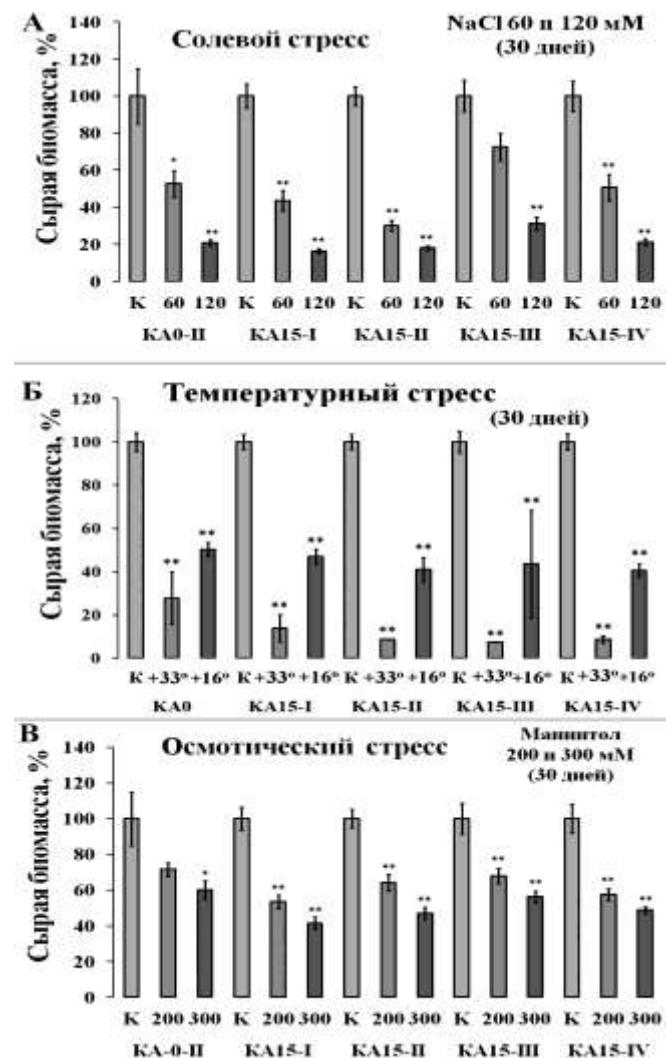


Рис.2. Накопление сырой биомассы клеточными линиями под влиянием солевого стресса, индуцированного 60 и 120 мМ NaCl при культивировании в течение 30 дней (А), теплового ( $+33^{\circ}\text{C}$ ) и холодового стрессов  $+16^{\circ}\text{C}$  при культивировании в течение 30 дней (Б), осмотического стресса, индуцированного маннитолом 200 и 300 мМ в течение 30 дней (В): KA-0 – контрольная клеточная культура, содержащая ген *nptII* (устойчивость к *Km*); KA15-I, KA15-II, KA15-III и KA15-IV – трансгенные клеточные линии, сверхэкспрессирующие ген *VaCPK13*. Данные представлены как среднее значение  $\pm$  СО; \*\*  $P < 0,01$ ; \*  $P < 0,05$  по сравнению с накоплением биомассы клеточной линией KA-0

Устойчивость проанализированных трансгенных культур клеток к холодовому стрессу не отличалась от устойчивости контрольной клеточной линии KA-0 (рис. 2, Б). Сверхэкспрессия гена *VaCPK13* ингибировала рост KA15-II и KA15-III трансгенных клеточных линий при действии теплового стресса (рис. 2, Б). Сверхэкспрессия гена *VaCPK13* не вызывала значительных изменений роста клеточных линий при действии маннитола в концентрациях 200 и 300 мМ относительно роста контрольной клеточной линии KA-0 (рис. 2, В).

**Заключение.** В литературе присутствует информация о функциях и свойствах ближайших гомологов *VaCPK13* у других растений (табл. 2). Известно, что ближайший гомолог *VaCPK13* из *Vitis vinifera*, *VvCPK10* активируется в период роста и развития растения [17]. Наибольшая экспрессия гена *OsCPK3* в рисе наблюдалась в меристематических тканях [18]. Известно, что большое количество мРНК генов *OsCPK3* и *OsCPK16* образовывалось в каллусной культуре и в метёлках риса [19]. Также известно, что ген *OsCPK16* является позитивным регулятором ответа риса на засуху и солевой стресс, а ген *OsCPK3* – отрицательным регулятором при солевом воздействии [17]. Стоит отметить, что экспрессия гена *PtCDPK14* из *Populus trichocarpa* увеличивалась при механическом воздействии в листьях и в корневых волосках [20].

Таблица 2

**Сравнение выведенных аминокислотных последовательностей *VaCPK13* (KC488320)  
с другими известными CDPK растений**

Показатель	I, %	S, %
<i>VvCPK10</i> (VIT_08s0105g00390)	99	99
<i>AtCPK13</i> (NM115044)	88	94
<i>OsCPK3</i> (AP004366)	80	87
<i>OsCPK16</i> (AC108503)	80	88
<i>PtCDPK14</i> (POPTR_0016s12460)	91	95

Примечание. I – аминокислотная идентичность; S – аминокислотная гомология.

В настоящем исследовании показано, что сверхэкспрессия гена *VaCPK13* значительно не влияет на устойчивость клеток *V. amurensis* к солевому, тепловому, холодовому и осмотическому стрессам. Данные показывают, что ген *VaCPK13* не является сильным позитивным регулятором ответа *V. amurensis* на проанализированные абиотические стрессы (холодовой, тепловой, осмотический и солевой стрессы). Поскольку известно, что экспрессия гена *VaCPK13* значительно возрас- тала при воздействии холодового стресса [14], можно предположить, что ген *VaCPK13* не влияет на устойчивость растений напрямую как позитивный регулятор, но может участвовать в ответе винограда на холодовой стресс опосредованно либо в небольшой степени.

### Литература

1. FAO (Food, Agriculture Organization of the United Nations) // FAO production yearbook. – Rome, FAO. – 2004.
2. Трансгенные растения, толерантные к абиотическим стрессам / Я.С. Колодяжная, Н.К. Куцоконь, Б.А. Левенко [и др.] // Цитология и генетика. – 2009. – Т. 2. – С. 72–93.
3. Al Khatib K., Paulsen G.M. High temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals // Crop Sci. Soc. Amer. – 1999. – V. 39 – P. 119–125.
4. McAinsh M.R. and Pittman J.K. Shaping the calcium signature // New Phytol. – 2009. – V.181. – P. 275–294.
5. DeFalco T.A., Bender K.W. and Snedden W.A. Breaking the code:  $Ca^{2+}$  sensors in plant signaling // Biochem. J. – 2010. – V. 425. – P.27–40.
6. Медведев С.С. Кальциевая сигнальная система растений. Физиология растений. – 2005. – № 52. – Т. 1. – С. 1–24.

7. Das R., Pandey G.K. Expressional analysis and role of calcium regulated kinases in abiotic stress signaling. *Curr Genomics*. – 2010. – V. 11. – P. 2–13.
8. Boudsocq M., Sheen J. CDPKs in immune and stress signaling // *Trends Plant Sci.* – 2013. – V.1. – P. 30–40.
9. Dubrovina A.S., Kiselev K.V., & Khristenko V.S. Expression of calcium-dependent protein kinase (CDPK) genes under abiotic stress conditions in wild-growing grapevine *Vitis amurensis* // *J. Plant Physiol.* – 2013. – V.170. – P.1491–1500.
10. Kiselev K.V., Dubrovina A.S., & Bulgakov V.P. Phenylalanine ammonia-lyase and stilbene synthase gene expression in *rolB* transgenic cell cultures of *Vitis amurensis* // *Appl Microbiol Biotechnol.* – 2009. – V. 82. – P. 647–655.
11. pSAT vectors: a modular series of plasmids for autofluorescent protein tagging and expression of multiple genes in plants // T. Tzfira, G.W. Tian, B. Lacroix [et al.] // *Plant Mol Biol.* – 2005. – V. 57. – P. 503–516.
12. The *rolB* gene-induced overproduction of resveratrol in *Vitis amurensis* transformed cells / K.V. Kiselev, A.S. Dubrovina, M.V. Veselova [et al.] // *J Biotechnol.* – 2007. – V.128. – P. 681–692.
13. Bekesiova I., Nap J., M.lynarova L. Isolation of high quality DNA and RNA from leaves of the carnivorous plant *Drosera rotundifolia* // *Plant Mol Biol Rep.* – 1999. – V. 17. – P. 269–77.
14. Enhanced resveratrol accumulation in *rolB* transgenic cultures of *Vitis amurensis* correlates with unusual changes in CDPK gene expression / A.S. Dubrovina, K.V. Kiselev, M.V. Veselova [et al.] // *J. Plant Physiol.* – 2009. – V.166 – P.1194–206.
15. An overview of real-time quantitative PCR: applications to quantify cytokine gene expression / A. Giulietti, L. Overbergh, D. Valckx [et al.] // *Methods.* – 2001. – V. 25 – P. 386–401.
16. Structure and expression profiling of a novel calcium-dependent protein kinase gene, CDPK3a, in leaves, stems, grapes, and cell cultures of wild-growing grapevine *Vitis amurensis* Rupr / K.V. Kiselev, A.S. Dubrovina, O.A. Shumakova [et al.] // *Plant Cell Rep.* – 2013. – V. 3. – P. 431–42.
17. The Evolutionary History and Diverse Physiological Roles of the Grapevine Calcium-Dependent Protein Kinase Gene Family / Chen Fei, Fasoli Marianna, Tornielli Giovanni Battista [et al.] // *PLoS ONE.* – 2013. – T. 12. – P. 808–818.
18. Genome-wide Identification of the Rice Calcium-dependent Protein Kinase and its Closely Related Kinase Gene Families: Comprehensive Analysis of the CDPKs Gene Family in Rice / Asano Takayuki, Tanaka Naoki, Yang Guangxiao [et al.] // *Plant Cell Physiol.* – 2005. – V. 2. – P. 356–366.
19. Expression profile of calcium-dependent protein kinase (CDPKs) genes during the whole lifespan and under phytohormone treatment conditions in rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) / Shuifeng Ye, Lei Wang, Weibo Xie [et al.] // *Plant Mol Biol.* – 2009. – V. 70. – P. 311–325.
20. Genome-wide identification, classification, and expression analysis of CDPK and its closely related gene families in poplar (*Populus trichocarpa*) / Ran Zuo, Ruibo Hu, Guohua Chai [et al.] // *Mol Biol Rep.* – 2013. – V. 40. – P. 2645–62.



## АНАЛИЗ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТАБАКА В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

В результате проведенных исследований установлено, что для выращивания культуры табака на юге Красноярского края необходимо соблюдать агротехнические мероприятия.

**Ключевые слова:** табак, природные условия, севооборот, предшественник, удобрения, агроэкологический мониторинг, обработка почвы.

G.A. Demidenko

## THE ANALYSIS OF THE AGRO-ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE TOBACCO CULTIVATION IN KRASNOYARSK TERRITORY

As a result of the conducted research it is established that it is necessary to adhere to the agrotechnical measures in order to grow the tobacco cultures in the Krasnoyarsk Territory South.

**Key words:** tobacco, natural conditions, crop rotation, predecessor, fertilizers, agro-ecological monitoring, soil treatment.

---

**Введение.** Табак широко известен во всем мире и является важной частью широкого товатооборота. Он обладает высокими технологическими свойствами. Табак (*Nicotina tabakum*) принадлежит к роду *Nicotina* обширного семейства пасленовых. Данный род включает около 70 видов, из них два – табак настоящий и махорка – являются курительными видами. Возделываются для получения курительного сырья и производства лимонной и яблочной кислот [2]. Народным отбором был получен местный сорт табака Манчжурка, который выращивался крестьянами в южных районах Красноярского края и в настоящее время утерян [2].

**Цель работы.** Исследование агроэкологических условий и оценка агротехнических мероприятий при выращивании культуры табака в Минусинском районе Красноярского края.

**Объекты и методы исследования.** Сорта табака Самсун и Трапезонд возделываются в Сибирском регионе – в ООО «Ермаковское» Минусинского района Красноярского края и являются среднеспелыми. Оба сорта выведены методом сложной межсортовой гибридизации.

Метод агроэкологического мониторинга – основной метод научного исследования. Отбор проб растительных образцов проводили по ГОСТ 27262-87. Растительные образцы отбирали на выделенных 10 учетных площадках размером 1м<sup>2</sup>, расположенных по диагонали участка. Листья снимали с растений по мере их созревания в несколько приемов (ломок).

### Результаты исследования

**Природные условия района исследования.** Ермаковский район расположен в южной части Красноярского края в центре Западно-Саянского нагорья в Южно-Минусинской котловине. Рельеф холмисто-увалистый.

Климат Ермаковского района резко континентальный, но в условиях котловины он более теплый. По данным метеостанции Оленья Речка, средние температуры января – -17°С, июля – 12–23 °С. Количество осадков 500 мл в год; за теплый период (апрель–октябрь) выпадает 393 мл. По степени увлажнения район относится к избыточному увлажнению, гидротермический коэффициент (ГТК) >1,6. Зима продолжительная. Средняя высота снежного покрова достигает 90–100 см. Про-

длительность периода вегетации в речных долинах составляет 100–120 дней. В отдельные годы бывают заморозки.

**Почвы.** Наиболее распространенные типы почвы: чернозем выщелоченный, средне- или маломощные, средне- или малогумусные. Реакция среды слабокислая или нейтральная. По гранулометрическому составу большинство почв средне- или легкосуглинистые. Почвы имеют хорошую воздухо- и водопроницаемость, что способствует созданию благоприятных условий для роста и развития культур [5, 6].

**Агротехнические мероприятия по возделыванию культуры табака.** Схема севооборота: 1.Чистый пар. 2.Пшеница. 3.Табак. Чистый пар используется как накопитель влаги и для очистки поля от сорняков. Пшеницу высевают по чистому пару, и она является лучшим предшественником. Пшеница, развивая обильную мочковатую корневую систему, улучшает структуру почвы. Оставляет много «пожнивных» остатков, которые обогащают почву органическим веществом. Также зерновым культурам почти не свойственны болезни и вредители, поражающие табак. Зерновые способствуют повышению урожайности табака [1].

Табак требует тщательной обработки почвы и использования различных приемов обработки почвы в соответствии со схемой севооборота.

1. **Чистый пар.** Обработку поля начинают сразу после предшествующей культуры. Это внесение органических удобрений в дозе 30–40 т/га вразброс. Вспашку проводят вслед за разбросом органики (8–9 сентября) на глубину 25–27 см. Эта глубина способствует полному подрезанию многолетних сорняков. Для образования более мощного слоя снега снегозадержание проводят в декабре-январе поперек господствующему ветру. Раннее весенне боронование (в третьей декаде апреля) применяют в период физической спелости почвы на глубину 5–6 см. Полную обработку пары проводят с мая по июнь по мере появления сорняков. Вносят минеральные удобрения (в августе) на глубину 8–10 см.

2. **Пшеница.** Обработку поля для посева пшеницы начинают с предпосевной культивации (первая декада мая) для уничтожения всех сорняков. Посев пшеницы проводят на глубину 3–5 см с прикатыванием. В фазу кущения пшеницы (в июне) для уничтожения сорняков идет обработка гербицидом. Уборку урожая проводят в период полной спелости культуры. Для обеспечения равномерного сплошного рыхления верхнего слоя почвы вместе с уборкой проводят лущение. По мере прорастания сорняков проводят зяблевую вспашку на глубину 20–25 см, затем для сохранения влаги в почве – весенне боронование (первая декада мая) на глубину 5–6 см. Систематическая культивация почвы – на глубину 8–12 см для уничтожения сорняков, последний раз за 4–5 дней до высадки рассады табака.

3. **Табак.** Проводят высадку рассады (2–3-я декада мая) машинным способом с подачей воды к растениям через поливную систему, когда температура почвы достигает 10°C. После посадки (через 8–10 дней) проводят первую междурядную обработку с рыхлением в рядах, с одновременным внесением минеральных удобрений. Вторую и третью междурядные обработки проводят через 10–15 дней с целью уничтожения сорняков. С прополкой при второй культивации проводят окучивание для образования боковых корней, усиливающих питание и придающих растениям большую устойчивость против ветра. Для получения листьев табака высокого качества в период бутонизации или полного цветения проводят вершкование и пасынкование. По мере технической зрелости листьев растений в 5–6 приемов (через 10–12 дней) проводят ломки листьев. Урожай транспортируют в сушильные цеха. После уборки урожая проводят вспашку на глубину 18–20 см.

**Система удобрений.** Из минеральных удобрений применяют азотные, фосфорные и калийные, а также перегной (табл.1). Экономически выгодно комплексные (калиевая селитра, аммофос, нитрофоска и др.) и простые удобрения вносить одновременно, предварительно тщательно смешав их [3, 4, 7].

Азотные удобрения в комплексе с другими используются в количестве 15–20 кг действующего вещества на 1 га.

Таблица 1

## Расчетные нормы NPK (кг/га) под программируемую урожайность полевой культуры

Культура	Урожайность, ц/га	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Норма перегноя, т/га
Табак	25	20	90	75	18

Внесение азота обеспечивает быстрый рост и развитие растений табака: увеличение числа и размеров листьев. Повышается качество табака благодаря повышенной фотосинтетической активности удобренных растений.

Фосфорные удобрения в комплексе с другими используются в количестве 60–135 кг действующего вещества на 1 га. Внесение фосфора также благоприятно оказывается на развитии растений: быстрее растут и раньше зацветают, листья более плотные и светлой окраски, улучшается развитие корневой системы.

Калийные удобрения в комплексе с другими используются в количестве 75–150 кг действующего вещества на 1 га. Калийные удобрения благоприятно влияют на общее развитие табака и повышают качество его продукта (например, улучшают «горючесть» табака). Кроме того, калий повышает стойкость к заболеваниям и к заморозкам.

Навоз. В его состав входят все питательные вещества, необходимые растению: азот, калий, фосфор и микроэлементы. В процессе разложения навоза эти питательные вещества постепенно переходят в доступное состояние, и создается равномерный устойчивый фон питания на протяжении всего вегетационного периода культуры табака.

**Задача от болезней.** При поражении растений болезнями снижается урожай и качество табачного сырья, затрудняется его фабричная переработка. Основные мероприятия по защите табака от болезней и вредителей, как рассады, так и растений в поле, представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Система мероприятий по защите табака (посевная площадь 100 га)

Вредный организм	Кратность обработок	Пестицид или биопрепарат	Расход рабочей жидкости	Всего требуется препарата	Интервал между обработками
Черная корневая гниль	1	Карбатион – 40%	14 л/га	750 кг	-
Стеблевая гниль рассады	4-6	Бордосская жидкость	10-12 л/га	1500 л	Через каждые 3 дня
Слизни рассады	1	Зола	-	25-60 кг/м <sup>2</sup>	-
Трипс	1	Карбатион – 40%	-	2250 л	-
Луговой мотылек	1-2	Фосфамид – 0,1-0,15%	5 кг фосфамида на 100 кг «приманки»	105 кг	Через 15 дней
Кузнечики, сверчки	1	Фосфамид – 0,1-0,15%	5 кг фосфамида на 100 кг «приманки»	105 кг	-

**Уборка урожая.** Средняя урожайность табака 20–25 ц/га. К уборке урожая следует приступать в конце зрелости, после явного пожелтения верхушки листьев. Это способствует повышению урожая и улучшению качества сырья. Листья снимают по мере их созревания вручную, начиная с нижних ярусов в несколько приемов (ломок). Листья средних ярусов являются более ценными и имеют хорошую структуру ткани. Количество листьев и урожай листовой массы по ломкам распределяются неравномерно, в зависимости от характера развития растения. Для сорта табака Трапе-зонд эти соотношения представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Соотношение количества листьев и урожая листовой массы по ломкам для сорта табака Трапе-зонд**

Ломка	Количество листьев в ярусе, шт.	Урожай листовой массы, %
Первая	3-4	10
Вторая	3-5	15
Третья	5-7	40
Четвертая	5-6	25
Пятая	4-5	10

Наибольшее количество листьев и больший урожай листовой массы табака приходятся на вторую, третью и четвертые ломки.

Для объединения уборки листьев третьей, четвертой и пятой ломки после вершкования листьев применяют л-нафтилуксусную кислоту. После чего прекращается рост верхних пасынков и ускоряется созревание листьев. При обработке нижних листьев кинетином (веществом, задерживающим старение листьев) одновременно можно убирать и листья второй ломки. Значительно сокращаются затраты труда на уборку без снижения урожая и качества сырья.

**Выводы.** Таким образом, для выращивания табака в условиях юга Красноярского края необходимо соблюдение правил агротехники, в том числе высадка табака на обработанное поле и по правильной системе севооборота, после благоприятного предшественника. В предуборочном цикле необходимо использовать современные средства механизации и более рациональные приемы технологии выращивания табака. В данном хозяйстве, специализирующемся на производстве зерновых и технических культур, необходимо увеличить посевную площадь под культуру табак.

### Литература

1. Бекетов А.Д. Земледелие Красноярского края. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 1984. – 336 с.
2. Ведров Н.Г. Табак. Енисейский энциклопедический словарь. – Красноярск, 1998. – 735 с.
3. Коваленко В.Е., Крамарев С.М., Усенко Ю.И. Эффективность сложных и простых минеральных удобрений при систематическом применении их в севообороте // Агрохимия. – 1994. – № 3. – С. 39–43.
4. Коренькова Д.А. Удобрения, их свойства и способы использования. – М.: Колос, 1982. – 415 с.
5. Крупкин П.И. Характеристика черноземов Красноярской лесостепи // Тр. КСХИ. – Красноярск, 1962. – Т. 14. – С. 100–114.
6. Крупкин П.И., Топтыгин В.В. Рекомендации. – Красноярск, 1998. – 22 с.
7. Петербургский А.В. Удобрения. Производство и применение минеральных удобрений. – М.: Колос, 1965. – 503 с.



## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье представлены результаты анализа современного состояния зернопродуктового подкомплекса Красноярского края, дана оценка возможностей развития зернопродуктового подкомплекса края с учетом необходимости обеспечения продовольственной безопасности.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, зернопродуктовый подкомплекс, продовольственная безопасность, производители зерна, переработчики зерна, мукомольные заводы, зонирование посевов зерна, прогноз состояния агропромышленного комплекса.

R.E. Mansurov

## THE DEVELOPMENT TRENDS OF THE GRAIN PRODUCT SUBCOMPLEX IN THE KRASNOYARSK TERRITORY

*The results of the current state analysis of the grain product subcomplex in the Krasnoyarsk Territory are presented, the assessment of the development possibilities of the region grain product subcomplex taking into account the necessity to ensure food security is given in the article.*

**Key words:** agriculture, grain product subcomplex, food security, grain producers, grain processors, flour mills, graincrop zoning, AIC condition forecast.

**Введение.** Вопросы повышения экономической эффективности зернопродуктового подкомплекса как основы для продовольственной безопасности страны становятся в настоящее время все более актуальными. Это связано с рядом внешних и внутренних причин. К числу внешних можно отнести вводимые зарубежными странами в отношении России политические и финансово-экономические санкции, а также неоднозначность последствий вступления в ВТО. К внутренним причинам следует отнести комплекс причин, мешающих полноценному развитию зернопродуктового подкомплекса: нехватка семенного материала, низкая урожайность (в сравнении с западными аналогами), неплатежи за поставленную продукцию, нехватка качественного отечественного сырья для переработки, высокий моральный и физический износ основных фондов, низкий процент (по сравнению с западными технологиями) выхода целевого продукта, неэффективные и недостаточные механизмы государственной поддержки и регулирования и другие проблемы [1, 2]. В сложившихся условиях необходимо кардинально пересмотреть подходы к управлению зернопродуктовым подкомплексом и разработать программу, предусматривающую сбалансированное технико-экономическое развитие как производителей зерна, так и его переработчиков. В то же время в качестве ключевого критерия данной программы должна выступать необходимость достижения как минимум самообеспечения по муке на уровне всех регионов, занимающихся выращиванием зерна. Обеспечение регионов, не возделывающих зерно по природным причинам, должно также предусматриваться за счет других областей, обладающих хорошим почвенно-климатическим потенциалом для выращивания зерна и производственным для его переработки. Такой подход позволит обеспечить продовольственную безопасность не только на региональном уровне, но и на уровне всей страны.

Таким образом, на региональном уровне актуальным является анализ и оценка перспектив комплексного развития производителей зерна и его переработчиков с учетом необходимости обеспечения продовольственной безопасности региона. Решению данной задачи в рамках Красноярского края и посвящена данная работа.

**Цель исследования.** Оценка возможностей развития зернопродуктового подкомплекса Красноярского края с учетом необходимости обеспечения продовольственной безопасности.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: анализ современного состояния; оценка перспектив комплексного развития производителей зерна и его переработчиков; рекомендации по зонированию районов посевов и перспективному размещению мукомольных производств; расчет целевых показателей, достижение которых важно с позиции обеспечения продовольственной безопасности Красноярского края.

**Методы исследования.** В работе использованы методы математического, сопоставительного анализа, а также «идеальной точки» многокритериальной оптимизации.

**Результаты исследования.** В настоящее время в районах Красноярского края, по данным Министерства сельского хозяйства, площади посевов пшеницы, ржи, овса и ячменя распределены так, как представлено в таблице 1 [3]. Для анализа использовались только данные по указанным сельскохозяйственным культурам, так как они являются исходным сырьем для мукомольного производства.

Таблица 1

**Площадь посевов, урожайность и сбор пшеницы, ржи, овса и ячменя  
в районах Красноярского края в 2014 году**

Район	Площадь посевов, тыс.га	Урожайность, ц/га	Намолочено, тыс.тонн
Абанский	40,2	14,2	56,9
Ачинский	10,4	12,2	12,7
Балахтинский	58,6	18,6	108,9
Березовский	5,3	14,3	7,6
Большемуртинский	18,5	14,5	26,9
Боготольский	26,2	15,6	40,8
Большеулуйский	1,1	5,5	0,6
Дзержинский	40,9	11,4	46,7
Емельяновский	25	14,9	37,3
Енисейский	0,8	7,5	0,6
Ермаковский	7,6	15,0	11,4
Идринский	19,9	8,3	16,6
Иланский	10,6	15,8	16,7
Ирбейский	21,8	10,5	22,8
Казачинский	2,6	8,5	2,2
Канский	50,8	16,4	83,1
Каратузский	17,5	18,7	32,8
Козульский	5,1	14,1	7,2
Краснотуранский	38,2	12,4	47,2
Курагинский	40,7	12,9	52,5
Манский	4,9	11,0	5,4
Минусинский	34,2	12,1	41,4
Назаровский	103,9	30,9	321,1
Нижнеингашский	13,8	14,1	19,5
Новоселовский	49,3	18,0	88,5
Партизанский	12,9	14,2	18,3
Пирровский	5,4	11,3	6,1
Рыбинский	38	17,8	67,7
Саянский	17,4	15,2	26,5
Сухобузимский	33,2	15,7	52,2
Тасеевский	16,6	13,3	22,1
Тюхтетский	11,6	10,1	11,7
Ужурский	116,9	37,6	440,1
Уярский	19,7	17,4	34,3
Шарыповский	61	29,1	177,8
Шушенский	16,7	16,5	27,6
Итого по краю	997,3	20,0	1991,8

Из приведенных в таблице данных видно, что в 2014 году в первоначально учетном весе было получено 1991,8 тыс. тонн зерна пшеницы, ржи, овса и ячменя. После очистки и сушки может быть получено до 1852,4 тыс.тонн зерна в весе после доработки. При этом принимаем усушку и отходы на среднеотраслевом уровне – 7 %. Если рассматривать идеальный случай, при котором весь полученный объем зерна соответствует качественным показателям и будет направлен на переработку в муку, то из такого объема может быть произведено до 1389,3 тыс.тонн муки при выходе муки на уровне 75 % [4]. Понятно, что весь полученный объем зерна не может быть направлен на мукомольные заводы, часть зерна уйдет на производство комбикормов, пополнение Государственного интервенционного фонда зерна и другие нужды. Однако в данном случае мы оцениваем потенциал региона по производству муки, поэтому в анализе используется максимально возможный показатель по производству зерна.

Далее оценим нормативную потребность региона в муке. Согласно действующим законодательным нормам, годовой норматив потребления хлебобулочных и макаронных изделий в пересчете на муку составляет 105 кг на душу населения [5]. Численность населения Красноярского края по состоянию на 01.01.2014 года составляет 2 852 810 чел. [6]. Следовательно, годовой норматив потребления муки будет составлять 299,5 тыс.тонн. Очевидно, что для обеспечения собственного потребления муки Красноярский край обладает достаточной сырьевой базой и обеспечивает достаточные объемы производства зерна. При этом качественную составляющую получаемого зерна мы не рассматриваем, полагая, что в основной массе она соответствует требованиям мукомольного производства.

Далее оценим возможности и перспективы края по переработке получаемого зерна в муку.

В настоящее время в Красноярском крае из наиболее крупных мукомольных предприятий можно выделить: ООО «Тесинская мука» (Минусинский район, с. Тесь), ООО «Сельскохозяйственное предприятие «Атлант» (г. Ачинск), ОАО «Мельник» (г. Красноярск), ОАО СПП «Ачинский мелькомбинат» – филиал ОАО «Пава» (г. Ачинск) [7].

В целом объем производства муки в Красноярском крае в 2013 году, по данным Министерства сельского хозяйства, составляет 177,9 тыс.тонн [8]. Такой объем производства обеспечивается совокупными мощностями по переработке зерна в муку – 32,9 тонн в час при показателе «выход муки» – 0,75 % и средней годовой продолжительности работы оборудования 300 суток [4]. Очевидно, что объем производства муки в регионе недостаточен для достижения самообеспечения по муке. В данных условиях, с учетом наличия достаточной сырьевой базы, актуальным является введение в эксплуатацию новых мукомольных мощностей. Для достижения самообеспечения региона требуется довести их уровень до 55,5 тонн в час. Практической проработке данного вопроса и посвящено дальнейшее изложение.

Таким образом, наша задача сводится к тому, чтобы определить оптимальные места географического размещения мукомольных производств с учетом необходимости обеспечения мукой региона на нормативном уровне и при условии минимизации транспортных затрат на доставку зерна с полей, с учетом имеющегося в крае распределения площадей посевов зерна и распределения численности населения по районам.

Очевидно, что данную задачу необходимо решать методами многокритериальной оптимизации. В нашем случае используется «Метод идеальной точки» [9]. Таким образом, в качестве критериев были выбраны:

- среднее расстояние до соседних районных центров, км;
- численность населения, тыс.чел.;
- площадь посевов зерна пшеницы, ржи, овса и ячменя, тыс.га.

Поясним, откуда брались исходные данные для расчетов. Средние расстояния до соседних районных центров определялись на основе данных о расстоянии «Автомобильного портала грузоперевозок «Автодиспетчер» [10]. Численность населения принималась по информации органов статистики Красноярского края [6]. Площадь посевов зерна пшеницы, ржи, овса и ячменя – по данным Министерства сельского хозяйства Красноярского края [3].

Затем определялись значения «идеальной точки», т.е. наилучшие значения по каждому критерию. По критерию «Среднее расстояние до соседних районных центров, км» лучшим принимается наименьшее из имеющихся значений – 39 км. По показателю «Численность населения, тыс.чел.» лучшим принималось наибольшее из имеющихся значений – 1 035 528 чел. По критерию «Площади посевов зерновых, тыс.га» за лучшее также принималось наибольшее значение – 116,9 тыс.га. Далее определялась сумма квадратов отклонений показателей по каждому районному центру ( $L_i$ )

$$L_i = \sum_i^n (K_i - K_{um})^2, \quad (1)$$

где  $L_i$  – значение суммы квадратов отклонений показателей районного центра;  $K_i$  – значение частного показателя;  $K_{um}$  – значение показателя в «идеальной точке».

Затем определялось «расстояние» от значения частного показателя до значения ИТ

$$R_i = \sqrt{L_i}, \quad (2)$$

где  $R_i$  – «расстояние» от значения частного показателя до значения ИТ;  $L_i$  – значение суммы квадратов отклонений показателей районного центра.

В завершение было проведено ранжирование показателей по возрастанию значения. Очевидно, что наименьшее значение в  $R_i$  является наилучшим, и соответствующий данному значению районный центр является наиболее предпочтительным с точки зрения размещения там мукомольных мощностей. Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2  
Выбор наилучших районных центров Красноярского края для размещения мукомольных производств

Городской округ, районный центр	Среднее расстояние до соседних районных центров, км	Численность населения, тыс.чел.	Площадь посевов зерновых, тыс.га	Сумма квадратов отклонений	Расстояние до УТ	Ранг
1	2	3	4	5	6	7
г. Красноярск	39	1 035,528	0	13665,7	116,9	1
г. Ачинск	55	106,502	10,4	874671,8	935,2	2
г. Канск	106	92,142	50,8	898857,7	948,1	3
г. Назарово	116	51,437	103,9	974584,5	987,2	4
п. Емельяново	151	47,845	25	996563,4	998,3	5
п. Курагино	175	46,652	40,7	1002178,2	1001,1	6
г. Шарыпово	130	37,411	61	1007582,8	1003,8	7
п. Нижний Ингаш	97	31,467	13,8	1022093,5	1011,0	8
г. Заозерный	97	31,363	38	1017878,8	1008,9	9
г. Минусинск	81	26,205	34,2	1027353,0	1013,6	10
г. Уяр	89	21,347	19,7	1040510,9	1020,1	11

## Окончание табл. 2

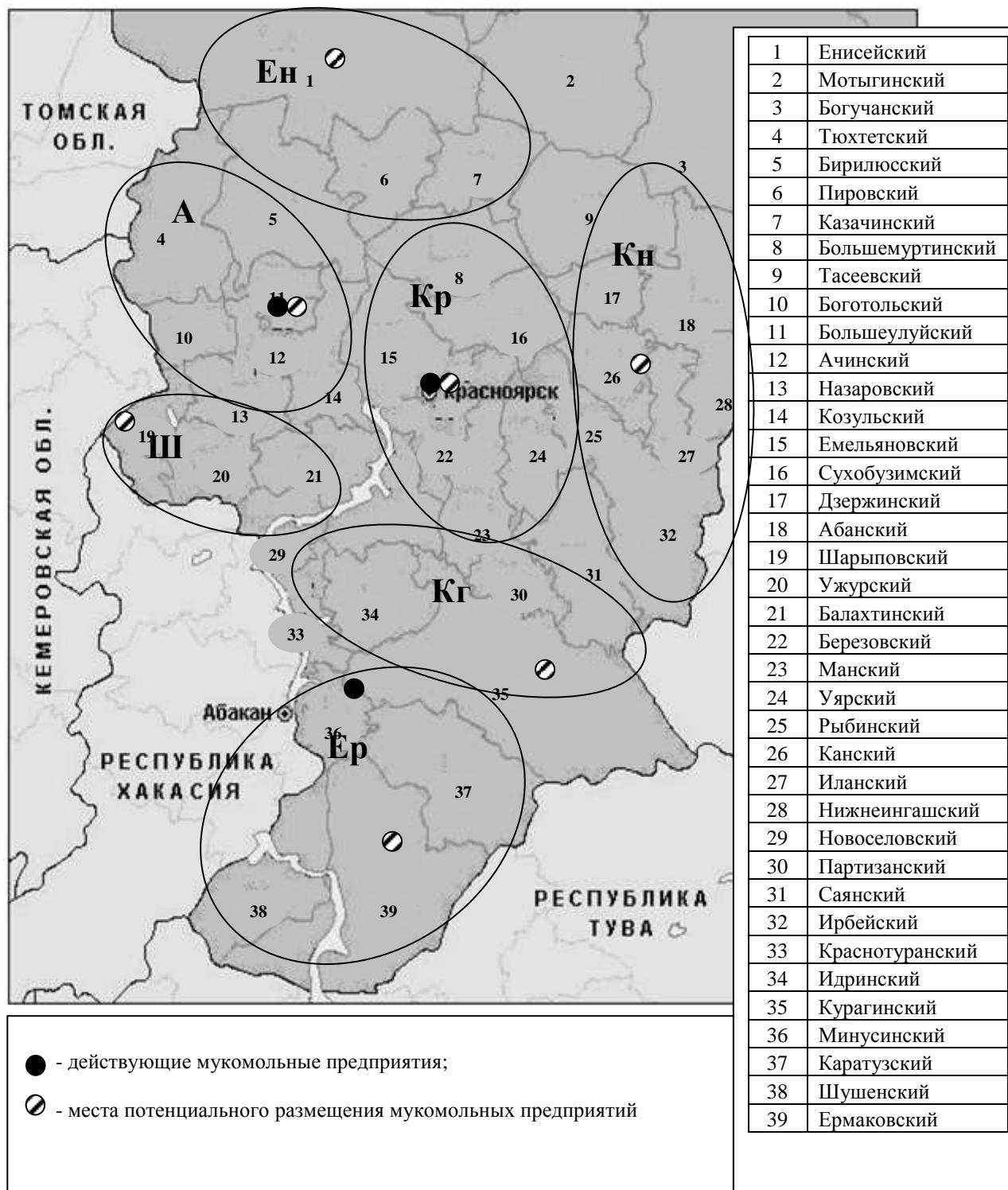
1	2	3	4	5	6	7
п. Абан	114	21,195	40,2	1040379,3	1020,0	12
г. Богослов	125	20,717	26,2	1045532,8	1022,5	13
п. Березовка	91	20,682	5,3	1045071,0	1022,3	14
с. Сухобузимское	178	20,011	33,2	1057705,9	1028,4	15
с. Ермаковское	97	19,939	7,6	1046693,0	1023,1	16
п. Балахта	190	19,868	58,6	1057832,3	1028,5	17
г. Енисейск	331	18,561	0,8	1133081,9	1064,5	18
п. Большая Мурта	156	18,503	18,5	1057672,4	1028,4	19
п. Шушенское	49	16,985	16,7	1047560,1	1023,5	20
п. Козулька	105	16,579	5,1	1055068,4	1027,2	21
с. Ирбейское	91	16,092	21,8	1050946,0	1025,2	22
с. Шалинское	130	15,849	4,9	1060643,2	1029,9	23
г. Иланский	63	15,582	10,6	1052153,6	1025,7	24
с. Каратузское	109	15,529	17,5	1055131,8	1027,2	25
г. Ужур	97	15,483	116,9	1043826,9	1021,7	26
с. Краснотуренск	130	14,548	38,2	1056802,2	1028,0	27
с. Дзержинское	141	13,909	40,9	1059885,4	1029,5	28
с. Новоселово	122	13,383	49,3	1056280,7	1027,8	29
с. Тасеево	230	12,406	16,6	1093319,7	1045,6	30
с. Идринское	167	11,920	19,9	1073609,0	1036,2	31
с. Агинское	189	11,143	17,4	1081615,1	1040,0	32
с. Казачинское	144	10,288	2,6	1075290,7	1037,0	33
с. Партизанское	225	9,782	12,9	1097381,1	1047,6	34
с. Тюхтет	252	8,392	11,6	1111572,0	1054,3	35
с. Большой Улуй	104	7,779	1,1	1073902,6	1036,3	36
с. Пировское	210	7,153	5,4	1099057,6	1048,4	37
ИТ	39	1035,528	116,9	0,0	0,0	-

Допущением в применении данного подхода является принятие в расчет месторасположения районного центра, а не конкретного поля. Это связано с тем, что при этом снижается трудоемкость расчетов и, следовательно, возрастает скорость принятия управленческих решений при сохранении требуемой достоверности. Также в районных центрах хорошо развита инфраструктура, что является определяющим фактором при рассмотрении вопроса о выборе места расположения мукомольного предприятия.

Далее проведем зонирование. Центрами выделенных зон будут места оптимального размещения мукомольных предприятий из числа приведенных в таблице 2 с учетом рангов. В состав каждой зоны включим ряд расположенных по соседству районов. Решение о включении района в ту или иную зону принимается на основе анализа средних расстояний между районными центрами и выбора наименьших из них.

Таким образом, в Красноярском крае было выделено семь сырьевых зон: Красноярская (Кр), Ачинская (А), Канская (Кн), Енисейская (Ен), Ермаковская (Ер), Курагинская (Кг), Шарыповская (Ш) с центрами соответственно в Красноярске, Ачинске, Канске, Енисейске, Ермаковском, Курагино, Ша-

рыпово (рис.). В данных центрах зон, как это было обосновано выше, целесообразно развивать мукомольные производства.



Результаты зонирования районов Красноярского края

Источник: составлено автором.

Полученные значения средних расстояний – результаты проведенного зонирования – представлены в таблице 3.

Таблица 3

## Результаты зонирования Красноярского края

Населенный пункт (район)	Расстояние до центра выделенной зоны, км
Красноярская сырьевая зона (центр в г.Красноярск)	
п. Емельяново (Емельяновский)	25
с.Сухобузимское (Сухобузимский)	71
п. Березовка (Березовский)	20
с. Шалинское (Манский)	84
г. Уяр (Уярский)	111
п. Большая Мурта (Большемуртинский)	109
Среднее расстояние доставки зерна	70
Ачинская сырьевая зона (центр в г. Ачинск)	
с. Большой Улуй (Большеулуйский)	48
г. Боготол (Боготольский)	70
г. Назарово (Назаровский)	35
п. Козулька (Козульский)	65
с. Тюхтет (Тюхтетский)	115
Среднее расстояние доставки зерна	67
Канская сырьевая зона (центр в г. Канск)	
г. Заозерный (Рыбинский)	91
с. Дзержинское (Дзержинский)	82
п.Абан (Абанский)	63
г. Иланский (Иланский)	31
п. Нижний Ингаш (Нижнеингашский)	62
с. Тасеево (Тасеевский)	135
с. Ирбейское (Ирбейский)	92
с. Агинское (Саянский)	152
с. Партизанское (Партизанский)	136
Среднее расстояние доставки зерна	94
Енисейская сырьевая зона (центр в г. Енисейск)	
с. Пирровское (Пирровский)	130
с. Казачинское (Казачинский)	134
Среднее расстояние доставки зерна	132
Ермаковская сырьевая зона (центр в с. Ермаковское)	
п. Шушенское (Шушенский)	41
с. Каратузское (Каратузский)	170
г. Минусинск (Минусинский)	79
Среднее расстояние доставки зерна	97
Курагинская сырьевая зона (центр в п. Курагино)	
с. Идринское (Идринский)	118
с. Краснотурранск (Краснотурранский)	114
Среднее расстояние доставки зерна	116
Шарыповская сырьевая зона (центр в г. Шарыпово)	
п. Балахта (Балахтинский)	193
г. Ужур (Ужурский)	70
с. Новоселово (Новоселовский)	163
Среднее расстояние доставки зерна	142
Общее среднее расстояние доставки	103

Источник: составлено автором.

На вышеприведенном рисунке также указано место расположения действующих мукомольных предприятий. Так, в ряде выделенных зон: Красноярской, Ачинской и Ермаковской – имеются мукомольные предприятия. В то же время в Канской, Енисейской, Курагинской и Шарыповской зонах их нет. Очевидно, что актуальным с точки зрения усиления продовольственной безопасности региона по такой важной категории, как мука, является рассмотрение вопроса о строительстве мукомольных предприятий в данных зонах. К сожалению, данные направления развития зернопродуктового подкомплекса не предусмотрены в Государственной программе «Развитие агропромышленного комплекса Красноярского края» на 2013–2020 годы [11].

Рассчитаем необходимые для обеспечения нормативного потребления Красноярского края мукомольные мощности в разрезе выделенных зон. Примем среднее время работы оборудования в году – 300 суток, а выход муки – 0,75 % [4].

Затем рассчитаем прогнозные значения в перспективе нормативного годового потребления муки и требуемых мукомольных мощностей в разрезе выделенных зон до 2030 года. Для этого используем данные прогноза роста численности населения Федеральной службы статистики [6]. Результаты расчетов представлены в таблице 4. Также отметим, что численность населения северных районов Красноярского края, которые ввиду природных условий не занимаются возделыванием зерна и на рассматривались в настоящем исследовании, условно добавлена к численности самой северной из выделенных зон – Енисейской.

Таблица 4  
Прогноз развития зернопродуктового подкомплекса Красноярского края в перспективе до 2030 года

Выделенная зона	Численность, чел.	2014 год		2030 год		
		Требуемое количество зерна, тонн	Требуемые мукомольные мощности по переработке зерна, тонн в час	Численность, чел.	Требуемое количество зерна, тонн	Требуемые мукомольные мощности по переработке зерна, тонн в час
Красноярская	1179765	165167,1	22,9	1252203	175308,4	24,3
Ачинская	211406	29596,8	4,1	224386	31414,1	4,4
Канская	255081	35711,3	5,0	270743	37904,0	5,3
Енисейская	968635	135608,9	18,8	1028109	143935,3	20,0
Ермаковская	78658	11012,1	1,5	83488	11688,3	1,6
Курагинская	73120	10236,8	1,4	77610	10865,3	1,5
Шарыповская	86145	12060,3	1,7	91434	12800,8	1,8
Итого по Красноярскому краю	2852810	399393,4	55,5	3027973	423916,2	58,9

Источник: составлено автором.

Из полученных данных видно, что для обеспечения нормативной потребности Красноярского края в муке необходимо обеспечить мощности по переработке зерна в муку на уровне 55,5 тонн в час и производить 299,5 тыс. тонн муки в год. Прогноз до 2030 года показывает, что потребуется увеличение совокупных мощностей по переработке зерна до 58,9 тонн в час и обеспечение годового объема производства муки на уровне 317,9 тыс. тонн муки.

**Выводы.** Проведенное исследование современного состояния зернопродуктового подкомплекса Красноярского края показало, что в настоящее время в крае для обеспечения собственного

потребления муки имеется достаточная сырьевая база и обеспечиваются необходимые объемы производства зерна. Однако не хватает мукомольных мощностей. По проведенным расчетам дефицит совокупных мукомольных мощностей составляет порядка 22,6 тонн в час. С целью определения оптимального географического положения потенциального размещения требуемых мукомольных мощностей было проведено зонирование и выделены центры данных зон. Всего было выделено семь сырьевых зон, в которых обоснована целесообразность развития мукомольного производства. Было выявлено, что несмотря на актуальность данного вопроса, Государственная программа развития агропромышленного комплекса Красноярского края на 2013–2020 годы не предусматривает мероприятий по строительству мукомольных заводов.

Прогноз состояния показал, что в перспективе до 2030 года для обеспечения нормативной потребности в муке потребуется увеличение совокупных мощностей по переработке зерна до 58,9 тонн в час и обеспечение годового объема производства муки на уровне 317,9 тыс. тонн муки.

### Литература

1. Колесняк И.А. Прогнозирование ресурсов продовольствия в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 4 (91). – С. 60–66.
2. Колесняк А.А., Арзуманян М.С. Обоснование перспектив рационального размещения производства зерна в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 11(98). – С. 24–32.
3. О ходе полевых работ / Министерство сельского хозяйства Красноярского края. – URL: <http://www.krasagro.ru/system/documents/attachments/000/000/162/original/> (дата обращения: 3.12.2014).
4. Дойловский Э.А. Мукомольное и крупяное производство. – М.: АСТ, 2005. – 192 с.
5. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 2 августа 2010 г. № 593н «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания» // Сайт информационно-правового портала Гарант.ру. – URL: <http://base.garant.ru/12179471> (дата обращения: 3.12.2014).
6. Численность постоянного населения Красноярского края по состоянию на 01.01.2014 года // Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю. – URL: [http://krasstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/krasstat/ru/statistics/population](http://krasstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/krasstat/ru/statistics/population) (дата обращения: 3.12.2014).
7. Каталог компаний. Крупяные, мукомольные заводы Красноярского края // Сайт Grainboard.ru. Портал о зерновом рынке. – URL: [http://grainboard.ru/litecat/mukomolnye\\_zavody\\_muka\\_v\\_Krasnoyarskom\\_krae](http://grainboard.ru/litecat/mukomolnye_zavody_muka_v_Krasnoyarskom_krae) (дата обращения 3.12.2014).
8. Аналитическая информация / Министерство сельского хозяйства Красноярского края. – URL: <http://www.krasagro.ru/pages/info/analytcs> (дата обращения: 3.12.2014).
9. Бродецкий Г.Л. Проблемы многокритериального выбора места дислокации и формы собственности склада по методу идеальной точки // Современные технологии управления логистической инфраструктурой: сб. ст. науч.-практ. конф. «Современные технологии управления логистической инфраструктурой» (27 октября 2010 г.). – М.: Эс-Си-Эм Консалтинг, 2010. – 124 с.
10. Расстояние между городами // Сайт Автомобильного портала грузоперевозок «Автодиспетчер». – URL: <http://www.avtodispatcher.ru> (дата обращения: 3.12.2014).
11. Постановление Правительства Красноярского края от 30.09.2013г. № 506-п «Об утверждении государственной программы Красноярского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2014–2020 годы» // Офиц. сайт информационной сети «Техэксперт». Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/465805355> (дата обращения: 3.12.2014).

## ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА ПО АДАПТАЦИИ ВИШНИ ФУДЗИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ХАБАРОВСКА

Представлены результаты научно-исследовательской работы по адаптации вишни Фудзи в не свойственных для неё условиях города Хабаровска.

**Ключевые слова:** вишня Фудзи, адаптация, Хабаровск, эксперимент.

V.O. Obukhov, N.V. Vyvodtsev

## EXPERIMENT CONDUCTING ON THE ADAPTATION OF FUJI CHERRY (CERASUS INCISA) IN KHABAROVSK CITY

*The results of the research work on the adaptation of Fuji cherry (Cerasus Incisa) in its unusual conditions in Khabarovsk city are presented.*

**Key words:** Fuji cherry (Cerasus Incisa), adaptation, Khabarovsk, experiment.

---

**Введение.** Опыт по адаптации породы вишни Фудзи (*Cerasus incisa*) в условиях города Хабаровска отсутствует, поэтому данное исследование носит инновационный характер. Помимо этого имеет первостепенное значение изучение опыта выращивания вышеупомянутой породы в районе естественного произрастания, которым и является Япония.

В практике озеленения Хабаровска в настоящее время применяются в основном одни и те же древесно-кустарниковые растения: тополь, ильм, ясень, клён, осина [1, с.69]. Опыт, полученный при адаптации вишни Фудзи, привнесёт новый вид в озеленение города и сделает его разнообразным.

При проведении эксперимента были поставлены следующие **задачи**: адаптировать сорт *Cerasus incisa* к зимостойкости и в последующем получить саженцы от материнского дерева. Дефицит научного материала по проблематике адаптации и интродукции вишни Фудзи на территории Дальнего Востока обуславливает актуальность темы.

В естественном месте произрастания, то есть в Японии, вишня Фудзи – это листопадный кустарник, который имеет прямой ветвистый ствол и красноватые листья. Цветки у вишни Фудзи белые и открытые, собраны в пониклые соцветия. Ягоды пурпурно-черного цвета, 0,5 сантиметров длиной. Вишня Фудзи произрастает в естественных условиях в районе горы Фудзи, обладает морозоустойчивостью, поэтому сделано предположение, что и в условиях Хабаровска она будет способна перенести зиму [3, с.30].

Первостепенной задачей садоводства является увеличение производства плодов высокого качества. Поэтому важное значение приобретает возделывание вишни – высокоурожайной и скороплодной косточковой культуры.

Ценится вишня за хорошие качества плодов и быстрое созревание. Плоды вишни обладают тонизирующими и целебными свойствами. Их главное пищевое достоинство определяется в первую очередь содержанием сахаров: 6,5–15,5 %; сухих веществ: 11,5–22,8 %; органических кислот: 0,7–3 %, а также внушительным количеством биологически активных веществ. Кроме этого, вишня содержит в себе витамин С (15–30 мг%), вещества Р-витаминного комплекса. Плоды вишни содержат в себе 1–2 мг % железа, а это больше, чем яблоки, а также витамин В2 – рибофлавин и витамин В9 – фолиевую кислоту. Вишня по содержанию кумаринов стоит на четвертом месте после черной малины, красной смородины и граната.

Вишня считается достаточно зимостойкой плодовой породой. Это определяется не только наследственными признаками, но в определенной степени зависит от условий её произрастания, а

также физиологического состояния дерева (накопления запасных питательных веществ и их обмена, прохождения фаз закаливания, периода покоя, обводненности тканей).

#### **Методика исследования**

##### **Первый этап постановки эксперимента по адаптации**

Для того чтобы успешно возделывать сорт вишни, потребуется около 100 безморозных дней, а сумма активных температур должна составлять 1400°С. Северная граница их ареала проходит по линии активных температур около 1600 °С. Наиболее морозоустойчивым сортом в Японии считается вишня Фудзи.

В качестве места проведения эксперимента была выбрана площадка возле южной части здания Тихоокеанского государственного университета (ТОГУ). Эксперимент проводился с 10 саженцами вишни, посаженными 30.04.2013 года. В начале зимнего периода, 05.12.2014 года, саженцы были укрыты под снегом. С помощью термометра HoboCO-UA-002 произведено измерение температуры на поверхности почвы на глубине 10 сантиметров [5, с.251]. Для выяснения наличия связи с приростом растений измерение температуры производилось в 6 часов утра [4, с.225]. Чтобы фиксировать температуру воздуха, использовались данные метеорологической службы России. После чего результаты мероприятий по укрытию на зиму были проверены 12.05.2014 года. Проверялись результаты по распусканью зимних почек, последующей степени выживания и размеру прироста новой кроны. Кроме того, проверялось количество распустившихся цветков на вишне Фудзи, у которой есть способность цвести даже в раннем возрасте.

##### **Второй этап постановки эксперимента по адаптации**

Необходимым условием для продолжительной жизни сакуры в условиях Хабаровска является производство саженцев, которые в последующем станут наследными деревьями. Кроме этого, рассматриваются результаты разведения вишни Фудзи черенком и отводком [6, с. 368].

**Воздушные отводки вишни Фудзи.** Вследствие бесплодности махровых цветков размножение вишни Фудзи производилось с помощью черенков и отводков. Отводки были подготовлены 15.08.2013 года. Это ветки, на которых был произведен кольцевой срез кожицы. После этого они были помещены в сфагнум, укрыты, а также для того, чтобы предотвратить доступ света, завернуты в фольгу. Помимо этого высажены в почву саженцы с кольцевым надрезом кожицы. Саженцы размером 8–10 сантиметров были высажены в 5-литровой емкости 15.08.2013 года. В качестве грунта использовался речной песок, сверху емкость была покрыта прозрачным полиэтиленовым материалом.

**Внутрипочвенные отводки вишни Фудзи.** Как и воздушные отводки вишни Фудзи, обработке были подвергнуты внутрипочвенные отводки в количестве 7 штук.

**Черенки вишни Фудзи.** 17.08.2014 года была произведена посадка 20 черенков вишни Фудзи.

**Результаты и их обсуждение.** В зимний период с 2013 на 2014 год средняя дневная температура воздуха с января по февраль достигла -27°С, после этого температура стала расти. В последнюю декаду апреля температура почвы составляла 0°С. В данный период происходило таяние снега и влаги, замерзшей в почве. Диапазон колебания температуры почвы был более стабильный, чем средняя дневная температура воздуха, что объясняется функцией почвы как термического буфера. Данное свойство почвы влияет на эффективность сохранения вишни Фудзи в зимний период.

В результате установлено, что деревья, укрытые вышеупомянутым способом на зиму, лучше сохраняются, чем неукрытые деревья, кроме того, наблюдалось появление цветков на вишне Фудзи. Однако в некоторых местах под воздействием сильного ветра количество снега менялось в период сильных морозов. Поэтому предполагается проведение мер по обеспечению постоянного количества снега [5, с. 250].

Отмечены следующие особенности периода роста вишни в Хабаровске и периода остановки роста: у вишни Фудзи он составил 156 дней и продолжался до 7 октября. [5, с. 253]. На неукрытых под снег саженцах не образовывалась новая крона, ветки засыхали. В то время как на саженцах вишни Фудзи, которые были укрыты на зиму под снегом, наблюдалось нормальное распускание

листьев. Вишня Фудзи способна давать цветки на молодых побегах. Нормальное появление цветков можно было наблюдать как на укрытом на зиму участке, так и на участке, где укрытие на зиму не было произведено. Местоположение цветков определяется тем, что в нижней части ствола, который естественным образом находится под снежным покровом, много коротких веток, на которых образуются цветочные почки. Доказано также, что на участке, где производилось укрытие на зиму, не происходило поражения холдом, что способствовало появлению цветочных почек у вишни Фудзи.

Экспериментальным путем доказано образование корней у вишни Фудзи в не свойственных для неё условиях Хабаровска. У воздушных отводков наблюдалось отсутствие корнеобразования на обработанных участках вследствие недостатка влаги, в то время как обработанные участки внутрипочвенных отводков находились в почве; была достаточная влажная среда, поэтому все отводки дали корни. Корреляция температуры почвы и роста побегов в период с 10.05 по 27.07 передается высоким коэффициентом детерминации. Он составил  $R^2=0,75$ .

*Воздушные отводки вишни Фудзи.* Можно было наблюдать два пика роста вишни Фудзи в первую декаду июля и третью декаду августа. В период окончания первого периода роста перед началом второго периода 03.08.2013 года отводки были обработаны. Хотя корнеобразование произошло только у одного отводка. В остальных случаях наблюдалось образование утолщения там, где предполагалось появление корней. Ориентировочно данный результат возник оттого, что хотя и наступил второй пик роста, с момента от обработки отводков до момента корнеобразования прошло недостаточное количество времени. Именно поэтому обработку отводков в следующий раз следует провести в первой декаде июля.

*Внутрипочвенные отводки вишни Фудзи.* Новые листья, которые появились на ветвях на следующий год после образования корней, по своим размерам меньше, чем новые листья на ветвях, которые появились не на отводках. Вертикальный размер листа на ветке, не подвергавшейся обработке, составил  $73 \text{ мм} \pm 6,7 \text{ мм}$ ; С.В.=0,09. Пропорция вертикального и горизонтального размера листа составила  $3,0 \pm 0,3$ ; С.В.=0,10. Вертикальный размер листа на отводке составил  $47 \text{ мм} \pm 3,7 \text{ мм}$ ; С.В.=0,08. Пропорция вертикального и горизонтального размера листа составила  $3,4 \pm 0,5$ ; С.В.=0,16. Главной причиной того, что размер листьев внутрипочвенных отводков оказался меньше, можно считать небольшой объем корневой системы и вследствие этого недостаток влаги, которая необходима в начальный период образования листьев.

*Черенки вишни Фудзи.* Черенки были извлечены 25.05.2014 года и было проверено состояние корней. Наличие корней выявлено у пяти черенков. Следовательно, становится очевидным вывод о том, что даже в не свойственных условиях Хабаровска возможно размножение вишни Фудзи с помощью черенков. Несмотря на то что период вегетации короток, при обеспечении достаточного тепла в помещении возможно производство саженцев в условиях Хабаровска.

#### **Рекомендации по адаптации вишни Фудзи в не свойственных для неё условиях**

Необходимо принимать меры для снижения негативных последствий смены условий на рост саженцев. Для этого, помимо оптимизации водного и температурного режима, защиты молодых растений от зарастания нежелательной травянистой растительностью, необходимо улучшать физические свойства почвы и условия минерального питания [2, с.81].

Не исключается возможность применения регуляторов роста. Основным способом размножения нового сорта должно быть черенкование. Оптимальными параметрами среды в период укоренения зеленых черенков (18–30 суток) считаются: среднедневная температура воздуха  $23\text{--}28^\circ\text{C}$ , освещенность 70–80 % от полной, влажность воздуха 80–100 %. Посадку вишни Фудзи необходимо осуществлять на участках с достаточно равномерным отложением снега. Растения, которые перезимовали, необходимо высадить рано весной с мульчированием и поливом. Выход саженцев вишни Фудзи повысится при добрачивании укорененных черенков в школах.

**Выводы.** На протяжении всего эксперимента не наблюдалась аберрация от поставленных задач. Вследствие чего первостепенное значение носит унификация полученных результатов для продолжения исследований в данной тематике. Вышеупомянутая постановка эксперимента носит амбивалентный характер: с одной стороны, это экономически эффективная модель выращивания

нового сорта, с другой – это увеличение биоразнообразия во флоре Дальнего Востока. Этот эмпирический материал поможет в разработке научно обоснованных рекомендаций по выращиванию культуры *Cerasus incisa* в не свойственных для неё условиях Хабаровска.

### Литература

1. Выводцев Н.В. Проблемы управления зелеными насаждениями в Хабаровске: мат-лы IV город. науч.-практ. конф. (Хабаровск, 25 ноября, 2009 г.). – Хабаровск, 2009. – С. 69–70.
2. Панфилов Е.А. Актуальные проблемы лесного комплекса // Сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2013. – Вып. 37. – С. 35–39.
3. Рябухин П.Б. Философия современного природопользования в бассейне реки Амур. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2014. – С. 27–32.
4. Состояние японской сакуры в вегетационном периоде в России в городе Хабаровске / И. Хонго, Р. Кобаяси, Р. Фудзита [и др.] // Состояние лесов и актуальные проблемы лесоуправления: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Хабаровск, 2013. – С. 225–229.
5. 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.
6. Обновление вишни Саржента и вишни Фудзи в г. Хабаровске / 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. 367–371.



## ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 619:591.111:636.5085.16

А.В. Цюрик, Н.В. Безбородов

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ И ДИНАМИКА ЛЕЙКОГРАММ КУР-НЕСУШЕК КРОССА «ХАЙСЕКС БРАУН» ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА МИКСОДИЛА

*В статье представлены результаты исследований, связанные с изучением морфологических показателей периферической крови и динамики лейкограмм кур-несушек кросса «Хайсекс Браун» в период яйцевладки после применения витаминно-минерального комплекса миксодила.*

**Ключевые слова:** куры-несушки, витаминно-минеральный комплекс, лейкограмма, гематологический анализ, естественная резистентность.

A.V. Tsyurik, N.V. Bezborodov

### THE PERIPHERAL BLOOD MORPHOLOGICAL INDICES AND THE LEUKOGRAM DYNAMICS OF THE «HISEX BROWN» CROSS LAYING HENS AFTER THE APPLICATION OF THE “MIXODIL” VITAMIN-MINERAL COMPLEX

*The research results connected with studying of the peripheral blood morphological indices and the leukogram dynamics of the cross «Hisex Brown» laying hens in the egg-laying period after the application of the «Mixodil» vitamin and mineral complex are presented in the article.*

**Key words:** laying hens, vitamin-mineral complex, leukogram, hematologic analysis, natural resistance.

---

**Введение.** Как известно, наиболее эффективной и рентабельной отраслью в производстве продуктов питания животного происхождения является птицеводство. На сегодняшний день наряду с совершенствованием генетического потенциала птицы и улучшением кормовой базы стоит вопрос о повышении иммунитета и продуктивных показателей сельскохозяйственной птицы [3, 4, 7].

В связи с этим все большее значение приобретает поиск способов повышения жизнеспособности кур-несушек и уровня продуктивности птицы путем целенаправленного применения биологически активных веществ, способствующих оптимизации обмена веществ и гомеостаза, росту уровня естественной резистентности [6, 8, 9].

**Цель исследований.** Изучение морфологических показателей периферической крови, динамики лейкограмм, продуктивных показателей кур-несушек кросса «Хайсекс Браун» и определение эффективности применения витаминно-минеральной кормовой добавки – миксодила.

**Материал и методы исследований.** Исследования были проведены в условиях учебной птицефермы Белгородской ГСХА на курах-несушках кросса «Хайсекс Браун», находящихся в двухъярусных клетках по 4 головы при постоянном доступе к воде. Условия содержания соответствовали нормам ВНИТИП. Поение и раздача корма автоматизированы (проект мини-фермы по технологии клеточных батарей фирмы Big Dutchman). Основной рацион включал: комбикорм ПК-4, ПК-1-1, ПК-1-2. Рационы кормления птицы рассчитывали с учётом химического состава и питательности кормов на основе норм, рекомендованных ВНИТИП, и руководства на данный кросс, в зависимости от возраста птицы [7].

В качестве добавки к основному рациону применяли витаминно-минеральный комплекс миксодил, в состав которого входят: витамины – А (7 000 000МЕ); D<sub>3</sub> (70 000МЕ); Е (7 000 мг); В<sub>1</sub>(875 мг); В<sub>2</sub> (875 мг); В<sub>6</sub> (1750 мг); В<sub>12</sub> (8,75мг); РР (7000мг); В<sub>3</sub> (3500мг); Н(35мг); минералы – цинк (4300 мг); марганец (6000 мг); медь (1500мг); селен (32 мг); аминокислоты – аспарагиновая кислота (2400 мг); треонин (3000 мг); серин (9600 мг); глутаминовая кислота (16700 мг); пролин (15800 мг); изолейцин (3500 мг); лейцин (6400 мг); метионин (2100 мг), глицин (18300 мг), валин (4400 мг); фенилаланин (7960 мг); гистидин (4300 мг); лизин (11200 мг); аргинин (2600 мг); аланин (2200 мг); энергетические компоненты – пропиленгликоль (280 000 мг); сorbitол (12000 мг.)

Образцы крови для исследований у птицы брали по следующей схеме: первый раз – до применения миксодила (140 сут); второй раз – на 49-й неделе жизни кур-несушек (340 сут); третий раз – на 65-й неделе жизни кур-несушек (450 сут).

Выпаивание препарата проводили согласно следующей схеме исследований (табл.1):

Таблица 1  
Схема исследований

Группа	Кол-во птицы	Доза миксодила к основному рациону	Схема применения миксодила
1 – контроль	56 гол.	Основной рацион	–
2	56 гол.	Основной рацион+0,2 мл миксодила на 1 л воды	Выпаивание миксодила в начале яйцекладки – 3-4 дня, в пик яйцекладки – 3-4 дня, в последующем 1 раз в месяц в течение 4-6 дней до окончания яйцекладки
3	56 гол.	Основной рацион+1,0 мл миксодила на 1 л воды	Выпаивание миксодила в начале яйцекладки – 3-4 дня, в пик яйцекладки – 3-4 дня, в последующем 1 раз в месяц в течение 4-6 дней до окончания яйцекладки
4	56 гол.	Основной рацион+1,5 мл миксодила на 1 л воды	Выпаивание миксодила в начале яйцекладки – 3-4 дня, в пик яйцекладки – 3-4 дня, в последующем 1 раз в месяц в течение 4-6 дней до окончания яйцекладки

В крови каждой группы птицы (n=5) исследовали морфологические показатели периферической крови: скорость оседания эритроцитов (мм/ч), количество эритроцитов (10<sup>12</sup>/л), гемоглобин (г/л). Также была исследована лейкограмма по следующим видам лейкоцитов: лимфоциты, моноциты, эозинофилы, базофилы и псевдоэозинофилы [5].

Учет эффективности применения препарата проводили путем определения продуктивных показателей птицы в течение всего времени исследований, которое составило 10 месяцев, или 305 дней. Статистический анализ проведен путем определения критерия достоверности по Стьюденту.

**Результаты исследований.** Морфологические показатели периферической крови птицы приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Морфологические показатели периферической крови птицы

Показатель	Группа (n=5)	Взятие крови в неделях жизни кур-несушек		
		1	2	3
Скорость оседания эритроцитов, мм/ч	1 – контроль	3,30±0,76	6,10±1,55	3,70±1,15
	2	2,60±0,40	3,10±0,40	2,20±0,21
	3	3,80±0,86	7,38±3,93	2,98±0,35
	4	2,4±0,40	2,36±0,26*	2,70±0,25
Количество эритроцитов, 10 <sup>12</sup> /л	1 – контроль	2,09±0,17	2,38±0,09	2,34±0,06
	2	2,16±0,23	2,19±0,10	2,46±0,076
	3	2,19±0,12	2,32±0,21	2,65±0,12*
	4	2,46±0,05	2,19±0,20	2,60±0,14
Гемоглобин, г/л	1 – контроль	72,48±6,51	74,32±2,76	75,92±4,25
	2	72,14±8,72	85,16±9,05	71,36±4,39
	3	70,40±6,03	70,76±1,96	80,58±3,32*
	4	66,68±3,23	77,32±5,07	84,38±8,34

\* $p<0,05$  (внутри группы по отношению к периодам взятия крови и между изучаемыми группами по данному показателю).

Показатель скорости оседания эритроцитов (СОЭ) в 49-недельном возрасте исследуемой птицы заметно увеличился в 1-й контрольной группе по сравнению с 4-й опытной и составил 6,10±1,55 мм/ч ( $p<0,05$ ). Разница между контрольной и 4-й опытной группой составила 3,74 мм/ч, или 61,3 %. Это можно объяснить тем, что именно на период 49-й недели приходится пик яйценоскости кур-несушек кросса «Хайсекс Браун». В пик продуктивности у птиц увеличивается синтез белков и их накопление в крови, а они, в свою очередь, образуют связи с эритроцитами, повышают их скорость оседания, и именно этот фактор мог спровоцировать резкое повышение СОЭ в контрольной группе [1].

Но в 65-недельном возрасте показатель СОЭ в опытных и контрольных группах кур-несушек выровнялся и соответствовал физиологической норме.

Количество эритроцитов в 3-й опытной и 1-й контрольной группе при 3-м взятии крови по сравнению с показателями в этих группах при 1-м взятии выше соответственно на 21,1% ( $p<0,05$ ) и 13,3 % ( $p<0,05$ ). Данные свидетельствуют, что в организме кур-несушек 3-й группы интенсивнее проходили окислительно-восстановительные процессы в тканях, что привело к повышению количества эритроцитов.

Тенденция повышения гемоглобина во всех группах свидетельствует также об интенсивности процессов обмена кислорода и диоксида углерода в тканях и органах организма птиц [2]. Наибольшее количество гемоглобина отмечено в 3-й и 4-й опытных группах – 80,58 и 84,38 г/л, что соответственно превышало 1-ю контрольную и 2-ю опытную группу на 6,2–12,9 % ( $p<0,05$ ) и 11,2–18,3 % соответственно. Также была отмечена тенденция повышения яйценоски в этих группах на 3,7–5,1 и 2,5–3,8 % соответственно.

Динамика лейкограммы кур-несушек в исследуемый период представлена в таблице 3. Полученные данные лейкограммы кур-несушек в исследуемый период свидетельствуют, что в процессе интенсивной яйцекладки и, соответственно, повышения уровня обменных процессов в организме происходит изменение уровня гемопоэза, что связано с максимальной активизацией репродуктив-

ных органов и системы нейроэндокринной регуляции гомеостаза, и особенно его защитно-приспособительных механизмов в данный период времени.

Анализ лейкограмм опытных групп указывает на процессы усиления фагоцитоза в организме кур-несушек, которые проявляются за период исследований к 49-й неделе жизни в увеличении количества лимфоцитов в 4-й группе на 51,0 % ( $p<0,05$ ), эозинофилов в 3-й группе на 55,5 % и в 4-й группе – в 3 раза ( $p<0,01$ ). Повышение количества эозинофилов в опытных группах активизирует процессы разрушения и обезвреживания токсинов белкового происхождения и чужеродных белков, попавших в кровь. Кроме того, в опытных группах установлено понижение количества моноцитов: в 4-й группе – на 21,6 % ( $p<0,05$ ), во 2-й – на 26,8 %; базофилов: во 2-й группе – на 35,3 %, в 4-й – на 55,6 % ( $p<0,05$ ), что свидетельствует о низком уровне воспалительных процессов. Количество моноцитов увеличивается при активизации фагоцитарной активности, а количество базофилов увеличивается в фазы острого воспаления [1, 2].

Таблица 3  
Динамика лейкограммы птицы, %

Показатель	Группа (n=5)	Взятие крови		
		1	2	3
Псевдоэозинофилы	1 – контроль	56,40±5,45	38,20±6,38	42,40±7,86
	2	43,60±6,49	54,80±5,23	44,60±4,30
	3	46,00±7,56	52,60±4,26	42,20±6,13
	4	48,20±3,54	45,20±3,32	35,20±9,01
Эозинофилы	1 – контроль	3,80±1,20	6,60±1,32	5,80±1,39
	2	3,60±0,92	3,40±1,50	8,00±1,89
	3	3,60±0,51	4,20±1,02	5,60±0,68*
	4	1,80±0,58*	2,40±0,51*	6,00±0,70**
Базофилы	1 – контроль	7,40±1,32	4,20±1,46	6,60±2,09
	2	6,80±2,92	5,60±1,47	4,40±0,93
	3	6,20±2,44	3,80±0,49	6,60±0,75*
	4	7,20±7,65	4,60±1,44	3,20±0,49*
Моноциты	1 – контроль	7,40±2,36	5,40±1,50	4,40±0,51
	2	8,20±2,15	2,80±0,66*	6,00±1,87
	3	4,60±0,92	5,40±1,57	6,80±2,87
	4	12,00±2,28*	4,20±0,66*	9,40±2,27*
Лимфоциты	1 – контроль	25,20±5,89	45,60±9,08	40,80±9,04
	2	37,80±5,09	33,40±5,57	37,00±4,86
	3	39,60±6,05	34,00±3,15	38,80±5,76
	4	30,60±2,11	43,60±2,77*	46,20±9,12

\* $p<0,05$  (внутри группы по отношению к периодам взятия крови и между изучаемыми группами по периодам взятия крови); \*\* $p<0,01$  (внутри группы по отношению к периодам взятия крови)

Что касается количества псевдоэозинофилов, которые также проявляют фагоцитарную активность, то их количество в группах и между группами практически не изменилось.

Продуктивность кур-несушек за исследуемый период времени (10 месяцев, или 305 дней) по группам (1–4) составила: 1-я – 238 шт. яиц; 2-я – 241 шт. яиц; 3-я – 250 шт. яиц; 4-я – 247 шт. яиц, а сохранность соответственно: 93,5 %; 93,9; 94,6; 95,1 %.

**Заключение.** Исходя из полученных результатов продуктивности птицы по группам, морфобиохимических показателей периферической крови во время продуктивного периода кур-несушек и состава витаминно-минеральной добавки миксодила, можно сделать вывод, что поступление в организм птицы аминокислот (треонин, изолейцин, лейцин, метионин, валин, фенилаланин, гистидин, лизин, аргинин), витаминов Е, В<sub>12</sub> и В<sub>2</sub>, цинка и марганца способствует активизации гемопоэза и эритропоэза: повышается количество эритроцитов на 5,1–13,3 %, концентрация гемоглобина – на 6,2–11,2 % и практически не изменяется показатель скорости оседания эритроцитов.

Можно отметить, что миксодил способствуют усилиению клеточного иммунитета, увеличивая количество лимфоцитов и базофилов в крови, а содержание псевдоэозинофилов остается неизменным и соответствует физиологической норме.

Полученные данные по продуктивности и уровню защитно-приспособительных механизмов птицы в период яйцекладки показали наилучшие результаты (250 шт. яиц за 305 дней) при выпаивании миксодила по схеме: в начале яйцекладки – 3–4 дня, в пик яйцекладки – 3–4 дня и в последующем – 1 раз в месяц в течение 4–6 дней до окончания яйцекладки, что может быть рекомендовано к применению в условиях промышленных птицефабрик.

### **Литература**

1. Аезалов Р.Х. Гематологические и иммунологические показатели кур в различные возрастные периоды в зависимости от применения биологически активных препаратов // Вестник Оренбург. гос. ун-та. – 2003. – № 6. – С. 156–160.
2. Баекенова Г.И. Морфобиохимические компоненты крови и продуктивные особенности кур при использовании антиоксидантов // Ученые записки Казан. гос. акад. ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2011. – № 208. – С. 6–12.
3. Бобылева Г.А. Пути повышения эффективности производства яиц и яйцепродуктов в России // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 4. – С. 22–25.
4. Игнатович Л.С. Компонентные кормовые добавки в рационах кур-несушек // Птицеводство. – 2013. – № 7. – С. 9–12.
5. Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.
6. Кошиш И.И., Найденский М.С., Тотоева М.Э. Эффективность применения иммуностимулирующего препарата Баксин-вет в птицеводстве // Птица и птицепродукты. – 2008. – № 5. – С. 29–31.
7. Фисинин В.И., Егоров И.А., Менькин В.К. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы. – М.: ВНИТИП МСХА, 2003. – 143 с.
8. Фисинин В.И. Итоги работы за 2011 год и перспективы развития отрасли с учетом вступления России в ВТО // Птица и птицепродукты. – 2012. – № 1. – С. 14–18.
9. Фисинин В.И. Инновационные направления промышленного птицеводства // Птицепромышленность. – 2011. – № 2. – С. 14–23.



## МОРФОЛОГИЯ ЯИЧНИКОВ ВЕРБЛЮДИЦ-БАКТРИАНОВ МОНГОЛИИ

В данной статье приводятся результаты морфологического исследования яичников верблюдиц-бактрианов в условиях Бацааны сомон Баянхонгор аймака Монголии, также в весенне-летний период определена концентрация содержания гормонов в сыворотке крови животных.

**Ключевые слова:** верблюд, бактриан, поликикличные, яичник, фолликул, эстрадиол, прогестерон.

*U. Narankhuiu*

## OVARY MORPHOLOGY OF THE BACTRIAN FEMALE CAMELS IN MONGOLIA

*The morphological research results of the ovaries of the Bactrian female camels in the conditions of Batsaana somon Bayankhongor of Mongolia aimak are given, the concentration of the hormone content in the animal blood serum in spring and summer period is defined in the article.*

**Key words:** camel, Bactrian, polycyclic, ovary, follicle, estradiol, progesterone.

---

**Введение.** Верблюдоводство в Монголии является важным резервом повышения продукции животноводства, обеспечивающим население мясом и молоком, а промышленность – кожевенным сырьем и шерстью. По численности верблюдов Монголия занимает восьмое место в мире, а по поголовью двугорбых верблюдов и производству верблюжьей шерсти – первое.

Двугорбый верблюд, в отличие от одногорбого, сохранился в диком виде, хотя и в очень малом числе. Дикий верблюд, или хантагай, был впервые описан как вид знаменитым русским исследователем Н.М. Пржевальским в 1878 году.

Монгольские двугорбые верблюды-бактрианы, будучи приспособленными к существованию в суровых условиях, а также нетребовательными к условиям содержания и кормления, способны использовать пастбища, недоступные для других видов сельскохозяйственных животных.

Двугорбый верблюд – животное исключительно травоядное и кормится самым грубым и малопитательным кормом. Он способен поедать растения с такими колючками, которые не в состоянии есть ни одно другое животное. В рацион верблюда входят 33 из 50 основных видов растений пустынной флоры Монголии.

В настоящее время, несмотря на ряд достижений в развитии животноводства и ветеринарной медицины, продолжают иметь место нарушения воспроизводительной функции самцов и самок, обусловленные как внешними этиофакторами с условиями содержания, кормления, эксплуатации, так и нарушениями в процессе развития репродуктивных органов. В связи с этим выявление закономерности развития органов половой системы самок в норме дает ценный фактический материал для более глубокого познания половой системы, понимания роли половых желез в механизме регуляции репродукции, что является необходимым при оценке их морфогенеза и функционального состояния [1–3].

**Цель исследований.** Изучение гистологического строения яичников верблюдиц-бактрианов и содержания в сыворотке крови эстрадиола и прогестерона во время полового цикла в условиях Бацааны сомон Баянхонгор аймака Монголии.

**Материал и методы исследований.** Материал для гистологического исследования яичников брался путем убоя верблюдиц (n=3) в местности Бацааны сомон Баянхонгор аймака Монголии в ноябре 2014 года.

Животные содержались в обычных хозяйственных условиях. Весь материал взят от клинически здоровых 5–7-летних верблюдиц, находившихся на разных стадиях полового цикла.

Полученный материал от верблюдиц фиксировался в 10%-м растворе нейтрального формалина, жидкости Карнума, нейтральной фиксирующей смеси А.Л.Шабадаша (1947) [4] и заключался в парафин. Для изучения гистоморфологии депарафинированные срезы окрашивались гематоксилин-эозином, по ван Гизон в оригинальной прописи [5].

Кровь у верблюдиц брали до и после коитуса. Анализ содержания гормонов в плазме крови подопытных верблюдиц (n=7) проводили иммуноферментным методом с использованием тест-системы фирм «Алкор-БИО» и DRJ (Германия) в лаборатории Монгольского медицинского университета.

Микрофотографирование исследуемых объектов проводили с использованием микроскопа AXIOSTAR, видеокамеры для микроскопа MICROSCAM по программе Micromed images 1.0.

**Результаты исследований.** Верблюды-бактрианы относятся к полициклическим животным с выраженным половым сезоном. Во время полового сезона у самок верблюдов в 97 % случаев проявляется два-три половых цикла. Продолжительность полового цикла колеблется от 8 до 30 дней [3].

У самок сельскохозяйственных животных фолликулярной фазе соответствуют такие проявления, как течка (сопровождающаяся беспокойством животного и истечением слизи из половых органов) и половая охота, т.е. положительная реакция самки на самца. Продолжительность течки и охоты у разных животных не одинакова. Первый день охоты обычно считают началом полового цикла (нулевой день цикла). Во время охоты или вскоре после нее (в конце фолликулиновой фазы) происходит овуляция (разрыв фолликулов и выход яйцеклетки) у коров, овец и свиней. У этих животных, а также у лошадей овуляция наступает спонтанно, т.е. самопроизвольно. Спаривание не является обязательным условием для разрыва фолликулов, хотя и ускоряет овуляцию. У верблюда, кролика, кошки отмечается рефлекторная, или зависимая, овуляция, для наступления которой необходимо предварительное спаривание. Лабораторные грызуны занимают в этом смысле промежуточное положение – овуляция у них происходит спонтанно, но нормальная функция желтого тела обеспечивается спариванием. У большинства многоплодных животных фолликулы в яичниках развиваются неодновременно (асинхронно), поэтому и овуляция проходит продолжительное время: у свиней она длится в течение 20–40 ч после начала охоты, у овец интервал между двумя овуляциями составляет 2–6 ч. В период половой охоты увеличивается сократительная деятельность матки [1].

Все исследователи в основном единодушны в оценке структуры и функции яичников. Снаружи они покрыты слоем индифферентного зачаткового эпителия. В их строении различают корковое и мозговое вещество. Основу органа составляет особая соединительная ткань, богатая клеточными элементами и кровеносными сосудами. Соединительнотканная строма мозгового вещества состоит из рыхлой соединительной ткани и имеет обильную васкуляризацию. В соединительной ткани стромы находятся интерстициальные клетки. Они лежат группами и по строению сходны с эпителиальными клетками. Эти клетки относятся к железистым. Их функцию О.В. Волкова и др. [6] связывают с синтезом гормонов яичника – эстрогенов.

Г.А. Черемисинов [7] утверждает, что до сего времени остаются нераскрытыми основные закономерности генеративной функции яичников, гистогенез и гистологическая взаимосвязь их специфических клеточных структур в процессе гаметогенеза, формирования, роста, созревания фолликулов, их овуляции и образования желтых тел, что сдерживает разработку научно обоснованных методов гормональной регуляции воспроизводительной функции самок.

В строме коркового вещества яичника лежат развивающиеся фолликулы, атретические тела, а также желтое тело. В каждом фолликуле находится яйцеклетка на определенной стадии роста. На периферии коркового вещества под белочной оболочкой расположено большое количество примордиальных фолликулов. В процессе функциональной деятельности яичников у половозрелых самок число примордиальных фолликулов постепенно уменьшается.

Результаты исследований, проведенных на органах полового тракта верблюдиц свидетельствуют, что строение половой системы этого вида животных подобно таковым у коров и яков. Однако показатели размеров яичников верблюдиц и ячих меньше, чем у обычной коровы.

Яичник верблюдиц-бактрианов в возрасте 5–7 лет размером около 2 см в длину имеет большое количество растущих фолликулов. Растущие фолликулы в виде гроздей винограда выпячиваются над поверхностью яичника.

Снаружи он покрыт поверхностным эпителием. Под поверхностным эпителием выявляется белочная оболочка, которая представлена плотной соединительной тканью. В соединительной ткани преобладают волокнистые элементы и фибробциты, имеющие веретеновидную форму. Под белочной оболочкой в корковом веществе встречаются примордиальные фолликулы.



Рис. 1. Яичник 7-летней верблюдицы-бактриана во время полового цикла

Наряду с ними в корковом веществе находятся и первичные фолликулы с многослойным строением фолликулярного эпителия. Много вторичных (рис.2) и третичных фолликулов. Мозговое вещество сильно васкуляризировано, отмечаются крупные кровеносные сосуды, а соединительная ткань становится более коллагенизированной. При атрезии примордиальных фолликулов, а также первичных с малым числом слоев фолликулярного эпителия существенных изменений микроструктура яичника не претерпевает, и они постепенно рассасываются

Почти всегда находятся в корковом веществе желтые тела полового цикла и желтые тела стельности. Одна из 3 верблюдиц была стельной. Снаружи желтое тело покрыто соединительнотканной капсулой. Желтое тело яичника занимает почти половину яичника верблюдицы.

Морфологически стадия возбуждения полового цикла характеризуется активизацией роста фолликулов в яичниках и пролиферативных процессов в матке, проявляющихся разростом маточных желез, пролиферацией железистого эпителия, васкуляризацией, гиперемией и серозно-клеточной инфильтрацией стромы.

Морфофункциональные изменения в яичниках верблюдиц в период проявления полового цикла отражает динамика содержания в крови половых гормонов.

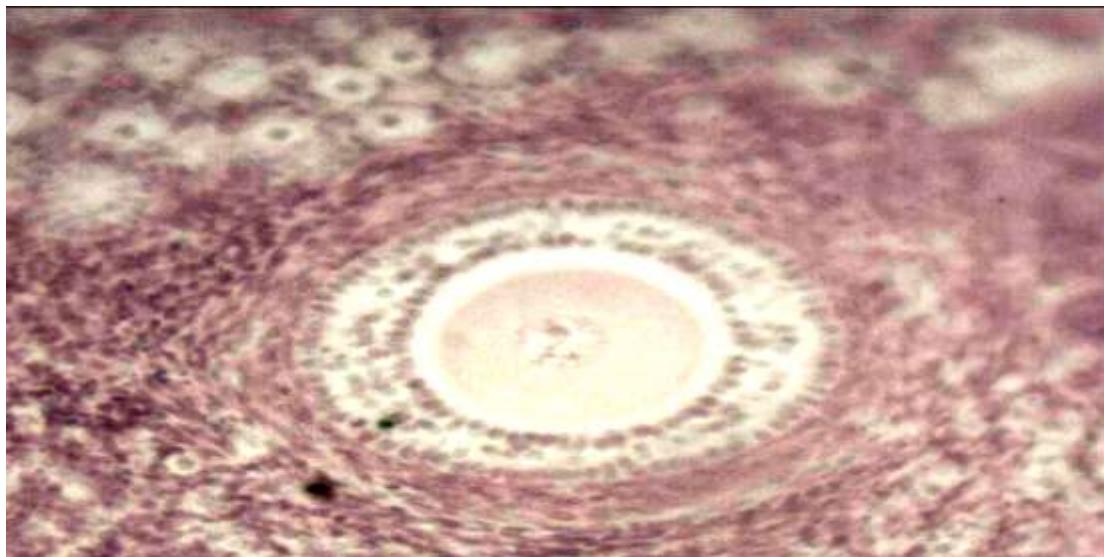


Рис. 2. Примордиальные и вторичные фолликулы яичника верблюдицы-бактриана в стадии полового цикла. Шабадаш. Гематоксилин-эозин. Об.40, Ок.5

Концентрация эстрадиола - 17 бета на вторые сутки полового цикла составляет  $87,8 \pm 2,7$  пг/мл, а содержание прогестерона –  $0,130 \pm 0,07$  нг/мл. Это свидетельствует об активизации роста фолликулов и повышении функциональной активности клеток теки.

У верблюдиц после коитуса на 4-й день полового цикла включаются механизмы, которые обеспечивают созревание фолликулов. Так, концентрация эстрадиола в крови возрастает до  $399,0 \pm 37,1$  пг/мл, а прогестерона до  $0,50 \pm 0,07$  нг/мл. Вызванные лутеинизирующим гормоном структурные изменения в текальных оболочках фолликулов приводят к разрыву стенки фолликула и выходу из него яйцеклетки.

### Выводы

1. В яичниках монгольских верблюдиц-бактрианов в стадии полового цикла выявляются примордиальные, первичные, вторичные фолликулы, атретические тела. У стельной верблюдицы в яичнике отмечается желтое тело беременности, занимающее больше половины яичника.
2. Созревание фолликулов и овуляция у самок рефлекторно провоцируются коитусом и наступают чаще всего после повторного полового акта.
3. Гормональный фон в организме верблюдиц во время полового цикла значительно изменяется.

### Литература

1. Томитова Е.А. Гистоморфохимическая характеристика органов репродукции продуктивных животных при различных физиологических состояниях. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2014. – 343 с.
2. Нежданов А.Г., Лободин К.А., Дюльгер Г.П. Гормональный контроль за воспроизводством крупного рогатого скота // Ветеринария. – 2008. – № 1. – С. 3–7.
3. Литвинова Л.Ф. Половой цикл у рефлекторно овулирующих кроликов // Физиология животных. – 1993. – Т. 79, № 3. – С. 103–108.
4. Шабадаш А.Л. Рациональная методика гистохимического обнаружения гликогена и ее теоретическое обоснование // Изв. АН СССР. Сер. Биол. – 1947. – № 6. – С.745–760.
5. Роскин Г.И., Левинсон А.Б. Микроскопическая техника. – М.: Сов. наука, 1957. – 468 с.

6. Волкова О.В., Поскребышев Е.А., Щиглик Д.А. Структурная организация составных компонентов эндометрии млекопитающих в преимплантационный период // Арх. АГЭ. – 1979. – Т. 77. – Вып. 9. – 12 с.
7. Черемисинов Г.А. Изучение гистофункциональных изменений в яичниках у коров // Ветеринария. – 1974. – № 2. – С. 88–91.



УДК 573.6

Н.Н. Беленюк, Д.Н. Беленюк

## СОЗДАНИЕ ЗООЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ. ОПЫТ СОХРАНЕНИЯ, ПОДДЕРЖАНИЯ И ПОПОЛНЕНИЯ ЭКСПОНАТОВ

*Авторы ставят проблему старения таксiderмических работ в университете. Предлагают современные таксiderмические технологии для их восстановления, сохранения и пополнения.*

**Ключевые слова:** создание, пополнение и сохранение коллекции, таксiderмия.

*N.N. Belenyuk, D.N. Belenyuk*

## ZOOLOGICAL COLLECTION CREATING. THE EXPERIENCE OF THE EXHIBIT PRESERVATION, MAINTENANCE AND REPLENISHMENT

*The authors set the problem of the taxidermy exhibit aging at the university. They offer modern taxidermy techniques for their restoration, preservation and replenishment.*

**Key words:** creating, collection replenishment and preservation, taxidermy.

---

**Введение.** Сегодня в большинстве учебных заведений редко встретишь специалистов, занимающихся изготовлением биологических экспонатов. Но практика показывает, что в подготовке бакалавров-биологов, специалистов-биологов, а также студентов СПО по специальности «охото-весь» наличие наглядного материала в виде зоологических препаратов, чучел, скелетов крайне необходимо. Поэтому потребность в такой работе по-прежнему остается. Совсем не просто правильно сделать зоологический скелет, чучело животного или птицы. Все это – работа таксiderмистов, а современная таксiderмия едва ли доступна студентам-биологам. Когда-то вызывавшая огромный интерес ученых прикладная наука, сегодня таксiderмия превратилась скорее в коммерческое искусство, чем осталась университетским предметом, необходимым для образования студентов-биологов.

**Цель исследования.** Привлечение внимания к проблемам сохранения существующего в вузе зоологического материала, который неуклонно стареет и разрушается.

**Задачи.** Поиск решений проблем сохранения, содержания и реставрации существующего зоологического и таксiderмического материала силами студентов и преподавателей Института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины КрасГАУ.

**Материалы, методы и результаты исследования.** В статье используется метод наблюдения и анализа. Результатом исследования является подтверждение необходимости в учебном процессе предмета «Трофейное дело с основами таксiderмии» как основы для сохранения и увеличения, а в дальнейшем регистрации биологической коллекции. Исследования проводились на биологическом материале музея в Институте прикладной биологии и ветеринарной медицины КрасГАУ.

С наступлением очередного учебного года каждый раз возникает вопрос, что делать со старым зоологическим материалом и некоторым количеством таксiderмических работ, сохранившихся с советских времен и накопившихся уже в наше время. Стоит ли заниматься сохранением всех этих экспонатов или же отправить в утиль ввиду нелучшего их состояния и невозможности восстановить разрушающиеся. Или приложить усилия и организовать работу по созданию своей коллекции и сопутствующей этому мастерской по реставрации и изготовлению новых работ. Старые чучела животных и птиц, скелеты, черепа, рога и кости – все это требует обработки, маркировки и реставрации. И это работа препаратора, а по-современному – мастера-таксидермиста. Еще совсем недавно практически в каждом вузе, готовившем биологов, была небольшая таксiderмическая мастерская, и как следствие практической работы такой мастерской – институты имели свои коллекции животных и птиц. Это было неплохой практикой. Студенты-биологи познавали науку, создавая своими руками биологические экспозиции, попутно изучая анатомию, знакомясь с классификацией животных и птиц. Все это позволяло более тесно, на практике, знакомиться с флорой и фауной. Сегодня дела обстоят совсем по-другому. Мастеров-препараторов во многих университетах нет. Материал стареет и разрушается, студенты учатся только по книжкам. Хороших таксидермистов единицы, да и те скорее коммерсанты, чем ученые или педагоги. Кажется, что времена, когда таксiderмия была нужной прикладной наукой, давно прошли. Но остается желание разнообразить и приумножить скопившийся биологический материал, постараться привести его в порядок, а в дальнейшем зарегистрировать как коллекцию. В Институте прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины имеющиеся экспонаты собраны и оформлены в небольшую экспозицию (рис. 1).



Рис. 1. Музей Института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины (фото авторов)

Собранный материал очень разнообразен. Неплохо сохранились скелеты, черепа, рога. С чучелами дела хуже. Многие находятся не в лучшей форме, какие-то – от старости, а некоторые – из-за плохого качества изготовления. Несколько десятков чучел животных и птиц можно условно разделить на три группы. Первая группа – наиболее ценная. Это очень старые крупные чучела, изготовленные скорее всего в шестидесятые годы, а может и ранее. Простые позы, сделанные по старой технологии методом частичной накрутки и набивки на профильном жестком каркасе. Эти ра-

боты выглядят вполне добротно и красиво. Присутствует один очень важный момент: их не есть моль и другие вредители, а это показатель качественной работы. И несмотря на то, что некоторые из них местами подверглись механическому разрушению (у кого-то сломано ухо, у кого-то оторваны когти, что говорит о совсем небережном отношении скорее всего студентов), мы стараемся сохранить эти работы как образец старой таксiderмической школы.

Вторая группа работ – это работы, кем-то подаренные, откуда-то привезенные, сделанные руками студентов-заочников или таксiderмистов-любителей. Все они отличаются современным изготовлением, изначально красивым внешним видом, но практически все некачественного изготовления и сделаны с нарушением технологии. Такие чучела часто плохо или вовсе не обработаны от вредителей и быстро подвергаются заражению молью и кожеедом.

Третья группа работ (самая большая) – это работы, сделанные студентами в периоды практики. Это «чучела» в прямом смысле этого слова. О видовой принадлежности этих образцов можно только догадываться по каким-то косвенным признакам. Кривые, косые, перетянутые или засущенные, в неестественных позах – просто издевательство над природой. Невозможно на это «творчество» смотреть.

Хотелось бы подробнее остановиться на препараторском искусстве, а по современному – таксiderмии.

Многие годы, со временем Петра I, который первым увидел необходимость в развитии препараторского искусства и организовал в нашей стране известную всем Кунсткамеру, продолжалось накопление в таксiderмическом деле довольно сложных технических приемов. Внесение в технологию сначала отдельных элементов, а затем и цельных методов изобразительного искусства, не характерных для таксiderмии ранее, коренным образом изменило самое содержание этого ремесла. В результате появления и широкого применения нового, скульптурного метода таксiderмия стала не только способом обработки и сохранения шкуры животного, как это было обычно задумано, а также дала возможность правильно и красиво изобразить животное в его естественной среде. Изготовление чучел стало преследовать не только научно-просветительные, но также художественные цели и превратилось в объект изобразительного искусства. Современная таксiderмия уже не ограничивается обслуживанием зоологии, она начинает играть большую и все возрастающую роль в деле развития и пропаганды естественно-научного образования, прививая людям, и особенно молодежи, любовь к природе и ее понимание [1]. Создавая чучела, рассчитанные на века, современная таксiderмия позволяет сберечь и сохранить для потомства образы редких и удивительных животных, которых с каждым годом становится все меньше и меньше на нашей планете. Вымирающие и исчезающие с лица земли виды смогут остаться хотя бы в облике произведений таксiderмического искусства. В своем новом виде современная таксiderмия не имеет уже ничего общего с прежним ремеслом. С полным правом ее теперь следует считать новой и совершенно самостоятельной отраслью искусства [2].

Конечно, художник-таксiderмист для университета – это слишком недоступно и дорого. Стремясь организовать работу по таксiderмии в вузе, можно надеяться хотя бы на анатомически правильную, самую простую и доступную для понимания коллекцию в биологическом смысле. В этом и есть наша цель.

Как же наладить работу со студентами, как использовать простую, минимально оборудованную аудиторию? Таксiderмическая мастерская должна отвечать определенным требованиям. Нельзя пренебречь техникой безопасности и даже простым удобством в организации рабочего пространства. В самом начале нам приходилось делать упор на теоретические знания, которые по существу не приносят своих плодов, так как таксiderмия – это сплошная практика и еще раз практика. На первоначальном этапе, предложенном студентам, пришлось ограничиться простым препарированием. Они подробно изучали всевозможные техники препарирования различных животных и птиц для таксiderмии, их особенности, различия и сходства. Например: Почему уток нужно препарировать со стороны спины, а у хищных птиц голову отделять в районе клюва? Почему на тушке

совы разрез по центральной артерии, а у боровых птиц его лучше делать из-под крыла? Как снять шкуру с рогатой головы и как – для изготовления чучела хищника? (рис. 2).



Рис. 2. Студенты СПО, 2-й курс, препарируют косулю сибирскую (фото авторов)

Все это обязательно пригодится нашим студентам. Многие из них, окончив университет, пойдут работать в охотничьи хозяйства, заповедники, заказники, кто-то найдет себя в охотниччьем туризме. В любой из этих отраслей навыки таксiderмиста могут пригодиться. Но хотелось бы большего. А именно – что-то сделать для музея. И мы решили попробовать. Взяли несколько птиц. К сожалению, полученные образцы несколько лет хранились в морозильной камере и основательно вымерзли, но это не помешало нам попытаться что-то из них сделать. Сначала все тушки разморозили, потом размочили и препарировали. Птицы получились кривые, косые, а после сушки и вовсе потеряли всякое сходство с оригиналом. В технологическом процессе был опущен очень важный момент – это выделка шкурок, которая требует работу с кислотой. Из всего этого мы сделали выводы. Первое – необходимо оборудовать аудиторию, второе – закупить современные реактивы и материалы. Но как же быть с опытом? Здесь, к сожалению, можно использовать опыт только одного человека, преподавателя. На следующий год, потренировавшись на воронах, мы запланировали сделать пару хищных птиц для музея. Аккуратно препарировали, почистили, провели первичную обработку. Для более «грязной» работы – выделки, стирки, сушки, обработки противомолевыми препаратами – воспользовались мастерской знакомого таксiderмиста. Все процессы поэтапно описали и разобрали теоретически. Предстоял еще один довольно сложный этап в изготовлении чучела – это искусственная основа. Известно, чем натуральнее она сделана, чем точнее размеры сняты с оригинала, тем реалистичнее и естественнее получается готовая работа. Предварительно посмотрели учебный фильм по изготовлению птицы и начали практиковаться. Накрутив несколько тушек, выбрали наиболее соответствующие размерам, разметили места крепления суставов, подготовили проволоку. Осталось главное – собрать наше чучело. И студенты вполне справились. Хотя и под руководством, а местами и при полном участии преподавателя. И вот результат – два чучела, вполне определяемых по определителю, стоят в нашем музее. На следующий год мы запланировали еще пару из новых пополнений. И сделали токующего глухаря и канюка обыкновенного (рис. 3).



Рис. 3. Глухарь. Работа, сделанная студентами биологами-охотоведами 5-го курса, 2013 г.  
(фото авторов)

Стало понятно, что не стоит требовать от студентов идеальной работы, они с удовольствием занимаются таксидермией по мере своих возможностей, а при необходимости – вполне можно воспользоваться посторонней мастерской как хорошей возможностью для достижения результатов. Что касается мелких таксидермических работ, то не будет проблем изготовить чучело для нашего музея, главное, чтобы был подходящий материал. Но вот со средними и крупными работами будет проблема. В этих случаях, возможно, лучше просто от них отказаться, чем, не имея возможности сделать хорошо, испортить сырье. Такие работы требуют совсем другой техники изготовления «скulptурной» таксидермии.

Появление самого метода «скulptурной» таксидермии, несомненно, явилось самым выдающимся достижением в этой области. Изобретенный немецким таксидермистом Карлом Экли еще в прошлом веке, этот метод был усовершенствован с появлением полимеров и стал последним и самым выдающимся открытием в этой области. Сущность метода заключается в том, что с использованием в основе скелета животного лепится глиняная скульптура, которая в мельчайших подробностях повторяет все анатомические особенности данного животного, включая крупные сосуды, сухожилия, все мышцы, суставы. Следующий этап – изготовление гипсовой формы. Вся глиняная скульптура животного гипсуется частями. В конечном счете мы получаем несколько гипсовых частей. По форме выклеивается оттиск папье-маше. Работа эта очень кропотливая. Чем крупнее животное, для которого делается форма, тем толще слой выклейки. Работа по изготовлению формы, например для оленя, может занимать около месяца. Впоследствии части выклеенной формы склеиваются между собой, образуя точную копию глиняной скульптуры из легкого материала. Это основа будущего чучела. На нее одевается выделанная шкура. Результаты работ, сделанных таким способом, просто несравнимы ни с чем изготавливаемым ранее, животные получаются как живые. В начале своего существования метод даже был засекречен, но после смерти автора постепенно, через сотрудников мастерской стал известен в Америке, а затем и во всем мире. У этого метода одно большое преимущество – он позволяет копировать манекены и продавать их таксидермистам. Сегодня вместо пустотелой формы из папье-маше современная таксидермия обладает возможностью использовать объемную полиуретановую форму. Метод изготовления таких форм принципиально не изменился, а лишь немногого усовершенствовался. Вместо гипсовой формовки

используют выклейку по глиняной скульптуре эпоксидной смолой, армированной стеклотканью. Форма делается таким образом, чтобы в дальнейшем все ее части можно было собрать и скрепить между собой. Для отливки используется двухкомпонентный полиуретан высокой плотности. Данный материал способен расширяться примерно в десять раз, заполняя собой все, даже малейшие пустоты, создавая давление. Таким образом, внутри формы образуется точная копия начальной скульптуры. Этим методом можно изготовить манекен для любого животного, птицы или рыбы любого размера, любой позы. В руках таксидермиста оказался богатый материал для творчества. И еще одна замечательная возможность: полиуретан можно резать. Опытный художник-таксидермист, хорошо знающий анатомию животного, легко меняет позу, размер и даже вид, всего лишь разрезая и моделируя манекен в нужном месте. Становится понятным, что изготовление чучел по такой технологии не может быть дешевым. Но результат однозначно стоит требуемых денег. Работы получаются красивыми, долговечными, а главное – очень реалистичными. Мастер, который хотя бы один раз воспользовался полиуретановым манекеном, без сомнений оценит его достоинства и вряд ли захочет вернуться к старым методам накрутки, набивки и прочим другим.

«Скульптурный» метод оказался настолько популярным, что породил несколько новых направлений. За рубежом существуют специальные мастерские, занимающиеся изготовлением комплектующих для таксидермии, в Германии огромная мастерская делает полиуретановые манекены, в Дании – целая фабрика по изготовлению искусственных глаз для таксидермических мастерских. За последние десять лет и у нас в России появились мастерские по изготовлению комплектующих для таксидермии, например в Москве «Авторские манекены» под руководством Александра Соколова и в С-Петербурге «Т-комплект» (руководитель Владимир Сухарев). Они предлагают не только готовые манекены, но и отдельные детали: искусственные глаза, зубы, рога и прочее, а также искусственные камни, снег, лед, воду, различные растения. Придумать, а потом воссоздать красивую природную диораму для таксидермической работы стало совсем не сложно. Кроме этого, в мастерских можно приобрести современные материалы, облегчающие и улучшающие качество работы таксидермиста. Например: специальный клей для шкур, который позволяет максимально уменьшить деформацию при сушке изделия и сохнет вместе со шкурой; пикель для выделки шкур рыбы, с помощью которого можно выделать, не повредив чешую, и в то же время сделать это качественно. Замечательный препарат для протравки шкур от насекомых «Эулан», заменивший в работе таксидермистов страшные мышьяковистые соли и кислоты и практически безвредный для человека [3]. Препарат «Остео-фикс», позволяющий надолго сохранить кости и черепа от разрушения. Представьте разочарование охотника, когда в красиво оформленном трофее (например, череп медведя, получивший медаль гранд-при на выставке) уже через год выпадали и крошились зубы (рис. 4).



Рис. 4. Череп медведя через год хранения. Растрескавшиеся зубы невозможно сохранить (фото авторов)

Имея этот препарат, достаточно ввести в технологию обработки еще один этап, и это позволит сохранить трофеи на года. Имеются всевозможные препараты, предотвращающие порчу шкур, тек-

лость волоса, удаляющие неприятные запахи и прочее, прочее. Сегодня работать современным таксiderмистам намного легче и проще, современные мастера больше художники, чем ремесленники.

К сожалению, благодаря появлению всех этих замечательных материалов, способных в разы облегчить и улучшить работу мастера-таксидермиста, создалось впечатление, что таксидермия это просто и легко. Такое ошибочное мнение привлекло заняться таксидермией большое количество мастеров, не имеющих опыта, мастерства, художественного вкуса, а лишь желание заработать быстро и много. Работы таких мастеров вызывают горечь и сожаление за испорченные экспонаты, униженные таким отношением. И это еще одна причина, по которой не хочется возвращаться к старым технологиям, громоздким, неуклюжим, не позволяющим сделать хорошо.

На сегодняшний день видится два пути в создании зоологической коллекции в университете. Первое – работать с мелким сырьем и ограничиться тем, что доступно. Второе – находить средства для закупа хороших манекенов, натурально раскрашенных искусственных глаз и хороших материалов для изготовления сложных таксидермических работ. Студентам, справившимся с такой серьезной работой, даже под руководством преподавателя, будет чем гордиться. Кроме того, это хороший опыт, который вполне может пригодиться в дальнейшей работе. У нас в стране не существует определенной школы таксидермического мастерства. Таксидермисты учатся друг у друга, накапливают опыт и знания, делятся им со своими коллегами. Это также говорит о пользе возвращения такой науки, как таксидермия, в вузы. Студенты, молодежь очень часто обладают пытливым умом. Возможно, вместе мы сможем не только вспомнить старые методы, но и добавить что-то новое, придумать что-то свое, уникальное. Бессспорно, качественная современная таксидермия – работа не дешевая, и для многих институтов будет слишком накладно этим заниматься, но если учесть, что чучело, правильно сделанное, прослужит много лет, то, возможно, в этом есть смысл. К тому же, сырье часто достается университету очень недорого или вообще бесплатно. Многие из студентов сами охотники и нередко привозят различные шкурки или тушки животных и птиц. Чучела же, сделанные руками самих студентов, будут иметь стоимость не более чем за комплект материалов для их изготовления (табл.).

#### **Примерная стоимость готовых комплектующих для изготовления крупных таксидермических работ**

Изготовление чучела	Стоимость материала, руб.				Выделка шкуры	Итого
	манекена	глаз	зубов	языка		
Медведя	15 600	410	750	350	10 000	27110
Росомахи	3850	227	423	386	1000	5886
Волка	9315	283	577	240	1000	11415
Лисы	3100	360	402	386	500	4748
Кабарги	3720	270	-	-	2000	5990
Северного оленя	17000	465	-	-	5000	22465
Глухаря	500	400	-	-	1000	1900
Тетерева	400	350	-	-	1000	1750
Гуся	550	320	-	-	1500	2380
Беркута	500	390	-	-	1000	1890
Совы	500	490	-	-	1000	1990
Пингвина	1500	300	-	-	2000	3800

На сегодняшний день мы не имеем больших возможностей. Поэтому будем делать то, что нам по силам. Заботиться об уже имеющемся материале. Прилагать усилия, чтобы сохранить старые работы. Правильно консервировать поступающий материал. Будем делать мелких птиц и зверей. Анатомические скелеты, что является интересной практикой в основе таксидермии. А в дальнейшем, возможно, появится и другая интересная работа, которая позволит создать и зарегистрировать свою коллекцию, а также сделать ее разнообразной и познавательной.

**Выводы.** В данной статье поднимается реально существующая проблема сохранения, реставрации и пополнения зоологической коллекции в университете. Авторы считают, что введение предмета «Трофейное дело с основами таксiderмии» позволит силами студентов и преподавателей сохранить и приумножить коллекцию чучел животных и птиц. Использование новых технологий и современных методов таксiderмии сделает возможным изготовление качественных и долговечных чучел, необходимых для обучения студентов-биологов.

### Литература

1. Рябченков Н.Н. Изготовление чучел и обработка охотничьих трофеев: справ. – М.: Изд. Дом Рученькиных, 2007. – 368 с.
  2. Глазырина Е. Мастера Дарвиновского музея // Таксидермия. – 2008. – № 6. – С. 24–29.
  3. Старикин Ю.В. Факторы, влияющие на сохранность таксидермических работ // Таксидермия. – 2004. – № 2. – С. 29–31.
- 

УДК 636.2.085: 338.43

А.Ю. Медведев

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГОВЯДИНЫ

Разработан новый комплексный коэффициент эффективности технологии производства говядины (КЭТ), который учитывает зоотехнические, экономические и энергетические параметры технологического процесса. Определено, что при выращивании бычков симментальской породы в условиях круглогодичного использования консервированных кормов значение КЭТ повышается на 13,7 % по сравнению со сверстниками украинской черно-пестрой молочной породы.

**Ключевые слова:** производство говядины, методика оценки, коэффициент эффективности технологии, породный фактор.

A.Yu. Medvedev

### THE DEVELOPMENT OF THE BEEF PRODUCTION COMPLEX ASSESSMENT METHODOLOGY

*The new complex coefficient of the beef production technology efficiency (CET), that takes into account the zootechnic, economic and energy parameters of the technological process is developed. It is determined that in breeding the Simmental breed bulls in the conditions of the whole-year use of the canned forage, the CET value increases by 13,7 % in comparison with the same-aged bulls of the Ukrainian black-motley milk breed.*

**Key words:** beef production, assessment methodology, coefficient of technology efficiency, pedigree factor.

---

**Введение.** На современном этапе развития животноводства традиционная сезонная технология производства говядины утратила экономическую целесообразность. Одной из главных причин такого состояния является негативное действие комплекса технологических, биологических, энергетических и экономических факторов, которые определяют значительное снижение интенсивности роста скота [1].

Следовательно, является целесообразным усовершенствование технологии производства говядины при круглогодичном использовании качественных консервированных кормов [2]. Однако

для оценки эффективности такой технологии необходимо разработать соответствующие методические подходы.

Традиционной в данном случае является методика экономического анализа, но в современных условиях себестоимость технологических элементов (например, кормов) может значительно отличаться даже в два смежных года, что не позволяет сделать достоверные выводы на перспективу.

С другой стороны, можно использовать методику расчета биоэнергетической эффективности технологии производства говядины, которая опирается на постоянные биоэнергетические коэффициенты, не зависящие от влияния внешних факторов [3]. Недостатком такого способа является отделенность от экономических аспектов производства.

Третьим вариантом решения поставленного вопроса является определение уровня продуктивного использования скотом сухого вещества кормов как показателя эффективности технологического процесса [4], но он полностью лишен экономических и энергетических параметров.

Таким образом, была поставлена **цель** – разработать методику комплексной оценки эффективности элементов технологии производства говядины или разных технологий в сравнительном аспекте.

**Материал и методика исследований.** В качестве элемента технологии производства говядины, эффективность которого определяли по разрабатываемой методике, был избран породный фактор. При этом использовали данные научно-хозяйственного опыта, в котором бычков украинской черно-пестрой молочной породы (I группа) и их симментальских сверстников (II группа) с 12- до 18-месячного возраста интенсивно откармливали полнорационной смесью на основе кормов силосно-концентратных рационов с концентрацией обменной энергии 10,4–10,5 МДж на 1 кг сухого вещества.

Эффективность использования сухого вещества консервированных кормов бычками разных пород в опыте определяли по методике В.Н. Кандыбы [5] в собственной модификации по формулам (1) и (2):

$$K_{СВ} = (\bar{ЖМ} \times СП \times ВТ \times ВМТ) / \bar{ДСВ}, \quad (1)$$

где  $K_{СВ}$  – истинный коэффициент эффективности использования сухого вещества кормов животными;  $\bar{ЖМ}$  – средняя живая масса животного, кг;  $СП$  – среднесуточный прирост массы животного, г : 1000;  $ВТ$  – выход туш, % : 100;  $ВМТ$  – выход мякоти из туш, % : 100;  $\bar{ДСВ}$  – среднесуточные затраты сухого вещества кормов, кг.

$$K_{СВ} = АП / \sum СВ, \quad (2)$$

где  $K_{СВ}$  – коэффициент продуктивного использования сухого вещества кормов для синтеза абсолютного прироста живой массы животных, ед.;  $АП$  – абсолютный прирост массы животного за определенный период, кг;  $\sum СВ$  – суммарные затраты сухого вещества кормов за определенный период, кг.

Биоэнергетическую эффективность технологического процесса производства говядины рассчитывали по следующей формуле [6]:

$$КБЕ = V_1 / Q \times 100 \%, \quad (3)$$

где  $V_1$  – совокупная энергия, которая накоплена в приросте живой массы скота, ГДж/год;  $Q$  – совокупные затраты энергии в технологическом процессе производства говядины, ГДж/год.

Уровень рентабельности выращивания подопытных бычков находили по нижеприведенной формуле [7]

$$P = Пр / Сп, \quad (4)$$

где  $P$  – рентабельность производства говядины, %;

Пр – прибыль от реализации прироста живой массы бычка, грн.;

Сп – себестоимость прироста живой массы бычка, грн.

**Результаты исследований.** Потребление скотом силосно-концентратных рационов в виде полнорационной смеси при круглогодичном скармливании консервированных кормов обеспечило высокую интенсивность роста бычков украинской черно-пестрой молочной и симментальской пород (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика живой массы бычков в опыте и затраты кормов,  $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$**

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса (кг), в возрасте:		
12 мес.	274,1±4,2	291,6±4,4
15 мес.	353,6±6,3	378,8±7,0
18 мес.	428,8±8,5	463,6±9,1*
Среднесуточные приrostы (г) за период 12-18 мес.	845	940
Абсолютные приросты живой массы бычков, кг	154,7	172,0
Запланированные затраты обменной энергии кормов, МДж		20564,6
Затраты обменной энергии кормов на 1 кг прироста массы скота, МДж	132,9	119,6

\* $p<0,05$ .

Впрочем, породный фактор существенно повлиял на эффективность технологического процесса выращивания молодняка. По интенсивности роста симментальские бычки превосходили сверстников украинской черно-пестрой молочной породы в среднем на 11,3 %, что определило их достоверно большую живую массу в возрасте 18 месяцев на 34,8 кг (8,1 %). При этом затраты обменной энергии кормов на 1 кг прироста массы скота были снижены на 13,3 МДж (11,1 %).

Убойные показатели и морфологический состав туш молодняка, представленные в таблицах 2 и 3, также подтверждают полученную тенденцию. Масса парной туши бычков симментальской породы была больше на 25,6 кг (11,5 %), убойная масса – на 28,7 кг (12,3 %), масса мякоти в тушах – на 21,3 кг (12,3 %). Коэффициент мясности туш скота симментальской породы был выше на 16,4 %. При одинаковых условиях кормления и содержания молодняка полученные различия определялись только влиянием породного фактора.

Таблица 2

**Убойные показатели бычков,  $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$**

Показатель	Группа	
	I	II
Предубойная живая масса, кг	425,3±5,9	460,1±6,2
Масса парной туши, кг	222,8±4,4	248,4±5,0*
Выход туши, %	52,39	53,98
Масса внутреннего жира, кг	10,3±0,7	13,4±0,5
Выход внутреннего жира, %	2,41	2,92
Убойная масса, кг	233,1±5,3	261,8±6,1*
Убойный выход, %	54,8	56,9

\* $p<0,05$ .

Таблица 3

Морфологический состав туш бычков,  $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ 

Показатель	Группа	
	I	II
Масса охлажденной туши, кг	224,3±4,2	243,9±4,7
Масса костей в туще, кг	50,7±2,8	49,0±3,0
Выход костей, %	22,6	20,1
Масса мякоти в туще, кг	173,6±3,6	194,9±4,4*
Выход мякоти, %	77,4	79,9
Коэффициент мясности, ед.	3,42	3,98

\* $p<0,05$ .

Экономическая оценка влияния породного фактора на эффективность выращивания бычков в опыте приведена в таблице 4. При одинаковой себестоимости прироста живой массы прибыль от условной реализации бычков симментальской породы была больше на 346,0 грн. по сравнению со сверстниками украинской черно-пестрой молочной породы, а рентабельность технологического процесса – на 12,5 %.

Таблица 4

## Экономическая эффективность производства говядины

Показатель	Группа	
	I	II
Себестоимость прироста живой массы, грн.*	2781,4	2781,4
Абсолютные приrostы живой массы, кг	154,7	172,0
Цена реализации 1 кг прироста живой массы, грн.	20,0	20,0
Выручка от условной реализации прироста, грн.	3094,0	3440,0
Прибыль от условной реализации прироста, грн.	312,6	658,6
Рентабельность производства говядины, %	11,2	23,7

\*В расчете на 1 голову в украинских гривнах.

Биоэнергетическая оценка влияния породного фактора на технологический процесс производства говядины при выращивании группы бычков (200 голов) до живой массы 450–470 кг в возрасте 18 месяцев (с учетом результатов научно-хозяйственного опыта) представлена в таблице 5.

Таблица 5

## Биоэнергетическая эффективность производства говядины

Группа	Q, ГДж/год	V <sub>1</sub> , ГДж/год	V <sub>2</sub> , ГДж/год	V <sub>3</sub> , ГДж/год	Коэффициент биоэнергетической эффективности производства говядины, %
I	24954,3	526,84			2,12
II		595,06	2908,3	3197,7	2,39

Полученные данные свидетельствуют, что молодняк симментальской породы эффективнее трансформирует совокупную энергию технологического процесса в прирост живой массы на 13,0 %.

Технологическая оценка влияния породного фактора на эффективность производства говядины в опыте представлена в таблицах 6 и 7.

Таблица 6  
Коэффициент использования бычками сухого вещества консервированных кормов (КСВ)

Порода	Живая масса бычка (кг) в возрасте		Абсолютный прирост живой массы, кг	Общие затраты сухого вещества кормов за 183 дня опыта	КСВ
	12 мес.	18 мес.			
Украинская черно-пестрая молочная	274,1±4,2	428,8±8,5	154,7	1871,4	0,083
Симментальская	291,6±4,4	463,6±9,1	172,0		0,092

Таблица 7  
Влияние породного фактора на истинный коэффициент эффективности использования бычками сухого вещества консервированных кормов (Ксв, по Кандыбе В.Н., 2012)

Порода	Живая масса в возрасте 18 мес., кг	Прирост за период 12-18 мес., кг/сутки	Выход туши, % : 100	Выход мякоти из туши, % : 100	ДСВ., кг	Ксв
Украинская черно-пестрая молочная	428,8±8,5	0,889	0,524	0,774	10,2	15,2
Симментальская	463,6±9,1	0,940	0,540	0,799		18,4

Преимущество симментальских бычков над сверстниками украинской черно-пестрой молочной породы по коэффициенту продуктивного использования сухого вещества кормов (КСВ) достигает 10,8 %, а по истинному коэффициенту использования сухого вещества кормов – 21,1 %. Это свидетельствует о большей способности превращать сухое вещество полнорационной смеси в абсолютный прирост живой массы и мякоть туши.

Из расчетов, основанных на результатах опыта, следует преимущество выращивания бычков симментальской породы в условиях круглогодичного скармливания консервированных кормов. О нем можно утверждать с высокой степенью достоверности, поскольку оно определено экономическими, энергетическими и технологическими аспектами. Соответственно, можно оценить любой элемент процесса производства говядины, да и всей технологии вообще. Для этого предлагаем рассчитывать комплексный коэффициент эффективности технологии производства говядины (КЭТ) по следующей формуле:

$$КЭТ = (АП/\sum СВ + V_1/Q + Пр./Спр.) \times 100 \% \quad (5)$$

В данной работе повышение эффективности технологии производства говядины в молочном скотоводстве при оптимизации породного фактора составляет 13,7 %:

$$КЭТ (II гр.) = (172,0/1871,4 + 595,06/24954,3 + 658,8/2781,4) \times 100 \% = 35,3 \%;$$

$$КЭТ (I гр.) = (154,7/1871,4 + 526,84/24954,3 + 312,6/2781,4) \times 100 \% = 21,6 \%;$$

$$\Delta КЭТ = 35,3 \% - 21,6 \% = 13,7 \%.$$

Отдельно необходимо отметить, что такой однозначный показатель, как комплексный коэффициент эффективности технологии производства говядины, может быть обработан статистически по каждой группе животных, что позволяет сделать максимально объективные выводы по результатам исследований.

**Выводы.** Использование методики комплексной оценки эффективности технологии производства говядины позволяет с высокой степенью достоверности судить об эффективности усовершенствования ее элементов, поскольку данная методика дает возможность одновременно анали-

зировать комплекс зоотехнических, экономических и энергетических аспектов соответствующего технологического процесса.

### Литература

1. Медведев А.Ю., Ліннік В.С. Настанова до упровадження енергозберігаючої технології виробництва яловичини у молочному скотарстві /. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2012. – 65 с.
2. Медведев А.Ю., Ліннік В.С. Теоретичне та практичне обґрунтування енергозберігаючої технології виробництва яловичини за цілорічного використання консервиваних кормів. – Луганськ: Елтон-2, 2011. – 222 с.
3. Медведев А.Ю., Ліннік В.С. Методичні вказівки до проведення оцінки біоенергетичної ефективності альтернативної енергозберігаючої технології виробництва яловичини. – Луганськ: Елтон-2, 2011. – 19 с.
4. Зубець М.В., Богданов Г.О., Кандиба В.М. Теоретичні основи формування м'ясої продуктивності великої рогатої худоби в онтогенезі і обґрунтування породних технологій інтенсивного виробництва яловичини в Україні. – Харків: Золоті сторінки, 2006. – 388 с.
5. Теорія і практика нормованої годівлі великої рогатої худоби / за ред. В.М. Кандиби, І.І. Ібатулліна, В.І. Костенка. – Житомир, 2012. – 860 с.
6. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке технологий производства продукции животноводства. – М.: Изд-во ВАСХНИИП, 1985. – 44 с.
7. Михайлов С.І., Рудий М.М., Бугуцький О.А. Економіка виробництва яловичини / за ред. Л.І. Касьянова. – Київ: Урожай, 1987. – 126 с.



УДК 619:616-091.1:636.7

Т.И. Вахрушева

### ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ИНФЕКЦИОННОМ ГЕПАТИТЕ У СОБАК

В работе представлены результаты исследования патоморфологических изменений органов и тканей при инфекционном гепатите у собак.

**Ключевые слова:** вирусные болезни собак, инфекционный гепатит плотоядных, патологическая анатомия, патоморфологические изменения.

T.I. Vakhrusheva

### PATHOLOGICAL MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE INFECTIOUS HEPATITIS OF DOGS

The research results of the pathological morphological changes of organs and tissues in the infectious hepatitis of dogs are presented in the article.

**Key words:** viral diseases of dogs, carnivore infectious hepatitis, pathological anatomy, pathological morphological changes.

**Введение.** Инфекционный гепатит плотоядных (Hepatitis infectiosa canine) – это острая контактионная вирусная болезнь собак и других представителей семейства псовых, проявляющаяся лихорадкой, фолликулярным конъюнктивитом, катаральным воспалением слизистых оболочек дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта, а также выраженными поражениями печени и центральной нервной системы [1, 3].

Инфекционный гепатит собак зарегистрирован во многих странах мира, в том числе широко распространен в России. Болезнь поражает значительную группу плотоядных, в том числе собак

различных пород и возрастов, но наиболее часто заболевают щенки в возрасте 2–6 месяцев [2, 3]. Процент смертельных исходов составляет 30–40 %. Многие отечественные и зарубежные авторы отмечают, что самки-вирусоносители в течение многих лет могут заражать своих щенят и самцов-производителей [2].

Инфекционный гепатит собак наносит большой экономический ущерб собаководству, вместе с тем патоморфологические изменения при инфекционном гепатите у собак недостаточно изучены. Ряд авторов [2, 6, 7] ссылаются на то, что патоморфология изменений при инфекционном гепатите у собак весьма разнообразна и часто указывает лишь на изменения в таких органах, как печень и желчный пузырь, а также на признаки желтухи [3–5]. Недостаточность данных о патолого-анатомических изменениях при инфекционном гепатите у собак затрудняет посмертную диагностику данного заболевания, что в конечном итоге может привести к распространению инфекции и новым случаям заражения и гибели животных. С учетом вышесказанного изучение патоморфологии изменений органов и тканей при инфекционном гепатите у плотоядных является актуальным.

**Цель исследований.** Изучить патоморфологические изменения органов и тканей при инфекционном гепатите у собак.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены во второй половине 2013 года на кафедре анатомии, патологической анатомии и хирургии Института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет». Объектом исследования являлись трупы собак породы сенбернар: 3 трупа щенков в возрасте 3–4 месяцев, 3 трупа щенков в возрасте 4–5 месяцев, 3 трупа щенков 5–6-месячного возраста. Всего исследовано 9 трупов щенков, павших вследствие переболевания острой, подострой и хронической формами инфекционного гепатита плотоядных.

Патолого-анатомическое вскрытие проводилось в прозектории кафедры анатомии, патологической анатомии и хирургии при дневном свете; вскрытие трупов осуществлялось в спинном положении, органы извлекались методом полной эвисцерации, по окончании вскрытия из органов были изготовлены влажные патолого-анатомические препараты.

Патологический материал от трупов с целью подтверждения диагноза направлялся в КГКУ «Краевая ветеринарная лаборатория» для вирусологического исследования, где был поставлен диагноз: инфекционный вирусный гепатит собак (*Hepatitis infectiosa*), аналогичный прижизненный диагноз был подтвержден у остальных больных щенков помета методом обнаружения антител к вирусу гепатита в реакции диффузной преципитации в агаровом геле (РДП).

**Результаты исследований.** В течение трех месяцев было проведено патолого-анатомическое вскрытие трупов щенков породы сенбернар от 3- до 6-месячного возраста с целью установления причины смерти. Из анамнеза известно, что павшие щенки содержались вместе (9 голов) в питомнике, животные не были вакцинированы. Клинически у всех щенков помета заболевание проявлялось следующими симптомами: общее угнетение, повышение температуры тела до 40–41°C, судороги, отказ от корма, частая рвота с примесью желчи, диарея с присутствием в каловых массах большого количества слизи и крови, желтушность видимых слизистых оболочек отсутствовала. Применяемая противобактериальная и симптоматическая терапия была неэффективна, вследствие чего 3 щенка погибли в возрасте 3 месяцев, после чего было проведено диагностическое патолого-анатомическое вскрытие трупов и поставлен предварительный диагноз: инфекционный гепатит плотоядных. Вирусологические исследования патологического материала от трупов с целью подтверждения диагноза проводились в КГКУ «Краевая ветеринарная лаборатория», где был поставлен диагноз: инфекционный вирусный гепатит собак (*Hepatitis infectiosa*), аналогичный прижизненный диагноз был подтвержден у остальных больных щенков помета методом обнаружения антител к вирусу гепатита в реакции диффузной преципитации в агаровом геле (РДП). В схему лечения были введены противовирусные препараты, но лечение не дало положительных результатов, вследствие чего в течение последующих 3 месяцев пало 6 щенков помета, что дало возможность проследить динамику патолого-анатомических изменений у щенков на разных стадиях болезни (острое и хроническое течение).

При вскрытии трупов щенков обнаружилась следующая картина патолого-анатомических изменений: в 100 % случаев наблюдались изменения в печени в виде острого гепатита и зернисто-жировой дистрофии, в трех случаях вскрытия щенков в возрасте 3 месяцев (33,3 %) отмечалось острое течение процесса: печень значительно увеличена в объеме, набухшая, края притуплены, поверхность гладкая, окраска неравномерная, на темно-красном фоне полосчатые очаги серо-желтого цвета, на разрезе паренхима выбухает, рисунок печеночных долек стерт, соскоб с поверхности разреза обильный; консистенция органа плотная, но при этом ткань печени ломкая, легко рвется, что свидетельствует о преобладании альтеративных процессов (рис. 1).

При более длительном течении болезни у щенков в возрасте от 4 до 6 месяцев воспалительный процесс приобретал хронический характер с активизацией пролиферативных процессов – орган увеличен, края притуплены, поверхность гладкая или мелкозернистая, окраска неравномерная от серо-красного до серо-желтого цвета, на разрезе рисунок печеночных долек выражен хорошо, соскоб с поверхности разреза умеренный, консистенция упругая, плотная.

Также во всех случаях вскрытия (100 %) отмечались изменения в желчном пузыре, где обнаруживалась картина катарального или серозно-катарального холецистита, при этом у 33,3 % трупов щенков отмечалось острое течение процесса (3-месячные щенки): орган увеличен в объеме до 8–9 см в длину и 4–5 см в ширину, переполнен желчью, стенка напряжена, желчь жидкой слизистой консистенции, красно-желтого цвета, слизистая оболочка утолщена, набухшая, покрыта жидким слизью, в 50 % случаев отмечались точечные кровоизлияния. При более длительном течении болезни (4–6-месячные щенки) воспалительный процесс имел подострое или хроническое течение (66,6 %).

Патоморфологические изменения в селезенке характеризовали картину острого гиперпластического спленита, выраженные признаки которого отмечались при вскрытии 4 трупов щенков (44,4 %) 3–4-месячного возраста. Селезенка резко увеличена в объеме, края притуплены, капсула напряжена, цвет органа – черно-красный, на разрезе паренхима выбухает, рисунок ткани сглажен, пульпа – зернистая, соскоб с поверхности разреза значительный (рис. 2).



Рис. 1. Острый гепатит  
и зернисто-жировая дистрофия печени



Рис. 2. Острый спленит  
и гиперплазия селезенки

У трупов 3 щенков в возрасте 4–5–6 месяцев (33,3 %) отмечалась умеренная гиперплазия селезенки. Орган несколько увеличен в размерах, края притуплены, поверхность мелкозернистая, консистенция уплотнена, на разрезе – соскоб незначительный.

При вскрытии 2 трупов щенков в возрасте 6 месяцев (22,2 %) отмечались признаки атрофии селезенки.

В подчелюстных, заглоточных, поверхностных шейных, глубоких шейных, печеночных, поджелудочно-двенадцатиперстных и тощекишечных лимфатических узлах обнаруживались изменения, характерные для острого серозного лимфаденита, который отмечался в 55,5 % случаев у трупов щенков в возрасте от 3- до 4-месячного возраста. У щенков более старшей возрастной группы был отмечен хронический гиперпластический лимфаденит, при котором лимфатические узлы увеличены, с бугристой поверхностью, окрашены в серый цвет, плотной консистенции.

У трупов щенков, погибших в возрасте 3-4 месяцев (44,4 %), отмечались признаки острого серозно-геморрагического перитонита, которые выражались скоплением в брюшной полости мутной жидкости желто-красного цвета в количестве от 150 до 250 мл, серозные покровы брюшной полости набухшие, гиперемированы, сосуды повышенно кровенаполнены.

Патоморфологические изменения в желудке также носили постоянный характер (100 %) и соответствовали картине катарального гастрита – у щенков в возрасте 3-4 месяцев течение воспалительного процесса было острым и имело геморрагический акцент, у щенков в более старшем возрасте (у щенков 5-6 месяцев) отмечался хронический катаральный гастрит (рис. 3).



Рис. 3. Острый катарально-геморрагический гастрит



Рис. 4. Хронический катаральный гастрит

Патолого-анатомические изменения в кишечнике были характерны для катарально-геморрагического или катарального энтерита – при вскрытии 4 трупов щенков в возрасте 3-4 месяцев (44,4 %) был обнаружен острый катарально-геморрагический энтерит, при этом слизистая тонкого отдела кишечника утолщена, набухшая, складчатая, покрыта слизью темно-красного цвета, на поверхности складок – полосчатые кровоизлияния. Содержимое кишечника жидкой консистенции, красно-коричневого цвета, с примесью слизи.

При вскрытии трупов щенков 5- и 6-месячного возраста обнаруживались признаки подострого и хронического катарального энтерита: слизистая утолщена, набухшая, незначительно покрасневшая, покрыта густой, плохо смываемой слизью серого цвета, содержимое кишечника – жидкой кон-

системии, желто-коричневого цвета. Также в тонком отделе кишечника при вскрытии трупов 3 щенков (33,3 %) в возрасте 3–4 месяцев и у одного щенка (11,1 %) в возрасте 5 месяцев отмечалась восходящая инвагинация петель (рис. 5).

Исследования поджелудочной железы показали, что у щенков, погибших от острого течения инфекционного гепатита (44,4 %), отмечались признаки острого серозного панкреатита и точечные кровоизлияния в ткани органа. У щенков более старшего возраста, страдавших острой и подострой формами болезни, отмечался хронический панкреатит (55,5 %) и цирроз поджелудочной железы (44,4 %).

В толстом отделе кишечника при вскрытии 4 трупов щенков в возрасте 3–4 месяцев наблюдались изменения, характерные для острого геморрагического некротизирующего колита: слизистая оболочка утолщена, набухшая, складчатая, пропитана выпотом темно-красного цвета, на поверхности – множественные очажки некрозов серо-бурового цвета размером 1–2 мм, содержимое кишечника – жидкой консистенции, коричнево-красного цвета (рис. 6).

Факт развития подобных изменений в толстом кишечнике был настораживающим в плане осложнения другими инфекциями, так как геморрагический некротизирующий колит, по данным некоторых авторов [3, 7], не является специфичным патолого-анатомическим признаком инфекционного гепатита плотоядных у собак.

Для установления причины развития острого геморрагического некротизирующего колита в качестве патологического материала от всех больных щенков помета для копрологического исследования был взят кал, в котором при исследовании в КГКУ «Краевая ветеринарная лаборатория» были обнаружены возбудители бластроцистоза (*Blastocystis felis*), после чего в схему противовирусного лечения были включены противопротозойные препараты, при этом на фоне общей симптоматики, характерной для инфекционного гепатита, наблюдались определенные улучшения: прекращение диареи и отсутствие в каловых массах примеси крови, то есть исчезновение характерных для бластроцистоза симптомов [8]. При последующих патолого-анатомических вскрытиях трупов щенков, погибших в возрасте 5–6 месяцев, наблюдались признаки хронического катарального колита, острого геморрагического колита; участки некрозов слизистой оболочки толстого отдела кишечника, нехарактерные для этого заболевания, отсутствовали.

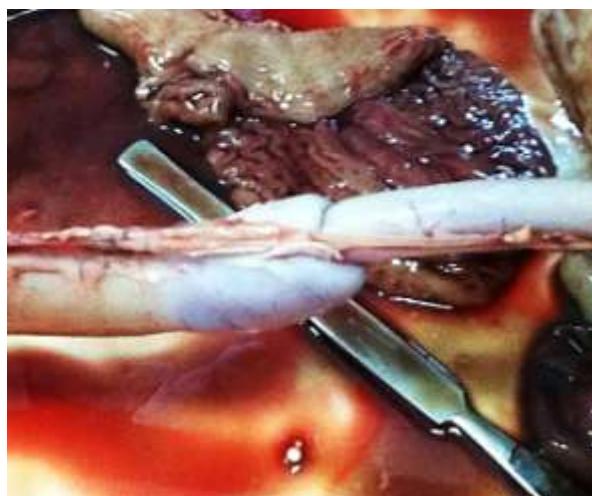


Рис. 5. Инвагинация тонкого кишечника



Рис. 6. Острый геморрагический некротизирующий колит

Атрофия тимуса является, по данным некоторых авторов [5], характерным признаком инфекционного гепатита плотоядных. При вскрытии трупов щенков атрофия тимуса отмечалась в 100 %

случаев, причем в большей степени атрофические изменения были выражены у трупов щенков в возрасте от 4- до 6-месячного возраста. Орган сильно уменьшен в размерах, местами истончен, дряблой консистенции, серого цвета. Подобные изменения можно расценить как акцидентальную инволюцию, являющуюся признаком вторичного иммунодефицита, возрастная инволюция тимуса у собак крупных пород начинается в период полового созревания [6].

Патолого-анатомические изменения сердца не были специфичными и выражались в виде острой застойной гиперемии и зернистой дистрофии миокарда, которая отмечалась при вскрытии трупов 5 щенков, 3–4-месячного возраста (55,5 %), павших с признаками острого течения болезни: сердечная мышца мягкой консистенции, темно-вишневого цвета с серым оттенком, дряблая, набухшая (рис. 7). У трупов щенков 5–6-месячного возраста (44,4 %), страдавших хроническим течением инфекционного гепатита, отмечались признаки атрофии и зернистой дистрофии миокарда: сердечная мышца истончена, дряблой консистенции, серого цвета, напоминает ошпаренное кипятком мясо, рисунок мышечных волокон слажен (рис. 8). Острая дилатация сердечных полостей обнаруживалась в 100 % случаев вскрытия, полости сердца растянуты, значительно заполнены жидкой кровью и рыхлыми свертками черно-красного цвета (асфиксическая кровь).



Рис. 7. Острая застойная гиперемия миокарда

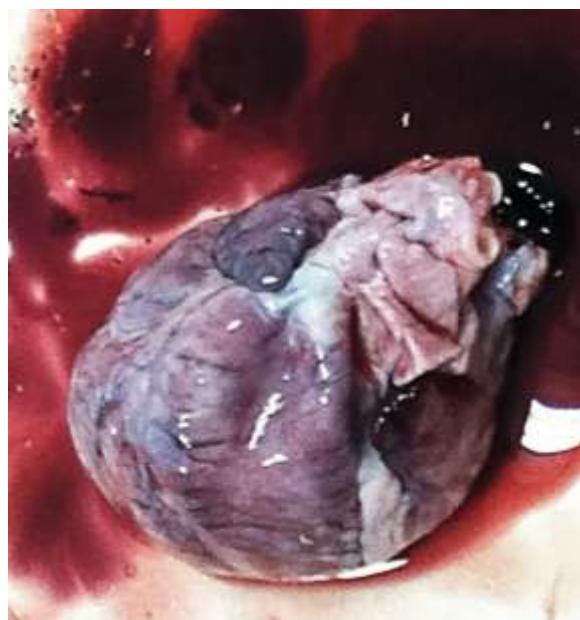


Рис. 8. Атрофия миокарда

При исследовании почек у 4 щенков, погибших в возрасте 3–4 месяцев при остром течении инфекционного гепатита (44,4 %), отмечались признаки острого нефрита и застойной гиперемии. Почки набухшие, темно-вишневого цвета, капсула снимается легко, на разрезе паренхима выбухает, ткань паренхимы отечна, сочна, граница между корковым и мозговым веществом слажена (рис. 9).

У щенков в возрасте 5–6 месяцев патолого-анатомические изменения в почках характеризовали картину выраженной зернистой дистрофии.

Исследования головного мозга щенков показали, что при остром течении гепатита патолого-анатомические изменения соответствовали картине острого менингита, застойной гиперемии сосудов и отека вещества головного мозга у 4 щенков (44,4 %) (рис. 9). При хроническом течении болезни у 3 щенков (33,3 %) отмечались застойная гиперемия сосудов и отек вещества головного мозга.



Рис. 9. Острый серозный нефрит и застойная гиперемия почек

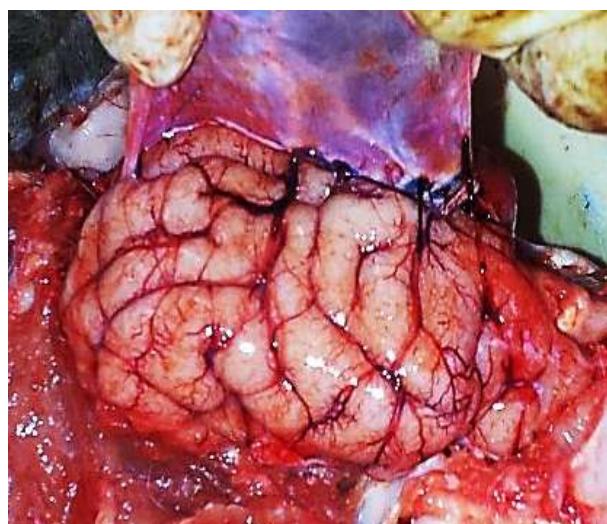


Рис. 10. Острый менингит, застойная гиперемия и отек головного мозга

При наружном осмотре у щенков, павших при остром течении болезни (44,4 %), были обнаружены признаки острого серозно-катарального конъюнктивита и ринита. При вскрытии трупов щенков, павших в возрасте от 4 до 6 месяцев, подобные изменения отсутствовали, вследствие чего можно предположить, что причиной их развития стало осложнение вирусной инфекции вторичной микрофлорой на фоне иммунодефицитного состояния.

Патоморфологические изменения в легких были характерны для острой застойной гиперемии и отека, которые отмечались в 100 % случаев вскрытия. У 4 щенков, павших от острого течения инфекционного гепатита, были обнаружены участки острой серозной лобулярной пневмонии, при хроническом течении болезни изменений воспалительного характера в легких не наблюдалось.

Примечательным остается факт отсутствия в большинстве случаях вскрытия трупов (77,7 %), как при остром, так и при хроническом течении болезни, видимых невооруженным глазом признаков желтухи, которая является одним из характерных признаков инфекционного гепатита у плотоядных [7]. Слабо выраженная желтушность слизистых оболочек и серозных покровов наблюдалась при вскрытии 3 трупов щенков (33,3 %) в возрасте 5–6 месяцев.

**Выводы.** На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что патогномичными изменениями органов и тканей при инфекционном гепатите являются: острый паренхиматозный гепатит и зернисто-жировая дистрофия печени; острый серозно-катаральный холецистит; острый спленит и гиперплазия селезенки; острый серозный лимфаденит; атрофия тимуса; острый нефрит и застойная гиперемия почек; острый серозный панкреатит; острый катарально-геморрагический гастрит; острый катарально-геморрагический энтероколит; острый менингит, застойная гиперемия и отек вещества головного мозга; острый серозно-катаральный ринит; острый серозно-катаральный конъюнктивит; острые застойные гиперемии и зернистая дистрофия миокарда и дилатация сердечных полостей; острые очаговые серозные пневмонии, острые застойные гиперемии и отек легких. Смерть животных наступает вследствие развития воспалительных изменений в головном мозге и его оболочках, паралича сосудодвигательного и дыхательного центров и развившихся на их фоне паралича сердца, отека легких и асфиксии.

При этом необходимо отметить следующее: геморрагический некротизирующий колит, по всей вероятности, не является характерным признаком инфекционного гепатита у собак, так как данные изменения не наблюдались при вскрытии трупов щенков, которым в качестве лечения при

жизни применялись противопротозойные препараты (Metronidazole). Вследствие чего можно считать, что причиной развития геморрагического некротизирующего колита у щенков стало осложнение инфекционного гепатита бластроцистозом (*Blastocystis felis*). Также заслуживает внимания тот факт, что ни в одном из случаев вскрытия трупов щенков, павших от острого течения болезни, не было обнаружено видимых признаков желтухи, следовательно – желтуха не является постоянным патоморфологическим признаком острой формы инфекционного гепатита.

Характерными патоморфологическими изменениями органов и тканей при хронической форме инфекционного гепатита плотоядных у собак можно считать: хронический интерстициальный гепатит и зернисто-жировую дистрофию печени; хронический катаральный холецистит; слабовыраженную желтуху слизистых и серозных; гиперплазию селезенки; хронический гиперпластический лимфаденит; атрофию тимуса; зернисто-жировую дистрофию почек; хронический панкреатит и цирроз поджелудочной железы; хронический катаральный гастрит; хронический катаральный энтероколит; застойную гиперемию и отек вещества головного мозга; атрофию и зернистую дистрофию миокарда и дилатацию сердечных полостей; острую застойную гиперемию и отек легких. Смерть животных наступает от застойной гиперемии и отека легких вследствие острой сердечной недостаточности, развившейся на фоне атрофии и дистрофии миокарда.

### **Литература**

1. Мальцева Б.М. Контагиозные болезни плотоядных пушных зверей и их профилактика // Ветеринария. – 2000. – № 1. – С. 173.
2. Уколова М.В. Гепатиты собак в условиях мегаполиса (этиология, патогенез, особенности распространения, терапия): дис. ... канд. вет. наук. – М., 2005. – 148 с.
3. Китаев Н.С., Петрова О.Г. Эпизоотологические особенности инфекционного гепатита собак в условиях г. Екатеринбурга // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург, 2010. – № 11-2 (77). – С. 25.
4. Соловьева Л.Н., Головаха В.И., Утченко Н.В. Клинико-биохимические и гистологические изменения печени у собак при гепатитах и гепатозах // Вестник Белоцерков. гос. аграр. ун-та. – Белая Церковь, 2001.– № 18.– С. 142–147
5. Левтеров Д.Е. Патоморфология иммунных органов у собак при инфекционном гепатите: дис. ... канд. вет. наук. – СПб., 2005. – 117 с.
6. Сизова Е.А. Особенности строения и кровоснабжения тимуса собак в онтогенезе: дис. ... канд. биол. наук. – Оренбург, 2004. – 199 с.
7. Колыч Н.Б. Патоморфологические изменения при инфекционном гепатите собак // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – Новосибирск, 2014. – № 5. – С. 222–226.
8. Вахрушева Т.И., Синюкова Е.А. Клиническое проявление бластроцистоза у плотоядных // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2014. – С. 90–93.



## МАКРО- И МИКРОМОРФОЛОГИЯ ПЕЧЕНИ ОВЕЦ ТУВИНСКОЙ КОРОТКОЖИРНОХВОСТОЙ ПОРОДЫ

В статье приведены результаты исследования макро- и микроморфологии печени у овец тувинской короткохвостой породы. Представлены данные по морфометрическим и гистологическим особенностям долей, долек печени, желчного пузыря, триады, гепатоцитов и синусоидных капилляров.

**Ключевые слова:** печень, овца, гистология, морфометрия, гепатоцит.

Wang Ben, N.V. Donkova

## THE LIVER MACRO- AND MICROMORPHOLOGY OF THE SHEEP OF THE TUVINIAN SHORT-FAT-TAILED BREED

The research results on the liver macro- and micromorphology of the sheep of the Tuvian short-fat-tailed breed are given in the article. The data on the morphometric and histological peculiarities of the lobes, the lobules of the liver, gallbladder, triad, hepatocytes and sinusoidal capillaries are presented.

**Key words:** liver, sheep, histology, morphometry, hepatocyte.

**Введение.** Печень выполняет многообразные функции в организме, нарушение которых приводит к отставанию в росте и развитии молодняка животных, снижению продуктивности. Поэтому знание особенностей строения печени как органа, выполняющего роль биологического фильтра на пути поступления экзогенных токсикантов в системный кровоток, является актуальным [2, 4].

Особенности анатомии и топографии печени у овец представлены в учебниках и учебных пособиях [1, 3]. Породные особенности строения печени у овец представлены в работе О.И. Убашеева [5], который изучал морфофункцию печени овцы аборигенной бурятской грубошерстной породы под влиянием суровых климатических условий существования и характера кормового рациона, оказавших влияние на тонкую структурно-функциональную характеристику печени и других органов.

В научной литературе сведения, касающиеся макроморфологических и микроструктурных особенностей печени у тувинской короткохвостой породы, отсутствуют, что и послужило поводом к их изучению.

**Цель исследования.** Изучение макро- и микроморфологии печени у овец тувинской короткохвостой породы.

**Материалы и методы исследования.** Работа выполнена в 2014 г. на базе Аскизской ветеринарной станции Республики Хакасия, а также на кафедре анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета. Объектом исследования являлись овцы (валухи) тувинской короткохвостой породы 6,5-месячного возраста. 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 с поверхности и на разрезе.

Кусочки печени фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина, промывали под проточной водой в течение суток и обезвоживали путем применения спиртов возрастающей крепости (спирт: 50, 60, 70, 80, 96 и 100%), в каждом из которых материал находился по 12 часов. Затем материал заливали в парафин по общепринятой методике. Срезы толщиной 5–7 мкм изготавливали на микротоме с электроприводом и микропроцессорным управлением МЗП-01 «Техном». Для получения обзорных препаратов депарафинированные срезы окрашивали гематоксилином Эрлиха и эозином и заключали под покровное стекло с канадским бальзамом. Гистологические препараты просматривали под световыми микроскопами МикМед-5 и MS 100 (Austria), при объективе 4x; 10x; 40x и 90x. Микрофотосъемку производили фотоаппаратом Canon A630. Микрометрические измерения – при помощи программного комплекса Biographica Cito 2.0. Статистическую обработку полученных данных – с использованием компьютерной программы Statistica.

**Результаты собственных исследований и обсуждение.** Нами установлено, что печень у овец тувинской короткохирнохвостой породы 6,5-месячного возраста находится в передней части брюшной полости, примыкает к диафрагме в правом подреберье. Различаются две поверхности: 1) выпуклая диафрагмальная поверхность, примыкающая к диафрагме (рис. 1), и 2) вогнутая висцеральная поверхность, обращенная к желудку с преджелудками и кишечнику (рис. 2). На висцеральной поверхности почти в центре находятся ворота печени (рис. 2, а), которые представлены в виде короткой глубокой бороздки. В ворота печени входят воротная вена (рис. 2, б), печеночная артерия и нервы, а выходят желчный проток и печеночные вены. В области ворот печени располагаются лимфатические узлы (рис. 2, в). Кроме того, на висцеральной поверхности печени овец лежит желчный пузырь (рис. 2, г). С соседними диафрагмой, двенадцатиперстной кишкой и почкой печень соединяется связками, с малой кривизной желудка – малым сальником.

Печень овец буро-красного цвета. В ней различают тупой край и острый. На тупом крае имеются две неглубокие вырезки: пищеводная и вырезка для каудальной полой вены. Вырезки со стороны острого края делят печень на доли: левую и правую. На правой доле различаются хвостатая доля с хвостатым и сосцевидным отростками и квадратная доля. Сосцевидный отросток нависает над воротами печени (рис. 2).

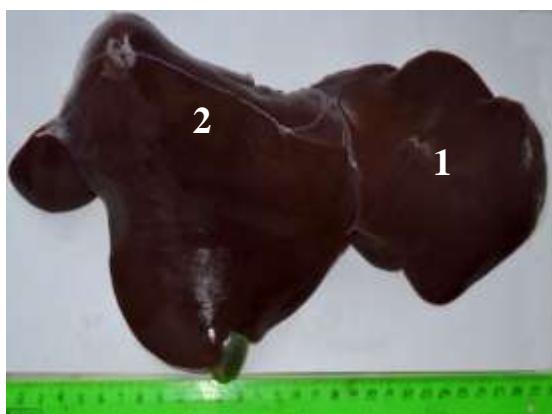


Рис. 1. Печень овцы, диафрагмальная поверхность:  
1 – левая доля; 2 – правая доля



Рис. 2. Печень овцы, висцеральная поверхность:  
1 – левая доля; 2 – правая доля; 3 – хвостатая доля; 4 – квадратная доля; 5 – хвостатый отросток; 6 – сосцевидный отросток; а – ворота печени; б – воротная вена; в – лимфатический узел; г – желчный пузырь

Абсолютная масса печени с желчным пузырем у 6,5-месячных валухов составляет в среднем 548,6 г. Относительная масса органа – 1,3 %, учитывая, что живая масса валухов в этом возрасте составляет в среднем 41 кг (табл. 1).

Абсолютная и относительная масса печени овец тувинской короткохирнохвостой породы 6,5 месяцев (п = 8)

Живая масса, кг	Абсолютная масса печени с желчным пузырем, г	Относительная масса печени с желчным пузырем, %
41±1,96	548,6±13,19	1,3±0,05

Результаты измерения линейных размеров долей печени представлены в таблице 2, откуда следует, что наибольшие линейные размеры у левой доли, а наименьшие – у хвостатой.

Таблица 1

Таблица 2

Линейные размеры долей печени у овец тувинской короткохвостой породы 6,5 месяцев ( $n = 8$ ), см

Показатель	Левая доля	Правая доля	Хвостатая доля	Квадратная доля	Хвостатый отросток	Сосцевидный отросток
Длина	10,3	15	7	4,5	3,5	1,1
Ширина	12,6	13,2	3,3	6,8	7,7	2,2

При исследовании печени под микроскопом установлено, что печень имеет дольчатое строение, форма долек варьирует от овально-округлой до многоугольной, размеры долек составляют в ширину  $567,49 \pm 70,13$  мкм и в длину  $595,39 \pm 87,64$  мкм. Соединительнотканые перегородки выражены слабо (рис. 3).

В центре дольки, а иногда эксцентрично, расположена центральная вена дольки – вена безмышечного типа, эндотелий прерывистый. Форма центральной вены от округлой до овальной, просвет хорошо выражен, размер просвета овала составляет в ширину  $61,90 \pm 4,17$  мкм и в длину  $96,06 \pm 24,31$  мкм. В просвете центральной вены иногда встречаются остатки крови (рис. 4).

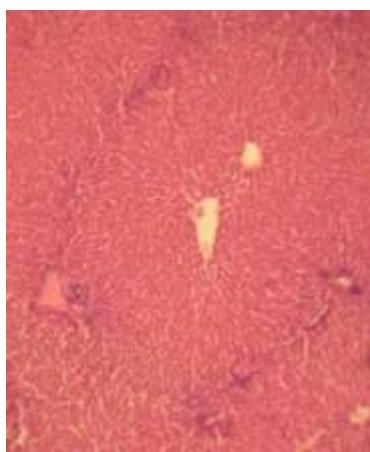


Рис. 3. Долька печени. Об. 10х.  
Окраска: гематоксилин и эозин

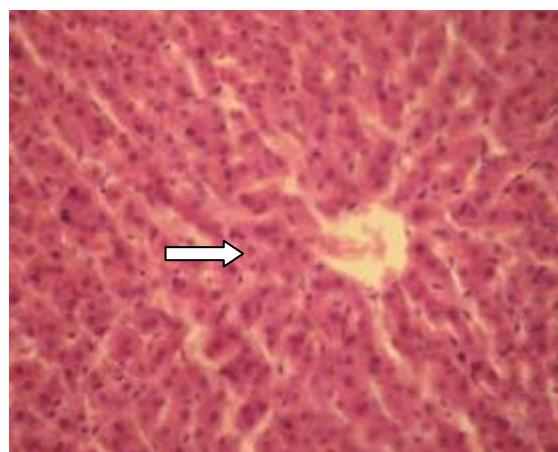


Рис. 4. Центральная вена. Об. 40х.  
Окраска: гематоксилин и эозин

Радиально от центральной вены к границам дольки располагаются тяжи печеночных клеток (гепатоцитов) – печеночные балки. Гепатоциты имеют 4–5-угольную, иногда овальную вытянутую форму. Размеры гепатоцитов составляют в ширину  $11,04 \pm 0,85$  мкм и в длину  $11,39 \pm 0,98$  мкм. Цитоплазма гепатоцитов однородно-оксифильная, в ней просматривается мелкая зернистость. Гепатоциты содержат круглое или овальное базофильное ядро, расположенное, как правило, в центре клетки. Большинство гепатоцитов содержит одно ядро, но встречаются клетки и с двумя ядрами (рис. 5). Размеры ядер составляют в диаметре  $5,86 \pm 0,21$  мкм на  $5,44 \pm 0,07$  мкм. На фоне слабобазофильной кариоплазмы видны одно или два ядрышка. Хроматин расположен в основном у кариолеммы. Синусоидные капилляры умеренно расширены.

В междольковой соединительной ткани встречаются поперечные срезы междольковых сосудов – артерии, вены и желчный проток (рис. 6). Они лежат рядом и формируют триаду. Наиболее крупным сосудом триады является вена, она имеет крупный просвет неправильной формы. Диаметр вены составляет в длину 153,34 мкм, в ширину 45,04 мкм. Эндотелий сплошной, мышечная оболочка представлена гладкими миоцитами. Желчные протоки в зоне триады мелкие, размеры поперечного сечения составляет от 19,33 до 19,6 мкм. Просветы желчных протоков выстланы кубическими эпителиоцитами, что отличает их от артерий. Артерии триады мелкие, просветы узкие, внутренняя оболочка (интима) извилистая, выстлана плоскими эндотелиоцитами. Диаметр артерии в зоне триады составляет в среднем 13,49 мкм. В зоне триады (портальной зоне) иногда встречаются скопления лейкоцитов.

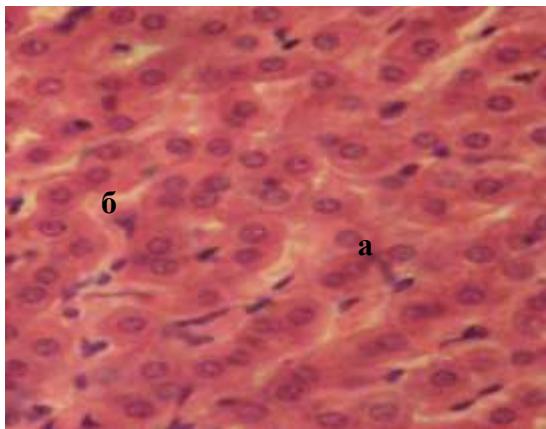


Рис. 5. Гепатоциты: а – с одним ядром; б – с двумя ядрами. Об. 40х. Окраска: гематоксилин и эозин

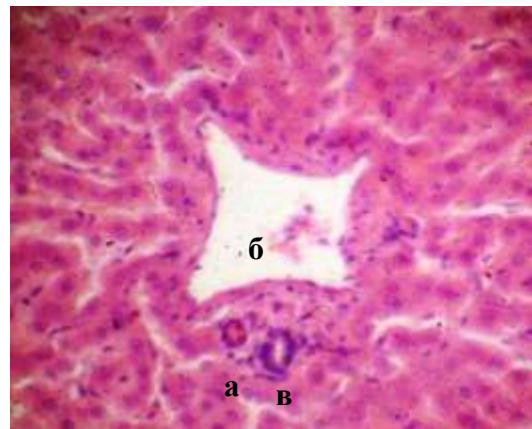


Рис.6. Триада: а – артерия; б – вена; в – желчный проток. Об. 40х. Окраска: гематоксилин и эозин

Соединительная ткань в печени валухов развита слабо, наибольшее ее количество выявляется на границе левой и правой долей и в районе ворот печени, где проходят крупные желчные протоки, вены и артерии (рис. 7).

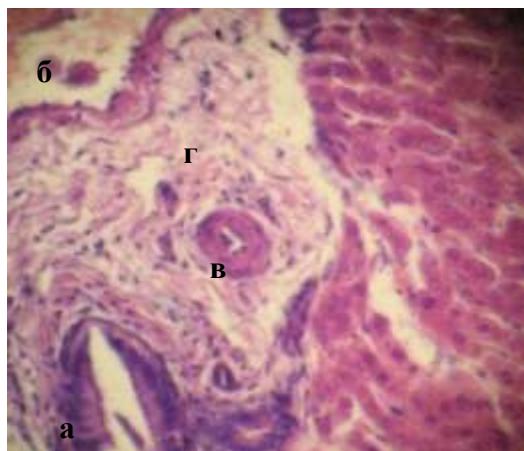


Рис. 7. Участок на границе долей печени: а – желчный проток; б – вена; в – артерия; г – соединительная ткань. Об. 40х. Окраска: гематоксилин и эозин

**Выводы.** Таким образом, исследование печени у овец тувинской короткохвостой породы на макро- и микроскопическом уровне показало, что абсолютная масса органа у 6,5-месячных животных составляет 548,6 г, а относительная – 1,3 %. Орган состоит из левой и правой долей. Наибольшие линейные размеры имеет правая доля, на ее висцеральной поверхности печени различаются хвостатая доля с хвостатым отростком и квадратная доля. Желчный пузырь расположен на правой доле висцеральной поверхности печени, край желчного пузыря свисает за свободный край печени. Микроскопически печень состоит из долек размерами до 595 мкм, соединительная ткань на границах долек слабо развита. Диаметр просвета центральной вены безмышечного типа достигает 96,06 мкм. Триада имеет типичное строение и состоит из артерии мышечного типа, портальной вены и артерии. Паренхима печени представлена одно-двудерными гепатоцитами 4–5-угольной и овальной формы, размерами до  $11,39 \pm 0,98$  мкм. Ядра гепатоцитов округлой или овальной формы, размерами до  $5,86 \pm 0,21$  мкм содержат 1–2 ядрышка. На границе долей соединительная ткань развита хорошо, здесь проходят крупные кровеносные сосуды и желчные протоки.

## Литература

1. Акаевский А.И., Юдичев Ю.Ф., Селезнев С.Б. Анатомия домашних животных / под ред. С.Б. Селезнёва. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Аквариум-Принт», 2005. – С. 313–317.
2. Байматов Н.В. Коррекция морфофункциональных нарушений печени в комплексном хирургическом лечении ее токсических поражений: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Горький, 2007. – 24 с.
3. Климов А.Ф., Акаевский А.И. Анатомия домашних животных: учеб. – СПб.: Лань, 2003. – 1040 с.
4. Лемещенко В.В., Скобельская Т.П. Анатомо-топографические особенности печени у ягнят новорожденного периода // Науч. тр. южного филиала Национального ун-та биоресурсов и природопользования Украины. – Крым. агротехнол. ун-та. Сер. Ветеринарные науки. – 2013. – № 155. – С. 22–29.
5. Убашеев О.И. Анатомо-гистологическая характеристика печени бурятской грубошерстной овцы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2003. – 21 с.



УДК 636: 611.63/.64

Р.Ц. Цыдыпов

### СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРИДАТКЕ СЕМЕННИКА ХРЯКОВ В ВОЗРАСТНОМ АСПЕКТЕ

В данной статье приводятся данные исследования гистологического строения придатков семенника хряков в возрастном аспекте (1-, 3-, 5-, 7-, 9- и 12-месячных возрастов), а также содержания в них белковых и углеводных компонентов.

**Ключевые слова:** придаток семенника, хряки, белок, эпителий, сиалогликопротеины, протеогликаны, гликоген, гиалуронаты.

R.Ts. Tsydypov

### THE CONTENT OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN THE BOAR EPIDIDYMIS TESTIS IN THE AGE ASPECT

The article provides the research data on the histological structure of the boar epididymis testis in the age aspect (1-, 3-, 5-, 7-, 9- and 12-month age) as well as the content of protein and carbohydrate components in them.

**Key words:** epididymis testis, boars, protein, epithelium, sialoglycoproteins, proteoglycans, glycogen, hyaluronates.

**Введение.** Андрологические болезни наносят немалый экономический ущерб хозяйствам, занимающимся выращиванием репродуктивного молодняка, где сконцентрировано основное поголовье ценного в племенном отношении биологического потенциала. Практика ведения животноводства требует от биологической науки всестороннего познания закономерностей морфофункциональных особенностей как всего организма, так и отдельных систем и органов животных. Раскрытие механизмов регуляции воспроизводства, изменение новых подходов для профилактики и лечения всевозможных патологий половых органов самцов сдерживаются в немалой степени недостаточной изученностью органов половой системы самцов и особенно придаточных половых желез.

Установление структуры и гистохимических показателей органов половой системы самцов может оказаться, в определенной степени, основой при разработке мероприятий по профилактике и лечению мужского бесплодия [1, 2].

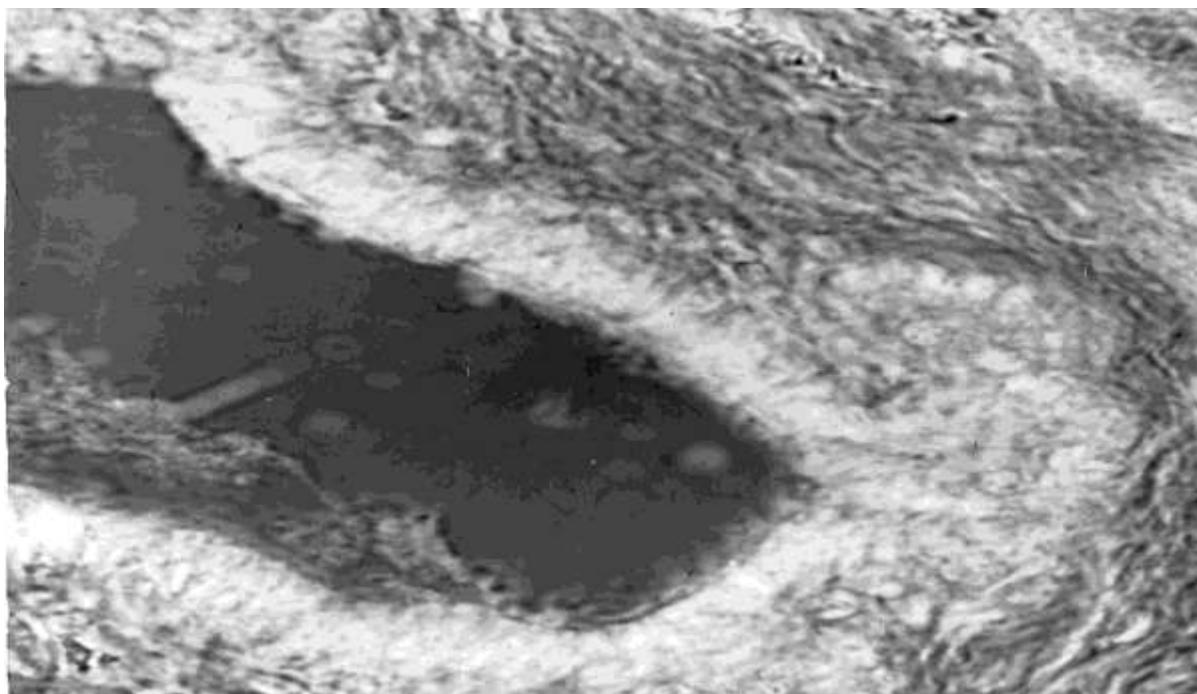
**Методы исследований.** Исследованию подвергались придатки семенника хряков крупной белой породы. Материал получали от животных средней упитанности, клинически здоровых. Материал для гистологического и гистохимического исследования взят у 4–5 животных.

Для выявления углеводных компонентов была использована нейтральная смесь Шабадаша, которая обеспечивает наилучшее сохранение функциональных групп углеводов [3, 4].

Для гистоморфологического изучения депарафинированные срезы окрашивали гематоксилин-эозином, железным гематоксилином по Гейденгайну [5] и по ван Гизон [6] и общепринятыми гистохимическими методами. Полученные цифровые данные подвергали статистической обработке по Н.А. Плохинскому [7].

**Результаты исследований.** У хряков однодневного возраста выносящие каналы выстланы простым столбчатым эпителием. Ядра эпителиоцитов округлой или овальной формы, содержат хроматин из мелких зерен и крупных глыбок. Эпителиоциты проявляют признаки секреции. В просвете каналцев содержится секрет (рис.1).

Проток придатка выстлан простым многорядным высоким столбчатым эпителием. Ядра эпителиоцитов овальной формы, расположены по длинной оси клеток. Однако обнаруживаются эпителиоциты с апикальным расположением ядер. Некоторые столбчатые эпителиоциты имеют реснички. Выносящие каналы и проток придатка имеют сформированную собственную пластинку, состоящую из нескольких слоев миоцитов и соединительнотканых клеток.



*Рис. 1. Столбчатый эпителий хряков однодневного возраста. Карнua.  
Гематоксилин-эозин. Об.х40, ок.х3*

Некоторые столбчатые эпителиоциты имеют реснички. Выносящие каналы и проток придатка имеют сформированную собственную пластинку, состоящую из нескольких слоев миоцитов и соединительнотканых клеток.

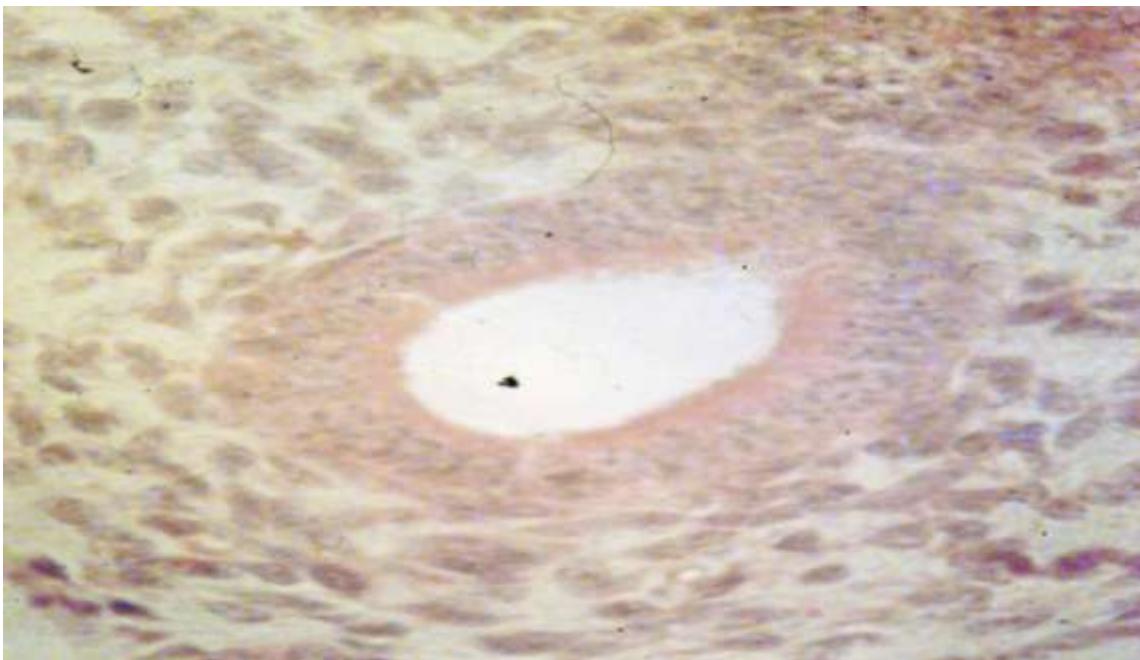


Рис. 2. Гликоген в эпителии придатка семенника хрячков однодневного возраста. Шабадаш.  
Гематоксилин-эозин. Об.х40, ок.х3

Гликоген выявляется только в апикальной части некоторых клеток. Гликоген в эпителиоцитах располагается в виде крупных глыбок и зерен, преимущественно в апикальной части клеток и в просвете, хотя он может располагаться и в других участках цитоплазмы клетки (рис.2). Гликоген обнаруживается иногда в шаровидных и овальных выростах апикальной части цитоплазмы клеток. Однако нужно отметить, что реакция на гликоген на разных участках среза хвоста придатка может быть неодинаковой.

Нейтральные гликогены содержатся в небольшом количестве в эпителии, в собственной пластинке и межуточной ткани их значительно больше.

Содержание сульфатированных гликопротеинов незначительно в эпителии вносящих каналцев и протока придатка.

В этом возрасте в собственной пластинке и межуточной ткани количество сульфатированных протеогликанов увеличивается, а гиалуронатов – уменьшается.

Содержание РНК в эпителии вносящих каналцев и протока придатка отмечается по всей цитоплазме и в ядрышках.

Количество SH-групп белков в эпителии вносящих каналцев не изменяется, а в эпителиальных клетках протока придатка незначительно увеличивается. При этом в области хвоста придатка SH-группы белков локализуются в большом количестве в апикальной части эпителиоцитов в виде каемки.

Количество общего белка во всех структурах органа имеет тенденцию к увеличению.

Головка придатка семенника однومесячных хрячков имеет хорошо выраженное дольчатое строение. Вносящие каналцы выстланы простым многорядным столбчатым эпителием. Высота эпителиального пласта заметно возрастает. Ядра столбчатых эпителиоцитов овальной формы, располагаются на разных уровнях по длиной оси клеток. Выявляется небольшое количество базальных эпителиоцитов, не достигающих свободной поверхности эпителия. Среди столбчатых эпителиоцитов встречаются эпителиальные клетки, у которых ядра находятся в апикальной части клеток (рис.3). Среди таких клеток часто встречаются фигуры митоза в про- и метафазах. Некоторые каналцы имеют гребни, между которыми имеются складки – бухтообразные углубления.

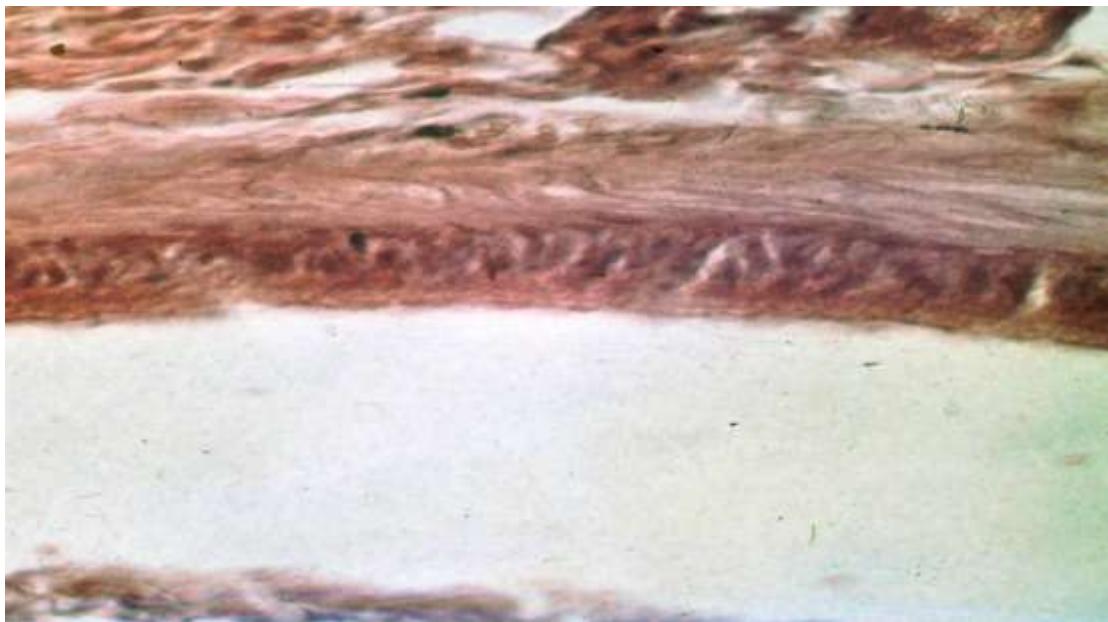


Рис. 3. Столбчатые эпителиоциты в придатке семенника хрячков однومесячного возраста. Шабадаш.. Paps-реакция. Об.х40, ок.х3.

На гребнях эпителиоциты очень высокие, а в складках они относительно низкие. В просвете канальцев содержится секрет. Иногда в секрете обнаружаются эпителиальные клетки с пикнотическими ядрами.

Проток придатка в области тела и хвоста выстлан простым многорядным столбчатым эпителием. Ядра столбчатых эпителиоцитов овальной формы, содержат мелкозернистый хроматин и расположены по длинной оси клеток. Обнаружаются базальные эпителиоциты с округло-овальными ядрами, расположенными ближе к базальной мембране. В протоке придатка появляются гребни, образованные не впячиванием собственной пластинки, а увеличением высоты эпителиоцитов.

Выносящие канальцы и проток придатка имеют хорошо выраженную собственную пластинку, образованную миоцитами и соединительнотканными структурами. Между выносящими канальцами и протоком придатка находятся прослойки соединительной ткани, богатые кровеносными сосудами.

Гликоген в выносящих канальцах в незначительном количестве обнаруживается в апикальных частях столбчатых эпителиоцитов. Однако не все эпителиоциты содержат гликоген. После обработки амилазой слюны ШИК-положительная реакция заметно снижается. Это указывает на присутствие гликогена только в апикальных частях эпителиальных клеток.

Нейтральные гликопротеины обнаружаются в незначительном количестве в эпителии выносящих канальцев и протока придатка и в большом количестве в собственной пластинке и капсule органа (рис.3).

РНК и общий белок локализуются в подъядерной части клеток. В меньшем количестве РНК обнаруживается в цитоплазме миоцитов и соединительнотканых клеток собственной пластинки и межуточной ткани. Сульфогидрильные группы белков локализуются как в цитоплазме, так и в ядре.

Содержание общего белка значительно во всех структурах органа. Но более интенсивная реакция – в эпителии выносящих канальцев и протока придатка. Белка много как в базальных, так и в столбчатых эпителиоцитах.

В придатке семенника 3-месячных хрячков выносящие канальцы покрыты столбчатым эпителием. Столбчатые эпителиоциты имеют стереоциллии. Ядра у них овальной формы, располагаются не на одном уровне перпендикулярно к базальной мембране. Большинство ядер находится в сред-

ней части клеток. Однако встречается значительное число ядер, находящихся выше и ниже средней части эпителиальных клеток.

Выносящие канальцы и проток придатка имеют хорошо выраженную собственную пластинку и отделены друг от друга соединительной тканью, богатой кровеносными сосудами. Орган покрыт плотной соединительной оболочкой.

Гликоген в незначительном количестве выявляется в цитоплазме эпителиоцитов выносящих канальцев и протока придатка в области тела в виде общей диффузной реакции цитоплазмы клеток, которая снижается после обработки амилазой слюны.

Нейтральные гликопротеины обнаруживаются в значительном количестве в собственной пластинке выносящих канальцев и протока придатка, несколько меньше его в межуточной соединительной ткани. Умеренная реакция на кислые сульфатированные гликопротеины отмечается в эпителии выносящих канальцев и протока придатка. В остальных структурах органа в значительном количестве содержатся кислые сульфатированные протеогликаны. Особенно их много в собственной пластинке выносящих канальцев и протока придатка (рис. 4).

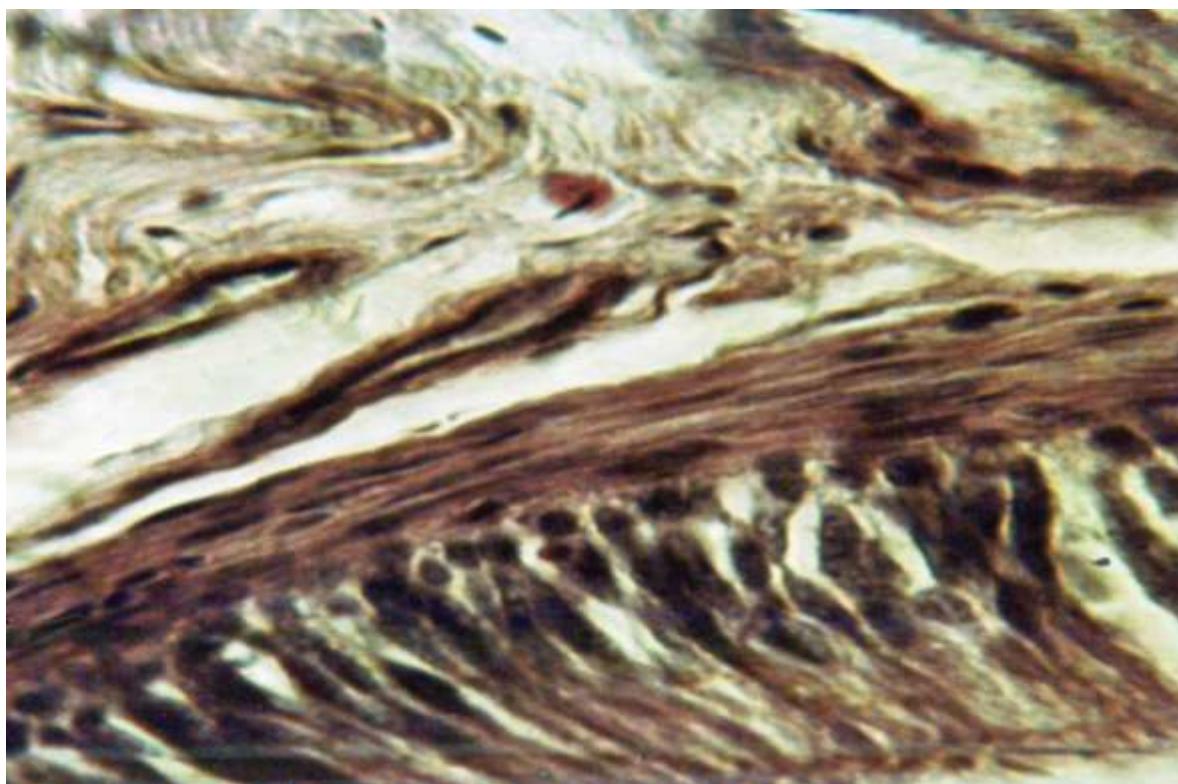


Рис. 4. Сульфатированные гликопротеины в придатке семенника хряков 3-месячного возраста.  
Шабадаш, М.Г. Шубич. Об.х40, ок.х3

Содержание РНК уменьшается в надядерных участках цитоплазмы столбчатых эпителиоцитов выносящих канальцев и протока придатка, в других участках она сохраняется на уровне предыдущего срока опыта. Такое зональное уменьшение содержания РНК в какой-то степени можно связать с началом интенсивной функции, возможно секреторной, столбчатых эпителиоцитов.

Много общего белка содержится в эпителиоцитах выносящих канальцев и протока придатка, его несколько меньше в собственной пластинке и межуточной ткани органа.

К 5-месячному возрасту придаток семенника хряков приобретает признаки дефинитивности. Диаметр выносящих канальцев увеличивается по сравнению с предыдущими сроками исследования. Они покрыты простым многорядным высоким столбчатым эпителием. Эпителий состоит из высоких столбчатых и базальных клеток. Ядра столбчатых эпителиоцитов овальные, а иногда даже

вытянутые и расположены в центральной части клеток. Однако они находятся не всегда на одном уровне. Из апикальной части столбчатых эпителиоцитов отходят реснички, которые полностью или частично склеены между собой, образуя стереоцилии.

Эпителий протока придатка простой многорядный высокий столбчатый. Эпителиальные клетки представлены столбчатыми и базальными клетками. Последние расположены около базальной мембраны сплошным слоем. Ядра столбчатых эпителиоцитов овальные и находятся в средней части клеток, но не всегда на одном уровне. Из апикальной части клеток отходят реснички.

В просвете протока обнаруживаются спермии.

Выносящие канальцы и проток придатка имеют очень хорошо выраженную собственную пластинку, состоящую из соединительнотканых элементов и миоцитов. Между выносящими канальцами и протоком придатка находится соединительная ткань, богатая сосудами. Орган покрыт плотной соединительнотканной капсулой.

Гликоген выявляется в стенках кровеносных сосудов, в миоцитах и в некоторых соединительнотканых клетках.

Нейтральные гликопротеины определяются в незначительном количестве в апикальных частях эпителиальных клеток выносящих канальцев и протока придатка, и в значительном – в собственной пластинке. Несколько меньше их в межточной ткани.

Кислые сульфатированные гликопротеины содержатся в надядерных участках цитоплазмы эпителиоцитов выносящих канальцев и протока придатка, а кислые сульфатированные протеогликаны в собственной пластинке и соединительнотканной строме органа.

Отмечается умеренная реакция на РНК в цитоплазме базальных эпителиоцитов. В надядерной части столбчатых эпителиоцитов выносящих канальцев и протока придатка РНК не выявляется.

Много общего белка определяется в базальной части цитоплазмы столбчатых эпителиоцитов выносящих канальцев и протока придатка.

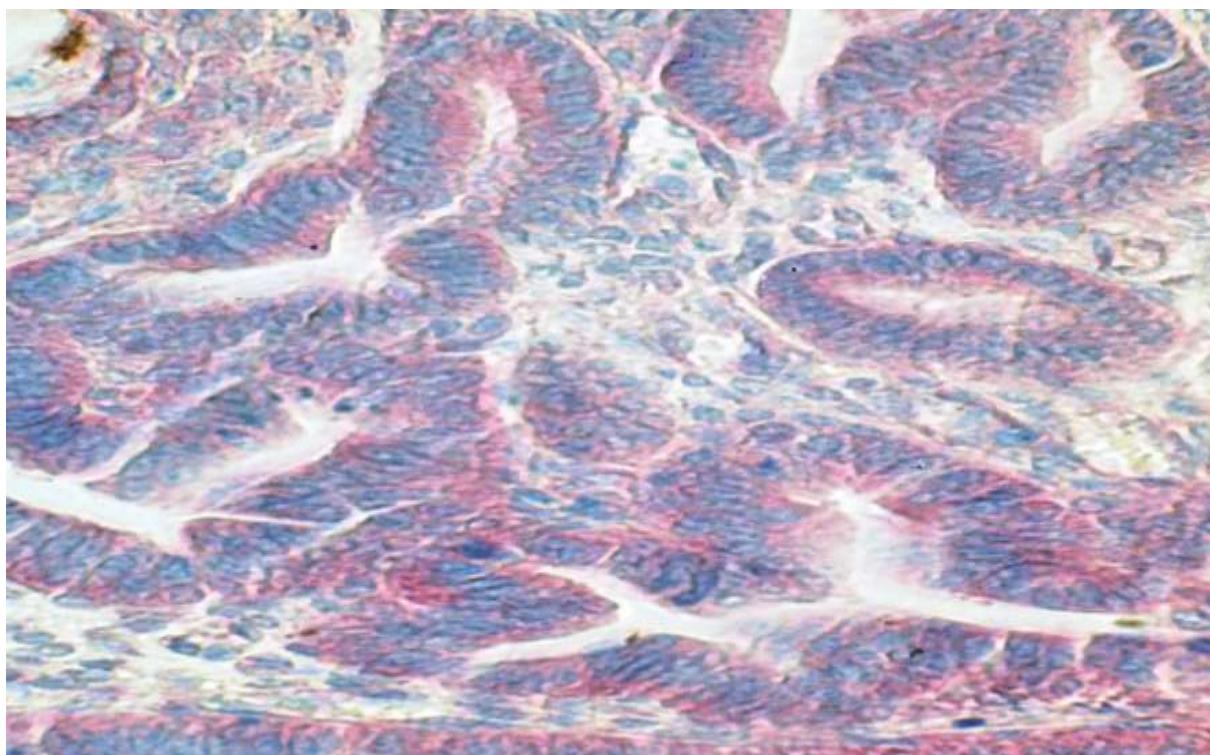


Рис. 5. Общий белок в придатке семенника 5-месячного хрячка. Шабадаш, Даниели. Об.х40, ок.х3

Строение придатка семенника 7-месячных хряков не имеет заметного отличия от таковых предыдущего срока, но столбчатые эпителиоциты в протоке придатка в области гребней становятся ниже. В протоке придатка во всех областях органа содержатся спермии. Проток придатка в области хвоста имеет сильно развитый мышечный слой.

В эпителии выносящих канальцев и протока придатка гликоген не выявляется.

Нейтральные гликопротеины в незначительном количестве определяются в эпителии выносящих канальцев и протока придатка, в большом – в собственной пластинке и межуточной ткани.

Кислые сульфатированные гликопротеины в выносящих канальцах и протоках придатка определяются в надъядерной части столбчатых эпителиоцитов, в стереоцилиях – в просвете, в умеренном количестве определяются в собственной пластинке и соединительной ткани стромы органа.

У 9–12-месячных и взрослых хряков орган почти не имеет морфологического различия. В этих сроках выносящие канальцы выстланы простым многорядным столбчатым эпителием. Базальные эпителиоциты располагаются сплошным слоем. В протоке придатка эпителий также простой многорядный столбчатый. Ядра столбчатых эпителиальных клеток находятся в средней части клеток и имеют овальную форму. Проток придатка в области тела и хвоста заполнен спермиями. У взрослых животных можно встретить, как в выносящих канальцах, так и в протоке придатка, столбчатые эпителиоциты с вакуолизированной цитоплазмой (рис.6).

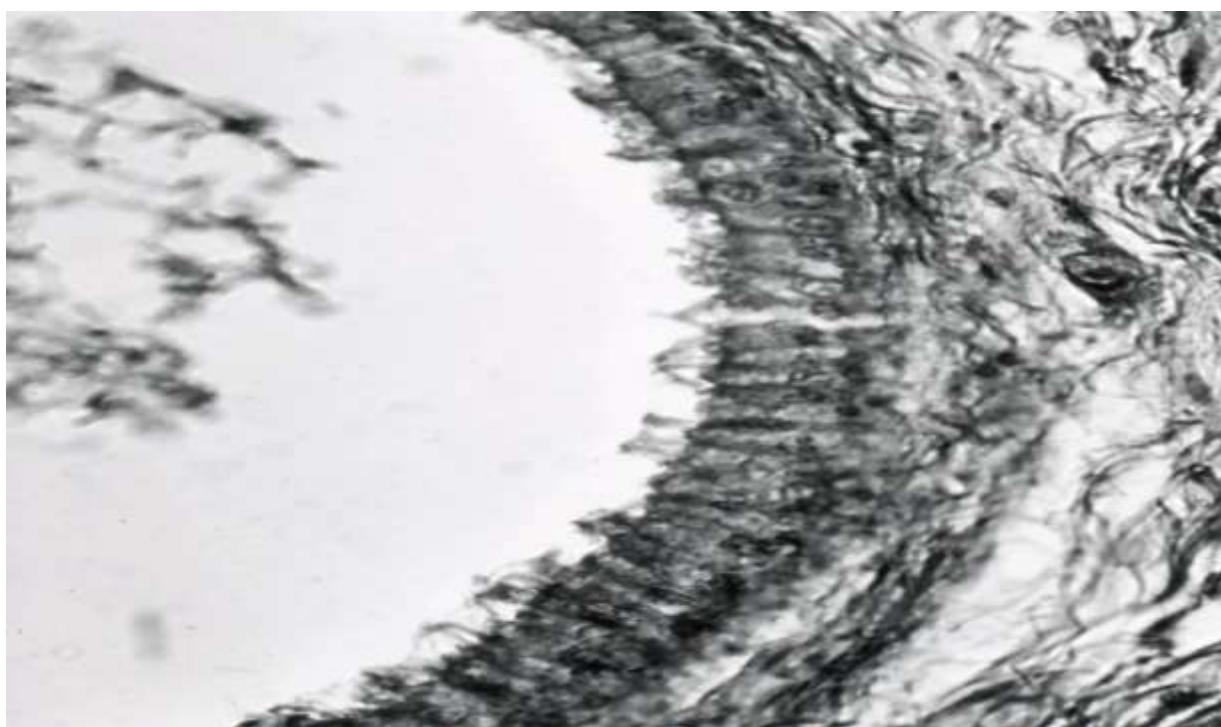


Рис. 6. Придаток семенника 12-месячных хрячков. Шабадаш. Гематоксилин-эозин. Об.х40, ок.х3

Гликоген в эпителии выносящих канальцев и протока не обнаруживается.

В эпителиоцитах нейтральные гликопротеины определяются в апикальных частях цитоплазмы. Кислые сульфатированные гликопротеины выявляются в малом количестве в надъядерных частях цитоплазмы столбчатых эпителиоцитов протока придатка. Содержание гиалуронатов в незначительном количестве определяется в соединительной ткани стромы органа. Содержание и распределение РНК примерно такие же, как и в предыдущем сроке. Они в эпителиальных клетках концентрируются в средней и базальной частях, тогда как надъядерная область клеток ее не содержит.

Содержание SH-групп в органе не отличается от предыдущих сроков исследования. Только реакция на них становится более выраженной в собственной пластинке, преимущественно состоящей из миоцитов.

**Заключение.** Таким образом, содержание белковых и углеводных компонентов отмечается во все сроки исследования.

### **Литература**

1. *Abdel-Raouf*. The postnatal development of the reproductive organs in bull with special reference to puberty // *Acta endocrinol. Supl.* – Coopens, 1960. – V. 49. – P. 109.
2. Попов А.П. Структурно-функциональные основы ветеринарной андрологии. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2004. – 287 с.
3. Шабадаш Л.А. Рациональная методика гистохимического обнаружения гликогена и ее теоретическое обоснование // Изв. АН СССР. Сер.Биол. – 1947. – № 6. – С.745–760.
4. Шубич М.Г., Могильная Г.М. Значение ШИК-методов в гистохимическом анализе углеводных и углеводсодержащих биополимеров // Архив анатомии. – 1985. – Т.82. – № 5. – С. 90–98.
5. Ромейс Б. Микроскопическая техника. – М.: Иностр. лит. 1953. – 718 с.
6. Роскин Г.И., Левинсон А.Б. Микроскопическая техника. – М.: Иностр. лит., 1957. – 190 с.
7. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 362 с.



## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 631.4:634.0.114.351

П.А. Тарасов, А.В. Тарасова, В.А. Иванов

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ ПРОИЗВОДНЫХ МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Сравнительный анализ основных характеристик лесной подстилки производных мелколиственных и коренного соснового насаждения осоково-разнотравного типа выявил более быстрые темпы ее разложения в березняке и осиннике, что позволяет сделать вывод о большей интенсивности биологического круговорота веществ в данных насаждениях. Результатом этого может стать улучшение целого ряда почвенных характеристик, что в случае обратной смены пород будет способствовать успешному развитию сосновых древостоев.

**Ключевые слова:** мелколиственные насаждения, лесная подстилка, сравнительные характеристики.

P.A. Tarasov, A.V. Tarasova, V.A. Ivanov

### MAIN CHARACTERISTICS OF THE FOREST LAYER OF THE DERIVATIVE SMALL-LEAVED PLANTATIONS

*The comparative analysis of the main characteristics of the forest layer in the derivative small-leaved and indigenous pine plantations of the sedge mixed grass type revealed the faster rate of its decomposition in birch and aspen plantations that allows to make the conclusion about the greater intensity of the matter biological cycle in these plantations. This could result in the improvement of a number of soil characteristics, which in the case of reverse species change will contribute to the successful development of pine stands.*

**Key words:** small-leaved plantations, forest layer, comparative characteristics.

**Введение.** В результате длительного использования сплошных концентрированных рубок в Приангарье коренные хвойные древостои сменяются производными мелколиственными. Только за 15-летний период на рубеже ХХ–XXI веков площадь сосновых насаждений сократилась почти на 214 тыс. га, тогда как занятая березняками и осинниками, напротив, увеличилась соответственно на 60 и 75 тысяч га [2]. Учитывая лучшую, в сравнении с сосной, приспособленность мелколиственных пород к возобновлению и выживанию в условиях вырубок, а также практическое отсутствие лесоводственных мер по предотвращению этой нежелательной с хозяйственной точки зрения смены, следует ожидать дальнейший рост площади производных березняков и осинников [7]. Столь масштабная по своим размерам смена хвойных пород мелколиственными, заметно отличающимися по характеру и степени своего влияния на почву [3, 13], определила актуальность оценки данного процесса с точки зрения лесного почвоведения.

В данной работе представлены результаты исследования лесной подстилки производных березняков и осинников, которой, по мнению С.В. Зонна [4], «принадлежит решающее значение в росте и производительности леса и в неменьшей степени в эволюции почв». О характере влияния антропогенной смены пород на ход почвообразования, во многом определяемого интенсивностью и направленностью биологического круговорота, можно судить по особенностям накопления и разложения подстилки [8]. В свою очередь, соотношение между данными процессами отражают такие ее характеристики, как мощность, запас и фракционный состав [5], в определении которых и заключалась основная цель нашей работы. Кроме того, исследовались агрохимические показатели подстилки, оказывающие существенное влияние на скорость ее разложения [5–8].

**Объекты и методы.** Исследования проводились на территории Абанского лесничества, отнесенной, согласно лесорастительному районированию Института леса им. В.Н Сукачева СО РАН, к Ангарскому южно-таежному району лиственнично-сосновых лесов. Объекты изучения были представлены производными 35-летними березняками и осинниками, поскольку, по мнению Л.О. Карпачевского [5], к данному возрасту запас подстилки в насаждениях максимален. Контролем служил сохранившийся участок коренного соснового древостоя, так же, как и мелколиственные, относящийся к категории средневозрастных. Все изучаемые насаждения, таксационные показатели которых представлены в таблице 1, относились к осочково-разнотравному типу.

Таблица 1  
Таксационные показатели древостоев

Состав	Средние			Класс бонитета	Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
	возраст, лет	диаметр, см	высота, м			
10С	60	22	18,0	II	0,9	250
9Б1Ос	35	14	16,6	II	0,8	115
9Ос1Б+С	35	14	16,6	I	0,6	120

Отбор образцов подстилки (n=10) проводили с помощью рамки-шаблона размером 20x20 см, одновременно измеряя мощность исследуемого органогенного горизонта [10]. В лаборатории образцы высушивали до абсолютно сухой массы и взвешивали, после чего вычисляли плотность и запас подстилки.

Разделение образцов на фракции проводили вручную, с использованием набора сит. После взвешивания каждой фракции находили их процентное содержание от массы всего образца и вычисляли запасы. При этом, исходя из различных темпов разложения тех или иных фракций, их делили на активные (листья, хвоя, труха, трава, корни, ветки диаметром до 5 мм) и неактивные (шишки, кора, корни, ветки диаметром свыше 5 мм, минеральные частицы почвы) [5].

Агрохимические исследования подстилки были выполнены по стандартным методикам в аккредитованной испытательной лаборатории ФГУ ГЦАС «Красноярский». Для получения осредненных данных составлялись смешанные образцы подстилки [12]. По процентному содержанию углерода и важнейших элементов минерального питания вычисляли их запасы, аккумулированные в подстилке. Полученные результаты обрабатывались с помощью стандартной программы «Статистика».

**Результаты и обсуждение.** Основными параметрами подстилки, позволяющими судить о соотношении между процессами ее накопления и разложения, а значит и скорости биологического круговорота в насаждениях, являются мощность, плотность, запас, состав и строение [5]. Статистические показатели первых трех из них, а также содержания активных фракций приведены в таблице 2.

Таблица 2  
Основные характеристики лесных подстилок

Характеристика	Сосняк	Березняк	Осинник
Мощность, см	4,4±0,25	5,4±0,23	5,3±0,38
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,056±0,0079	0,028±0,0018	0,033±0,0034
Запас, г/м <sup>2</sup>	2439±318,8	1466±65,2	1756±208,8
Доля активных фракций, %	65,7±5,57	94,4±1,94	93,1±2,17

Несмотря на то что взятие образцов подстилки проводилось в период активного листопада, ее запас в березняке и осиннике соответственно оказался на 66 и 38 % меньше, чем в сосняке. При этом, несмотря на сопоставимое содержание трухи в подстилках всех насаждений (43–50 %), ее запасы в осиннике оказались на 26 %, а в березняке – на 75 % меньше (табл. 3). Это еще раз под-

тврждает, что разложение подстилки и биологический круговорот в целом в мелколиственных насаждениях, и особенно в березняке, идут активнее [5, 7].

Таблица 3  
Фракционный состав подстилки (числитель – содержание, %; знаменатель – запас, г/м<sup>2</sup>)

Объект	Неактивные фракции				
	Ветки > 5 мм	Шишки	Кора	Почва	Всего
Сосняк	<u>3,2</u> 78,0	<u>24,0</u> 585,3	<u>6,6</u> 160,9	<u>0,5</u> 12,2	<u>34,3</u> 836,4
Березняк	<u>3,5</u> 51,6	—	<u>0,5</u> 7,5	<u>1,6</u> 23,0	<u>5,6</u> 82,1
Осинник	<u>3,5</u> 51,6	—	<u>0,5</u> 7,5	<u>1,6</u> 23,0	<u>5,6</u> 82,1
Объект	Активные фракции				
	Ветки < 5 мм	Корни	Трава	Хвоя, листья	Труха
Сосняк	<u>3,4</u> 82,9	<u>6,2</u> 151,2	<u>4,5</u> 109,7	<u>6,7</u> 163,4	<u>44,9</u> 1094,9
Березняк	<u>5,8</u> 85,0	<u>5,4</u> 79,2	<u>13,6</u> 199,4	<u>26,9</u> 394,4	<u>42,7</u> 626,0
Осинник	<u>6,8</u> 119,4	<u>17,5</u> 307,4	<u>7,2</u> 126,5	<u>12,0</u> 210,7	<u>49,5</u> 869,3

Кроме того, в таблице 3 обращают на себя внимание заметно большие содержание и запасы травянистого опада в подстилках мелколиственных насаждений. С учетом максимальной (до 70–80 % в год) скорости биохимического распада данной фракции [9] это также в известной мере объясняет более быстрые темпы разложения подстилок в целом в березняке и осиннике.

В немаловажной степени более активное разложение подстилок в мелколиственных насаждениях обусловлено меньшим содержанием трудноразлагаемых химических соединений (смол, лигнина, дубильных веществ) [6] и более благоприятными для микрофлоры их физико-химическими показателями. Как видно из таблицы 4, подстилки в березняке и осиннике характеризуются меньшим проявлением всех форм почвенной кислотности, вдвое большим содержанием поглощенных оснований и в среднем на 20 % – степенью насыщенности ими.

Таблица 4  
Физико-химические показатели подстилок

Объект	рН		Гидролити- ческая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Емкость поглощения	Степень насыщенности основаниями, %
	H <sub>2</sub> O	KС1				
Сосняк	5,39	4,87	27,4	52,5	79,9	65,7
Березняк	6,11	5,65	22,4	105,0	127,4	82,4
Осинник	6,74	6,12	15,0	106,0	121,0	87,6

Такие физико-химические показатели, судя по меньшему, чем в подстилке сосняка, отношению С:N (табл. 5), способствуют активной деятельности почвенных микроорганизмов [1]. Благодаря этому подстилки в мелколиственных насаждениях быстрее минерализуются и, несмотря на ежегодное поступление значительного количества листового опада, не образуют больших запасов [9]. Поэтому при сравнительно не очень существенных различиях с подстилкой сосняка в концентрации

углерода (на 0,25–2,70 %) запасы данного элемента в подстилках березняка и осинника оказались намного меньше – соответственно на 68 и 60 % (табл. 5).

Таблица 5  
Содержание (числитель, %) и запасы биогенных элементов в подстилках (знаменатель, г/м<sup>2</sup>)

Объект	С, %	С:N	Общие, %		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Сосняк	20,65/503,6	23,7	0,871/21,2	0,335/8,2	0,230/5,6
Березняк	20,40/299,1	19,0	1,074/15,7	0,432/6,3	0,361/5,3
Осинник	17,95/315,2	18,4	0,978/17,3	0,442/7,8	0,442/7,8

Наряду с этим данные таблицы 5 указывают на более высокую концентрацию в подстилках мелколиственных насаждений азота, фосфора и калия, что обусловлено большим их потреблением [3, 13]. В сравнении с контролем в березняке и осиннике содержание в подстилках общего азота выше азота – на 23 и 12, фосфора – на 29 и 32, калия – на 57 и 92 % соответственно. В то же время депонированные запасы данных элементов питания в подстилке березняка оказались на 35, 30 и 6 % ниже, что свидетельствует о большей скорости их возврата в почву [11]. Запасы азота и фосфора в подстилке осинника уступали аналогичным показателям контроля соответственно на 23 и 5 %, тогда как калия, напротив, почти на 40 % превышали их. Последнее, вероятно, связано с менее активным выщелачиванием калия из подстилки осинника, что, с одной стороны, может быть обусловлено ее низкой водопроницаемостью [3, 13], а с другой – нейтральной реакцией (см. табл. 4).

**Выводы.** Анализ полученных данных позволяет заключить о более быстрых темпах биологического круговорота в производных мелколиственных насаждениях. Результатом этого может стать улучшение целого ряда почвенных характеристик, что в случае обратной смены пород будет способствовать успешному развитию сосновых древостоев.

### Литература

1. Аристовская Т.В. Микробиология подзолистых почв. – М.;Л.: Наука, 1965. – 183 с.
2. Втюрина О.П., Соколов В.А. Динамика лесов Приангарья // Организация устойчивого лесопользования в Красноярском крае. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – С. 105–114.
3. Зонн С.В. Влияние леса на почву. – М.: Гослесбумиздат, 1954. – 160 с.
4. Зонн С.В. Современные проблемы генезиса и географии почв. – М.: Наука, 1983. – 168 с.
5. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 264 с.
6. Кузнецов М.А. Влияние условий разложения и состава опада на характеристики и запас подстилки в среднетаежном чернично-сфагновом ельнике // Лесоведение. – 2010. – № 6. – С. 54–60.
7. Мелехов И.С. Лесоведение: учеб. для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980 – 408 с.
8. Похитон П.П. Влияние различных древесных пород на почву // Почвоведение. – 1958. – № 6. – С. 49–55.
9. Пристова Т.А., Хабибуллина Ф.М., Виноградова Ю.А. Роль микромицетов в формировании лесной подстилки лиственных насаждений средней тайги // Лесоведение. – 2012. – № 4. – С. 47–55.
10. Растворова О.Г. Физика почв: практ. руководство. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 196 с.
11. Смольянинов И.И. Почвообразующее воздействие сосны и березы на различных почвах // Тр. I Сиб. конф. почвоведов. – Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1962. – С. 65–80.
12. Смольянинов И.И., Мигунова Е.С., Гладкий А.С. Почвенная лаборатория лесхоза. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 144 с.
13. Ткаченко М.Е. Влияние отдельных древесных пород на почву // Почвоведение. – 1939. – № 10. – С. 3–16.

## ГИБРИДИЗАЦИЯ ЯБЛОНИ НА КРУПНОПЛОДНОСТЬ И РАННЕЕ СОЗРЕВАНИЕ ПЛОДОВ

В данной статье приведены результаты по гибридизации яблони в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского. Дан сравнительный анализ отбора пар для контролируемого опыления с целью повышения крупноплодности и раннего созревания плодов.

**Ключевые слова:** яблоня, гибридизация, контролируемое скрещивание, крупноплодность, раннее созревание.

N.N. Popova, R.N. Matveeva,  
N.V. Moksina, M.C. Repyakh

## THE APPLE TREE HYBRIDIZATION ON THE LARGE-FRUIT CAPACITY AND FRUIT EARLY RIPENING

*The results of the apple tree hybridization in the Botanical garden named after Vs. M. Krutovskiy are presented in the article. The comparative analysis of the pairselection for controlled pollination in order to increase the large-fruit capacity and fruit early ripening is given.*

**Key words:** apple tree, hybridization, controlled cross-breeding, large-fruit capacity, early ripening.

---

**Введение.** Яблоня является наиболее распространенной плодовой культурой, произрастающей как в диком, так и в культурном виде. Она отличается высокой адаптационной способностью к разным климатическим условиям, занимая по площади первое место в мире [7].

Яблоня хорошо размножается семенным путем и используется для выращивания подвоев и гибридных сеянцев [8].

При гибридизации большое внимание следует уделять подбору родительских пар, обращать особое внимание на показатели плодов: величину, окраску, вкусовые качества [5].

Выведение новых сортов возможно при использовании основных методов селекции, прежде всего отбора лучших растений, контролируемого опыления. В наших исследованиях при гибридизации в качестве родительских пар были использованы сорта яблони коллекции Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского, расположенного в юго-западной части г. Красноярска (устье речки Лалетиной) на первой и второй террасах правого берега реки Енисей на площади 39 га. Территория сада находится на стыке Канско-Рыбинской котловины и лесостепной зоны Западно-Сибирской равнины с предгорьями Восточных Саян. Географические координаты: 56° с.ш., 93° в.д. Высота над уровнем моря составляет 173 м верхней и 145 м нижней террас [4].

**Цель исследований.** Изучение показателей материнских деревьев в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского, проведение отбора пар для контролируемого опыления с целью повышения крупноплодности (сорт Шаропай) и раннего созревания плодов (сорта Аркад стаканчатый, Белый налив, Папировка).

**Задачи исследований.** Пополнение коллекции яблони, выведение новых сортов путем гибридизации.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследования явились деревья сортов Шаропай (№ 9,27,28), Аркад стаканчатый (№ 4), Белый налив (№ 15), Папировка (№ 54), произрастающие в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского.

Гибридизацию осуществляли, используя отселектированные растения, путем парного скрещивания по общепринятой методике [3]. Опыление повторяли в течение 3–4 дней. Пакеты снимали вместе с созревшими плодами. Семена от контролируемого и свободного скрещивания высевали осенью [6].

Учитывали литературные данные, показатели плодоношения материнских деревьев и роста их семенного потомства.

**Результаты исследований.** Для гибридизации были взяты сорта, отличающиеся ранним созреванием плодов: Аркад стаканчатый, Белый налив, Папировка, и крупноплодностью: Шаропай. Согласно литературным данным, сорта характеризуются следующим образом.

**Аркад стаканчатый** является старинным летним сортом. В Сибири произрастает на Алтае и юге Красноярского края, засухоустойчив. Плодоносит на 5–6-й год, ежегодно, урожайность средняя. Плоды имеют зеленовато-желтую окраску, при созревании светло-желтую. Мякоть белая, сочная, хорошего сладко-пресноватого вкуса. Плоды созревают в августе, хранятся 7–10 дней, нетранспортируемые [1, 9].

**Белый налив** первоначально был использован в селекции Тамбовской области, Алтая, Дальнего Востока. Сорт зимостойкий. В пору плодоношения вступает на 5–7-й год после посадки; плодоносит обильно, но нерегулярно. Плоды средней величины, в начале созревания зеленовато-светло-желтые, при созревании приобретают цвет слоновой кости. Мякоть нежная, сочная, слабопряного вкуса. Созревают плоды в конце июля – начале августа, хранятся не более месяца [9].

**Папировка** является прибалтийским сортом, который отличается морозостойкостью. Урожайность высокая, ежегодная. Начало плодоношения с 3–4 лет после посадки. В возрасте 6–10 лет в условиях Красноярска получен урожай 16 кг с дерева, в возрасте 36–40 лет – 83 кг с дерева, а в 65 лет – 300 кг [2]. Плоды среднего размера, покрыты белым налетом, имеют светло-соломенно-желтую окраску. Мякоть белая, сочная, кисловато-сладкого вкуса. Плоды созревают в июле – начале августа. Хранятся до одного месяца [10].

**Шаропай** выращивается в Сибири с начала XX века. Отличается зимостойкостью, плодоношение наступает на 4–5-й год. Урожайность периодичная. Плоды крупные. Окраска плодов желтовато-зеленая, с неярким румянцем. Мякоть светло-желтая. Созревают плоды во второй половине сентября, хранятся до февраля [1, 10].

Размеры плодов, начало их созревания у отселектированных деревьев приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Масса, размеры, начало созревания плодов

Сорт	Номер дерева	Год	Масса		Высота		Диаметр		Начало созревания
			г	% к $\bar{x}_{ср.}$ сорта	см	% к $\bar{x}_{ср.}$ сорта	см	% к $\bar{x}_{ср.}$ сорта	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аркад стаканчатый	4	2013	53,0	104,5	5,5	114,6	5,0	113,6	11.08
		2014	61,5	121,3	5,5	114,6	5,0	113,6	9.08
		$\bar{x}_{ср.}$ по сорту	50,7	100,0	4,8	100,0	4,4	100,0	9-11.08
Белый налив	15	2013	57,0	88,2	5,0	100,0	5,9	105,4	15.08
		2014	80,0	123,8	6,1	122,0	6,3	112,5	19.08
		$\bar{x}_{ср.}$ по сорту	64,6	100,0	5,0	100,0	5,6	100,0	15-19.08
Папировка	54	2013	91,0	149,7	5,4	125,6	6,7	139,6	25.08
		2014	91,0	149,7	6,1	141,9	6,6	137,5	28.08
		$\bar{x}_{ср.}$ по сорту	60,8	100,0	4,3	100,0	4,8	100,0	25-28.08
Шаропай	9	2013	95,0	93,8	4,0	66,7	6,5	92,9	13.09
		2014	101,6	100,3	7,2	120,0	7,6	108,6	15.09
		$\bar{x}_{ср.}$ по сорту	101,3	100,0	6,0	100,0	7,0	100,0	13-15.09

Окончание табл. 1

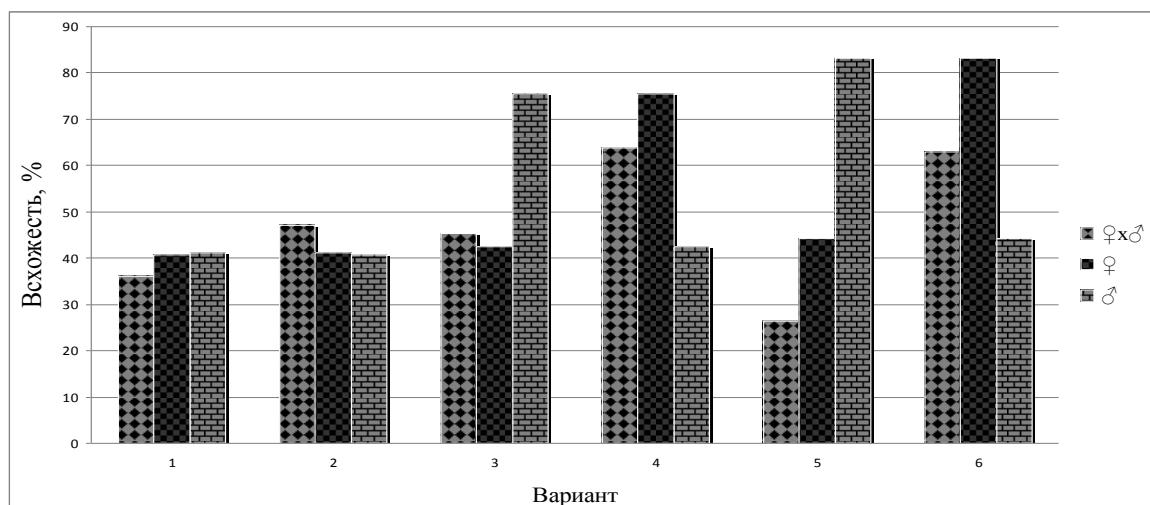
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шаропай	27	2013	114,0	112,5	5,2	86,7	6,7	95,7	11.09
		2014	100,4	99,1	7,1	118,3	7,7	110,0	15.09
		Хср. по сорту	101,3	100,0	6,0	100,0	7,0	100,0	11-15.09
Шаропай	28	2013	99,0	97,7	5,3	88,3	6,2	88,6	10.09
		2014	98,0	96,7	7,0	116,7	7,6	108,6	15.09
		Хср. по сорту	101,3	100,0	6,0	100,0	7,0	100,0	10-15.09

Из приведенных данных видно, что в 2014 г. сформировались более крупные плоды в сравнении с 2013 г. на деревьях № 4 Аркада стаканчатого, № 15 Белого налива, № 9 сорта Шаропай. Наибольшую массу имели плоды сорта Шаропай (№ 9, № 27). Их масса плода составила 101,6 и 114,0 г. Размеры плодов варьируют от 4,0 до 7,2 см по высоте и от 5,0 до 7,7 см по диаметру. Наиболее раннее созревание плодов отмечено у дерева № 4 сорта Аркада стаканчатого. Подбор родительских пар для контролируемого скрещивания приведен в таблице 2.

Таблица 2  
Подбор родительских пар для гибридизации

Номер варианта	Сорт, номер дерева, принцип отбора	
	♀	♂
1	Аркад стаканчатый 4 – раннее созревание	Шаропай 28 – крупноплодность
2	Шаропай 28 – крупноплодность	Аркад стаканчатый 4 – раннее созревание
3	Шаропай 9 – крупноплодность	Белый налив 15 – раннее созревание
4	Белый налив 15 – раннее созревание	Шаропай 9 – крупноплодность
5	Шаропай 27 – крупноплодность	Папировка 54 – раннее созревание
6	Папировка 54 – раннее созревание	Шаропай 27 – крупноплодность

Всходость семян яблони в разных вариантах опыта приведена на рисунке.



Всходость семян яблони в зависимости от варианта опыта

Исследования показали, что всхожесть гибридных семян в вариантах 1 и 5 ниже в сравнении с материнскими и отцовскими растениями. Незначительно превышена всхожесть гибридных семян во втором варианте (Шаропай 28 × Аркад стаканчатый 4). Наибольшая всхожесть семян была у полусибов Белого налива № 15 и Папировки № 54.

Высота однолетних сеянцев разных вариантов опыта приведена в таблице 3.

Таблица 3  
Статистические показатели высоты однолетних сеянцев, см

Номер варианта	Вариант	$X_{ср.}$	$\pm m$	$V, \%$	$P, \%$	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 1,99$
1( $\text{♀} \times \text{♂}$ )	Аркад стаканчатый 4 × Шаропай 28	6,8	0,28	32,2	4,1	1,99
1 ( $\text{♀}$ )	Аркад стаканчатый 4	7,9	0,48	28,9	6,1	-
1 ( $\text{♂}$ )	Шаропай 28	4,9	0,40	39,7	8,3	4,80
2( $\text{♀} \times \text{♂}$ )	Шаропай 28 × Аркад стаканчатый 4	8,5	0,51	24,4	5,9	-
2 ( $\text{♀}$ )	Шаропай 28	4,9	0,40	39,7	8,3	5,55
2 ( $\text{♂}$ )	Аркад стаканчатый 4	7,9	0,48	28,9	6,1	0,86
3( $\text{♀} \times \text{♂}$ )	Шаропай 9 × Белый налив 15	4,8	0,48	43,2	9,9	7,29
3 ( $\text{♀}$ )	Шаропай 9	4,7	0,24	27,0	5,1	9,76
3 ( $\text{♂}$ )	Белый налив 15	8,3	0,28	31,0	3,4	-
4( $\text{♀} \times \text{♂}$ )	Белый налив 15 × Шаропай 9	7,6	0,25	33,3	3,3	1,86
4 ( $\text{♀}$ )	Белый налив 15	8,3	0,28	31,0	3,4	-
4 ( $\text{♂}$ )	Шаропай 9	4,7	0,24	27,0	5,1	9,76
5( $\text{♀} \times \text{♂}$ )	Шаропай 27 × Папировка 54	5,4	0,37	29,3	6,9	6,57
5 ( $\text{♀}$ )	Шаропай 27	6,1	0,38	29,9	6,2	5,10
5 ( $\text{♂}$ )	Папировка 54	8,7	0,34	32,4	3,9	-
6( $\text{♀} \times \text{♂}$ )	Папировка 54 × Шаропай 27	8,1	0,36	29,5	4,4	1,21
6 ( $\text{♀}$ )	Папировка 54	8,7	0,34	32,4	3,9	-
6 ( $\text{♂}$ )	Шаропай 27	6,1	0,38	29,9	6,2	5,10

Анализ таблицы показал, что высота однолетних гибридных сеянцев сравниваемых вариантов колеблется от 4,8 до 8,5 см, достигая наибольшего значения в варианте № 2 (Шаропай 28 × Аркад стаканчатый 4). Сеянцы от свободного опыления имеют высоту от 4,7 до 8,7 см. Максимальная высота была у полусибов дерева № 54 сорта Папировка, № 4 Аркада стаканчатого, № 15 Белого

налива. Изменчивость высоты сеянцев внутри семейств высокая и очень высокая. Диаметр сеянцев опытных вариантов и размеры листьев приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Диаметр стволика, размеры листьев сеянцев яблони при свободном и контролируемом опылении**

Сорт, номер дерева	Диаметр стволика, мм	Ширина (Ш) листа, см	Длина (L) листа, см	Условная поверхность (Ш*L) листа, см <sup>2</sup>
При свободном опылении				
Аркад стаканчатый 4	1,5	1,3	2,3	2,99
Шаропай 28	1,3	1,0	1,5	1,50
Шаропай 9	1,1	0,9	1,7	1,53
Белый налив 15	1,0	1,3	2,5	3,25
Шаропай 27	1,2	1,0	1,7	1,70
Папировка 54	1,2	1,5	2,5	3,75
Среднее значение	1,2	1,2	2,0	2,40
При контролируемом опылении				
Аркад стаканчатый 4 × Шаропай 28	1,4	1,4	2,3	3,22
Шаропай 28 × Аркад стаканчатый 4	1,1	1,5	3,1	4,65
Шаропай 9 × Белый налив 15	2,0	1,0	1,6	1,60
Белый налив 15 × Шаропай 9	1,1	1,3	2,5	3,25
Шаропай 27 × Папировка 54	2,1	1,0	1,8	1,80
Папировка 54 × Шаропай 27	1,2	1,6	2,5	4,00
Среднее значение	1,5	1,3	2,3	2,99

Наибольший диаметр стволика был у полушибов Аркада стаканчатого № 4 и у гибридных сеянцев от скрещивания Шаропай № 27 × Папировка № 54 и Шаропай № 9 × Белый налив № 15. Листья больших размеров сформировались у полушибов Аркада стаканчатого № 4, Белого налива № 15, Папировки № 54 и у гибридных сеянцев от скрещивания сортов Шаропай № 28 × Аркад стаканчатый № 4 и Папировка № 54 × Шаропай № 27.

**Выводы.** Приведенные данные исследований подтверждают целесообразность проведения отбора родительских пар для контролируемого скрещивания. Различия подтверждаются на начальном этапе онтогенеза, что позволяет провести последующий отбор отдельных экземпляров как среди гибридных растений, так и среди полушибов конкретных деревьев.

### Литература

- Гусева И.Н. Яблоня в вашем саду. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 189 с.
- Леонов И.М. Степлющийся сад в Сибири. – Новосибирск: Зап. Сиб. кн. изд-во, 1970. – 82 с.
- Любавская А.Я. Лесная генетика и селекция. – М.: Агропромиздат, 1982. – 228 с.
- Селекция яблони в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова, Н.В. Моксина [и др.]. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2006. – 357 с.
- Мичурин И.В. Сочинения. Программа и методика работ. – М.: ОГИЗ, 1955. – Т. 1. – 594 с.
- Родин С.А., Родин А.Р. Теоретические и практические аспекты повышения результативности искусственного выращивания леса // Лесное хозяйство. – 2005. – № 1. – С. 36–39.

7. Садыгов А.Н. Селекция яблони и экспериментальные схемы скрещивания для ускорения селекционного процесса в создании ценных сортов // Вестник МГОУ. Сер. Естественные науки. – М., 2014. – № 3. – С. 42–45.
8. Седов Е.Н., Павлюк В.И., Серова З.М. Новая технология выращивания гибридных сеянцев яблони в селекционном саду // Селекция и семеновод. – 2000. – № 2. – С. 2–3.
9. Скибинская А.М. Сорта яблони в Сибири. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1969. – 214 с.
10. Смирнов А.А. Высокие урожаи плодов в Сибири. – Красноярск, 1966. – 109 с.



УДК 674.048

Е.А. Гудаева

## ОСОБЕННОСТИ МАКРОСТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ *L. GMELINII* В СВЯЗИ С БИОСТОЙКОСТЬЮ

В статье приведены данные исследований макроскопического строения древесины *Larix gmelinii* и определена доля его влияния на противогнилостную стойкость к загниванию. Приведен сравнительный анализ показателей макроструктуры древесины *L. gmelinii* из различных районов произрастания.

**Ключевые слова:** макростроение, древесина, биостойкость, *L. gmelinii*.

E.A. Gudaeva

## THE PECULIARITIES OF WOOD *L. GMELINII* MACROSTRUCTURE IN CONNECTION WITH THE BIOSTABILITY

*The research data of the macroscopic composition of Larix gmelinii wood are presented and the proportion of its influence on the antiputrescent resistance to decay is determined in the article. The comparative analysis of the *L. gmelinii* wood macrostructure from different growthareas is given.*

**Key words:** macrostructure, wood, biostability, *L. gmelinii*.

---

**Введение.** Лиственничные насаждения являются долголетним объектом многочисленных исследований. К сожалению, запасы лиственничных насаждений в настоящее время несколько сокращаются, в основном под влиянием антропогенной нагрузки. В этой связи решаются вопросы естественного восстановления лиственницы путем изучения наиболее продуктивных насаждений, влияния различных факторов на качественные характеристики, намечаются пути для более рационального использования лиственничных лесов. На территории Восточной Сибири преобладающей породой является лиственница Гмелина (*L. gmelinii*). Ее доминирование наблюдается в различных экологических условиях: от резко континентальных районов на севере и до южной границы с Китаем.

Занимая большую территорию и произрастаая в различных географических зонах, лиственничные древостои отличаются ростом, строением, продуктивностью и выполняют огромные экологические функции не только в местах произрастания, но и в прилегающих к ним регионах. Примерно на 90 % древостои, слагающие северную границу лесной экосистемы, состоят из деревьев *L. gmelinii*, которые представляют крупный резерв в освоении лесных растительных ресурсов. В отличие от *L. sibirica* этот вид достаточно хорошо приспособлен к обитанию в зоне вечной мерзлоты, что отчетливо выражается в строении кроны, особенностях семеношения, толерантности, эко-

логической пластичности [Дылис, 1961]. Различия внешних признаков деревьев разных популяций находят отражение во внутренней структуре древесины (окраска ядра, ширина годичных колец, размеры клеток).

Одними из основных качественных характеристик древесины лиственницы являются структура годичного слоя и процентное содержание поздней зоны. Прирост древесины лиственницы и других хвойных пород в зависимости от морфологического строения клеток, условий произрастания и других показателей довольно полно изучен отечественными и зарубежными учеными [Ваганов, Шашкин, 2000; Wilson, 1966]. Проведены широкие исследования, охватывающие вопросы адаптации *L. gmelinii* к условиям Крайнего Севера [Абаймов, 1980].

Установлено, что формирование годичного слоя определяется особенностями микроскопического строения древесины, в частности числом и размерами клеток [Антонова, Стасова, 1999], которые в свою очередь зависят от плодородия и температурно-влажностного режима почвы, продолжительности светового дня, дневных и сезонных колебаний температуры воздуха и других факторов. Так, например, исследования Тренделенбурга, Биссета [Баженов и др., 1962] показали, что широкие кольца древесины, формирующиеся в благоприятных условиях (повышенная влажность, хорошее освещение), состоят из коротких трахеид, узкие – из длинных.

Ряд авторов отмечают о большом влиянии на формирование годичных колец продолжительности вегетационного периода [Судачкова, 1977; Gregory, 1971]. Основным фактором, отвечающим за образование древесины, как считает И.В. Свидерская (1999), является камбальная активность, от которой зависит количество вырабатываемых клеток. В своей работе автор приводит данные о тесной корреляции численности клеток в радиальном ряду с шириной годичного кольца древесины хвойных пород.

Однако следует отметить, что наименьшее внимание со стороны исследователей отводилось изучению влияния макроскопического строения древесины *L. gmelinii* на стойкость к загниванию.

Поэтому одна из главнейших и далеко не решенных проблем заключается в том, чтобы выявить и охарактеризовать, в какой степени пространственные изменения структуры и функций компонентов древостоя влияют на изменения структуры и свойства формирующейся в нем древесины. Задача исследований состоит в том, чтобы попытаться вскрыть и проанализировать взаимосвязи между условиями роста дерева на качественное состояние древесины, в частности провести исследования изменчивости макростроения древесины *L. gmelinii* и определение доли влияния на ее противогнилостную стойкость.

**Цель работы.** Изучение макростроения древесины *L. gmelinii* в зависимости от экологогеографических условий произрастания и определение доли его влияния на противогнилостную стойкость к загниванию.

**Задачи исследования:** сравнительный анализ показателей макроструктуры древесины *L. gmelinii* из различных районов произрастания, выявление связи с биостойкостью.

**Объект и методики исследований.** Деревья *L. gmelinii* были заготовлены в Верхне-Читинском лесхозе, расположенному в Даурской лесорастительной провинции Читинской области (подзона среднетаежных лесов Забайкалья, лесничество Верхне-Читинское) и в зоне вечной мерзлоты (Тура). Климат Забайкалья характеризуется жарким летом и суровой зимой с низким количеством осадков. Безморозный период составляет 92–103 дня. Средняя температура января  $-39,5^{\circ}\text{C}$ , июля  $+38,7^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков 292 мм. Климат Эвенкийского района Красноярского края континентальный субарктический, зимние температуры могут опускаться ниже  $-60^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая температура воздуха  $-8,4^{\circ}\text{C}$ ; относительная влажность воздуха  $71\%$ , мощность вечной мерзлоты достигает 50–200 м.

В районах исследований была заложена пробная площадь по общепринятой в лесной таксации методике [Анучин, 1977].

Популяции представлены средними деревьями, которые подбирались по методике индивидуального отбора. Для анализа были отобраны керны, которые подвергались измерению характеристик радиального прироста на полуавтоматическом измерительном комплексе LINTAB-3. Для обработки полученных данных использовалась компьютерная программа TSAP 3.5, позволяющая вводить данные измерений в компьютер и обрабатывать их с высокой точностью. Для получения более точных данных измерение осуществлялось на спилах в двух направлениях по радиусу ствола.

Для сравнения показателей макроструктуры древесины в работе анализировались деревья *L. sibirica*.

В качестве контроля проводились микроскопические исследования по подсчету количества рядов трахеид в ранней, поздней и переходной зонах годичного слоя. Для этого изготавливались срезы древесины толщиной 15 микрон по методике М.Н. Прозиной (1960) из периферийной части ядровой древесины. Подсчет трахеид в радиальных рядах, размеры трахеид и их просветов, толщины стенок осуществляли в радиальном направлении на микроскопе МБИ-6. В анализе участвовали средние показатели измеренных элементов, которые определяли изменчивость на уровне популяции.

Биостойкость определялась по потере веса древесины после испытаний на культуре домового гриба *Coniophora cerebella* Schröt. В качестве питательной среды использовалась овсяно-опилочная смесь. Размер образцов составлял 5×5×5 мм. Опытные образцы изготавливались из призаболонной части ядра путем выкалывания их из торцевых пластинок толщиной 5 мм на высоте 1,3 м от основания ствола. Перед установкой образцы взвешивались на аналитических весах с точностью 0,005 г, высушивались до абсолютно сухого веса. Деструкция древесины лиственницы определялась при помощи цветных гистохимических реакций. В качестве реагента использовался метиленовый голубой.

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследований, проведенных на древесине *L. gmelinii* (табл. 1), показали: древесина характеризуется умеренно широкими годичными слоями с пониженным содержанием процента поздней древесины в сравнении с древесиной *L. sibirica* из центральной полосы Средней и Восточной Сибири. Резкие различия установлены по второму показателю с помощью коэффициента Стьюдента ( $t_{расч} = 3,74$  при  $t_{табл} = 1,96$ ). Пониженные качественные характеристики древесины лиственницы в крайних точках произрастания обусловливаются суровыми климатическими условиями, близким залеганием мерзлоты, сухими почвами, затрудняющими процесс получения из почвы питательных для роста веществ. Между шириной годичного слоя и процентным содержанием поздней зоны в нем установлена обратная корреляционная связь.

У деревьев *L. gmelinii*, произрастающих в условиях вечной мерзлоты, в ранней древесине образуются клетки с достаточно большой площадью просвета, в поздних трахеидах отмечается относительно большая площадь стенок. Условия роста в зоне вечной мерзлоты, где определяющими факторами служат низкая температура и очень сокращенный вегетационный период, неблагоприятные. Древесина лиственницы Крайнего Севера очень узкослойная из-за недостатка воды в почве и сурового климата, что вызывает образование укороченных волокон. При сниженном процессе водопроведения увеличивается механическая функция «плотность»: Тура – 617 кг/м<sup>3</sup>, Читинская область – 627 кг/м<sup>3</sup>.

Популяция *L. gmelinii* в таких условиях имеет доминирующее положение, что находит отражение в форме кроны, особенностях семеношения, пластичности [Абаймов, 1980].

Различия показателей макроскопического строения древесины лиственницы определяются в первую очередь внутренними изменениями, происходящими в древесине в процессе роста дерева: размерами и количеством ранних и поздних трахеид в годичном слое. Число клеток является одним из основных показателей формирования древесины, о чем свидетельствуют данные, полученные ранее на древесине *L. sibirica* [Гудаева, 2004].

Таблица 1

Показатели макроструктуры древесины *L. gmelinii*

Модель	Возраст, лет	Статистические показатели					
		Ширина годичного слоя, мм	Диапазон колебаний, мм	Процент поздней древесины, %	Диапазон колебаний, %	Количество трахеид в годичном слое	
Читинская область							
17	116	1,17	0,20÷2,90	24,79	13,33÷40,00	65	45
15	121	0,82	0,18÷1,98	29,26	12,28÷40,63	33	47
18	127	1,08	0,14÷3,59	29,63	10,08÷42,99	52	50
Среднее		1,02	0,17÷2,82	27,89	11,90÷41,21	50	47
Тура							
34	123	0,73	0,09÷1,13	26,28	20,15÷28,49	42	31
31	126	0,61	0,15÷1,09	28,25	23,44÷30,15	39	33
Среднее		0,67	0,12÷1,11	27,27	21,80÷29,32	41	32

Примечание. Достоверность различий рассчитана в сравнении с центральными районами Средней и Восточной Сибири (ширина годичного слоя – 1,11 мм; процент поздней древесины – 36,91).

Количество трахеид в годичном слое примерно у всех моделей одинаковое. На число клеток в радиальных рядах большое влияние оказывают физиологические процессы в дереве, к которым можно отнести сезонные колебания, почвенно-климатические, лесоводственно-биологические и эколого-географические условия произрастания дерева, что находит отражение в энергии его роста и производительности камбия [Силкин, 2009]. Установлено, что радиальные размеры клеток, а также толщина стенок и площадь просветов зависят от температуры воздуха и условий увлажнения почвы, микроклимата насаждения и т.д. [Вахнина, 2013].

Результаты проведенных исследований показали внутрипопуляционные различия как ответ на изменяющиеся условия среды. Здесь имеют место возрастной параметр и индивидуальные особенности произрастания дерева, а также камбимальная активность каждого в отдельности.

Анализируя корреляционные коэффициенты по исследуемым моделям, обнаружили тесную связь всех показателей микростроения древесины *L. gmelinii* с шириной годичного слоя ( $r = 0,63\text{--}0,65$ ).

Важно отметить значительное влияние строения древесины лиственницы на ее стойкость к загниванию.

Вопросы, связанные с биостойкостью древесины в природных условиях, а также с установлением сроков ее службы, разрабатывались многими отечественными и зарубежными исследователями.

Получены данные, подтверждающие повышенную стойкость древесины *L. sibirica* в сравнении с сосной и заболонной древесиной. Однако имеющиеся литературные данные и практика использования древесины лиственницы показали, что срок ее службы может изменяться в широком диапазоне в зависимости от множества факторов [Харук, 2000]. Этот вывод также подтвержден зарубежными учеными [Рипачек, 1967 и др.].

Анатомическое строение древесины, ультраструктура ее клеточных оболочек, химический состав, физическое состояние определяют все ее технические свойства. Эти факторы влияют на процесс разложения, обусловливают скорость и характер гниения. Знание о среде (древесине), в которой грибы растут и которую разрушают, является необходимым условием для определения их деятельности и для ее направленного регулирования.

Наблюдения за активностью роста грибницы показали первоначальное интенсивное обра-  
тение образцов древесины *L. gmelinii* мицелием, расположенным на расстоянии 20–25 мм отperi-  
фериейной части ядра. На начальной стадии гниения древесина образцов окрашивалась в светло-  
бурый цвет. Характер разрушения ранних и поздних трахеид древесины *L. gmelinii* показан на ри-  
сунке 1. Сравнение проводили с древесиной, не подвергавшейся испытаниям (рис. 2).

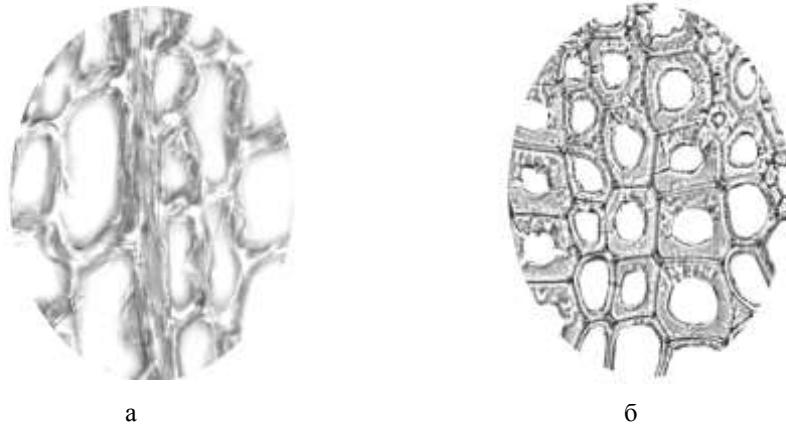


Рис. 1. Разрушение древесины лиственницы: а – ранние трахеиды, б – поздние трахеиды

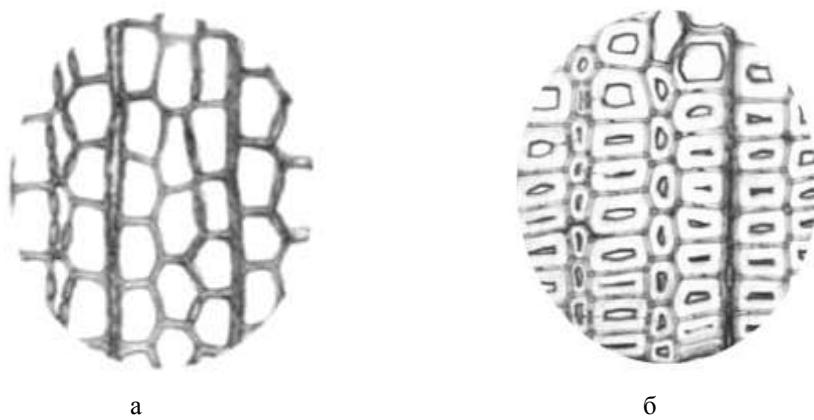


Рис. 2. Контроль, здоровая древесина лиственницы: а – ранние трахеиды, б – поздние трахеиды

Некоторые из образцов расщеплялись на волокна или растирались в порошок после высушивания, в дальнейшем извлекались из анализа результатов. Стойкость древесины против дерево-  
разрушающих грибов определяется физиологическим состоянием растущего дерева, которое в свою очередь находится в тесной зависимости с условиями места произрастания. Так, отдельные деревья или лесные насаждения, поврежденные насекомыми и растущие в неблагоприятных условиях, не могут активно сопротивляться и быстро загнивают.

Результаты микологических испытаний позволили установить более высокую стойкость древесины к загниванию, произрастающей в Верхне-Читинском лесхозе. Несмотря на толерантность *L. gmelinii* к условиям вечной мерзлоты, климат Туры более суровый, количество осадков снижено, вегетационный период сокращен, что находит свой отклик в камбальной активности дерева и в качестве формируемой древесины.

Таблица 2

Биостойкость древесины *L. gmelinii*

Район произрастания	Номер модели	Возраст, лет	n, шт.	M, %	±m, %	Диапазон колебаний, %	V, %	P, %
Читинская область	17	116	85	65,31	1,608	68,25÷86,96	22,70	2,46
	15	121	103	66,70	0,281	61,34÷79,04	4,27	0,42
	18	127	87	70,98	0,358	70,03÷83,13	4,50	0,47
Тура	34	123	11	57,83	1,538	50,47÷68,18	8,82	2,66
	31	126	12	63,21	2,069	52,41÷69,86	3,27	0,94

Примечание: контрольная древесина – заболонь сосны,  $52,02 \pm 1,59 \%$ .

Результаты исследований, полученные на небольшом количестве деревьев *L. gmelinii*, позволили установить индивидуальную изменчивость показателей макроструктуры и биостойкости древесины.

**Выводы.** Полученные данные могут быть использованы для направленного выращивания насаждений *L. gmelinii* с целью получения высококачественной древесины, что может привести к рациональному природопользованию и сохранению популяционного фонда.

Путем системного подхода возможна разработка новых методических приемов и комплексных исследований для выявления изменчивости стойкости древесины *L. gmelinii* к загниванию.

## Литература

1. Абаимов А.П. Лиственница Гмелина и Каяндра (систематика, география, изменчивость, естественное гибридизация): дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1980. – 228 с.
2. Антонова Г.Ф., Перевозникова В.Д., Стасова В.В. Влияние условий произрастания на структуру годичного слоя древесины и продуктивность сосны обыкновенной // Лесоведение. – 1999. – № 6. – С. 45–53.
3. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 512 с.
4. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных. – Новосибирск, 2000. – 232 с.
5. Вахнина И.Л. Древесно-кольцевая хронология по сосне обыкновенной в региональных условиях Восточного Забайкалья // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – XXXI. – № 1. – С. 54–56.
6. Гудаева Е.А. Влияние эколого-географических условий роста на биостойкость и строение древесины лиственницы сибирской: автореф. дис. ... с.-х. наук. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2004. – 25 с.
7. Дылис Н.В. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока. – М., 1961. – 209 с.
8. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высш. шк., 1960. – 206 с.
9. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 186 с.
10. Свидерская И.В. Гистометрический анализ закономерностей сезонного формирования древесины хвойных: дис. .... канд. биол. наук. – Красноярск, 1999. – 171 с.
11. Силкин П.П. Многопараметрический анализ структуры годичных колец в дендроэкологических исследованиях: дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск, 2009. – 506 с.
12. Судачкова Н.Е. Метаболизм хвойных и формирование древесины. – Новосибирск: Наука, 1977. – 230 с.
13. Харук Е.В. Биостойкость, строение и свойства древесины лиственницы сибирской // Вестник СибГТУ. – 2000. – № 2. – С. 25–32.

14. Gregory R.A. Cambial activity in Alaskan white spruce // Amer.J.Bot. – 1971. – Vol. 58. – № 2. – P. 160–171.
15. Wilson B.F. Mitotic activity in the cambial zone of *Pinus strobus* // American Journal of Botany. – 1966. – Vol. 53. – № 4. – P. 364–372.



УДК 581.526.42(571.16)

Г.С. Таран

## РЕДКИЕ ВАРИАНТЫ ОСОКОРНИКОВ НА СЕВЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В пойме реки Оби на севере Томской области отмечены необычные осокоревые фитоценозы. Они классифицированы как сообщество *Populus nigra* [Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae].

**Ключевые слова:** геоботанические описания, синтаксономия, осокорь, *Populus nigra*, тополевые леса, река Обь.

G.S. Taran

## RARE VARIANTS OF BLACK POPLAR STANDS ON THE NORTH OF THE TOMSK REGION

*Unusual black poplar phytocoenoses are noted in the Ob River floodplain, the north of the Tomsk region. They are classified as community *Populus nigra* [Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae].*

**Key words:** relevés, syntaxonomy, black poplar, *Populus nigra*, poplar forests, Ob River.

---

**Введение.** Вдоль русла Оби леса с доминированием тополя черного, или осокоря (*Populus nigra*), проникают в подзону средней тайги, где суммарно занимают заметные площади [1]. Помимо типичных тополевых лесов, приуроченных к прирусловой зоне, в глубине обской поймы отмечены редкие варианты тополевых редин. Они занимают малые площади, но интересны как пример адаптации осокоря к необычным экологическим условиям.

**Цель исследования.** Дать детальную характеристику тополевым фитоценозам, отмеченным на внутренних участках обской поймы, сравнив их с прирусловыми топольниками и местными осиново-березовыми пойменными лесами.

**Материалы и методы.** Материал собран автором у с. Новоникольское Александровского района Томской области (59°45'05" с. ш., 79°11'56" в. д.). Описания выполнялись на учетных площадках в 100 м<sup>2</sup>. Проективное покрытие (ПП) видов указывалось в процентах. Обработка описаний проведена в соответствии с методическими подходами эколого-флористической классификации Браун-Бланке [2]. Названия сосудистых растений приводятся по [3], гидрологическая терминология – по [4].

**Результаты и обсуждение.** Описание 156, 25.07.1988, окрестности с. Новоникольское – 2,1 км на восток, пойма Оби у останца Долгий Остров. Расстояние до русла Оби – 2,6 км. Местообитание: примыкающий к останцу пологий (5°) склон ЗЮЗ экспозиции. Он образован в результате размыва песчаного борта останца во время высоких половодий, когда на пике затопления на пойме устанавливаются транзитные потоки. Смытый песок отлагается тут же, формируя узкую переходную зону, отделяющую незатопляемый останец от обширных пространств болотистых лугов. В экологическом отношении приостанцовый склон относится к уровню высокой поймы, на что указывает скопление плавника на верхней границе склона.

Размеры учетной площадки 7 м × 14,3 м, контур однородный; тополевая редина в целом вытянута вдоль подножия останца на несколько десятков метров. Общее проективное покрытие (ОПП)

древостоя 10 %, высота 14 м, диаметр 60 см. Высота подроста тополя – 2 м. ОПП подлеска – 35 %, высота – 80 см. ОПП травостоя – 15 %. Всего отмечено 39 видов.

Описание 333, 6.08.1989, окрестности с. Новоникольское – 8,3 км на юг, пойма Оби у останца Могильный Остров. Расстояние до русла Оби – 2,5 км. Приостанцовый склон ЮЗ экспозиции, уклон 5–7°, ширина 30–40 м. У нижней границы склона местами отложены валуки ветоши, принесенной полыми водами. Почва песчаная. Учетная площадка взята вверх от середины склона. ОПП древостоя 12 %, высота 18 (ПП 10 %) и 9 м (ПП 2 %). Высота подроста 1,1 м. ОПП подлеска 6 %, высота 0,7–1 м. ОПП травостоя 12 %, высота 30 см. Всего отмечено 32 вида.

В целом в 2 описаниях отмечено 49 видов, средняя видовая насыщенность фитоценозов со- судистыми – 35,5 вида на 100 м<sup>2</sup> (табл.).

**Видовой состав тополевых редин поймы Оби в подзоне средней тайги:  
сообщество *Populus nigra* [Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae]**

Вид и синтаксон	Номер опи- сания		Вид и синтаксон	Номер опи- сания	
	156	333		156	333
Доминант древесного яруса		Anemonidium dichotomum		12	.
A1 <i>Populus nigra</i>	10	10	<i>Filipendula ulmaria</i>	+	.
A2 <i>Populus nigra</i>	.	2	<i>Poa pratensis</i>	+	.
B <i>Populus nigra</i>	3	0,5	Прочие виды		
Д.в. сообщества <i>Populus nigra</i>		<i>Sanguisorba officinalis</i>		+	2
<i>Carex praecox</i>	+	2	<i>Artemisia vulgaris</i>	+	3
<i>Moehringia lateriflora</i>	+	1	<i>Galium boreale</i>	0,5	+
<i>Rubus saxatilis</i>	+	+	<i>Elytrigia repens</i>	+	0,3
<i>Viola canina</i>	+	+	<i>Thalictrum flavum</i>	+	+
Д.в. <i>Brachypodio-Betuletea</i> *		<i>Equisetum arvense</i>		+	+
B <i>Rosa majalis</i>	35	5	<i>Plantago major</i>	+	+
<i>Hieracium umbellatum</i>	0,5	3	<i>Poa palustris</i>	+	+
<i>Lactuca sibirica</i>	+	+	C <i>Padus avium</i>	+	+j
<i>Vicia cracca</i>	+	+	C, B <i>Betula pubescens</i>	+j	+
<i>Veronica longifolia</i>	+	+	<i>Calamagrostis purpurea</i>	0,5	.
<i>Kadenia dubia</i>	+	+	B <i>Salix rosmarinifolia</i>	.	1

Примечание. В оп. 156 с ПП «+» также отмечены: *Abies sibirica* (juv.), *Amoria repens*, *Angelica decurrens*, *Bromopsis inermis*, *Carex cespitosa*, *Gentiana pneumonanthe*, *Persicaria amphibia*, *Pinus sibirica* (juv.), B *Populus tremula*, *Ranunculus repens*, *Scutellaria galericulata*, *Stachys palustris*, C *Swida alba*; в оп. 333 с ПП «+» отмечены: *Achillea millefolium*, *Calamagrostis epigeios*, *Campanula rotundifolia*, *Equisetum pratense*, *Erigeron acris*, *Erysimum cheiranthoides*, *Hierochloe odorata*, *Hylotelephium triphyllum*, *Melandrium album*, *Solidago virgaurea*. Условные обозначения: A1 – деревья в диапазоне высот 14–18 м, A2 – деревья высотой 9 м, B – кустарники подлеска и подрост древесных пород высотой 6 м и ниже, C – подрост деревьев и кустарников в составе травяного яруса; «д.в.» – диагностические виды синтаксонов; \* – включая д.в. порядка *Calamagrostio epigeii-Betuletalia pendulae* и союза *Roso majalis-Betulion pendulae*; «j», juv. – всходы. ПП видов указано в процентах, при этом «+» – ПП менее 0,3 %.

Отличие тополевых редин от типичных топольников Александровского отрезка обской поймы [1] проявляется в нескольких отношениях.

1. Типичные топольники приурочены к аллювиальным местообитаниям – намываемым прирусловым гравиям. На внутренних участках поймы, где найдены тополевые редины, новообразова-

ние таких форм рельефа невозможно, поскольку полые воды поступают сюда уже осветленными, освобожденными от сколько-нибудь крупных фракций аллювия. Тополевые редины располагаются на размываемых субстратах, источник которых – песчаные внутриводные останцы высокой ступени первой надпойменной террасы.

2. В типичных осокорниках древостой одновозрастный, гарантированное возобновление осокоря под пологом древостоя отсутствует. В тополевых рединах после половодий редкой обеспеченности возможно появление нового подсева. По этой причине в них отмечается 2–3 поколения осокоря.

3. В оп. 156 хорошо выражен кустарниковый подлесок, что не отмечено в прирусловых осокорниках [1], но характерно для местных березняков и осинников поймы Оби [5].

Оценим синтаксономический статус приведенных в таблице описаний. Диагностическая комбинация видов класса *Salicetea purpureae* Moor 1958, объединяющего пионерные прирусловые леса, в них значительно ослаблена. Так, отсутствуют пионерные породы ив (*Salix alba*, *S. viminalis*, *S. dasyclados*), которые довольно обычны в прирусловых топольниках [1]. Диагностические виды класса из числа трав также представлены слабо: имеются *Poa palustris* и *Stachys palustris*, но не найдены *Lysimachia vulgaris*, *Phalaroides arundinacea*, *Urtica dioica* – виды высокого и среднего постенства в типичных осокорниках. Из 4 диагностических видов местной ассоциации осокоревых лесов в тополевых рединах отмечен только один: *Anemone dichotomum*.

В то же время в описаниях довольно полно представлена диагностическая комбинация видов местных бересковых и осиновых пойменных лесов, относимых к ассоциации *Spiraeo salicifoliae-Populeum tremulae* Taran 1993, союзу *Roso majalis-Betulion pendulae* Denisova ex Taran 2000, порядку *Calamagrostio epigeii-Betuletalia pendulae* Korolyuk in Ermakov et al. 1991 и классу *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae* Ermakov et al. 1991 [5]: *Rosa majalis*, *Hieracium umbellatum*, *Lactuca sibirica*, *Vicia cracca*, *Veronica longifolia*, *Kadenia dubia*, *Rubus saxatilis* и других. В этой синтаксономической ситуации *Anemone dichotomum* следует трактовать как диагностический вид союза *Roso majalis-Betulion pendulae*.

Поскольку в тополевых рединах доминантой древесного яруса является диагностический вид класса *Salicetea purpureae*, а сопутствует ему свита диагностических видов класса *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae*, эти фитоценозы следует рассматривать как «синтаксономические гибриды» и регистрировать как безранговое сообщество: *Populus nigra* [*Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae*].

Общие флористические отличия приостанцовых и прирусловых осокорников достаточно заметны: в тополевых рединах отмечено 18 видов, не найденных в прирусловых топольниках. Четыре таких вида имеются в обоих описаниях: *Rubus saxatilis*, *Carex praecox*, *Moehringia lateriflora*, *Viola canina*. Эти виды также очень редки в местных пойменных березняках и осинниках [5]. Следовательно, для сообщества *Populus nigra* [*Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae*] их можно принять в качестве диагностических.

**Выводы.** Охарактеризованные выше тополевые фитоценозы отличаются от типичных осокорников данного района ландшафтной приуроченностью, ярусной структурой, ритмом возобновления осокоря и видовым составом. По общему набору видов, спутников осокоря, они ближе к местным березнякам и осинникам поймы Оби, входящим в состав класса *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae*.

В синтаксономическом отношении приостанцовые топольники следует трактовать как безранговое сообщество *Populus nigra* [*Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae*]. Его диагностическими видами приняты *Rubus saxatilis*, *Carex praecox*, *Moehringia lateriflora*, *Viola canina*.

## Литература

1. Таран Г.С. Осокорники поймы Оби на севере Томской области (Западная Сибирь, Россия) // Вестник Томск. гос. ун-та. Сер. Биология. – 2014. – № 2 (26). – С. 74–89.

2. 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.
3. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб. : Мир и семья-95, 1995. – 992 с.
4. Чуботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 306 с.
5. Таран Г.С. Осиновые и березовые леса поймы средней Оби (*Spiraeo salicifoliae-Populeum tremulae* Taran 1993) // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – Барнаул, 1998. – Вып. 4. – С. 82–89.



УДК 581.1: 630.181: 630.174.754

В.Ф. Забуга, Г.А. Забуга

## СЕЗОННЫЙ РОСТ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕСОСТЕПНОМ ПРЕДБАЙКАЛЬЕ

Для сосны обыкновенной, растущей в лесостепном Предбайкалье, определили сроки начала, окончания, продолжительность видимого роста, соотношение и статистическую взаимосвязь размеров осевых побегов, хвои, ствола и скелетных корней.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, побеги, ствол, скелетные корни, периодичность роста, линейный и радиальный прирост.

V.F. Zabuga, G.A. Zabuga

## SEASONAL GROWTH OF THE SCOTCH PINE VEGETATIVE ORGANS IN THE PRED-BAIKAL FOREST-STEPPE

For the Scotch pine growing in the Pred-Baikal forest-steppe, the terms of start, end, visible growth duration, the correlation and the statistical relationship of the size of the axial shoots, needles, trunk and skeletal roots were determined.

**Key words:** Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), shoots, trunk, skeletal roots, growth periodicity, linear and radial growth.

**Введение.** Изучение сезонного роста побегов, хвои, ствола и скелетных корней, с одной стороны, расширяет представления о взаимосвязи ростовых процессов вегетативных органов в системе целого дерева. С другой, исходя из размеров органов и аллометрических закономерностей, складывающихся в рамках биосистемы древесного растения, приближает к пониманию меры обусловленности выполняемых вегетативными органами функций, их периодически изменяющимися размерами [13, 14].

**Цель работы.** Изучить периодичность прироста побегов, хвои, ствола и скелетных корней и с помощью статистических методов исследовать взаимосвязь ежегодных размеров вегетативных органов сосны обыкновенной, растущей в лесостепном Предбайкалье.

**Объект и методы исследований.** Экспериментальный материал был получен на опытном участке, расположенным в 80 км северо-восточнее г. Иркутска. Климат резко континентальный, с незначительным количеством осадков (271 мм/год), низкой влажностью воздуха в апреле-июне,

коэффициентом увлажнения 0,6–0,8, свидетельствующим о недостаточном увлажнении района наблюдений [1].

Измерения проводили в течение 1976–2005 гг. на опытном участке в высокополнотном мертвопокровном сосняке II с последующим переходом его в III класс возраста, класс бонитета I. Период наблюдений приходился на первую половину стадии кульминации текущего прироста соснового насаждения.

Прирост побегов и хвои, кронообразующих органов сосны, измеряли в миллиметрах металлической линейкой. Измерение длины побегов проводили ежесуточно, а хвои – ежедекадно на протяжении всего периода их роста в 1976–1986 гг. и 2003–2005 гг. на модельных деревьях сосны, растущих рядом с двумя трехъярусными деревянными вышками, построенными в 1976 году. В 1987–2005 гг. сезонный прирост побегов и хвои регистрировали только в конце вегетации.

Радиальный рост исследовали методом микроскопического анализа [9]. Образцы древесины вырезали из периферической части на высоте 1,3 м с южной стороны ствола, а скелетного корня – диаметром 40–50 мм на расстоянии 0,5–1,0 м от комля ствола со стороны поверхности земли. Эти участки исследуемых органов сосны имели минимальный годичный прирост по радиусу, а также незначительную эксцентричность годичных колец в период наблюдений [5, 6]. Образцы, на которых измеряли ширину годичного кольца (ШГК) в мм, брали ежедекадно в течение периода роста ствола в 1976–1986 гг., ствола и скелетного корня в 2004–2005 гг. В остальные годы наблюдений образцы ствола и скелетных корней сосны исследовали в конце вегетации.

Фенологические фазы роста и развития определяли по методике [3]. В первую треть периода наблюдений сроки и продолжительность фенофаз роста и развития сосны определяли путем непосредственных измерений, в другие годы – расчетным способом по установленной ранее зависимости начала и окончания ростовых процессов от факторов внешней среды [4]. Для этого использовали соответствующие метеоданные, полученные на метеостанции п. Усть-Орда, находящейся в 20 км от опытного участка. Прирост исследуемых органов ежегодно измеряли на 15 модельных деревьях сосны. В течение периода исследований деревья сосны по мере необходимости замещались. Полученные результаты обработаны статистически с помощью программы Statistica v5.5.

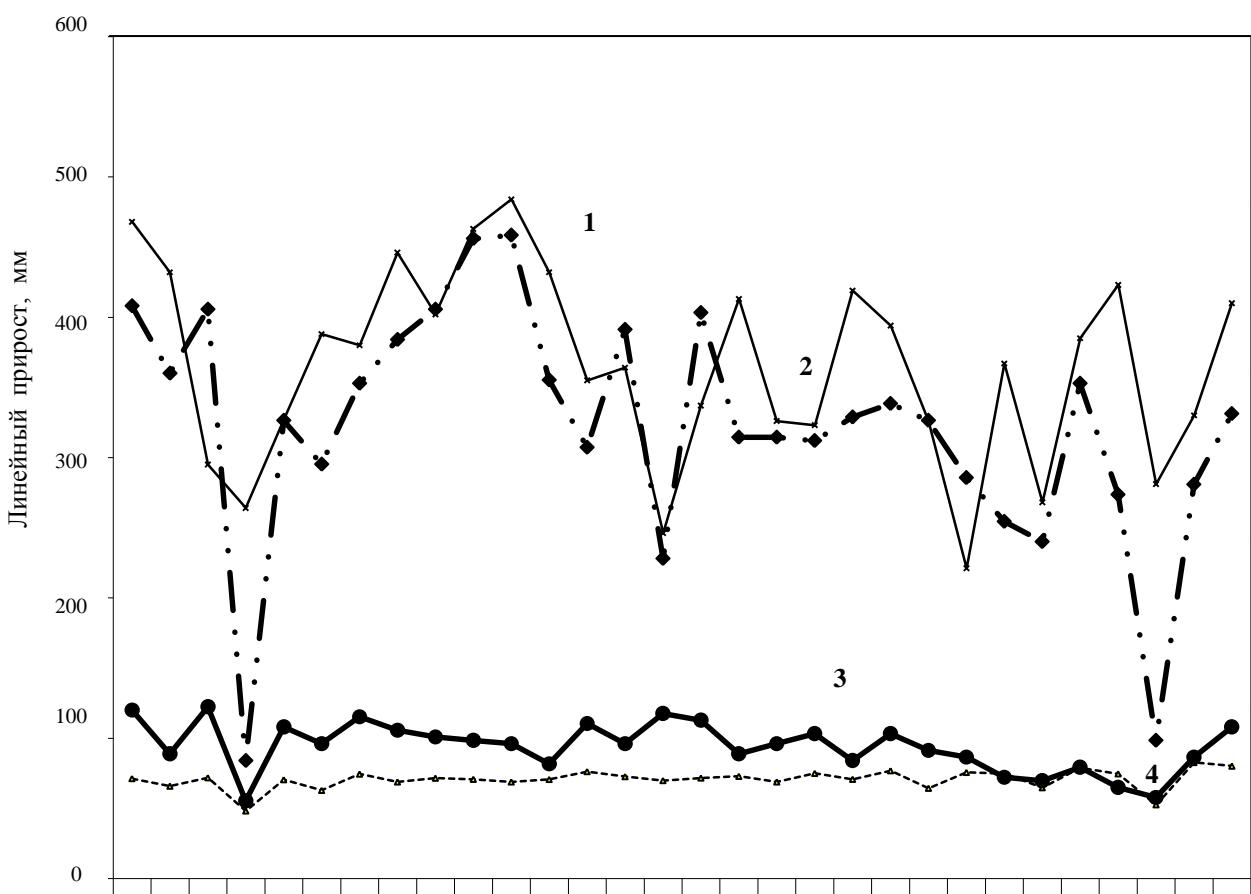
**Результаты исследований и их обсуждение.** Исследования показали значительное колебание сроков начала и окончания видимого роста вегетативных органов сосны. Так, вслед за ростом побегов примерно через две декады начинала расти хвоя. Прирост ствола по радиусу на высоте 1,3 м, как правило, совпадал с началом роста хвои. Радиальный прирост скелетных корней на расстоянии 0,5–1,0 м от комля фиксировали примерно на две декады позднее по сравнению с исследуемым участком ствола.

Окончание роста побегов в высоту обычно регистрировали в конце июня – начале июля, а хвои – в первой, реже во второй декаде августа. Окончание образования трахеид у исследуемых участков ствола и скелетных корней по времени совпадало. Расхождение по срокам начала и окончания ростовых процессов обусловливало разную продолжительность периодов видимого роста вегетативных органов сосны в годы наблюдений. Наибольшей она была у ствола ( $7,8 \pm 0,1$  декады), наименьшей – у скелетного корня ( $5,0 \pm 0,2$  декады). При этом побеги в среднем росли –  $5,5 \pm 0,1$ , а хвоя –  $7,0 \pm 0,2$  декады.

Согласно полученным результатам, начало роста исследуемых органов зависело главным образом от температурных условий среды [3], а окончание – от эндогенных факторов [7]. В засушливые годы видимый рост вегетативных органов сосны заканчивался примерно на декаду раньше. Несмотря на условия внешней среды, период ростовой активности побегов и хвои, формирования кроны, полностью перекрывал аналогичный период роста ствола и скелетных корней сосны.

На рисунке представлены ежегодные изменения прироста кронообразующих (побеги и хвоя) и скелетных органов сосны (ствол и скелетные корни). Максимальная амплитуда, отражающая раз-

максимальных колебаний ежегодных размеров, составляла у побегов и хвои 238 и 34,6 мм, а ствола и скелетного корня – 1,56 и 0,28 мм соответственно. Снижение ежегодного прироста кронообразующих и скелетных органов «синхронизировалось» в вегетации с крайне экстремальным увлажнением среды (рис.). По ежегодному приросту рассчитывали относительную скорость роста (RGR, мм/мм за год) как отношение абсолютного прироста исследуемых вегетативных органов сосны за данный сезон к уже достигнутой в предыдущую вегетацию его величине [8].



Ежегодные изменения прироста осевого побега (ASL, 1), хвои (ANL, 4), ствола на высоте 1,3 м (ARW<sub>st</sub>, 2) и скелетного корня (ARW<sub>skr</sub>, 3) на расстоянии 0,5–1,0 м от комля сосны обыкновенной

Характеристика статистических связей между ежегодным приростом исследуемых органов сосны представлена в таблице 1. В большинстве своем ежегодный прирост побегов и хвои и RGR этих органов значимо коррелировал с ШГК ствола и скелетного корня и их RGR. При этом не было обнаружено значимой статистической связи между ежегодным приростом и RGR побегов и аналогичными показателями прироста скелетных корней. Результаты, указывающие на взаимосвязь прироста побегов в высоту и ствола сосны в радиальном направлении, согласуются с установленными ранее [2]. Вместе с тем была показана тесная статистическая связь ежегодного прироста хвои и ее RGR с ШГК и RGR ствола и скелетного корня сосны.

Таблица 1

## Результаты расчета парной корреляции между параметрами размеров и относительной скорости роста кронообразующих и скелетных органов сосны обыкновенной

Переменные (Var. X & Var. Y)	Средняя арифметиче- ская	Стандартное отклонение	r (X, Y)	r <sub>l</sub>	t	p
RGR <sub>sh</sub> RGR <sub>st</sub> (N = 29)	0,0196 0,1384	0,1873 0,7061	0,4163	0,1733	2,3793	0,0247
RGR <sub>sh</sub> RGR <sub>skr</sub> (N = 29)	0,0196 0,0037	0,1873 0,2784	0,1611	0,0260	0,8483	0,4037
RGR <sub>nd</sub> RGR <sub>st</sub> (N = 29)	0,0300 0,1384	0,2751 0,7061	0,8222	0,6761	7,5071	0,0000
RGR <sub>nd</sub> RGR <sub>skr</sub> (N = 29)	0,0300 0,0037	0,2751 0,2784	0,7408	0,5488	5,7305	0,0000
ASL ARW <sub>st</sub> (N = 30)	364,6333 1,3387	70,6250 0,3612	0,6783	0,4602	4,8858	0,0000
ASL ARW <sub>skr</sub> (N = 30)	364,6333 0,3910	70,6250 0,0746	0,1967	0,0387	1,0616	0,2975
ANL ARW <sub>st</sub> (N = 30)	70,5733 1,3387	7,0310 0,3612	0,5292	0,2801	3,3005	0,0026
ANL ARW <sub>skr</sub> (N = 30)	70,5733 0,3910	7,0310 0,0746	0,4525	0,2048	2,6851	0,0120

Примечание: RGR<sub>sh</sub>, RGR<sub>nd</sub>, RGR<sub>st</sub>, RGR<sub>skr</sub> – относительная скорость роста (Relative Growth Rate) побега, хвои, ствола и скелетного корня соответственно; ASL – ежегодная длина побега (Annual Shoot Length); ANL – ежегодная длина хвои (Annual Needle Length); ARW<sub>st</sub> – ширина годичного кольца ствола (Annual Ring Width of Stem); ARW<sub>skr</sub> – ширина годичного кольца скелетного корня (Annual Ring Width of Skeletal Root). Жирным шрифтом выделены значимые при  $p < 0,05$  коэффициенты парной корреляции (r). N – объем выборки.

Результаты регрессионного анализа (табл. 2) свидетельствовали о значимом совместном влиянии как изменчивости RGR побега и хвои на изменчивость RGR скелетных органов, так и изменчивости ежегодного линейного прироста побега и хвои на изменчивость радиального прироста ствола и скелетного корня сосны. Как видим (табл. 2), величина RGR побегов и хвои объясняла более половины изменчивости RGR и ствола, и скелетного корня сосны. При этом ежегодный прирост побега и хвои определял соответственно 57 и 23 % изменчивости ШГК ствола и скелетных корней сосны.

Согласно полученным результатам, не все коэффициенты линейных регрессионных уравнений, представленные в таблице 2, оказались значимы при  $p < 0,05$ . При этом остатки регрессий в основном были без заметной автокорреляции, за исключением уравнения, выражающего связь ШГК скелетного корня и линейного прироста кронообразующих органов сосны. В ходе анализа было установлено, что доля влияния ежегодного прироста кронообразующих органов сосны на изменчи-

вость ШГК ее скелетных органов увеличивалась при переходе от простой линейной модели регрессии к линейной модели, включающей линейные эффекты и эффекты взаимодействия факторов, и полной квадратической модели.

Таблица 2

**Результаты регрессионного анализа показателей роста кронообразующих и скелетных органов сосны обыкновенной**

ЗП (Dep. Var.)	НЗП (Indep. Var.)	Показатели множественной регрессии (Multiple regression results)				Регрессионные характеристики зависимой переменной (Reg. Sum. For Dep. Var.)			Анализ остатков регрессионного уравнения (Residual analysis)	
		KMK (Multiple R)	КД (R <sup>2</sup> или RI)	F- критерий	p	Коэффициент уравнения регрессии (B)	Стандартная ошибка коэффициентов (St. Err. of B)	Вероятность нулевой гипотезы для коэффициен- тов	Коэф. Д-У (D-W d)	СКК (Serial Corr.)
RGR <sub>st</sub> (N=29)	RGR <sub>nd</sub>	0,839	0,705	31,022	0,0E-05	2,892	0,423	0,0E-05	2,348	-0,176
	RGR <sub>sh</sub>					0,457	0,288	0,125		
RGR <sub>skr</sub> (N=29)	RGR <sub>nd</sub>	0,744	0,554	16,153	0,28E-04	1,137	0,205	0,8E-05	1,988	-0,068
	RGR <sub>sh</sub>					-0,077	0,139	0,583		
ARW <sub>st</sub> (N=30)	ANL	0,757	0,573	18,124	0,1E-04	0,019	0,007	0,008	1,782	0,089
	ASL					0,003	0,001	0,3E-03		
ARW <sub>skr</sub> (N=30)	ANL	0,477	0,228	3,982	0,031	0,005	0,020	0,016	1,139	0,391
	ASL					0,6E-04	0,19E-03	0,750		

Примечание: ЗП – зависимые переменные; НЗП – независимые переменные; KMK(Multiple R) – коэффициент множественной корреляции; КД (R<sup>2</sup> или RI) – коэффициент детерминации; p – вероятность нулевой гипотезы для F-критерия; коэф. Д-У (D-W d) – коэффициент Дарбина-Уотсона; СКК (Serial Corr.) – сериальный коэффициент корреляции. Другие обозначения были даны в таблице 1.

Полученные результаты статистического анализа не были случайными и, по-видимому, отражали взаимосвязь, существующую между фотосинтезирующей кроной и водопроводящими скелетными частями древесного растения, структура годичных колец которых обуславливает подачу воды в крону. В ряде работ [5, 12, 15] подобную взаимосвязь доказывали аллометрические зависимости, установленные между массой или поверхностью ассимилирующих CO<sub>2</sub> органов, с одной стороны, и площадью поперечного сечения заболони ствола – с другой. Поскольку в основе поверхностно-массовых соотношений кронообразующих и скелетных органов древесного растения в конечном итоге лежат их линейные и радиальные сезонные приросты, по-видимому, поэтому были получены значимые статистические связи между изменчивостью ежегодного прироста побегов и хвои, их RGR и ШГК ствола и скелетных корней, а также RGR этих органов.

Рассчитав отношение ширины годичного кольца ствола и скелетного корня к величине сезонного прироста побега и хвои, характеризовали линейную производительность кроны (ЛПК). Получили, что за период наблюдений на 1 мм длины осевого побега сосны приходилось 3,5·10<sup>-3</sup>–4,5·10<sup>-3</sup> мм ШГК ствола (высота 1,3 м). При этом на 1 мм хвои текущего года в диапазоне ее длины от 60 до 80 мм приходилось 19,9·10<sup>-3</sup>–20,1·10<sup>-3</sup> мм ШГК ствола и 5,1·10<sup>-3</sup>–6,1·10<sup>-3</sup> мм ШГК скелетного корня (на 0,5–1,0 м от комля ствола сосны). При длине хвои менее 50 мм линейная производительность кроны сосны оказалась минимальной.

**Заключение.** В заключение отметим, что ежегодно в период вегетации сосны обыкновенной, растущей в лесостепи Предбайкалья, прирост ствола и скелетных корней имел место в фенофазы

роста побегов и хвои ее кроны. Соотношение сроков видимого роста кронообразующих и скелетных органов свидетельствовало о скоординированности и взаимосвязи ростовых процессов в системе целого дерева, которая проявлялась в виде значимых статистических связей между изменчивостью линейного прироста побегов и хвои и радиальным приростом ствола и скелетных корней сосны. Исходя из того, что ШГК ствола и скелетных корней фактически представляла собой ежегодно формируемые сосновой радиальные размеры водопроводящих путей, получили, что ЛПК кроны сосны характеризовалась определенным постоянством своей величины на протяжении всего периода наблюдений, приходящегося на стадию кульминации текущего прироста соснового насаждения. Предположили, что за постоянством ЛПК, как и, возможно, других сходных с ним соотношений [10, 11], фактически стояла заложенная в онтогенетической программе роста и развития древесного растения инвариантность ресурсного влияния растущей кроны на радиальный прирост его скелетных частей.

### Литература

1. Атлас Иркутской области. – М.; Иркутск, 1962. – 182 с.
2. Ваганов Е.А., Терсов И.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец. – Новосибирск: Наука, 1977. – 94 с.
3. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов. – Новосибирск: Наука, 1976. – 230 с.
4. Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Особенности роста вегетативных органов сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье // Экология. – 2007. – № 6. – С. 409–416.
5. Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Зависимость структуры годичных колец ствола и скелетного корня сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) от факторов внешней среды в лесостепной зоне Предбайкалья // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 2. – С. 341–349.
6. Кайбиянен Л.К., Софронова Г.Н. Роль транспортной системы в регуляции донорно-акцепторных отношений у *Pinus sylvestris* // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – № 1. – С. 136–143.
7. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 464 с.
8. Либберт Э. Физиология растений. – М.: Мир, 1976. – 580 с.
9. Лобжанидзе Э.Д. Камбий и формирование годичных колец древесины. – Тбилиси: Изд-во АН ГССР, 1961. – 159 с.
10. Root/shoot ratios for deriving below-ground biomass of *Pinus radiata* stands / P.N. Beets, S.H. Pearce, G.R. Oliver [et al.] // N.Z. J. Forest Sci. – 2007. – V. 37. – P. 267–288.
11. Relationship between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) / A. Bolte, T. Rahmann, M. Kurf [et al.] // Plant and Soil. – 2004. – V. 264. – P. 1–11.
12. Heitz P., Eckmüller O., Sterba H. Leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.) from different stands in eastern Austria studied by randomized branch sampling // European Journal of Forest Research. – 2010. – V. 129. – № 3. – P. 401–408.
13. Pretzsch H. Re-evaluation of allometry: state-of-the-art and perspective regarding individuals and stands of woody plants // Progress in Botany. – Berlin Heidelberg. – Springer, 2010. – V. 71. – Part 5. – P. 339–369.
14. Testing generalized allometries in allocation modeling within an individual-based simulation framework / R. Seidle, W. Rammer, P. Bellos [et al.] // Trees: Structure and Function. – 2010. – V. 24. – P. 139–150.
15. Sellin A., Kupper P. Spatial variation in sapwood area to leaf area ratio and specific leaf area within a crown of silver birch // Trees – Structure and Function. – 2006. – V. 20. – P. 311–319.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Агапов В.Н.  
– директор Ялуторовского аграрного колледжа, Тюменская область, г. Ялуторовск. E-mail: surd1985@mail.ru
- Агеев А.А.  
– канд. с.-х. наук, доц. каф. лесных культур Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: ageev\_aa@mail.ru
- Алейнова О.А.  
– науч. сотр. Биологического-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: shumakova\_olga91@mail.ru
- Аникин И. С.  
– асп. каф. технологии и организации общественного питания Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgtei.ru
- Бадмаева С.Э.  
– д-р биол. наук, проф., зав. каф. кадастра застроенных территорий и планировки населенных мест Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zemfak@kgau.ru
- Бакшееева С.С.  
– д-р биол. наук, доц., проф. каф. методологии и философии науки, директор Института подготовки кадров высшей квалификации Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dixi-1972@yandex.ru
- Безбородов Н.В.  
– д-р биол. наук, проф. каф. незаразной патологии Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский. E-mail: nvb.52@mail.ru
- Беленюк Д.Н.  
– асп. каф. биологии и охотоведения Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: sib.berendei@mail.ru
- Беленюк Н.Н.  
– преп. каф. биологии и охотоведения, зав. таксiderмической мастерской Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nadezhda-belenyu@mail.ru
- Ван Бэнъ<sup>1</sup>  
– асп. каф. анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zoofak@kgau.ru
- Васильева Т.В.  
– асп. каф. ландшафтной архитектуры и агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: schadrin@km.ru
- Вахрушева Т.И.  
– канд. вет. наук, доц. каф. анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zoofak@kgau.ru
- Выводцев Н.В.  
– д-р с.-х. наук, зав. каф. лесного и лесопаркового хозяйства Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск. E-mail: Nikolai@pnu.edu.ru
- Выюшина О.А.  
– науч. сотр. НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья Россельхозакадемии, г. Тюмень. E-mail: natalya\_sharapov@bk.ru
- Гришанов А.Н.  
– преп. каф. прочности летательных аппаратов Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск. E-mail: a\_grishanov@ngs.ru
- Губанов М.В.  
– асп. каф. технологий производства хранения и переработки продукции растениеводства Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: Mihail-gubanoff.1987@yandex.ru
- Гудаева Е.А.  
– канд. с.-х. наук, доц. каф. использования водных ресурсов Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: lisavija@rambler.ru

- Демиденко Г.А.* – д-р биол. наук, проф. каф. агроэкологии и природопользования Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: demidenkoekos@mail.ru
- Донкова Н.В.* – д-р вет. наук, проф., зав. каф. анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: anatom@kgau.ru
- Дубровина А.С.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Биологического почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: as\_dubrovina@mail.ru
- Еременко О.Н.* – канд. техн. наук, доц. каф. химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: oks.eromenko@yandex.ru
- Ермош Л.Г.* – канд. техн. наук, доц. каф. технологии и организации общественного питания Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: 2921220@mail.ru
- Забуга В.Ф.* – канд. экон. наук, ст. науч. сотр. каф. общественных дисциплин Сибирского института бизнеса, управления и психологии, г. Красноярск. E-mail: zabuger@rambler.ru
- Забуга Г.А.* – д-р биол. наук, проф. каф. техносферной безопасности Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск. E-mail: zabuger@rambler.ru
- Иванов В.А.* – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. лесоводства Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: Ivanovv53@yandex.ru
- Иванова Г.В.* – д-р с.-х. наук, проф. каф. технологии и организации общественного питания Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgtei.ru
- Исаева Т.Н.* – асп. каф. биологии, экологии и природопользования Ульяновского государственного университета, г. Ульяновск. E-mail: dtn89@mail.ru
- Казанчев С.Ч.* – д-р с.-х. наук, проф. каф. зоотехники Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: kbgsha@rambler.ru
- Карнаухов А.И.* – канд. техн. наук, доц. каф. технологий и машин природообустройства Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: Karnaikhov.ai@mail.ru
- Кириенко М.А.* – канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. лесоведения и почвоведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: Lma7878@mail.ru
- Киселев К.В.* – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. Биологического почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: KISELEV@biosoil.ru
- Ковалева О.А.* – доц. каф. электрификации горно-металлургического производства Института горного дела, геологии и геотехнологий Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: kovaleva047@mail.ru
- Козлов А.В.* – преп. каф. энергообеспечения сельского хозяйства Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: surd1985@mail.ru
- Колесникова В.Л.* – канд. биол. наук, зам. директора по научной работе Красноярского НИИСХ Россельхозакадемии, г. Красноярск. E-mail: krasniish@yandex.ru
- Кольман О.Я.* – канд. техн. наук, ст. преп. каф. технологии и организации общественного питания Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: 2921220@mail.ru

- Кудряшев Г.С. – д-р техн. наук, проф. каф. энергообеспечения и теплотехники Иркутской государственной сельскохозяйственной академии, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный. E-mail: kudryashev@list.ru
- Куликовский В.С. – канд. техн. наук, доц. каф. электрификации горно-металлургического производства Института горного дела, геологии и геотехнологий Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: kvs47@yandex.ru
- Кураченко Н.Л. – д-р биол. наук, проф. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kurachenko@mail.ru
- Лабазанов А.В. – асп. каф. зоотехники Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: kbgsha@rambler.ru
- Лабзин В.А. – канд. техн. наук, доц. каф. автомобилей, тракторов и лесных машин Сибирского технологического государственного университета, г. Красноярск. E-mail: sibgtu@sibgtu.ru
- Лобанов А.И. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. лесоведения и почвоведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: anatoly-lobanov@ksc.krasn.ru
- Майсямова Д.Р. – канд. с.-х. наук, доц. каф. экологии и рационального природопользования Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: natalya\_sharapov@bk.ru
- Макеева Ю.Н. – ст. преп. каф. земельного права и землеустройства Ачинского филиала Красноярского государственного аграрного университета, г. Ачинск. E-mail: afkrasgau@mail.ru
- Мансуров Р.Е. – канд. экон. наук, директор Зеленодольского филиала Института экономики, управления и права (г. Казань), г. Зеленодольск. E-mail: Russell\_1@mail.ru
- Матвеев А.Д. – канд. физ.-мат. наук, доц., ст. науч. сотр. Института вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск. E-mail: sibgtu@sibgtu.ru
- Матвеева Р.Н. – д-р с.-х. наук, проф. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: mrepyah@yandex.ru
- Медведев А.Ю. – канд. с.-х. наук, доц. каф. кормления животных и технологий кормов Луганского национального аграрного университета, г. Луганск. E-mail: Krollon@rambler.ru
- Мишуря П.В. – асп. каф. химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: pavelmishura@gmail.com
- Моксина Н.В. – канд. с.-х. наук, доц. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: mrepyah@yandex.ru
- Наранхуу У. – асп. каф. анатомии, гистологии и патоморфологии Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р.Филиппова, г. Улан-Удэ. E-mail: tomitova61@mail.ru
- Обухов В.О. – асп. каф. лесного и лесопаркового хозяйства Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск. E-mail: vladlen.obuhov@gmail.com
- Перфильев Н.В. – канд. с.-х. наук, зав. отделом земледелия НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья Россельхозакадемии, г. Тюмень. E-mail: natalya\_sharapov@bk.ru
- Попова Н.Н. – асп. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: mrepyah@yandex.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
- Репях М.В. – канд. с.-х. наук, доц. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: mrepyah@yandex.ru
- Рязанова Т.В. – д-р техн. наук, проф. каф. химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: tatyana-htd09@mail.ru
- Седельникова Л.Л. – д-р биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. интродукции декоративных растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: lusedelnikova@yandex.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
- Смолин Н.И. – канд. техн. наук, доц., зав. каф. общетехнических дисциплин Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: surd1985@mail.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
- Степанов Н.В. – канд. биол. наук, доц. каф. водных и наземных экосистем Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: stepanov-nik@mail.ru
- Суринский Д.О. – канд. техн. наук, доц. каф. энергообеспечения сельского хозяйства Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: surd1985@mail.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
- Тарасов П.А. – канд. биол. наук, доц. каф. лесоводства Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: avyatar@yandex.ru
- Тарасова А.В. – канд. хим. наук, доц. каф. неорганической химии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: avyatar@yandex.ru
- Ток М.В. – инженер каф. химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: oks.eriomenko@yandex.ru
- Третьяков А.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. энергообеспечения и теплотехники Иркутской государственной сельскохозяйственной академии, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный. E-mail: tretyakov\_alex@mail.ru
- Улимбашев М.Б. – канд. с.-х. наук, доц. каф. зоотехнии Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик. E-mail: kbgsha@rambler.ru
- Хабжоков А.Б. – канд. с.-х. наук, председатель ассоциации «Каббалкрыбхоз», Кабардино-Балкарская Республика, Урванский р-н, с.п. Старый Черек. E-mail: mpiezhljeva@mail.ru
- Холопов В.Н. – д-р техн. наук, проф. каф. автомобилей, тракторов и лесных машин Сибирского технологического государственного университета, г. Красноярск. E-mail: sibgtu@sibgtu.ru
- Христенко В.С. – ст. лаб. лаборатории биотехнологий Биологического-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: Valerya\_Khristenko@mail.ru

- Циммерман В.И. – асп. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: vovazem@mail.ru
- Цыдылов Р.Ц. – канд. вет. наук, доц. каф. анатомии, гистологии и патоморфологии Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р.Филиппова, г. Улан-Удэ. E-mail: tonitova61@mail.ru
- Цюрик А.В. – асп. каф. незаразной патологии Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский. E-mail: artemdobriy@mail.ru
- Чеботарева Е.Ю. – асп. каф. технологий хранения и переработки зерна Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: le-na\_4699@bk.ru
- Шадрин И.А. – канд. биол. наук, доц. ландшафтной архитектуры и агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: schadrin@km.ru
- Шереметов В.С. – асп. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: agro@kgau.ru
- Шнак О.Н. – ст. преп. каф. электрификации сельского хозяйства Иркутской государственной сельскохозяйственной академии, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный. E-mail: tretyakov\_alex@mail.ru
- Янова М.А. – канд. с.-х. наук, доц. каф. технологии хранения и переработки зерна Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: yanova.m@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### Почвоведение

Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Майсямова Д.Р. Влияние систем основной обработки на микробиологическую активность темно-серой лесной почвы в Северном Зауралье.....	3
Исаева Т.Н. Современный почвенный покров сосново-зеленомошниковых западного ландшафтного района центральной части Приволжской возвышенности.....	8
Кураченко Н.Л., Колесникова В.Л., Шереметов В.С. Влагообеспеченность чистых и бинарных посевов кормовых культур на черноземах Красноярской лесостепи.....	16

#### Экология

Хабжоков А.Б., Казанчев С.Ч., Улимбашев М.Б., Лабазанов А.В. Экологические факторы, влияющие на рост и развитие личинок бикультурного материала.....	22
Бадмаева С.Э., Циммерман В.И. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха городов Красноярского края.....	27
Шадрин И.А., Васильева Т.В. Оценка токсичности почв окрестностей г. Красноярска методами биотестирования.....	32
Бакшеева С.С. Биологические и генотипические особенности культур стафилококка, выделенных от детей, проживающих в экологически неблагополучном районе города Красноярска.....	39

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### Процессы и машины агротехнологических систем

Карнаухов А.И., Агеев А.А. Результаты экспериментальных исследований по оптимизации параметров и режимов работы лесопожарного агрегата с торцовой фрезой.....	43
Холопов В.Н., Лабзин В.А. Взаимодействие гусеничной машины с препятствием.....	49
Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Эксплуатационные параметры колесных тракторов для зональных технологий почвообработки.....	56
Кудряшев Г.С., Третьяков А.Н., Шпак О.Н. Комплексный подход при оптимизации режимов работы электрических сетей предприятий АПК.....	63
Куликовский В.С., Ковалева О.А. Моделирование коммутационных перенапряжений с учетом повторных зажиганий дуги в межконтактном промежутке вакуумного выключателя.....	67
Суринский Д.О., Агапов В.Н., Смолин Н.И., Козлов А.В. Теоретические предпосылки разработки электродератизатора.....	71
Матвеев А.Д., Гришанов А.Н. Многосеточные лагранжевые криволинейные элементы в трехмерном анализе композитных цилиндрических панелей и оболочек.....	75

#### Технология продовольственных продуктов

Иванова Г.В., Аникин И.С., Кольман О.Я. Новые виды пластового мармелада с использованием сельдерея ( <i>Apium graveolens</i> ).....	86
Еременко О.Н., Мишура П.В., Рязанова Т.В., Ток М.В. Совершенствование производства дубильных экстрактов из коры хвойных с использованием щелочных экстрагентов.....	90
Чеботарева Е.Ю., Янова М.А. Расширение ассортимента мучных композитных смесей с повышенной пищевой ценностью за счет введения в рецептуру пшеничной и ячменной мучки....	96
Ермош Л.Г. Сравнительная оценка воздействия хлебопекарных улучшителей на качество замороженных хлебобулочных изделий.....	101

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

#### Агрономия

Губанов М.В. Изучение коллекции пленчатого ячменя в северной лесостепи Тюменской области.....	108
Приходько Л.А., Сорокопудова О.А. Особенности развития позднецветущего вида <i>Hemerocallis citrina</i> Baroni в Якутском ботаническом саду.....	112

Лобанов А.И., Кириненко М.А. Особенности сезонного развития растений рода <i>Crataegus</i> L. в условиях Красноярской лесостепи.....	118
Седельникова Л.Л. Морфология соцветия у представителей рода <i>Chionodoxa</i> ( <i>Hyacinthaceae</i> )....	124
Степанов Н.В. Новый вид лука ( <i>Allium</i> – <i>Alliaceae</i> ) из окрестностей г. Красноярска.....	128
Христенко В.С., Дубровина А.С., Алейнова О.А., Киселев К.В. Влияние сверхэкспрессии гена $Ca^{2+}$ -зависимой протеинкиназы <i>VaCPK13</i> на устойчивость культур клеток винограда амурского <i>Vitis amurensis</i> Rupr. к абиотическим стрессам.....	132
Демиденко Г.А. Анализ агроэкологических условий культивирования табака в Красноярском крае.....	139
Мансуров Р.Е. Тенденции развития зернопродуктового подкомплекса Красноярского края.....	143
Обухов В.О., Выводцев Н.В. Постановка эксперимента по адаптации вишни Фудзи в условиях города Хабаровска.....	152
<b>Ветеринария и зоотехния</b>	
Цюрик А.В., Безбородов Н.В. Морфологические показатели периферической крови и динамика лейкограмм кур-несушек кросса «Хайсекс Браун» после применения витаминно-минерального комплекса миксодила.....	156
Наранхуу У. Морфология яичников верблюдиц-бактрианов Монголии.....	161
Беленюк Н.Н., Беленюк Д.Н. Создание зоологической коллекции. Опыт сохранения, поддержания и пополнения экспонатов.....	165
Медведев А.Ю. Разработка методики комплексной оценки технологии производства говядины...	172
Вахрушева Т.И. Патоморфологические изменения при инфекционном гепатите у собак.....	177
Ван Бэнь, Донкова Н.В. Макро- и микроморфология печени овец тувинской короткохвостой породы.....	185
Цыдылов Р.Ц. Содержание биологически активных веществ в придатке семенника хряков в возрастном аспекте.....	189
<b>Лесное хозяйство</b>	
Тарасов П.А., Тарасова А.В., Иванов В.А. Основные характеристики лесной подстилки производных мелколиственных насаждений.....	197
Попова Н.Н., Матвеева Р.Н., Моксина Н.В., Репях М.В. Гибридизация яблони на крупноплодность и раннее созревание плодов.....	201
Гудаева Е.А. Особенности макростроения древесины <i>L. gmelinii</i> в связи с биостойкостью.....	206
Таран Г.С. Редкие варианты осокорников на севере Томской области.....	212
Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Сезонный рост вегетативных органов сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье.....	215
Сведения об авторах.....	221