

ISSN 1819-4036

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный аграрный университет

ВЕСТИК КрасГАУ

Выпуск 1

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
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

Редактор Н.А. Семенкова
Компьютерная верстка А.А. Иванов

Подписано в печать 22.01.2015 Формат 60x84/8
Тираж 250 экз. Заказ № 29
Усл. п.л. 25,25

Подписной индекс 46810 в Каталоге «Газеты. Журналы» ОАО Агентство «Роспечать»
Издается с 2002 г.
Вестник КрасГАУ. – 2015. – №1 (100).
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-14267 от 06.12.2002 г.
ISSN 1819-4036

© Красноярский государственный
аграрный университет, 2015



БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.41

Н.В. Фомина

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АГРОПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

В статье представлены результаты изучения микрофлоры агрогенно измененных почв лесных питомников, расположенных в зоне Канской и Красноярской лесостепи. Установлено, что исследуемые почвы обладают высокой численностью некоторых эколого-трофических групп микроорганизмов, что характеризует интенсивное протекание процессов разложения органических веществ, а также создание оптимальных условий для роста сеянцев хвойных.

Ключевые слова: микрофлора, почва, лесопитомники, численность, показатели, группы.

N.V. Fomina

THE AGROSOILMICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE FOREST NURSERIES IN THE FOREST-STEPPE ZONE

The research results of the agrogene-changed soilmicroflora of the forest nurseries located in Kansk and Krasnoyarsk forest-steppe zone are presented in the article. It is established that the studied soils have the high number of some ecological-trophic groups of microorganisms that characterizes the intensive course of the organic substance decomposition processes and creation of the optimum conditions for the coniferous seedling growth.

Key words: microflora, soil, nursery forests, number, indicators, groups.

Введение. В каждом типе почв, обладающем конкретными физико-химическими свойствами, развивается определенное количество микроорганизмов. Формируется качественный состав, устанавливается биологическое равновесие, характерное для данных условий и сезона. Изменение водного, воздушного и питательного режимов почвы сказывается, прежде всего, на почвенной микрофлоре, а в результате изменяется не только соотношение отдельных групп микроорганизмов, но и динамика и интенсивность микробиологических процессов превращения органических и минеральных соединений в почве [Звягинцев, 1978; Аристовская, 1988; Бабьева, Зенова, 1989; Никитина, 1982; Сорокин, 1981, 1990].

Известно, что агропочвы лесопитомников Сибири отличаются друг от друга по биоклиматическим условиям, по типу почвообразовательных процессов и теплообеспеченности, трофическим условиям и агротехническим приемам обработки. Все эти факторы оказывают существенное влияние на структурно-динамические и функциональные особенности микробоценозов, питательный режим почв [Гродницкая, 2013].

Комплексное изучение микробоценоза почв лесопитомников, расположенных в разных лесорастительных зонах, необходимо для выявления видов-индикаторов, устойчивых к агрогенному воздействию, а также для формирования биологической оценочной базы данных агропочв и проведения комплексной эколого-микробиологической оценки.

Методика и результаты исследований. Объектом исследований стала микрофлора почв лесопитомников. Образцы почвы отбирались нами в почвенном слое 0–20 см на полях с посевами сеянцев *Pinus sibirica* Du Tour., *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* L. в течение вегетационного периода сеянцев хвойных [Сэги, 1983; Основные микробиологические ..., 1987; Методы почвенной ..., 1991; Теппер, 1993].

Большемуртинский лесопитомник. Почва агротемногумусовая легкоглинистая. Содержание гумуса в поверхностном слое 6–7 %, pH=6,0. Обеспеченность по гумусу очень хорошая, кальцием – хорошая, магнием и подвижным фосфором – средняя, калием – хорошая.

Уярский лесопитомник. Почва – типичный глинисто-иллювиальный чернозем под естественной растительностью, которая сформирована на делювиально-аллювиально глинистых отложениях.

Изучение эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) проводилось методом разведений на диагностических питательных средах: микромицеты – на кислом сусло-агаре со стрептомицином (СА); микроорганизмы, использующие минеральный азот и актиномицеты, на крахмало-аммиачном агаре (КАА); олиготрофы – на почвенном агаре (ПА); олигонитрофилы – на среде Эшби; нитрификаторы – на среде Виноградского; аэробные целлюлозоразрушающие микроорганизмы – на среде Гетчинсона [Методы почвенной ..., 1991]. Все посевы проводили из двух параллельных колб в трехкратной повторности из 3-, 4- и 5-го разведений. Численность микроорганизмов пересчитана на 1 г абсолютно сухой почвы и выражена в колонеобразующих единицах (КОЕ g^{-1}) [Основные микробиологические ..., 1987; Методы почвенной ..., 1991; Теппер, 2004].

Эколого-трофические группы микроорганизмов являются индикаторами экологического состояния любой почвенной экосистемы, при этом выделить по значимости какую-либо группу невозможно, так как все биохимические процессы взаимосвязаны.

Олигонитрофильные микроорганизмы влияют на круговорот углерода, так как способны ассимилировать большие его количества при небольшой потребности в азотистых веществах. Они активно развиваются при недостатке связанного азота и высоком содержании углерода [Никитина, 1982].

Количественный состав данной группы микроорганизмов в исследуемых агропочвах лесопитомников неоднозначен, так под сосновой обыкновенной (посев 2011 г.) в Уярском лесопитомнике численность наиболее высокая и составляет $120 \cdot 10^5$ КОЕ g^{-1} сух. почвы, затем снижается в процессе вегетации сеянцев до $70 \cdot 10^5$ КОЕ g^{-1} сух. почвы (посев 2010 г.) (рис. 1).

Данное изменение связано прежде всего с избыточным потреблением минеральных азотсодержащих элементов сеянцами. Кроме того, численность олигонитрофилов может быть довольно значительной в высокогумицированной почве, а таковой и является агрочернозем Уярского лесопитомника. Однако в почве Большемуртинского лесопитомника численность исследуемой группы микроорганизмов, наоборот, была более высокой в первый год вегетации сеянцев – $75 \cdot 10^5$ КОЕ g^{-1} сух. почвы, а затем снижалась до $34 \cdot 10^5$ КОЕ g^{-1} сух. почвы. Это может быть связано с тем, что в процессе вегетации сеянцев происходит интенсивное накопление метаболитов в почве, усиленная минерализация органического вещества.

Средняя численность некоторых эколого-трофических групп микроорганизмов в агропочвах лесопитомников

Группа микроорганизмов	Уярский лесопитомник	Большемуртинский лесопитомник
	млн КОЕ/г абсолютно сухой почвы	
	$X_{ср} \pm m_x$	$X_{ср} \pm m_x$
Прототрофы (КАА)	$167,5 \pm 22,4$	$94,2 \pm 6,5$
Микромицеты (среда Чапека)	$8,2 \pm 1,3$	$3,2 \pm 0,5$
Олигонитрофилы (среда Эшби)	$58,7 \pm 8,9$	$38 \pm 4,2$
Олиготрофы (ПА)	$147,5 \pm 20,1$	$51,5 \pm 7,9$
Целлюлозоразрушители (среда Гетчинсона)	$102 \pm 17,8$	$88,75 \pm 10,6$

После сравнения экспериментальных данных на полях с посевами сеянцев, со значениями численности олигонитрофилов в почве под паром установлено, что они в 2–4 раза ниже, что подтверждает ранее описанные факты о том, что эти микроорганизмы могут потреблять азотистые вещества из рассеянного состояния.

В целом же средние показатели численности данной группы микроорганизмов достоверно не различались в исследуемых агропочвах и составляли $38\text{--}58,7 \cdot 10^5$ КОЕ g^{-1} сух. почвы (табл.).

Численность микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, определяет интенсивность процессов минерализации органического вещества и наличие минеральных форм азота в почве [Звягинцев, 1978; Добровольская, Лысак, Звягинцев, 1996].

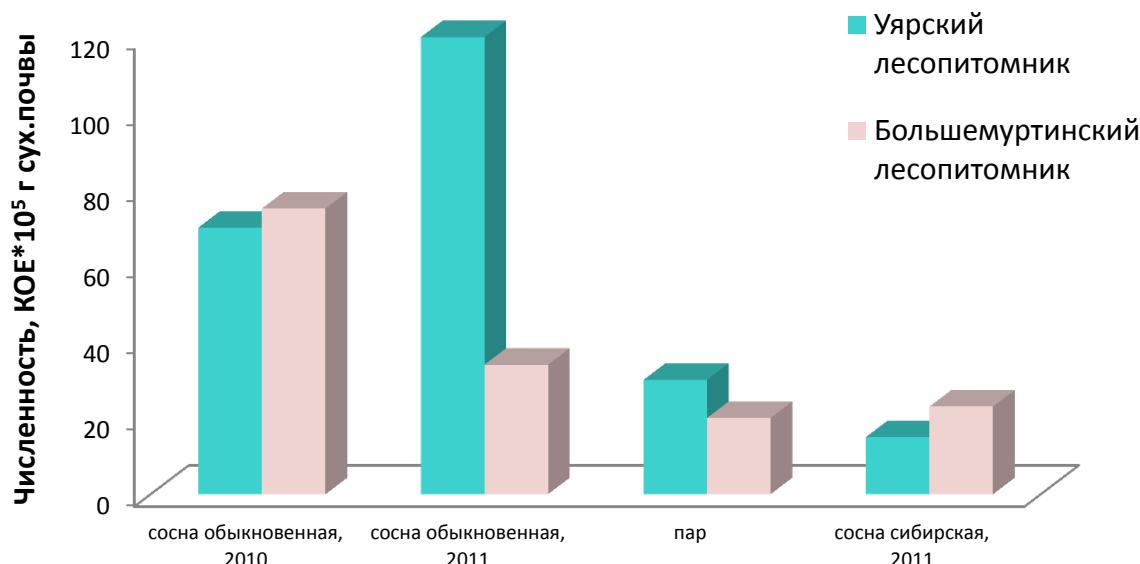


Рис. 1. Численность олигонитрофилов в почве лесопитомников

В почве, отобранный под сеянцами хвойных во всех опытных вариантах в Уярском лесопитомнике, численность данной группы микроорганизмов достоверно не различалась и изменялась в пределах от 100 до $150 \cdot 10^5$ КОЕ $\cdot \text{г}^{-1}$ сух. почвы, исключение составили лишь данные показатели в почве, отобранный под паром, где значения в 2–3 раза были выше, чем в опытных образцах, и составили $300 \cdot 10^5$ КОЕ $\cdot \text{г}^{-1}$ сухой почвы (рис. 2).

При сравнении средних значений количества прототрофов в агрочерноземе Уярского лесопитомника численность выше, чем в агросерой почве Большемуртинского лесопитомника, что свидетельствует о большей интенсивности процесса минерализации органического вещества (табл.). Следует также отметить, что под посевами сосны обыкновенной (2010–2011 гг.) численность в 2–3 раза ниже в Большемуртинском лесопитомнике.

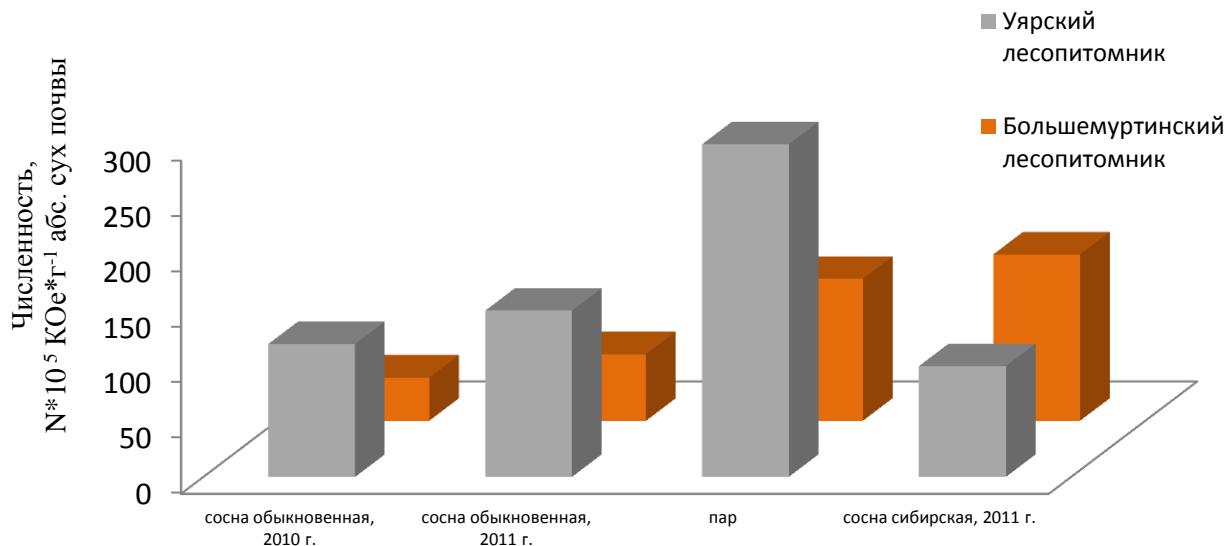


Рис. 2. Численность прототрофов в почве лесопитомников

Практически аналогичная картина наблюдалась и при изучении численности олиготрофов, а именно в почве под паром, где их значения выше в 2–3 раза, чем под посевами сеянцев, что, вероятно, связано с возможностью потребления питательных элементов данной группой микроорганизмов из рассеянного

состояния (рис. 3). Олиготрофы – это микроорганизмы, минерализующие гумусовые (главным образом углеродсодержащие) вещества [Добровольская, Лысак, Звягинцев, 1996]. Средние показатели их численности в агрогенно измененной почве Уярского и Большемуртинского лесопитомников достоверно различались, при этом в первом численность в 5–6 раз была выше, что также свидетельствует о значительно большей биогенности агрочернозема.

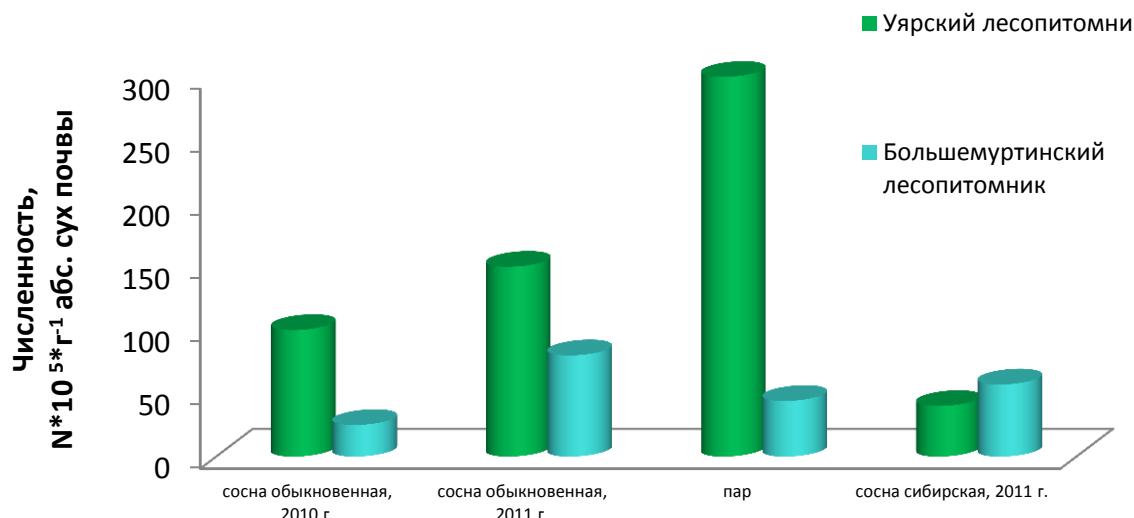


Рис. 3. Численность олиготрофов в почве лесопитомников

В целом численность олиготрофов в почве Уярского опытного лесопитомника изменялась в пределах от 40 до 300 $\text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой почвы, а Большемуртинском лесопитомнике – от 25 до 80 $\text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой почвы. Такие различия в показателях довольно существенные и свидетельствуют о гетерогенности почвенной системы, а возможно, и о менее продолжительном агрогенном воздействии на почву Уярского лесопитомника, так как период его эксплуатации составляет лишь 5 лет, тогда как Большемуртинского более 20 лет. Микробное сообщество почвы способно очень быстро изменять свои количественные характеристики в связи с сезонностью, температурными и погодными условиями и др. Однако внутренние связи, существующие в такой системе, приводят к согласованному изменению численности эколого-трофических групп. Поскольку в естественных условиях почва является олиготрофной средой, то и численность групп, растущих на бедных питательными элементами средах будет низкой [Кольцова, 2012].

Среди аэробных целлюлозных бактерий наиболее важная роль принадлежит миксобактериям. Эти микроорганизмы производят почти полное окисление клетчатки до углекислоты и воды, но часть ее в результате неполного окисления превращается в слизистую массу и входит в состав перегноя почвы. Кроме миксобактерий, к этой группе микроорганизмов относятся вибрионы, а также неспециализированные представители грибов, актиномицеты, микобактерии и бациллы [Клевенская, 1966; Гребенюк, 1973].

Максимум численности аэробных целлюлозоразрушителей установлен в Уярском лесопитомнике в почве, отобранный под паром $200 \cdot 10^5 \text{ КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой почвы, тогда как в Большемуртинском было зафиксировано самое низкое количество – $43 \cdot 10^5 \text{ КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой почвы (рис. 4). Однако средние значения данной группы микроорганизмов по изучаемым почвам различались незначительно, составляя соответственно $102 \cdot 10^5 \text{ КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ и $88,7 \cdot 10^5 \text{ КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ сухой почвы (табл.). Достаточно существенные различия в численности определены в вариантах почвы, отобранный под паром и сосновой обыкновенной, однако под посевами кедра и сосновой обыкновенной в начальный период вегетации (2010 г. посева) численность аэробных целлюлозолитиков была ниже, чем в почве Уярского лесопитомника, в среднем в 2–3 раза по сравнению с аналогичными вариантами в Большемуртинском лесопитомнике (рис. 4). Активное развитие данной группы микроорганизмов также отмечается в почве, отобранный под сосновой обыкновенной (посев 2011 г.) в Уярском лесопитомнике – $110 \cdot 10^5 \text{ КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ сух. почвы, что указывает на интенсивное протекание процессов разложения органического вещества в исследуемых почвах, создавая благоприятный питательный режим для выращивания сеянцев хвойных.

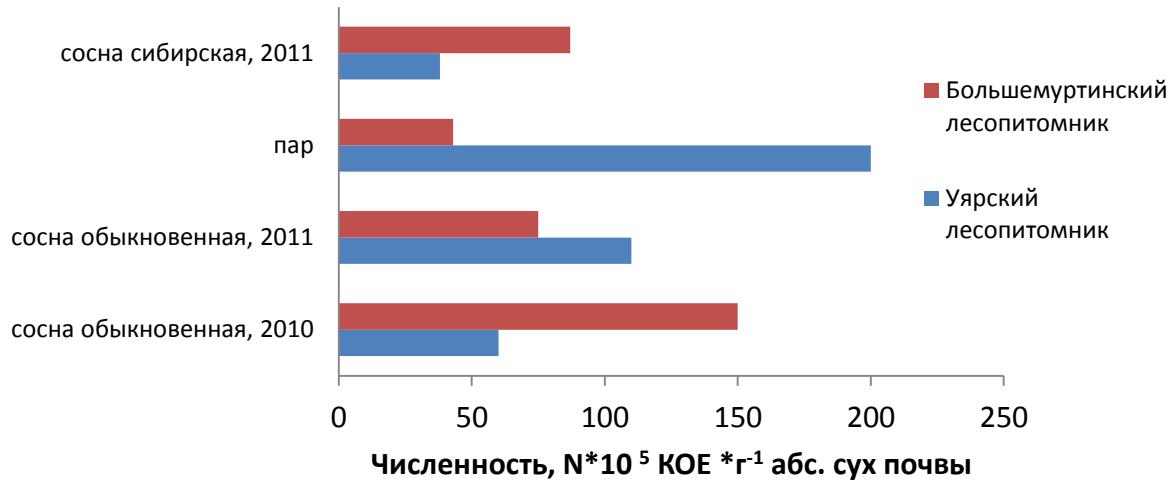


Рис. 4. Численность аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве лесопитомников

Следует отметить, что в других опытных вариантах количество целлюлозоразрушителей невысокое и колеблется в пределах от 38 до $60 \cdot 10^5$ КОЕ $\cdot g^{-1}$ сухой почвы. Данные показатели согласуются и со значениями численности микроскопических грибов в исследуемых агропочвах лесопитомников.

Микромицеты представляют обширную группу гетеротрофных, большей частью многоклеточных организмов. Гетеротрофное питание обусловливает их участие, главным образом, в начальных стадиях разложения разнообразных органических соединений. При этом синтезируются органические вещества, определяющие плодородие почвы [Теппер, 2004].

Кроме того, микроскопические грибы отличаются от других групп микроорганизмов еще и более экономным, чем бактерии, обменом веществ, имеют высокую биохимическую активность. Это делает их более конкурентоспособными в слабообеспеченных питательными веществами кислых почвах [Бабьева, Зенова, 1989].

Наиболее высокая численность микромицетов была установлена в Уярском лесопитомнике в почве под паром ($10 \cdot 10^3$ КОЕ $\cdot g^{-1}$) и под сосной обыкновенной и сибирской 2011 г. посадки (9 и $8 \cdot 10^3$ КОЕ $\cdot g^{-1}$). Активное развитие грибов свидетельствует о высоких темпах целлюлозоразрушения, которые к 2011 г. снизились и их численность составила $3 \cdot 10^3$ КОЕ $\cdot g^{-1}$ и $6 \cdot 10^3$ КОЕ $\cdot g^{-1}$ сух. почвы в Большемуртинском и Уярском лесопитомниках соответственно (рис. 5).

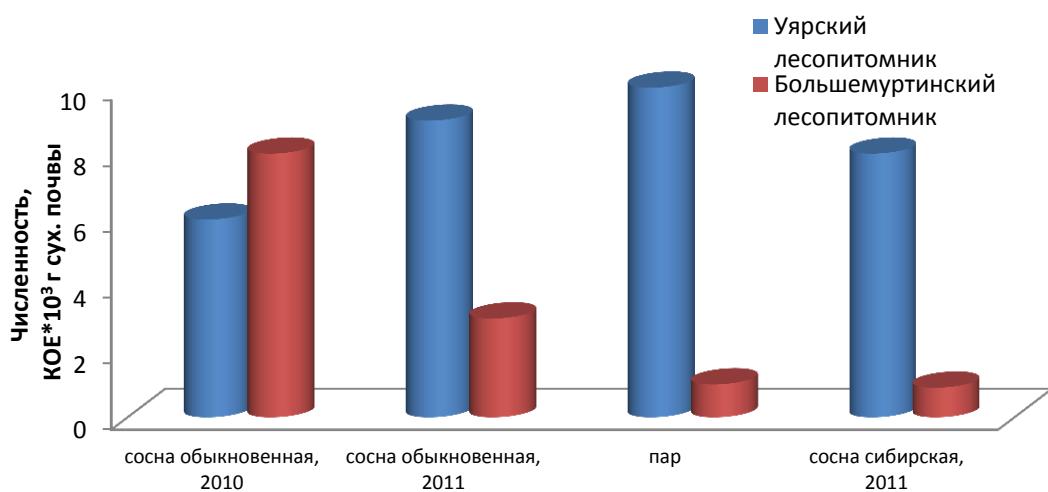


Рис. 5. Численность микромицетов в почве лесопитомников

Среднее же количество микроскопических грибов в почве второго опытного лесопитомника достоверно различается с показателями, полученными в Уярском лесопитомнике, они ниже 2–2,5 раза. Необходимо отметить, что довольно широкое распространение микромицетов связано с их большой устойчивостью к

факторам внешней среды, в том числе и к агрогенному воздействию. Окультуривание почвы, ее перепахивание, внесение удобрений стимулирует развитие данной группы микроорганизмов.

Н.Д. Сорокин считает, что при интерпретации результатов отклика микроценоза на экзогенные нарушения следует принимать во внимание естественные природные флюктуации численности и степень активности микроорганизмов, а также учитывать взаимоотношения микробных популяций, как между собой, так и с растительными сообществами [Сорокин, 1990].

Как указывает И.Д. Гродницкая, основным фактором формирования микробных сообществ в почвах лесопитомников являются посевы монокультуры, которые на фоне зональных экологических особенностей и способов обработки меняют направленность биогенных почвенных процессов в сторону снижения их трофности и биоразнообразия [Гродницкая, 2013]. Отметим, что даже в почве, отобранной под монокультурой, наблюдаются столь значительные различия в количественном составе ЭКТГМ, что обусловлено почвенно-экологическими факторами или зональными особенностями почв, а также способами ее обработки.

Таким образом, почвы исследуемых лесопитомников, расположенные в Красноярской лесостепной зоне (Большемуртинский) и Канской лесостепи (Уярский), характеризуются довольно высокой численностью разных эколого-трофических групп микроорганизмов, особенно агрочернозем в Уярском лесопитомнике. Это способствует интенсивному протеканию процессов разложения и минерализации органических веществ и, следовательно, созданию оптимальных условий для роста сеянцев хвойных. Агросерая почва Большемуртинского лесопитомника, возможно, испытывая более длительный агрогенный «пресс» (более длительная эксплуатация почвы), обладает меньшей микробиологической активностью и общей биогенностью.

Заключение. Агропочвы лесопитомников лесостепной зоны обладают высокой численностью разных эколого-трофических групп микроорганизмов, что характеризует интенсивное протекание процессов разложения и минерализации органических веществ, следовательно, и создание оптимальных условий для роста сеянцев хвойных. Агрочернозем Уярского лесопитомника характеризуется более высокой микробиологической и ферментативной активностью, большей биогенностью.

Литература

1. Аристовская Т.В. Микроорганизмы как трансформаторы и стабилизаторы биосферы // Почвоведение. – 1988. – № 7. – С. 76–82.
2. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 336 с.
3. Гребенюк И.Н. Микрофлора серых лесных почв Новосибирского района Новосибирской области // Микрофлора растений и почв. – Новосибирск: Наука, 1973. – С. 191–209.
4. Гродницкая И.Д. Эколо-микробиологическая индикация и биоремедиация почв естественных и нарушенных лесных экосистем Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск, 2013. – 36 с.
5. Добровольская Т.Г., Лысак Л.В., Звягинцев Д.Г. Почвы и микробное биоразнообразие // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 699–704.
6. Звягинцев Д.Г. Некоторые концепции строения и функционирования комплекса микроорганизмов // Вестн. МГУ. Сер. Почвоведение. – 1978. – № 4. – С. 48–56.
7. Клевенская И.Л. Микрофлора черноземов Сибири // Микрофлора почв Северной и Средней части СССР. – М.: Наука, 1966. – С. 250–272.
8. Кольцова О.М. Биологическая диагностика состояния чернозема выщелоченного типичнои лесостепи // Вестн. Воронеж. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 1. – С. 7–11.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
10. Никитина З.И. Разработка методических основ мониторинга почвенной микрофлоры // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. – Алма-Ата: Изд-во Казах. ун-та, 1982. – С. 22–24.
11. Основные микробиологические и биохимические методы исследования почвы: метод. рекомендации / под ред. Ю.М. Возняковской. – Л.: ВНИИСХМ, 1987. – 47 с.
12. Сорокин Н.Д. Микрофлора таежных почв Средней Сибири. – Новосибирск: Наука, 1981. – 143 с.
13. Сорокин Н.Д. Экологические закономерности развития микрофлоры в почвах южной тайги Средней Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1990. – 38 с.
14. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. – М.: Колос, 1983. – С. 167–173.
15. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИНАХ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ

В статье приведен анализ интенсивности эрозионных процессов в межгорных котловинах Селенгинского среднегорья на примере территории бассейна реки Тугнуй (Тугнуйская котловина). Даны количественная и качественная характеристика почвенно-эрзационным процессам.

Ключевые слова: Тугнуйская котловина, рельеф, почвенно-эрзационные процессы, овраг.

N.N. Kaptukhaeva

THE INTENSITY OF THE SOIL EROSION PROCESSES IN THE INTERMOUNTAIN HOLLOW OF SELENGINSK MIDDLE MOUNTAINS

The analysis of the erosive process intensity in the intermountain hollows of Selenginsk middle mountains on the example of the territory of the Tugnuy (the Tugnuyk hollow) river basin is presented in the article. The quantitative and qualitative characteristic to the soil-erosive processes is given.

Key words: Tugnuyk hollow, relief, soil-erosive processes, ravine.

Введение. Тугнуйская котловина охватывает территорию бассейна рек Тугнуй и Сухара и является одной из межгорных котловин Селенгинского среднегорья. С севера ее обрамляют гранитные гряды хребта Цаган-Дабан, где преобладают высоты 1200–1300 м (отдельные вершины поднимаются до 1434 м), превышение отдельных вершин над долинами рек составляет 400–500 м. Хребет расчленен густой речной сетью на узкие гряды и отроги. С юга отделен крутым Заганским хребтом с высотами 1350 м, превышение центральной его части над долинами рек Хилка и Сухары составляет 500–600 м. Территория вытянута с запада на восток примерно на 170 км, шириной до 40 км и занимает площадь 4640 км². Восточная часть понижения лежит на более высоких гипсометрических уровнях (700–800 м), чем западная (500–600 м). Межгорное понижение в широтном направлении делится на две части невысоким Тугнуйским хребтом (700–800 м над у.м.). Тугнуйский хребет поднимается над окружающими его понижениями на 250–300 м, имея наибольшие высоты порядка 850–1000 м над у.м., и характеризуется мягкими плавными массивными формами. Этот неширокий хребет (10–12 км) прикрыт с поверхности, за исключением отдельных коренных останцов, мощным чехлом из песков, супесей и суглинков.

На хребтах Цаган-Дабан и Заганский почвообразующими породами служат продукты выветривания гранитов и гранитоидов: элювиально-делювиальные, пролювиально-делювиальные, делювиальные супесчаные и легкосуглинистые отложения. В межгорных понижениях и широких речных долинах почвообразование происходит на относительно мощной толще рыхлых отложений.

Наиболее распространенными формами рельефа являются увалообразные хребты, шлейфы, денудационные равнины с участками степей, сосновых боров, а также плоские и слабонаклонные луговые равнины [1].

Климатические условия котловины характеризуются следующими показателями: среднегодовая температура 2,4°C; длина безморозного периода 95 дней; количество атмосферных осадков 366 мм, из них 78 % выпадает за вегетационный период и только лишь 10 % зимой. Внутренние хребты Заганский и Цаган-Дабан менее увлажнены (300 мм) по сравнению с магистральными хребтами. В Тугнуйской котловине в течение вегетационного периода наблюдается резкое колебание коэффициента увлажнения (Ky) [2], причем наиболее низкие значения приходятся на весенний и осенний периоды. В апреле-мае Ky составляет 0,16–0,22, что указывает на большую сухость, свойственную пустынным территориям (0,13–0,29), в июне он повышается до 0,43 и лишь в июле-августе резко увеличивается до 0,72–1,12.

Почвенный покров Тугнуйской котловины в основном составляют каштановые, черноземные почвы и их комбинации с почвами интразонального ряда (пойменно-аллювиальными, луговыми, засоленными, солонцами и др.).

Цель исследований. Изучение овражной сети и почвенно-эрэзионных процессов в межгорных котловинах Селенгинского среднегорья.

Задачи исследований. Установить особенности развития овражной сети и почвенно-эрэзионных процессов в бассейне р. Тугнуй; определить интенсивность проявления современных почвенно-эрэзионных процессов и выявить количественные, качественные характеристики овражных образований.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований послужили овражная сеть и почвенно-эрэзионные процессы в бассейне р. Тугнуй Селенгинского среднегорья. Для количественных и качественных исследований пораженности территории овражно-эрэзионными явлениями были применены полевой и картографический методы (М 1: 25 000, 100 000), аэрофотоснимки.

Результаты исследований и их обсуждение. По данным схемы почвенно-эрэзионного районирования водосборного бассейна оз. Байкал, на территории бассейна р. Тугнуй выделены районы развития водной эрозии [3].

Среднегорная лесостепная часть территории бассейна (Зандин-Никольский район) занимает небольшую по площади территорию и расположена в полосе высот от 930 м до 1000 м над у.м. и лишь восточная часть района в бассейне р. Хонхолойка находится на высоте 1229 м. Для этой части бассейна характерны длинные покатые склоны длиной от 500 до 1000 м, имеющие разную ориентацию, покрытые мелколиственными и ксерофитно-сосновыми лесами. Крутизна склонов падает до 6–3°. Горизонтальное расчленение балками и ложбинами достигает 1,8 км/км². Эта часть территории бассейна расположена на более ровных участках среди гор и полого-увалистых наклонных равнинах с рыхлыми отложениями большой мощности. Равнинные участки расположены в долинах рек Тугнуй и Хонхолойка на абсолютных высотах от 600–685 м. На нижних участках склонов Тугнуйского хребта развиты линейные эрозионные процессы. Горная часть территории бассейна представлена предгорьем барского сухой горной растительностью и невысокого подтаежного хребта Цаган-Дабан. Для северо-западных и северо-восточных участков Цаган-Дабанского района характерны остроконечные вершины гор и узкие скалистые гребни с преобладанием эрозионных процессов. Центральная часть района отличается более сглаженными формами рельефа при менее интенсивном расчленении. Горы здесь имеют более округлые формы, а водоразделы плоские.

Для этой части территории бассейна характерны длинные, до 2 км, покатые склоны, покрытые редко лиственнично-сосновыми и в основном сосновыми лесами. Большая часть склонов имеет длину 700–900 м. Крутизна в верхней части склона превышает 15°, в нижней части равна 3–6°. Постоянные и кратковременные водотоки здесь создали густую сеть речных долин, падей и распадков, через которые из гор в межгорные понижения водными потоками выносится грубый обломочный материал. Горизонтальное расчленение балками и ложбинами достигает 4,5 км/км².

Остепненная часть территории (Тугнуйский горностепной район) приурочена в основном к холмистым и мелкосопочным окраинам хребтов, а также к нижним и средним частям склонов хребтов Цаган-Дабан и Тугнуйский, и редко занимает выровненные участки с высотами примерно от 700 до 850 м над у.м. Горная степь в Тугнуйской котловине занимает около 40 % территории.

Для правобережья типичны пологие (3–5°) склоны и мягкоувалистые обширные междуречья. Левобережье носит очертания плоской равнины, слегка наклоненной в сторону р. Тугнуй, преобладает типичный степной ландшафт, нарушенный местами конусами выноса и участками кочковатых болот.

В межгорных понижениях степи тяготеют к участкам с небольшими (2–3°) уклонами, днищам межгорных понижений и падей, подгорным шлейфам, ровным участкам гор, к мягкоувалистой водораздельной части Тугнуйского хребта, большей частью сложенным мощными толщами и реже на маломощных рыхлых толщах. На увалистых поверхностях, шлейфах и террасах проявляется эрозионная деятельность, приводящая к развитию плоскостного смыва и линейного размыва.

Сухие степи (20 %) приурочены в основном к самым сухим частям днищ межгорных понижений (подгорные шлейфы, конусы выноса, пологие увалы) и распространены до высоты 700–800 м (центральная часть понижения); на наклонном шлейфе, обращенном к северо-востоку, они доходят лишь до 600–700 м (западная часть понижения).

Исследования по влиянию крутизны склона на интенсивность смыва почв показали [4], что с увеличением крутизны склона увеличивается интенсивность смыва (табл. 1). Так, на склонах крутизной до 1°, на

слабопологих склонах, интенсивность смыва не превышает среднего значения. На пологих склонах интенсивность смыва увеличивается до сильного значения, а на покатых – от среднего до сильного значения.

Таблица 1

Прогнозный смыв почвы на склонах разной крутизны и его интенсивность [5]

Уклон, град.	Площадь земель, тыс. га	Годовой смыв, т/га	Интенсивность смыва
0-1	23,3	0,42	Несмытые
1-2	21,6	3,34	Слабосмытые
2-3	24,9	13,67	Среднесмытые
3-5	34,7	93,19	Сильносмытые
5-7	7,0	53,53	Сильносмытые
7-10	1,5	34,78	Среднесмытые

В действительности вопрос влияния уклона склонов на возможный смыв почвы намного сложнее. К сожалению, простых и точных аналитических выражений, учитывающих весь комплекс геоморфологических, гидрометеорологических и почвенных показателей эрозии почв, пока не предложено. Тем не менее произведен расчет в условиях, где предопределено повсеместное проявление ускоренного распространения линейного размыва и плоскостного смыва. Земли с уклоном 1–3° подвержены эрозионным процессам [6].

Помимо крутизны склона, на интенсивность эрозионных процессов оказывает влияние показатель длины склона. Слабой интенсивностью смыва характеризуются склоны длиной до 500 м, максимально возможная интенсивность смыва характерна для склонов от 1000 м.

Показателен факт высокой зараженности степной части территории (333 шт.) (табл. 2). Здесь число оврагов в несколько раз выше, чем в сухой степи, соответственно выше плотность и густота овражной сети. Это объясняется тем, что степь занимает большую площадь и в большей степени освоена земледелием, здесь больший процент почв развит на лессовых породах, легко поддающихся водной эрозии. В лесостепи распределение оврагов довольно равномерное, зафиксировано 27 оврагов, что значительно меньше, чем в степи. При этом степень распаханности или выбитость пастбищ во всех случаях примерно одинакова. Но в лесостепи сохранились осветленные леса и участки с кустарником, которые вносят необходимое экологическое разнообразие и снижают гидродинамическую силу водных потоков.

Таблица 2

Количество оврагов различной длины, шт.

Природный район	Длина оврага, м					
	<100	101-200	201-300	301-500	501-1000	>1000
Степной	5	15	28	101	79	105
Сухостепной	1	2	3	6	10	13
Лесостепной	-	6	1	7	7	6
Таежный	-	1	4	9	9	7
Итого	6	24	36	123	105	131

В распределении оврагов по длине выделяются две равнозначные группы с длиной 301–500 и 501–1000 м. Среди овражных систем преобладающей является группа длиной >1000 м – 31 % от общего количества.

Оврагообразованию в большей степени подвержены склоны длиной от 300 до 800 м, где относительное число оврагов составляет 50 % – почти половина от общего количества оврагов. Склоны длиннее 800 м в 2 раза слабее повреждены оврагами. Максимальное число овражных образований приходится на земли с

уклоном от 3 до 8° (80 %). Большинство оврагов (27 %) приурочены к водосборным площадям 4,1–10 га. Минимальная площадь, при которой определен случай формирования оврага, 1,7 га, а в точке роста – 0,9 га.

Значительному разрушению оврагами подверглась центральная часть бассейна. Здесь наиболее распространенными типами являются склоновые овраги и донные. Ввиду особо благоприятных условий лессовых отложений овраги донного типа получают наибольшее развитие, достигая максимума по параметрам глубины, ширины и длины. Склоновые овраги поражают пашни и выгоны, достигая большой густоты и плотности на ограниченной территории.

Полученные выше характеристики использованы для расчета овражной эрозии в водосборном бассейне р. Тугнуй (табл. 3). По густоте и плотности оврагов территория бассейна р. Тугнуй относится к категории высокого распространения оврагов [7].

Таблица 3

Характеристика овражной сети в бассейне р. Тугнуй

Показатель	Площадь бассейна, км ²	Количество оврагов, шт.	Протяженность оврагов, км	Плотность оврагов, шт/км ²	Густота оврагов, км/км ²	Модуль смыва, т/га
р. Тугнуй	2770	425	480	0,68	0,34	199

Заключение. Таким образом, исследования позволили установить, что интенсивность смыва почв определяется совокупностью природных условий, среди которых рельеф является основополагающим. В межгорных котловинах Селенгинского среднегорья интенсивность прогнозного смыва увеличивается до сильного и очень сильного уровня. Наиболее значимым фактором рельефа является крутизна склона. Природно-территориальные особенности определили общие характеристики овражной эрозии. В условиях расчлененного рельефа при высокой освоенности территории бассейна отмечается увеличение плотности оврагов, густоты овражной сети и модуля эрозионного смыва.

Литература

1. Фадеева Н.В. Селенгинское среднегорье (природные условия и районирование). – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1963. – 169 с.
2. Иванов Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 223 с.
3. Иванов А.Д. Почвенно-эрзационное районирование бассейна озера Байкал // Почвы бассейна оз. Байкал и пути их рационального использования: докл. к X Междунар. конгрессу почвоведов. – Улан-Удэ, 1974. – С. 147–156.
4. Федотов В.С. Методика определения ливнево-эрзационной опасности территории (на примере Молдавской ССР) // Методы исследования водной эрозии почв. – Кишинев, 1976. – С. 73–77.
5. Кокорин Ю.Н., Намжилов Н.Б. Диагностика и классификация смытых почв Забайкалья // Почвенно-эрзационные процессы и меры борьбы с эрозией почв: тез. докл. Всесоюз. конф. – Душанбе, 1991. – С. 34–35.
6. Куликов А.И., Дугаров В.И., Корсунов В.М. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1997. – 311 с.
7. Рыжков Ю.В. Пространственно-временные закономерности формирования и развития оврагов на юге Восточной Сибири: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – Томск, 2013. – 32 с.



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПАЛЕОПОЧВ ТАТЫШЕВСКОГО ПЕДОКОМПЛЕКСА

В статье впервые представлены результаты исследований состояния палеопочв Татышевского педокомплекса, расположенного в осадочных отложениях острова Татышева. Этот палеобиологический объект хранит в своем профиле информацию о биоклиматических особенностях голоцен – современного межледниковья.

Ключевые слова: палеопочвы, педокомплекс, голоцен, палеобиологический объект, Татышевский педокомплекс.

O.V. Turygina

ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE PALEO-SOILS TATYSHEVPAEDOCOMPLEX

For the first time the research results the paleo-soil condition of the Tatyshev paedocomplex located in the sedimentary deposits of the Tatyshev islandare presented in the article. This paleo-biological object stores in its profile the information on the bioclimatic peculiarities of the Holocene – modern interglacial age.

Key words: paleo-soil, paedocomplex, Holocene, paleo-biological object, Tatyshev paedocomplex.

Введение. В палеопочвах законсервированы и надолго сохранены продукты почвообразования и следы жизнедеятельности растений, животных и человека. Погребенные почвы содержат наиболее полный комплекс диагностических признаков, по которым возможно достоверно реконструировать природную (биоклиматическую и почвообразование) обстановку прошлых геологических периодов [1, 2, 7, 10]. Наличие погребенных почвенных образований – следствие преобладания почвообразовательного процесса над процессом осадконакопления. Для определения типа прошлого почвообразования разработан комплекс морфолого-аналитических исследований [3, 5, 8]. В изучаемых геологических разрезах островных и прирусловых участков поймы долины Среднего Енисея в осадочных отложениях голоцена четко прослеживаются горизонты палеопочв, палеопедосedиментов. В изучаемых геологических разрезах островных и прирусловых участков поймы долины Среднего Енисея в осадочных отложениях голоцена четко прослеживаются горизонты палеопочв, палеопедоседиментов [3–9].

Цель исследований. Морфолого-аналитическая характеристика палеопочв Татышевского педокомплекса.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являются палеопочвы Татышевского педокомплекса, хранящие в своем профиле информацию об особенностях почвообразования в современном межледниковье – голоцене. Основным методом исследований является экологический мониторинг за эволюцией пойменных экосистем в голоценовое время. Основными блок-компонентами экосистем являются почва, растения, животные, вода, рельеф, климат и деятельность человека.

Палеопочвенный экологический мониторинг представляет собой морфолого-аналитическое изучение палеопочвенных образований, содержащихся в них органических остатков и пространственно-временные изменения.

Район исследований расположен на о. Татышев в среднем течении р. Енисей в черте г. Красноярска. Остров имеет осадочное происхождение, его формирование связано с пойменными и аллювиальными процессами.

Д.П. Финаров при изучении особенностей формирования поймы р. Енисей считает, что вследствие блуждания русла р. Енисей, которое на значительной территории обусловлено новейшими тектоническими движениями, образуются галечниковые отмели, затем острова. Образование погребенных гумусовых горизонтов поймы обусловлено блужданием русла Енисея в условиях сформировавшихся островов [7].

При описании геологии и геоморфологии Енисейской долины С.М. Цейтлин указывает, что выраженность пойм зависит от террасовидности различных участков, но в пределах русла имеются обширные пойменные острова (высотой до 4–5 м) [8].

Результаты исследований и их обсуждение. Стратиграфическое залегание осадочных пород. С вмещающимися горизонтами палеопочв залегание осадочных пород представлено в описании геологиче-

ских разрезов 1 и 4. Также были использованы результаты исследований Г.А. Демиденко [5, 6], в частности, по обобщенному разрезу 1 (геологический разрез 1).

Геологический разрез 1. Обобщенный разрез «Остров Татышев – Енисейская протока» находится на левобережной части о. Татышев в черте г. Красноярска. Серий разрезов, двумя шурфами и многочисленными зачистками вскрыта левобережная часть острова (табл. 1).

Таблица 1
Геологическое строение разреза 1 (сверху вниз)

Показатель	Мощность, м
1. Зона современного почвообразования (дернина с маломощным почвенным слоем)	0,05-0,10
2. Супесь темно-серая гумусированная	0,05-0,15
3. Супесь серовато-бурая с галечно-щебнистой прослойкой	0,05-0,40
4. Зона почвообразования – серия горизонтов Ah погребенных почв (три-четыре горизонта), разделенных супесчано-песчаными прослойками. Средняя мощность горизонтов от 10 до 25 см, нижний из них в отдельных разрезах диагностируется как погребенная почва с условно идентифицируемыми горизонтами Ah4, BCh4; гор. Ah4 выделяется более темным цветом, более тяжелым гранулометрическим составом, углифицирован, содержит включения углистых остатков древесного происхождения, в нем много костей животных; гор. BCh4 – супесь бурая, слабо окарбонированная	0,35-0,65
5. Супесь буровато-серая, разделенная гумусированными прослойками (от 1 до 4 прослоек мощностью 3–10 см). Встречаются линзы песка	0,10-1,10
6. Погребенная почва: гор. Ah5 – суглинок легкий, гумусированный, включения корней растений, мелкие углистые остатки, кости животных	0,10-0,35
7. Песок речной, нижняя граница имеет уклон в сторону течения реки	0,20-0,45
8. Погребенная почва: условно идентифицируются гор. Ah6, BCh6; гор. Ah6 (160–170 см от дневной поверхности в разрезе 3) – суглинок средний, бурый с мозаичной гумусированностью; редкими углистыми включениями	0,30-0,35
9. Супесь буровато-коричневая с прослойками песка, наклоненная в сторону течения реки, погружается под урез реки. Вскрытая мощность	0,60-0,70

Геологический разрез 4 расположен в правобережной части острова Татышев в черте г. Красноярска (табл. 2).

Таблица 2
Геологическое строение разреза 4 (геологическая зачистка берегового обнажения)

Показатель	Мощность, м
1	2
1. Зона современного почвообразования (дернина с маломощным почвенным слоем)	0,00-0,10
2. Супесь темно-серая	0,10-0,15
3. Погребенная почва: гор. Ah1; гор. BCh1; гор. Ah1 – темно-серый гумусированный легкий суглинок; гор. BCh1 – буровато-коричневая супесь	0,15-0,36
4. Погребенная почва: гор. ABh2; гор. Ch; гор. ABh2 – темно-серый гумусированный суглинок. Нижняя граница с затеками в гор. Ch. Гумусированность неравномерная	0,36-0,44
5. Погребенная почва: гор. Ah3; BCh3; гор. Ah3 – темно-серый гумусированный суглинок с углистыми травянистыми включениями; костные остатки; гор. BCh3 – серовато-бурая супесь слабо окарбонированная	0,44-0,65
6. Погребенная почва: гор. Ah4 – темно-серый гумусированный суглинок с древесным углем и крупными костями животных; ожелезнен; нижняя граница слабоволнистая	0,65-0,80

Окончание табл. 2

1	2
7. Супесь буровато-серая. Встречаются линзы песка	0,80-1,05
8. Погребенная почва: гор. Ah5 – суглинок легкий, гумусированный, включения корней растений, мелкие углистые остатки, кости животных; гор. BCh5 – серая супесь	1,05-1,20
9. Супесь буровато-серая с линзами песка	1,20-1,35
10. Погребенная почва: генетические гор. Ah6, BCh6; гор. Ah6 – суглинок средний, бурый с мозаичной гумусированностью; редкими углистыми включениями; гор. BCh6 – серо-бурая супесь	1,35-1,55
11. Супесь буровато-коричневая с прослойками песка	1,55-1,59
12. Погребенная почва: гор. Ah7; BCh7; гор. Ah7 – серый суглинок с мозаичной гумусированностью, оглеен; гор. BCh7 – бурая супесь	1,59-1,95
13. Погребенная почва: гор. Ah8 – буровато-серый суглинок со следами оглеения. Замытые растительные включения	1,95-2,25
14. Речной песок с включениями гальки, уходит под урез воды. Вскрытая мощность	2,25-2,40

Возрастные характеристики палеопочв [10] района исследований (геологический разрез 4) следующие:

- гор. Ah8, Ah7 – пред boreальный период голоцена;
- гор. Ah6 – boreальный период голоцена;
- гор. Ah5, Ah4 – первая половина атлантического периода голоцена;
- гор. Ah3 – вторая половина атлантического периода голоцена;
- гор. Ah2, Ah1 – суб boreальный, субатлантический периоды голоцена.

Морфолого-аналитическая характеристика Татышевского педокомплекса. Татышевский педокомплекс (геологический разрез 4) представлен восемью погребенными почвами разной степени сохранности.

Морфологическое описание первой почвы соответствует черноземовидному типу, что подтверждается ее физико-химической характеристикой. По гранулометрическому составу выделенная почва отличается от вышележащей толщи четкой дифференциацией от суглинистого в гор. Ah1 до супесчаного в гор. BCh1. Максимальная аккумуляция частиц физической глины, главным образом ила, характерна для гор. Ah1. Минеральная часть по всему почвенному профилю имеет одинаковый химический состав. Почва характеризуется слабощелочной реакцией среды и заметно меньшим, чем в вышележащем слое толще, содержанием CaCO_3 .

Валовый химический состав показывает вторичное перераспределение химических элементов по четвертичным отложениям в разрезе. Распределение гумуса в гор. Ah1, оставаясь низким (1,22 %), немного превышает его накопление в верхнем слое почвы. Органическое вещество аккумулятивного горизонта характеризуется высокой степенью гумификации и относится к фульватно-гуматному типу. Гуминовые кислоты доминируют над фульвокислотами. В составе гуминовых кислот преобладают гуматы кальция при очень низком содержании свободных иочно связанных с мелкоземом карбонатов. В отличие от вышележащей толщи, в органическом веществе аккумулятивного горизонта погребенной почвы низкое содержание негидролизуемого остатка, что свойственно почвам черноземного типа. Высокая опесчененность этого горизонта по сравнению с нижележащим является следствием пойменных и эоловых процессов, характерных для суб boreального периода голоцена. Первая палеопочва этого разреза относится к черноземной почве.

Первый горизонт второй палеопочвы (ABh2) отличается от гор. Ah1 вышележащей погребенной почвы по литологии. Содержание частиц физической глины в нем составляет 10,8 % (в первой почве 9,4 %).

В разрезе 1 [7–9] в коррелирующей палеопочве были проведены микроморфологические исследования. В шлифах генетический горизонт ABh2 имеет черновато-бурую окраску, неоднородное микростроение, компактное сложение. Глинистый материал разной степени агрегированности (от круглых агрегатов неправильной формы до изометрических агрегатов). Биопоры заполнены экскрементами животных. Глинистая плазма анизотропная, в интенсивно гумусовых участках изотропная. Гумус сконденсирован в бурые сгустки и пленки. Присутствуют органические остатки растительного происхождения со слабым клеточным строением.

По химическому составу минеральной части и распределению основных элементов вторая погребенная почва не отличается от первой. Она также имеет слабощелочную реакцию почвенной среды. Обращает на

себя внимание увеличение подвижного железа в гор. Ch2 на фоне отсутствия перераспределения алюминия. Содержание гумуса аккумулятивного горизонта достигает 1,02 %, резко снижаясь в гор. Ch2 до 0,34 %. Органическое вещество характеризуется высокой степенью гумификации и относится к фульватно-гуматному типу. Содержание свободных гуминовых кислот очень низкое. Как и в аккумулятивном горизонте первой погребенной почвы, отмечается низкое содержание негидролизуемого остатка. Палеопочва относится к черноземному типу.

Гранулометрический состав третьей погребенной почвы меняется от супеси к суглинку. Среди механических фракций преобладают частицы мелкого песка. Валовый химический состав мелкозема идентичен лежащей выше толще. Реакция почвенной среды изменяется в слабощелочном интервале. Аккумулятивный горизонт (Ah3) содержит 2,98 % гумуса, в гор. BCh3 его количество снижается до 0,57 %. По групповому составу гумус гор. Ah3 относится к фульватно-гуматному типу, а в гор. BCh3 – к гуматно-фульватному типу. Степень гумификации гумуса аккумулятивного горизонта высокая, а подстилающего горизонта может быть охарактеризована как низкая. Хотя время формирования палеопочвы относится ко второй половине атлантического периода, генетическая принадлежность данной почвы близка к вышеописанным. Можно сказать, что это парагенетические ряды. Генетический тип – обыкновенный чернозем со следами луговости.

Четвертая и пятая палеопочвы имеют гумусово-аккумулятивные горизонты суглинистого гранулометрического состава. Содержание углерода гумуса к почве составляет 0,87–0,96 %. По групповому составу гумус относится к фульватно-гуматному типу как в гор. Ah4, так и в гор. Ah5 и BCh5. Степень гумификации гумуса характеризуется как средняя и слабая.

Данные почвы, видимо, развивались в несколько более влажных условиях, на что указывают находки остатков обуглившейся растительности (древесной), а также костей лесных животных. Аналогичный спектр был обнаружен в корреляционной почве Няшенского педокомплекса. По данным палеонтолога Н.Д. Оводова, обнаруженные кости принадлежат лосю, медведю, косуле, то есть представителям лесного комплекса [6].

Палеопочвы были образованы в первую половину атлантического периода. Вероятно исследуемая почва относится к дерновой лесной почве с признаками оглеения. На сопредельных террасовых уровнях реки Енисей для этого времени характерно формирование серых лесных почв [4]. Формирование почвы происходит первоначально под лесной растительностью в умеренно теплых и влажных климатических условиях.

Гранулометрический состав шестой погребенной почвы меняется от супеси до суглинка. Среди механических фракций преобладают частицы мелкого песка. Валовый химический состав мелкозема идентичен лежащей выше толще. Реакция почвенной среды изменяется в слабощелочном интервале. Аккумулятивный горизонт содержит 2,15 % гумуса, в гор. BCh6 его количество снижается до 0,83 %. По групповому составу гумус гор. Ah6 относится к фульватно-гуматному типу, а в гор. BCh6 – к гуматно-фульватному.

Органическое вещество генетического гор. Ah6 характеризуется высокой степенью гумификации, в его составе преобладают гуматы кальция. Органическое вещество гор. Ah6 четко отличается преобладанием прочно связанных гуминовых кислот. По сохранности гор. Ah6 и BCh6 можно судить о генетическом типе почвы, то есть полагать, что она сформировалась в раннем голоцене (boreальный период) по типу аллювиальных (пойменных) сплоистых дренированных почв. На прилегающих террасах р. Енисей в это время формировались дерново-карбонатные почвы [9].

Седьмая и восьмая палеопочвы имеют слабый морфологически выраженный горизонт Ah7 и хорошо сохранившийся гор. BCh7. Также хорошо морфологически представлен горизонт Ah8. По гранулометрическому составу гор. Ah7 и Ah8 отличаются повышенным содержанием фракции физической глины.

Содержание гумуса в гумусово-аккумулятивных горизонтах составляет 1,94–1,24 %. Органическое вещество генетического гор. Ah7 характеризуется слабой степенью гумификации. Мозаичность горизонтов является следствием процессов промерзания и оттаивания. Выраженная оглеенность.

В Татышевском педокомплексе в генетических горизонтах обнаружены также включения растительного и животного происхождения. Определение костных остатков выполнены палеонтологом Н.Д. Оводовым [6]:

- гор. Ah3 – углистые травянистые включения и костные остатки;
- гор. Ah4 – включения с древесным углем и костями животных, много костных остатков косули;
- Ah5 – включения корней растений, мелкие углистые остатки, кости животных;
- гор. Ah6 – в буром суглинке с мозаичной гумусированностью редкие углистые включения;
- гор Ah8 – замытые растительные остатки.

Включения растительного и животного происхождения являются индикаторами определенных особенностей протекания почвообразовательных процессов во времени. Татышевский педокомплекс охватывает почвообразование за весь период голоцена. Среди палеопочв выделяются почвы пойменные мерзлотные с застанным увлажнением, затем пойменные дерновые (пред boreальный период голоцена), аллювиальные слоистые хорошо дренированные (бoreального периода голоцена), дерново-лесные почвы с признаками оглеения (первая половина атлантического периода), степные (черноземные) почвы (вторая половина атлантического периода голоцена) и степные и лугово-степные почвы суб boreального и субатлантического периодов голоцена. В пойменных экологических условиях (островная пойма) устанавливается, что почвенный покров в разновременные периоды голоцена эволюционировал под влиянием изменения климата.

Выводы

1. Татышевский педокомплекс представлен разновозрастными палеопочвами разной степени сохранности.
2. Морфолого-аналитическая характеристика палеопочвенных образований позволяет диагностировать тип почвообразования и реконструировать условия почвообразования.
3. Татышевский педокомплекс охватывает почвообразование за весь период голоцена, а результаты его исследований дают информацию о флукутации почвенно-растительных зон во времени.

Литература

1. Величко А.А. Предисловие к книге Т.Д. Морозовой «Развитие почвенного покрова в Европе в позднем плейстоцене». – М.: Наука, 1981. – С. 3–4.
2. Волков И.А. Цикличность формирования четвертичных субаэральных осадков умеренного пояса и колебания климата // Цикличность формирования субаэральных пород. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 3–94.
3. Демиденко Г.А. Характеристика голоценовых палеопочв археологических памятников Южной Сибири // Гуманитарные науки в Сибири. – 1996. – № 3. – С. 16–19.
4. Демиденко Г.А. Реконструкция динамики взаимоотношения лесных и степных экосистем Приенисейской Сибири в верхнем плейстоцене и голоцене (по данным палеопедологического анализа) // Сибир. экол. журн. – 1998. – № 1. – С. 97–103.
5. Демиденко Г.А. Почвенный покров Приенисейской Сибири в голоцене // География и природные ресурсы. – 1998. – № 1. – С. 87–91.
6. Демиденко Г.А. Реконструкция природных комплексов Сибири в голоцене: учеб. пособие. – Красноярск: РИО КГПУ, 1999. – 152 с.
7. Демиденко Г.А. Позднеплейстоценовые и голоценовые почвы бассейна Среднего Енисея (палеоэкологический аспект). – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 160 с.
8. Демиденко Г.А. Развитие почвенного покрова в Приенисейской Сибири (по результатам исследований на археологических памятниках). – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013. – 176 с.
10. Кинđ Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. – М.: Наука, 1974. – 225 с.



ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В статье представлены результаты исследований по влиянию севооборотов на урожайность яровой пшеницы на темно-каштановой почве в условиях лесостепи Улуг-Хемской котловины (Республика Тыва). Изучено влияние чистых, занятых и сидеральных паров в полевых севооборотах на плотность сложения и структурный состав почвы.

Ключевые слова: лесостепь, яровая пшеница, темно-каштановая почва, севооборот, предшественник, чистый пар, сидеральный пар, занятый пар, Улуг-Хемская котловина.

V.N. Zhulanova, T.F. Zharova

CROP ROTATION INFLUENCE ON THE SOIL FERTILITY AND THE SPRING WHEAT CROP CAPACITY

The research results of the crop rotation influence on the spring wheat crop capacity on the dark-chestnut soil in the Ulug-Hemsky hollow (Republic of Tuva) forest-steppe conditions are presented in the article. The influence of the pure, occupied and sidereal fallows in the field crop rotations on the density of the soil composition and structure is studied.

Key words: forest-steppe, spring wheat, dark-chestnut soil, crop rotation, predecessor, pure fallow, sidereal fallow, occupied fallow, the Ulug-Hemsky hollow.

Введение. В Туве в силу сложившихся своеобразных ландшафтно-климатических особенностей земледелие ведется в сложных условиях. В земледельческих районах региона одной из главных задач является получение продовольственного зерна. Повышение производительности земледелия определяется плодородием почв и применением правильной агротехники.

В повышении плодородия почв большая роль принадлежит удобрениям. В связи с «реформированием» сельского хозяйства с 1991 г. в республике резко сократилось использование минеральных и органических удобрений, а с 1996 г. удобрения вносятся в очень малых дозах. За 2001–2010 гг. внесение органических удобрений в Туве сократилось в 17 раз по сравнению с 1981–1990 гг. С 2006 г. нормы внесения органических удобрений постепенно увеличиваются, а минеральных остаются на низком уровне [5].

В условиях данного региона на малоплодородных почвах гарантом стабилизации урожайности зерновых культур на достаточном уровне может выступить паровое поле. Лучшей парозанимающей культурой в условиях республики является донник [7].

Важнейшим элементом технологии выращивания зерновых культур остается правильный подбор предшественников в севообороте, где очень важное значение имеет применение сидеральных и органических удобрений [3]. В связи с этим актуальными являются вопросы по изучению влияния различных предшественников на сохранение и воспроизводство почвенного плодородия.

Цель исследований. Изучение влияния севооборотов на агрофизические, физико-химические свойства почв и урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Тувы.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в полевом севообороте, заложенном в 2006 г. на экспериментальных полях Тувинского НИИСХ. Повторность трехкратная. Учетная площадь 63 м². Расположение вариантов в опыте систематическое. Агротехника возделывания общепринятая в зоне деятельности института. Сорт яровой пшеницы Кантегирская-89.

Во время проведения исследований погодные условия вегетационного периода существенно различались по годам. За исследуемый период сумма осадков за вегетационный период составила 205–320 мм, сумма активных температур выше 10°C – 1577–1924°C, сумма эффективных температур выше 5°C – 1198–1899°C. Сумма осадков за вегетационный период в 2006 г. составила 224 мм, в 2007 г. – 205, в 2008 г. – 208, в 2009 г. – 259, в 2010 г. – 319 мм.

Почвенный покров опытного участка представлен темно-каштановой легкосуглинистой почвой. В начале закладки опыта содержание гумуса в пахотном слое почвы составило 3,37 %, общего азота – 0,20 %, подвижного фосфора – 16 мг/кг почвы, обменного калия – 224 мг/кг почвы.

Изучение влияние типов паров на плодородие почвы и урожайность яровой пшеницы проводилось в трехпольных севооборотах: 1) зернопаровой (контроль): чистый пар (контроль) – пшеница – пшеница;

2) зернопаровой: чистый пар + 30 т/га навоза – пшеница – пшеница; 3) сидеральный: сидеральный пар (донник) – пшеница – пшеница + донник; 4) зерновой с занятым паром: донник на зеленую массу – пшеница – пшеница + донник; 5) сидеральный: сидеральный пар (орох) – пшеница – пшеница.

Запашку донника на зеленое удобрение проводили в фазу цветения, гороха – молочной спелости. Гумус определяли по Тюрину, подвижный фосфор и калий – по Мачигину, нитратный азот – ионометрическим методом (ГОСТ 20951-86). Плотность сложения почвы определяли по Н.А. Качинскому, структурный состав почвы – по методу Н.И. Саввина. Биологическую активность почвы изучали методом льняных полотен на глубину 0–20 см [2]. Результаты исследований были обработаны статистическими методами дисперсионного анализа [4] с использованием программных пакетов Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Главной причиной снижения плодородия почв в регионе является недостаточное применение органических удобрений. В период 1986–1992 гг. в Туве применение минеральных и органических удобрений достигло максимальной величины соответственно 42,1–49,1 кг д.в./га и 0,60–0,85 т/га. С 2006 г. нормы внесения органических удобрений постепенно увеличиваются, а минеральных остаются на низком уровне [5]. Поэтому в данных условиях для сохранения плодородия почвы и обеспечения стабильной урожайности пшеницы, кроме навоза, возможно использование сидератов.

В начале закладки опыта содержание гумуса в пахотном слое темно-каштановой почвы варьирует в пределах 3,30–3,46 % (табл. 1). Содержание гумуса после прохождения ротации севооборотов увеличилось в зернопаровом на 0,20 %, сидеральном донниковом – на 0,64, сидеральном гороховом – на 0,13 % и уменьшилось в контролльном на 0,46 %. Количество гумуса осталось на том же уровне в зерновом севообороте с занятым паром (вариант 4). Это можно объяснить тем, что основным источником пополнения органического вещества в почве являются корневые и растительные остатки. Наибольшее количество поживных и корневых остатков оставляет после себя донник на зеленое удобрение до 6,3 т/га органического вещества, горох – 5,0 т/га, внесение навоза – до 12 т/га. Донник на зеленую массу дает 3,2 т/га органического вещества.

Таблица 1

Основные показатели химических и физико-химических свойств темно-каштановой почвы

Севооборот	Год отбора образцов	Гумус, %	рН _{H2O}	ЕКО, мг-экв/100 г	мг/кг		
					Нитратный азот	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 – зернопаровой (контроль)	2006	3,46	7,1	24	20	18	138
	2010	3,00	7,1	-	12	10	104
2 – зернопаровой	2006	3,31	7,1	21	24	20	137
	2010	3,51	7,1	-	43	26	210
3 – сидеральный (донник)	2006	3,36	7,1	22	22	20	148
	2010	4,00	7,1	-	47	27	251
4 – зерновой с занятым паром	2006	3,30	7,1	21	15	18	120
	2010	3,30	7,1	-	12	10	120
5 – сидеральный (орох)	2006	3,46	7,1	24	19	18	150
	2010	3,59	7,1	-	36	19	243

Уменьшение гумуса в севообороте с чистым паром без внесения органических удобрений (контроль) происходит за счет быстрой минерализации органического вещества при ежегодной обработке почвы. По исследованиям А.Н. Кузьминых [10], высеванный горох на зеленое удобрение формирует биомассу до 28 т/га с высоким содержанием NPK, что сохраняет и повышает плодородие почвы. По данным [1], в степных условиях Западного Забайкалья на черноземе малогумусном севообороты с занятыми парами не уступают севооборотам с чистыми парами по урожайности яровой пшеницы, а также повышают дефляционную устойчивость почв.

Нашиими исследованиями выявлено, что обеспеченность почв в 2006 г. подвижным Р₂O₅ средняя, а в 2010 г. в контрольном севообороте и зерновом с занятым паром очень низкая, в остальных – средняя. В 2006 г. обменным K₂O обеспеченность средняя, а в 2010 г. в сидеральных и зернопаровом севооборотах высокая. Емкость катионного обмена составляет 21–24 мг-экв/100 г. В составе обменных катионов доминирует Ca⁺⁺. Количественные оценки содержания нитратного азота и емкости катионного обмена в почвах зависят от содержания гумуса и гранулометрического состава.

Было рассмотрено влияние разных видов севооборотов на плотность сложения темно-каштановой почвы. Перед закладкой опыта плотность сложения в слое 0–10 см варьировала в пределах 1,33–1,43 г/см³, в слое 10–20 см – 1,35–1,41 г/см³. В варианте контроля плотность сложения в слое 0–10 см составила 1,33 г/см³, в слое 10–20 см – 1,35, в других вариантах 1,34–1,43 и 1,37–1,41 г/см³ соответственно.

По предшественнику чистому пару (контроль) плотность сложения почвы в слое 0–20 см под пшеницей незначительно увеличилась на 2–4 %, а в других вариантах уменьшилась на 3–8 %. Наибольшее уменьшение плотности сложения отмечено после горохового сидерального пара (вариант 5) на 8 % и чистого пара + навоз 30 т/га (вариант 2) на 4 %. Рыхлое состояние пахотного слоя почвы под пшеницей в этих вариантах обусловлено ежегодными обработками почвы, препятствующими самоуплотнению, а также действием перепревшего навоза и однолетней зернобобовой культуры (горох). Темно-каштановая легкосуглинистая почва в различных вариантах севооборотов по показателям сложения и структурного состава характеризуется благоприятными агрофизическими свойствами. Качественная оценка структурного состава почв по содержанию в них агрегатов агрономически ценных фракций (АЦФ) размером от 10 до 0,25 мм указывают на отличное агрегатное состояние пахотного слоя темно-каштановой почвы во всех вариантах опыта. Содержание АЦФ здесь составляет 64–68 %. Оструктуренность по вариантам опыта существенно не изменяется и остается в одной категории по содержанию АЦФ. Наибольшее количество АЦФ содержится в вариантах с занятым паром и донниковым сидеральным паром (68 %), наименьшее – в зернопаровом севообороте (контроль) (64 %). Коэффициент структурности находится в пределах 1,8–2,1, что также указывает на отличное агрегатное состояние почвы.

По исследованиям В.Н. Жулановой, Н.Л. Кураченко [6], тувинские темно-каштановые и каштановые почвы легкосуглинистого и супесчаного гранулометрического состава обладают отличной оструктуренностью. В слое 0–20 см этих почв содержание АЦФ достигает 72–94 %. Далее с глубиной уровень оструктуренности существенно варьирует. В зависимости от подтипа почв и характера их сельскохозяйственного использования он изменяется от отличного до хорошего. Темно-каштановые суглинистые почвы имеют оптимальное сложение только в слое 0–20 см (1,08–1,20 г/см³). Ниже с глубиной интенсивная и равномерная пропитка карбонатами способствует уплотнению почвы до 1,21–1,25 г/см³.

При выращивании сельскохозяйственных культур плодородие почвы зависит главным образом от активности полезной микрофлоры и других компонентов почвенной биоты. Уровень активности биоты в почве поддерживается поживными остатками однолетних растений, выращиванием многолетних трав, внесением органических удобрений и сидератов. Биологическая активность темно-каштановой почвы была изучена методом разложения льняного полотна. Степень разложения льняного полотна в экспериментальных вариантах опыта была в 1,3–1,6 раза выше, чем в контроле. Наибольшая степень разложения полотна в гороховом сидеральном паре (17,2 %), наименьшая – в чистом паре (10,8 %). Разница между вариантами объясняется способом заделки органического вещества (при запашке зеленого удобрения в нижний слой, при заделке навоза по всему пахотному слою). В результате исследований нами было установлено, что предшественники оказывают влияние на урожайность яровой пшеницы. В качестве контроля служил чистый пар, как один из лучших предшественников для лесостепной зоны Тывы. Средняя урожайность за 3 года яровой пшеницы по контролю без удобрений составила 19,6 ц/га (табл. 2), а урожайность пшеницы по пшенице – 11,0 ц/га (табл. 3).

В среднем за годы исследований наиболее высокий урожай пшеницы по парам получен после чистого пары с внесением навоза (вариант 2), а пшеницы по пшенице – чистого пары с внесением навоза (вариант 2) и горохового сидерального пары (вариант 5). Минимальная урожайность пшеницы получена после донникового занятого пары. Донниковый сидеральный пар оказался эффективным для парозанимающей культуры и неэффективным для последующей культуры, которая дала прибавку урожая меньше НСР₀₅.

Наши исследования подтверждаются данными А.С. Сотпа [8]. На темно-каштановых почвах в умеренно влажные годы урожайность яровой пшеницы после внесения зеленых удобрений составила 1,20–1,26 т/га (прибавка урожая 0,20–0,24 т/га), а в засушливые годы сидеральные пары уступают чистому пару.

Таблица 2
Урожайность яровой пшеницы по различным типам паров

Предшественник	2007 г.		2008 г.		2009 г.		Среднее за 3 года	
	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -
1 – чистый пар (контроль)	17,5	-	17,3	-	23,9	-	19,6	-
2 – чистый пар + 30 т/га навоза	22,5	+5,0	20,6	+3,3	26,5	+2,6	23,2	+3,6
3 – сидеральный пар (донник)	21,8	+4,3	19,5	+2,2	24,7	+0,7	22,0	+2,4
4 – занятый пар (донник)	12,4	-5,1	10,0	-7,3	22,9	-1,0	15,1	-4,5
5 – сидеральный пар (горох)	22,0	+4,5	20,0	+2,7	25,1	+1,2	22,4	+2,8
HCP ₀₅	-	1,7	-	1,4	-	2,6	-	-

Сидеральные культуры создают благоприятные физические условия для произрастания сельскохозяйственных культур, равномерно и сбалансировано пополняют почву элементами питания. Бобовые культуры обладают природной способностью в симбиозе с клубеньковыми бактериями накапливать из воздуха доступные растениям соединения азота [10].

Внесение зеленого удобрения способствовало повышению урожайности яровой пшеницы. В первый год после запашки урожайность повысилась в 1,1–1,2 раза, а во второй год – в 1,03–1,2.

Таблица 3
Урожайность пшеницы по пшенице в изучаемых севооборотах

Севооборот	2008 г.		2009 г.		2010 г.		Среднее за 3 года	
	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -	ц/га	+ -
1 – зернопаровой (контроль)	8,7	-	12,9	-	11,7	-	11,0	-
2 – зернопаровой	11,0	+2,3	15,2	+2,3	14,3	+2,6	13,5	+2,5
3 – сидеральный (донник)	9,8	+1,1	11,8	-1,1	12,2	+0,5	11,3	+0,3
4 – зерновой с занятым паром	7,0	-1,7	8,3	-4,6	9,1	-2,6	8,1	-2,9
5 – сидеральный (горох)	10,8	+2,1	14,9	+2,0	15,0	+3,3	13,6	+2,6
HCP ₀₅	-	0,8	-	1,6	-	1,1	-	-

За 3 года исследований самая низкая урожайность пшеницы в зерновом с занятым паром севообороте. Прибавка урожая была получена в зернопаровых и сидеральных севооборотах. Урожайность пшеницы по пшенице варьировала по годам исследований и зависела от погодных условий. Благоприятные гидротермические условия вегетационного периода 2009–2010 гг. способствовали получению высокой урожайности пшеницы как после паровых предшественников, так и после пшеницы. Прибавка урожая составила 25–38 %.

Заключение. Таким образом, результаты исследования показали, что севообороты, содержащие сидеральные пары, чистые пары (с внесением навоза), повышают плодородие почвы за ротацию. Севооборот зерновой с занятым паром сохраняет плодородие почвы, а севооборот с чистым паром без внесения органических удобрений снижает. Разные виды севооборотов за одну ротацию существенно не оказывают влияния на агрофизические показатели темно-каштановой легкосуглинистой почвы. Лучшими предшественниками для яровой пшеницы в лесостепной зоне Тувы являются чистый пар с внесением навоза, сидеральный донниковый и сидеральный гороховый пары. Занятый донниковый пар оказался не очень эффективным.

Литература

1. Продуктивность полевых севооборотов в степной зоне Западного Забайкалья / А.П. Батудаев, Б.Б. Цыбиков, Н.А. Базаржалова [и др.] // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 36–37.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М., 1990. – 129 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
5. Жуланова В.Н. Агроэкологическая оценка почв Тувы: автореф. д-ра биол. наук. – М., 2013. – 46 с.

6. Жуланова В.Н., Кураченко Н.Л. Современное физическое состояние агропочв Тывы // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 18–23.
7. Сахаровский В.М. Донник – перспективная культура в Туве // Интенсификация кормопроизводства в Восточной Сибири. – Новосибирск, 1983. – С. 33.
8. Сотна А.С. Использование различных видов паров для повышения плодородия почв в Республике Тыва: метод. рекомендации. – Кызыл: ТувНИИСХ, 2005. – 14 с.
9. Серякова Д.Г. Удобрения – залог высоких урожаев. – Кызыл: Тувкнигоиздат, 1976. – 56 с.
10. Кузьминых А.Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 41.



УДК 631.454:633.15(668.2)

R.S.K. Kakpo

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ «DSSAT-SIG» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПОД КУКУРУЗУ В ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕНИНА

В статье рассматривается применение интегрированной модели «DSSAT-SIG» для определения потенциального урожая кукурузы в южной и центральной части Бенина, где преобладают бедные азотом и фосфором ферраллитные почвы.

Ключевые слова: особенности почвы и климата, вычисление доз удобрений, кукуруза, интегрированная модель «DSSAT-SIG», Бенин.

R.S.K. Kakpo

THE APPLICATION OF THE INTEGRATED “DSSAT-GIS” MODEL FOR THE CORN FERTILIZER DOSE DETERMINATION IN BENIN SOUTHERN AND CENTRAL PARTS

The application of the integrated model “DSSAT-SIG” to determine the potential corn yield in Southern and Central Benin where the poor in nitrogen and phosphorus ferralsitic soil predominate are considered in the article.

Key words: peculiarities of soil and climate, calculation of fertilizer doses, corn, integrated model “DSSAT-SIG”, Benin.

Введение. Рекомендации по внесению минеральных удобрений в Бенине по большей части устарели. Они не учитывают сильную деградацию почв и разницу между агроэкологическими зонами. Необходимо пересмотреть формулы и дозы минеральных удобрений, используемых в республике. В этой связи разработаны новые подходы к составлению рекомендаций по формулам и дозам минеральных удобрений, которые принимают во внимание информацию об особенностях климата, почвы и агротехнических методах каждого региона. Система поддержки принятия решений для передачи агротехнологий – это имитационная модель роста и развития растений.

Цель исследований. Оценка эффективности системы поддержки принятия решений для передачи агротехнологий при вычислении формул, а также доз минеральных удобрений; определение благоприятных сроков посева кукурузы для получения наибольшего урожая в южной и центральной части Бенина.

Объекты и методы исследований. Исследуемая территория находится между 6° и 8° и занимает площадь приблизительно 22 000 км². Она охватывает 34 коммуны в департаментах Атлантический, Литораль, Уэме, Плато, Зу и полностью или частично в департаменте Коллин. Климат южной части Бенина субэкваториальный и характеризуется незначительными колебаниями температуры. Среднемесячная температура составляет 28°C. В центральной части Бенина климат судано-гинейский с одним сезоном дождей и большими колебаниями температуры. Среднемесячная температура составляет примерно 28°C.

Среднемесячное количество осадков составляет 1 481 мм, среднемесячное значение потенциальной эвапотранспирации – 1 648 мм.

Растительность представлена в основном кустарниковыми зарослями, масличными пальмами и некоторыми хлопковыми деревьями (*Ceiba pentandra*). Последние соотносятся с участками деградации тропофильных лесов с растениями вида Кола (*Cola cordifolia*), Триплохитон твердосмольй (*Triplochiton scleroxylon*), Хлорофора высокая (*Chlorophora exelsa*) и хлопковое дерево (*Ceiba pentandra*), которые встречаются очень редко.

На юге Бенина преобладают следующие типы почв: ферралитные почвы на глинистых осадках третичных континентальных отложений или на песчаниках мелового периода, которые находятся на семи плато на юге (Порто-Ново, Аллада, Кету, Абомей, Заннанандо, Догбо, Аплахузэ), гидроморфные почвы в долинах, низменностях и на аллювиальных равнинах, вертисоли в низменности Лама и коричневые эвтрофные тропические почвы, часто в сочетании с гидроморфными почвами и вертисолями в нижней части региона. В центре Бенина чаще всего встречаются железистые тропические почвы, которые преобладают в центральной части региона, и грубые, эродированные минеральные почвы на границах возвышенностей [Igué, Floquet, Stahr, 2005; Accuracy of the..., 2012].

Система поддержки принятия решений для передачи агротехнологий. Система поддержки принятия решений для передачи агротехнологий (DSSAT) – это комплекс программ по управлению базами данных по климату, почвам, агротехническим методам, имитационная модель роста различных культур и программа для вычисления сезонной стратегии и анализа рисков. Программа «Le DSSAT v4.5» – это модель системы поддержки принятия решений для передачи агротехнологий, которая охватывает 28 культур, включая кукурузу. Она содержит модуль «идентичная почва», предназначенный для имитации водно-азотно-углеродного баланса почвы, «модель динамики углерода и азота в почве CENTURY», инструмент управления климатическими данными «Синоптик» (WheatherMan), инструмент для работы с экспериментальными данными «ATCreate» для ввода и корректировки данных о росте, развитию и урожайности растений, а также результатов измерений, касающихся содержания воды, азота и углерода в почве, графическую программу «GBuild» для графического представления экспериментальных и имитационных данных, программу сезонного анализа биофизических и экономических данных сезонных культур и программу диагностики и оценки «STATS» для статистического анализа имитационных и измеренных данных по развитию и урожайности растений и составляющих урожая.

Сорт кукурузы «DMR-ESR-W» – это сорт свободного опыления (перекрестного опыления). Вегетационный период длится 90 сут. Початки плотно окружены листами. Зерна белого цвета, полузубовидного, полумучнистого, полустикловидного типа. Потенциальная урожайность 5 т с 1 га. Этот сорт кукурузы очень популярен среди сельскохозяйственных производителей в южной и центральной части Бенина [Document technique ..., 2010].

Расчет потенциального урожая, сроков посадки и доз удобрений. Модель «DSSAT v4.5» связана с геоинформационной системой (ГИС) посредством программного обеспечения IDSS/GSSAT. Сначала осуществляется настройка модели для используемого сорта кукурузы. Затем выполняется имитация. Сезонный анализ в приложении «Сезонный анализ» позволяет выбрать лучшие условия для получения наибольшего урожая, наиболее благоприятные сроки посева и оптимальные дозы удобрений путем сравнения метеорологических данных за 30 лет. Чтобы отразить то, что полив сельскохозяйственных культур в Бенине осуществляется естественным путем, потенциальный урожай кукурузы рассчитывается в условиях естественного полива. Наиболее благоприятные сроки посева определяются на основе потенциального урожая выбранного сорта кукурузы при естественном поливе. В том, что касается оптимальных доз удобрений при расчете потребности в питательных веществах, учитываются только те значения, при которых урожайность продолжает повышаться пропорционально количеству применяемых удобрений. Затем при помощи ГИС результаты имитации преобразуют в карту рекомендаций для определенной местности. Для проведения оценки в базу данных модели DSSAT вносят несколько типов данных. Это географические данные для ГИС, а именно страна, коммуны, деревни, высота, долгота, широта, физические характеристики почвы, т.е. ее текстура, структура и цвет, химические свойства почвы, в частности, содержание органического углерода, общее количество азота, усвоемого фосфора, обменного калия, pH-H₂O, емкость катионного обмена, топография почвы, генетические характеристики сорта кукурузы, а именно продолжительность вегетационного периода, время цветения, тип листьев, количество зерен в початке, стоимость удобрений и их применение, стоимость орошения и цена зерна.

Настройка модели «CERES-maize» системы «DSSAT» выполнена на основе информации о кукурузе сорта «DMR-ESR-W».

Формирование файлов DSSAT. Для выполнения имитации через IDSS создаются следующие файлы СППР: «Почва» (Fichier Sol), «Метео» (Fichier Météo), «Генотип» (Fichier Génotype), «Эксперимент» (Fichier Expérimentation) и «Экономика» или «Цена» (Fichier Economique ou Prix). В файле «Почва» содержится информация о физико-химических и биологических параметрах 2970 горизонтов 771 профиля почвы исследуемой территории, а также информация о количестве осадков, о максимальной и минимальной температуре и солнечном облучении, полученная на метеорологических станциях в Котону, Бохиконе и Саве. Информация, предоставленная 55 осадкометровыми станциями, расположенными в Региональном центре развития сельского хозяйства (CeRPA), Коммунальном центре развития сельского хозяйства (CeCPA) и на станциях исследований и разработок позволила уточнить данные о количестве осадков в различных коммунах, расположенных на исследуемой территории. В результате удалось свести к минимуму возможные погрешности при имитации. Данные по климату были преобразованы в юлианский календарь. В файле «Генотип» представлены

генетические коэффициенты кукурузы сорта «DMR-ESR-W»: 1) тепло, накапливаемое в период с начала до конца фазы созревания, выраженное в градусо-днях с температурой выше базовой 8°C , когда растения не чувствительны к изменениям длительности светового дня; 2) сдвиг развития, выраженный в днях, с увеличением продолжительности светового дня до самого длинного светового дня, когда развитие достигает максимального темпа (предположительно 12,5 ч); 3) тепло, накапливаемое в период с начала цветения женских соцветий до физиологической зрелости, в градусо-днях с температурой выше базовой 8°C ; 4) тепло, накапливаемое в период до появления двух настоящих листов, выраженное в градусо-днях. В файле «Эксперимент», который определяет условия имитации, принимаются в расчет данные, касающиеся почвы, климатических условий, сорта кукурузы «DMR-ESR – W» и способов управления культурами, в частности, комбинация сроков посева, доз удобрений, сорта кукурузы и способов полива. В файле «Экономика или цена» содержится информация о стоимости производства и товарной цене зерна на исследуемой территории.

Выполнение имитации. Было выделено тридцать шесть комбинаций доз азота-фосфора-калия: 4 дозы азота – 0–40–80–120 кг/га, 3 дозы фосфора – 0–30–60, 3 дозы калия – 0–40–80 кг/га. Определено четыре срока посева: 15 марта, 15 апреля, 15 мая и 15 июня. Были обозначены и реализованы три сценария имитации: 1) потенциальная урожайность, обеспеченная климатическими ресурсами; 2) потенциальная урожайность, обеспеченная естественными условиями полива; 3) урожайность при ограниченном количестве воды и питательных элементов. В целом было обозначено 144 варианта управления.

Результаты исследований и их обсуждение. Почвенно-метеорологическая карта. В результате сканирования карты почвы, административной карты и метеорологической карты удалось получить карту со слоями, содержащими информацию о почве и о климате (рис. 1). В результате наложения почвенной карты на метеорологическую получили карту с тремя зонами пересечения почвенно-метеорологических данных, которые были определены на базе трех плювиометрических регионов: Котону, Бохикон и Саве. Первая почвенно-метеорологическая зона объединяет южные части агроклиматической зоны 6, т.е. зоны ферраллитных почв и археологических зон 7 и 8 (зоны низменности и зоны рыболовства). Во второй почвенно-метеорологической зоне сгруппированы северные части перечисленных агроклиматических зон и южная часть агроклиматической зоны 5, т.е. хлопководческой зоны центральной части Бенина. Таким образом, это переходная зона. Третья почвенно-метеорологическая зона представлена хлопководческим районом центральной части Бенина.

Сроки посева и потенциальный урожай кукурузы сорта «DMR-ESR-W». Наиболее благоприятный срок посева для кукурузы сорта «DMR-ESR-W» в южной части Бенина приходится на середину апреля. В центральной части Бенина наиболее благоприятный срок посева для кукурузы сорта «DMR-ESR-W» в период с середины апреля до середины мая (рис. 1, а).

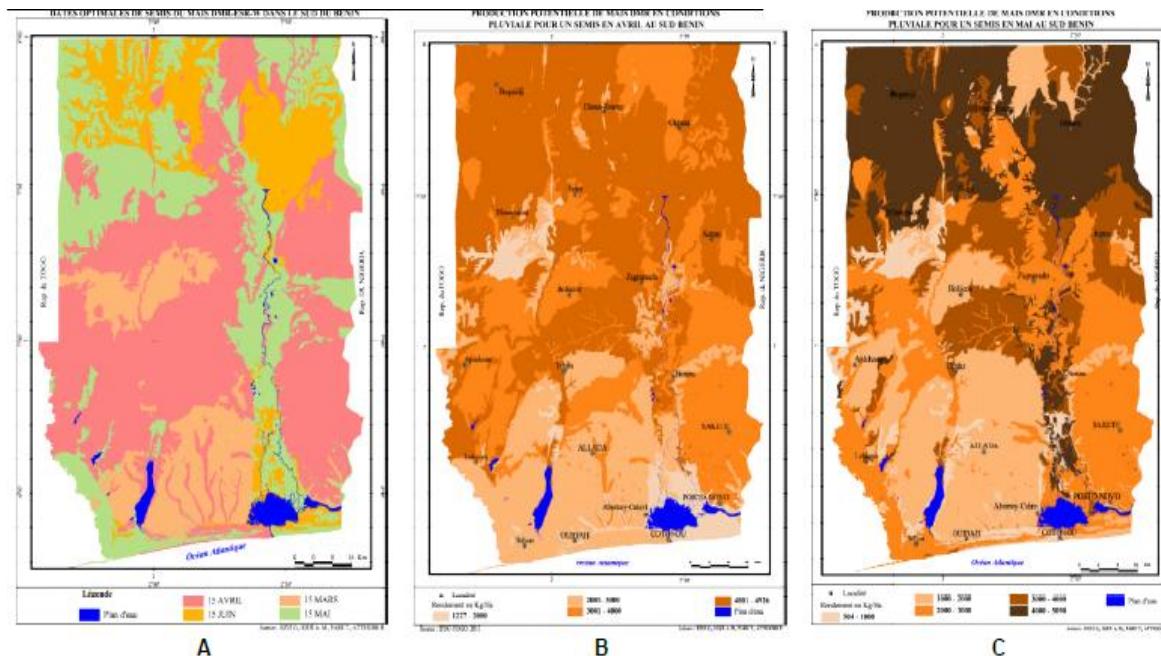


Рис. 1. Карты посевов (а) и потенциальные урожаи посевов в апреле (в) и в мае (с)

Таким образом, следует избегать слишком ранних или поздних сроков посева. Так, потенциально достижимый уровень урожая кукурузы сорта DMR-ESR-W, высаженной в апреле, в условиях естественного полива на юге Бенина составляет порядка 2–4 т/га, в центре Бенина 3–4,9 т/га (рис. 1, в), а потенциально достижимый уро-

вень урожая кукурузы, высеванной в мае, в условиях естественного полива на юге Бенина составляет 1–3 т/га, в центре Бенина 4–5,1 т/га (рис. 1, с). Посев кукурузы сорта «DMR-ESR-W» в мае влечет за собой снижение потенциальной урожайности на юге Бенина, поскольку для этого региона такой срок посадки является поздним, в то время как в центральной части Бенина он является наиболее благоприятным, и потенциальная урожайность при этом увеличивается. Чем позднее сроки посева кукурузы сорта «DMR-ESR-W» по отношению к оптимальным датам, тем более неоднородным становится урожай, и тем хуже качество зерен [Bataoussi, 2008].

Оптимальные комбинации доз удобрения. Было имитировано несколько оптимальных комбинаций доз удобрений. В основном в этих комбинациях отмечается повышенное содержание азота – от 80 до 120 кг/га. Это свидетельствует об общем дефиците азота в почвах на юге и в центре Бенина.

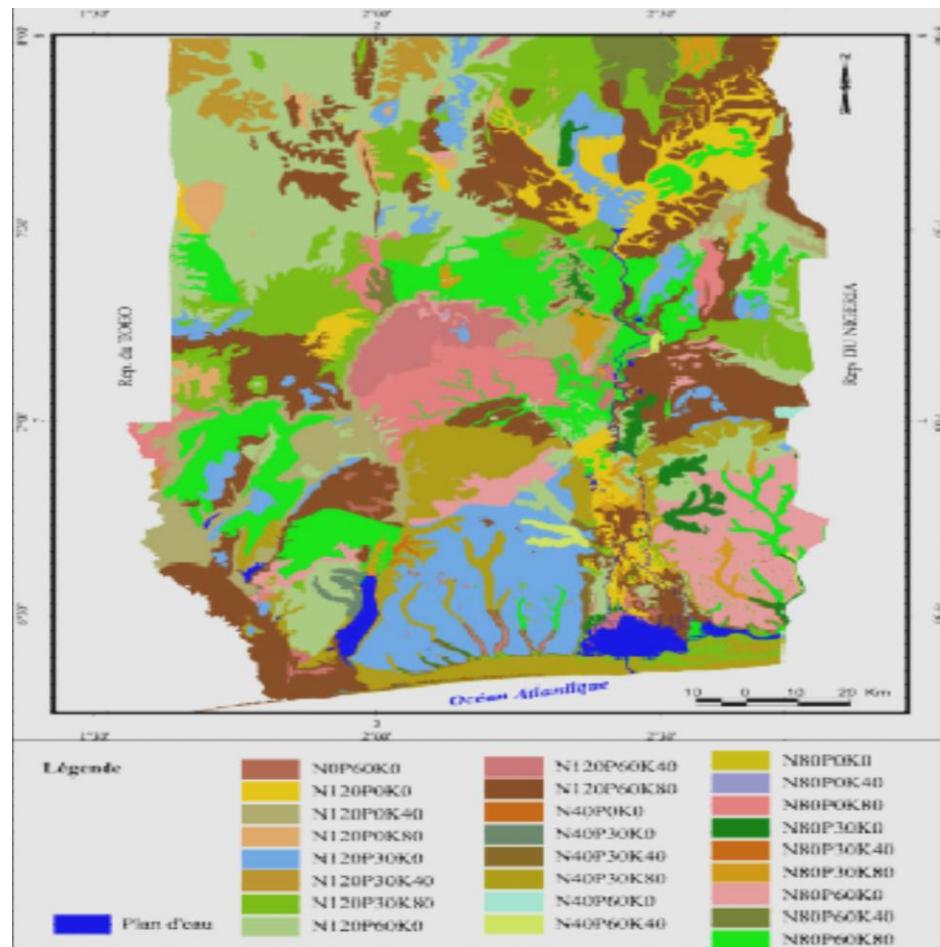


Рис. 2. Оптимальные комбинации доз удобрений

Увеличение доз питательных веществ имеет значение лишь в тех зонах, где плювиометрические и почвенные условия позволяют растению развить свой потенциал при правильной стратегии повышении эффективности азота, например, при дроблении рекомендованной дозы минеральных удобрений или внесении минеральных удобрений совместно с органическими. Оптимальные дозы фосфора составляют от 30 до 60 кг/га. Но в целях повышения экономической прибыли рекомендуется применять фосфор в дозировке 30 кг/га. Потребность кукурузы в калии невысока и составляет от 0 до 40 кг/га для большинства комбинаций, имитированных в модели (рис. 2). Но во избежание истощения калия в почве в условиях горного земледелия, которое практикуется небольшими землевладельцами на исследуемой территории, рекомендуется вносить не менее 25 кг калия на 1 га, чтобы обеспечить длительное функционирование системы

Заключение. Применение модели «DSSAT v4.5» совместно с геоинформационной системой (ГИС) посредством программного обеспечения IDSS/GSSAT позволяет исследовать результаты применения большого количества вариантов доз минеральных удобрений. Имитация применения этих доз удобрений на конкретной местности дает возможность отобрать только те варианты, которые приводят к получению хорошего урожая с минимальными возможными отклонениями на разных почвах и в разных метеорологических условиях. Таким образом, для южной и центральной части Бенина для получения хорошего урожая кукурузы

сорта DMR-ESR-W наиболее эффективными дозами являются следующие: азот – 80–120 кг/га, фосфор – 30, калий – 40 кг/га. Подкормка должна сочетаться с дополнительными агротехническими приемами, такими, как закапывание в землю растительных остатков после сбора урожая кукурузы. Интегрированный подход «DSSAT-SIG» является инновационным и дает возможность привести рекомендации по дозам минеральных удобрений для Бенина в актуальное состояние. Внедрение системного подхода «DSSAT-SIG» в Бенине позволяет отобрать необходимые технологические приемы для производства кукурузы. Этот подход является стратегией выбора. Тем не менее перед применением полученных результатов на всей территории страны необходимо опробовать описанные в настоящем исследовании дозы минеральных удобрений на сельскохозяйственных территориях.

Литература

1. Batamoussi H. Impact des dates de semis sur la croissance, le développement et le rendement de deux hybrides de maïs sélectionnés pour être vulgarisés dans la région des tchernozioms typiques en Ukraine // Annales des Sciences Agronomiques du Bénin. – 2008. – P. 17–30.
 2. Igué A.M., Floquet A., Stahr K. Land use/ cover change and farming systems in central Benin // Bulletin de la Recherche Agronomique. – 2005. – P. 23–37.
 3. Accuracy of the Land Use/Cover classification in the Oueme Basin of Benin (West Africa)/ A.M. Igúé, C.J. Houndagba, T. Gaíser [et al.] // International Journal of AgriScience. – 2012. – P. 174–184.
 4. Document technique d'Information et de vulgarisation: Répertoire des Variétés de Maïs Vulgarisées au Bénin / C.G. Yallou, K. Aihou, A. Adjano houn [et al.] // MAEP/INRAB/BENIN. – 2010. – P. 36.
-

УДК 630.23

E.A. Усова

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА ОРЕХА МАНЬЧЖУРСКОГО В ДЕНДРАРИИ СИБИРСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

В статье рассматриваются особенности изменчивости сеянцев ореха маньчжурского в дендрарии Сибирского технологического университета. Проведен сравнительный анализ сеянцев, выращенных из семян экземпляров, отселектированных по биометрическим показателям. Выделены особи, отличающиеся по высоте, диаметру ствола.

Ключевые слова: семенное размножение, сеянцы, высота, диаметр, дендрарий, Сибирский технологический университет.

E.A. Usova

VARIABILITY OF MANCHURIAN NUT SEED PROGENY IN THE ARBORETUM OF SIBERIAN STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

The peculiarities of Manchurian nut seedling variability in the arboretum of Siberian technological university are considered in the article. The comparative analysis of the seedlings grown from the seed specimen selected on the biometric indicators is carried out. The species differing on the height, the trunk diameter are singled out.

Key words: seed reproduction, seedlings, height, diameter, arboretum, Siberian technological university.

Введение. Орех маньчжурский (*J. mandshurica* Max.) – лиственное дерево, или кустарник семейства ореховые, высотой около 30 м. Типичный представитель маньчжурской флоры. Растет в лесах Приморского и Хабаровского края, в Амурской области и Северо-Восточном Китае. Ствол маньчжурского ореха прямой и ровный. Его корона раскидиста и ажурна, чем-то похожа на отдельные виды пальм. Кора по цвету тёмно-серая. Листья располагаются на длинных черешках, могут достигать метровой длины. Они сложные. Листовые пластинки зубчаты, с заострённой вершиной. Мелкие цветки однополы, появляются к моменту распус-

кания листьев. Плод в виде костянки мельче, нежели плод грецкого ореха, но напоминает его по виду. Скорлупа толстая, зелёного или бурого цвета. Небольшое по размеру ядро съедобно. Созревание плодов происходит с конца лета. Опадают они весьма быстро. Плодоносить маньчжурский орех начинает с 4 лет, а в культуре с 12 лет. При помощи этого растения озеленяют городские парки. Орех маньчжурский ценится за свою декоративность. Древесина идёт на производство мебели, разнообразных поделок. Из ядра маньчжурского ореха получают масло. Растение является хорошим медоносом [1].

Большое значение при акклиматизации растений в новых экологических условиях среды имеет семенное размножение, при котором наиболее эффективно проявляются их адаптационные способности. Семенное размножение интродуктов, особенно из отдаленных флористических регионов, способствует проявлению их гетерогенности, которая обуславливает успешную селекцию вида в определенных экологических условиях. Этот способ является наиболее простым и экономичным и способствует лучшей адаптации растений.

Изучение индивидуальной изменчивости семенного потомства отселектированных экземпляров необходимо для повышения эффективности искусственного отбора с целью выделения наиболее перспективных генотипов. При осеннем посеве ореха маньчжурского всходы появляются на несколько недель раньше. Сеянцы уже в первый год достигают такого размера, что их можно высаживать на постоянное место. Они обладают очень мощной корневой системой, состоящей из длинного и прямого главного корня и довольно сильно развитых боковых корней [2, 4].

Цель и задачи исследований. Провести сравнительный анализ изменчивости однолетних сеянцев ореха маньчжурского, выращенных из семян отселектированных экземпляров в дендрарии Сибирского технологического университета. Выделить наиболее перспективные особи на разных этапах онтогенеза. Установить процент сеянцев, соответствующих требованиям стандарта.

Методика и результаты исследований. Среди экземпляров ореха маньчжурского выделены маточные особи В436-1, А642-1, отличающиеся хорошим ростом и плодоношением, высота их на 62,5 % больше в сравнении с другими особями, диаметр ствола – на 53 %. Семена с отселектированных особей были посажены в посевном отделении дендрария осенью 2013 г.

Главными факторами окружающей среды, влияющими на прорастание семян, являются вода, температура, освещенность, структура почвы, развитие живого напочвенного покрова и микроорганизмы [2, 3, 5]. Самое раннее появление всходов во все анализируемые годы (15–26 мая) отмечено у семьи А642-1.

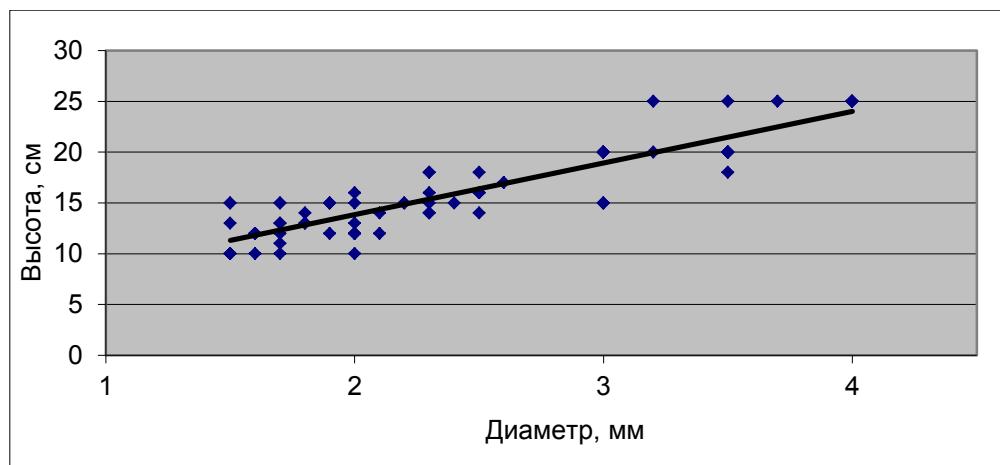
Семена ореха маньчжурского не требуют предварительной стратификации семян при осеннем посеве. Поэтому их высевали сразу после сбора. Глубина заделки семян составляла 6–8 см. Орехи укладывали в посадочные места на ребро. Норма высева 10–15 шт. на 1 погонный метр. После посева проводили мульчирование опилками слоем до 4,0 см. При недостаточном выпадении осадков в первой половине вегетационного периода необходимо проводить полив посевов (не менее 1 раза в неделю), прополку и рыхление почвы.

Средняя высота однолетних сеянцев ореха маньчжурского составляла 14,2–17,8 см при средних коэффициентах варьирования (табл. 1). Более слабым ростом отличалось потомство растений семьи В436-1. Высота экземпляров семьи А642-1 в среднем на 3,6 см превышала высоту семьи В436-1. Различия по высоте между семьями были достоверны ($t_{\phi}=3,52$). По диаметру стволика преимущество (на 10,0 %) также имела семья А642-1. Стандартных размеров (ГОСТ 3317-90) в семье В436-1 достигли 16 % сеянцев, в семье А642-1 – 72 %, в контрольном варианте – 85 % .

Таблица 1
Биометрические показатели сеянцев

Номер семьи	X, см	± m, см	V, %	t _φ	X, см	± m, см	V, %	t _φ
	По высоте				По диаметру			
В436-1	14,2	0,57	24,6	3,52	3,6	0,24	29,6	1,20
А642-1	17,8	0,85	24,8		4,0	0,23	27,9	
Контроль (общий сбор)	17,9	1,27	26,6		4,5	0,45	38,9	-

Связь между высотой и диаметром стволика (рис.) $r=0,89$ и характеризуется уравнением: $y=3,66+5,09 x$.



Зависимость между высотой и диаметром стволика у сеянцев

Очень высокий уровень изменчивости наблюдается по числу листочков в пределах семьи А642-1 и в пределах вида (контроле) – 49,8–55,8 %. У растений семьи А642-1 число листьев на 11,0 % больше в сравнении с семьей В436-1 и на 14,0 % выше контроля (табл. 2).

Таблица 2
Биометрические показатели по числу листочков на сеянцах

Номер семьи	X, шт.	± m, шт.	V, %	t _ф
В436-1	28,6	2,42	37,8	1,23
А642-1	32,1	3,41	49,8	
Контроль	27,6	3,98	55,8	-

Заключение. Изучена изменчивость сеянцев ореха маньчжурского, выращенных из семян экземпляров, отселектированных по биометрическим показателям и плодоношению. Установлен процент сеянцев, которые соответствуют требованиям стандарта. Семенное потомство характеризуется значительной изменчивостью, что отражает их наследственную неоднородность и может служить решению селекционных задач для оценки направленности естественного отбора в определенных экологических условиях. Лучшим по всем изучаемым показателям оказалось потомство маточного экземпляра А642-1, который был отселектирован по высоте. Установлена зависимость между высотой и диаметром стволика сеянцев.

Литература

1. Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология. – М.: Лесн. пром-сть, 2001. – 528 с.
2. Семенное размножение интродуцированных древесных растений / Н.А. Бородина, И.А. Комаров, П.И. Лапин [и др.]. – М.: Наука, 1970. – 320 с.
3. Встовская Т.Н., Коропачинский И.Ю. Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада. – Новосибирск: СО РАН, 2005. – 235 с.
4. Некрасов В.И. Естественный и искусственный отбор в интродукции древесных растений // Лесоведение. – 1991. – № 1. – С. 63–66.
5. Царев А.П., Погиба С.П., Тренин В.В. Селекция и репродукция лесных древесных пород. – М.: Логос, 2002. – 520 с.

ОТБОР МАТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ ЯБЛОНИ ПО ФЕНОЛОГИИ НА НИЖНЕЙ ТЕРРАСЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА им. Вс.М. КРУТОВСКОГО

В статье отражены особенности фенологических исследований крупноплодных сортов яблони, произрастающих в открытой форме на нижней террасе Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского, в период с 2012 по 2014 г. Выделены наиболее перспективные сорта для дальнейшей селекции, характеризующиеся поздним началом вегетации, что предохраняет обмерзание вегетирующих побегов и генеративных органов весной, ранним созреванием плодов и окончанием вегетации, высокой зимостойкостью.

Ключевые слова: яблоня, фенологические исследования, сорт, плод.

M.V. Repyakh, N.N. Popova

SELECTION OF THE MOTHER APPLE TREE PLANTS ON THE PHENOLOGY IN THE LOWER TERRACE OF BOTANICAL GARDEN NAMED AFTER VS. M. KRUTOVSKIY

The peculiarities of the phenological research of the large-fruited apple tree sorts growing in the open form on the lower terrace of the Botanical garden named after Vs. M. Krutovskiy, during the period from 2012 to 2014 are reflected in the article. The most perspective sorts for further selection characterized by the late vegetation beginning that protects the vegetating sprouts and generative bodies from frosting-up in spring, by the early ripening of fruits and the end of vegetation, by the high winter hardiness are singled out.

Key words: apple tree, phenological research, sort, fruit.

Введение. Фенологические наблюдения являются одним из наиболее доступных и эффективных методов изучения особенностей развития растений в определенных экологических условиях, позволяя установить сроки их вегетации, продолжительность отдельных фенофаз, устойчивость и продуктивность различных сортов и особей. Определение ритмов развития растений и продолжительности их нахождения в той или иной фенофазе имеет очень большое значение для диагностики зимостойкости и отбора наиболее приспособленных особей к данным условиям [4].

Раннее начало и окончание вегетации – надежные признаки относительно высокой зимостойкости древесных растений; позднее начало и завершение вегетации указывают на их низкую зимостойкость. Продолжительность фенофаз зависит от сорта и климатических условий [4].

Цель исследований. Изучение фенологии крупноплодных сортов яблони в 2013 г. на нижней террасе Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского, которые отличаются высокой зимостойкостью и характеризуются как раносозревающие, высокоурожайные, устойчивые к парше и мучнистой росе [1].

Задачи исследований. Провести сравнительный анализ изменчивости яблони разных сортов, выращиваемой в открытой форме в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского по фенологии. Выделить сорта, отличающиеся сроками наступления фенологических фаз.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований стала коллекция яблони Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского, произрастающая в открытой форме на площади 2 га, и представленная летними (Аркад стаканчатый, Золотой шип, Папировка и др.) и зимними сортами (Бисмарк, Коричное полосатое и др.). Площадь питания одного дерева 15–24 м². Сад находится в зеленой зоне г. Красноярска и относится к среднесибирскому подтаежно-лесостепному району.

Для решения поставленной задачи была использована соответствующая методика. Фенологические наблюдения за яблонями проводились по методике ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина [4].

Результаты исследований и их обсуждение. Большое значение в условиях Сибири имеет изучение степени адаптации плодовых культур к неблагоприятным факторам внешней среды, которая в значительной мере зависит от периода вступления растений в определенные фенологические фазы.

В течение периода вегетации плодовые деревья проходят ряд фенологических фаз, наступление и продолжительность которых зависит как от наследственных особенностей сортов, так и от условий внешней среды. Различают следующие основные фазы вегетации: набухание вегетативных почек; распускание почек; начало цветения; созревание плодов; листопад.

Начало вегетации весной внешне проявляется тем, что раздвигаются почечные чешуи, защищавшие почку от отрицательных воздействий среды в период осеннего, зимнего и ранневесеннего покоя. Сравнительный анализ фенологии яблони разных сортов был проведен в 2012–2014 гг. в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского (табл.).

Период наступления фенологических фаз у летних и зимних сортов яблони в 2012–2014 гг.

Сорт	Фенологическая фаза	Год наблюдений					
		2012		2013		2014	
		$X_{ср} \pm m$	V, %	$X_{ср} \pm m$	V, %	$X_{ср} \pm m$	V, %
Распускание вегетативных почек							
Аркад стакан-чайный	Летние сорта	20.05±0,34	4,5	16.05±0,6	9,8	30.04±1,23	12,5
Белый налив		21.5±0,87	9,1	16.05±1,3	17,7	29.04±0,80	7,8
Грушовка московская		22.05±0,83	11,7	17.05±0,9	16,9	30.04±0,60	7,6
Золотой шип		20.5±0,23	4,6	15.05±0,6	16,8	28.04±0,35	5,7
Нобилис		20.05±0,15	2,4	16.05±0,6	13,5	29.04±0,72	10,4
Папирюкова		21.5±0,32	6,3	15.05±0,9	16,0	29.04±0,62	8,7
Бисмарк	Зимние сорта	24.05±0,74	9,4	18.05±0,4	6,1	29.04±0,73	8,9
Зеленое Крутовского		19.05±0,09	1,6	14.05±0,5	15,6	25.04±0,45	5,9
Коричное полосатое		21.05±1,20	15,1	16.05±0,8	13,6	29.04±1,23	12,7
Начало цветения							
Аркад стакан-чайный	Летние сорта	1.06±0,34	55,8	3.06±3,3	50,5	29.05±1,20	10,0
Белый налив		2.06±0,58	3,9	30.05±0,9	6,6	29.05±1,94	14,7
Грушовка московская		1.06±0,22	36,5	30.05±0,8	9,1	28.05±2,19	5,0
Золотой шип		1.06±0,15	1,9	28.05±1,3	15,5	26.05±0,53	8,0
Нобилис		3.06±0,92	84,4	31.05±0,5	5,4	29.05±0,82	8,4
Папирюкова		2.06±0,19	39,2	1.06±0,9	9,4	30.05±0,73	8,3
Бисмарк	Зимние сорта	3.06±0,17	14,4	31.05±0,1	1,1	2.06±0,65	5,3
Зеленое Крутовского		1.06±0,20	37,4	29.05±0,9	8,0	29.05±1,86	11,0
Коричное полосатое		1.06±0,22	36,5	31.05±0,2	1,7	30.05±1,06	8,7
Созревание плодов							
Аркад стакан-чайный	Летние сорта	7.08±0,21	7,7	-	-	15.08±0,42	6,7
Белый налив		24.08±0,37	3,5	24.08±1,2	10,7	26.08±1,43	12,5
Грушовка московская		27.08±0,21	1,9	24.08±0,4	4,1	28.08±0,49	4,4
Золотой шип		20.08±0,31	6,3	24.08±0,3	3,8	23.08±0,39	6,4
Нобилис		20.08±0,22	2,7	29.08±0,5	6,0	26.08±0,43	4,9
Папирюкова		23.08±0,14	2,2	25.08±0,5	7,3	26.08±0,40	5,2
Бисмарк	Зимние сорта	4.09±0,33	18,8	7.09±0,3	10,1	8.09±0,59	19,3
Зеленое Крутовского		1.09±0,36	3,0	2.09±0,6	6,4	8.09±0,88	20,0
Коричное полосатое		1.09±0,56	4,2	24.08±0,4	4,4	28.08±0,63	5,5

В годовом цикле плодовых растений выделяют несколько существенно различных фенологических фаз: распускание почек, цветение, рост побегов, формирование зачатков, развитие и созревание плодов, листопад. Продолжительность и сроки наступления той или иной фенофазы также оказывают влияние на изменение урожайности [1].

В период относительного покоя цветковые и листовые почки закрыты плотными кроющими чешуйками, предохраняющими их от излишнего испарения влаги и вымерзания. Начало вегетации у плодовых растений чаще наблюдается при среднесуточной температуре воздуха 13–18°C [3].

Результаты наблюдений в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского на нижней террасе показали, что у изучаемых деревьев яблони начало вегетации (фенофаза распускания вегетативных почек) в 2012 г. отмечено с 19 по 24 мая. Раньше всех эта фенофаза зафиксирована у деревьев сорта Н8-11, Н11-11, Н12-10 сорта Зеленое Крутовского (19 мая), Н7-7, Н7-13 сорта Аркад стаканчатый, Н6-1, Н7-1, Н11-5 сорта Золотой шип, Н21-5, Н54-1, Н54-9 сорта Нобилис (20 мая).

Цветение у плодовых растений наиболее часто начинается при средней суточной температуре воздуха 10–12°C. Для яблони большое значение имеет время цветения [2], так как позднее цветение считается важным признаком, позволяющим избежать повреждение цветков весенними заморозками.

Начало цветение в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского в 2012 г. пришлось на первые числа июня (1–3 июня). Самый продолжительный период цветения (7 дней) выявлен у деревьев Н54-4, Н54-9 сорта Нобилис. Летом 2012 г. деревья Н54-11 сорта Аркад стаканчатый, Н43-2 сорта Бисмарк, Н52-3 сорта Грушовка московская не цвели. А дерево Н21-9 сорта Папировка, успешно пройдя фазу цветения, не завязало плодов.

Увеличение плодов в размерах начинается июне-августе. На продолжительность роста и созревание плодов влияют как биологические особенности сорта, так и погодные условия. Поэтому даты съема плодов у одних и тех же сортов, выращиваемых в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского, колеблются по годам.

Ранним созреванием плодов (6 августа) в 2012 г. среди летних сортов отличились деревья Н31-3, Н31-9 сорта Аркад стаканчатый, поздним – деревья Н50-4, Н50-5 сорта Грушовка московская (27 августа). У зимних сортов раньше всех созрели плоды у деревьев Н12-10 (30 августа) сорта Зеленое Крутовского, Н52-9 сорта Коричное полосатое (30 августа).

В 2013 году начало вегетации отмечалось в период с 14 по 18 мая, что на 5–7 дней раньше, чем в 2012 г. Раньше, 10 мая, вегетацию начали деревья летних сортов Золотой шип (Н6-5), а 11 мая – Папировка (Н9-6, Н9-7) и некоторые экземпляры зимнего сорта Зеленое Крутовского (Н8-11, Н11-12). Позднее начало вегетации (17–18 мая) наблюдалось у деревьев сортов Грушовка московская (Н50-4, Н50-5) и Бисмарк (Н29-10). Фенофаза «Начало цветения» приходится на 28 мая – 3 июня. Летом 2013 г. деревья Н7-7, Н7-12 сорта Аркад стаканчатый и деревья Н11-3, Н28-3 сорта Папировка не цвели. А деревья Н31-9 сорта Аркад стаканчатый и Н28-2 сорта Папировка, успешно пройдя фазу цветения, не завязали плодов. Плоды созрели позже (в период с 24 августа по 7 сентября), чем в 2012 г.

В 2014 г. вступление деревьев яблони в период вегетации отмечено в сроки с 25 апреля по 30 апреля, что раньше на 20 дней в сравнении с 2013 г. Первыми вегетацию начали деревья сорта Зеленое Крутовского (23–26 апреля), самым поздним сроком вступления в данную фазу отличились деревья сортов Аркад стаканчатый и Грушовка московская (28–30 апреля). Продолжительность цветения варьировалась от 6 до 17 дней. Начало созревания плодов у летних сортов приходится на 12–18 августа (сорт Аркад стаканчатый), у зимних – на 28 августа (сорт Коричное полосатое).

Заключение. Продолжительность вегетационного периода у изучаемых сортов варьирует от 167 до 186 дней. Наименьшую продолжительность вегетации имеют деревья летнего сорта Аркад стаканчатый. Сравнительный анализ данных фенологических наблюдений 2012–2014 гг. показал, что наиболее позднее вступление в период вегетации отмечено у деревьев Н28-4 сорта Папировка, Н28-11 сорта Белый налив, Н29-10 сорта Бисмарк, НН43-2 сорта Бисмарк, Н52-2 сорта Грушовка московская, Н52-5 сорта Коричное полосатое. Они отобраны с учетом того, что менее повреждаются поздними весенними заморозками. Ранние созревание плодов характерно для деревьев сорта Аркад стаканчатый (Н31-3, Н31-9).

Литература

1. Дорошенко Т.Н. Особенности регулирования генеративной деятельности яблони // Вестн. РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 54–56.
2. Еникеев Х.К. Селекция плодовых растений. – М.: Колос, 1981. – 760 с.
3. Сергеева Н.Н., Улитин В.О. Влияние факторов среды на урожайность яблони в условиях юга России // Плодоводство и ягодоводство России. – М., 2004. – Т. 11. – С. 85–90.
4. Селекция яблони в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова, Н.В. Моксина [др.]. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 357 с.

АНАЛИЗ АКТИВНОСТИ РЕДУЦИРУЮЩИХ ФЕРМЕНТОВ АГРОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье представлены результаты изучения редуцирующих ферментов нитрат- и нитритредуктазы агрогенно измененных почв лесных питомников, расположенных в Кансской и Красноярской лесостепной зоне.

Ключевые слова: редуктазы, почва, лесопитомники, лесостепная зона, Красноярский край.

A.A. Alekseeva, N.V. Fomina

THE ANALYSIS OF THE REDUCING ENZYME ACTIVITY OF THE AGROGENE CHANGED SOILS IN THE FOREST NURSERIES OF THE Krasnoyarsk TERRITORY FOREST-STEPPE ZONE

The research results of the reducing enzymes of nitrate- and nitrite reductase of the agrogene changed soils in the forest nurseries located in the Kansk and Krasnoyarsk forest-steppe zone are presented in the article.

Key words: reductase, soil, forestnurseries, forest-steppe zone, Krasnoyarsk territory.

Введение. Исследования, проведенные на протяжении нескольких столетий, однозначно указывают на то, что почва как биокосное тело формируется в результате множества протекающих в природе процессов. Все процессы в ней происходят непрерывно в комплексе с существованием живых организмов [Звягинцев, 1979; Рукосуева, 1983, 1985; Сорокин, 1990]. Трансформация всех минеральных и органических веществ в почве или любом другом корнеобитаемом субстрате носит ферментативный характер.

Ферментативную активность почвы можно использовать в качестве диагностического показателя плодородия различных почв, потому что активность ферментов отражает не только биологические свойства почвы, но и их изменения под влиянием агроэкологических факторов [Фомина, 2008]. В процессе почвообразования в каждом типе почв создается определенный уровень и соотношение активности ферментов, что определяет интенсивность и направленность биохимических процессов. В почве одновременно протекают многочисленные ферментативные процессы, которые находятся во взаимосвязи между собой и с почвообразующими факторами. Активность ферментов в почве динамична и изменяется при смене ее режимных свойств (влажность, аэрация, кислотность и др.). При вовлечении почвы в сельскохозяйственный оборот усиливается ее микробиологическая и ферментативная активность, интенсивность процессов минерализации и трансформации органического вещества [Рукосуева, 1983, 1985; Сорокин, 1990]. Процессы редукции в агрочвах исследованы недостаточно, а в сибирских почвах эти данные совсем малочисленны.

Цель исследований. Изучение редуцирующих ферментов почв лесных питомников, расположенных в лесостепной зоне Красноярского края.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись агропочвы двух лесных питомников, расположенные в лесостепной зоне Красноярского края (Большемуртинский и Уярский). Образцы почвы отбирали в слое 0–20 см на полях с посевами сеянцев *Pinus sibirica* Du Tour., *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* L. в течение вегетационного периода сеянцев хвойных [Сэги, 1983; Методы почвенной ..., 1991; Теппер, 2004].

Результаты исследований и их обсуждение. Большемуртинский лесной питомник. Почва агротемногумусовая легкоглинистая. Содержание гумуса в поверхностном слое 6–7 %, pH=6,0. Обеспеченность по гумусу очень хорошая, кальцием – хорошая, магнием и подвижным фосфором – средняя, калием – хорошая.

Уярский лесной питомник. Почва – типичный глинисто-иллювиальный чернозем под естественной растительностью, которая сформирована на делювиально-аллювиально глинистых отложениях.

Основным источником азотного питания для сеянцев хвойных являются нитраты и аммиак. В процессе ассимиляции (накопления) нитрат сначала восстанавливается до нитрита, затем до аммиака, который используется клетками для синтеза аминокислот и других азотсодержащих соединений. Первый этап ассимиляции катализирует молибденсодержащий фермент нитратредуктаза (восстановление нитрата до нитрита). Синтез данного ферmenta индуцируется микроорганизмами, если нитрат является единственным источником азота в почвенной среде [Сэги, 1983]. Активность нитратредуктазы в почве Большемуртинского лесопитомника выше, чем в почве Уярского, причем под паром в 6 раз (1,20 мг), что является максимальным значением для исследуемых почв (табл.).

Средние показатели активности редуцирующих ферментов в агропочвах лесных питомников

Название фермента	Уярский лесопитомник	Большемуртинский лесопитомник
	$X_{ср} \pm m_x$	$X_{ср} \pm m_x$
Нитратредуктаза, мг восстановленного NO_3 на 1 г почвы за 24 ч	0,46±0,02	0,52±0,03
Нитритредуктаза, мг восстановленного NO_2 на 1 г почвы за 24 ч	0,26±0,01	0,22±0,01

В процессе потребления нитратных соединений (например, сосны обыкновенной) с 2010 по 2011 г. вегетации (Уярский питомник) происходит снижение активности нитратредуктазы с 0,96 до 0,37 мг NO_3 на 1 г почвы, восстановленного за 24 ч. Минимум активности же данного фермента определен на поле с посевами кедра (сосны сибирской) в Большемуртинском питомнике – 0,09 мг, что свидетельствует о возможности использования микроорганизмами, которые формируют микробный пул почвы питомника, не только нитратного, но и аммонийного азота (рис. 1).

Нитритредуктаза осуществляет превращение нитритов через гидроксиламины в гидрат окиси аммония (аммиак). Данный фермент очень сложный по строению, его каталитические центры содержат атомы железа, которые входят в состав гемма или связаны с атомами серы. Характер изменения активности данного фермента был однотипным в агропочвах исследуемых лесопитомников, т.е. колебался в пределах от 0,21 до 0,26 мг восстановленного NO_2 на 1 г почвы за 24 ч.

Активность же нитритредуктазы более высокая в почве под паром в Большемуртинском питомнике и под сосной обыкновенной (2011 г. посева) в Уярском питомнике, причем данная тенденция аналогична изменению активности нитратредуктазы и действительно их активность взаимосвязана (рис. 2).

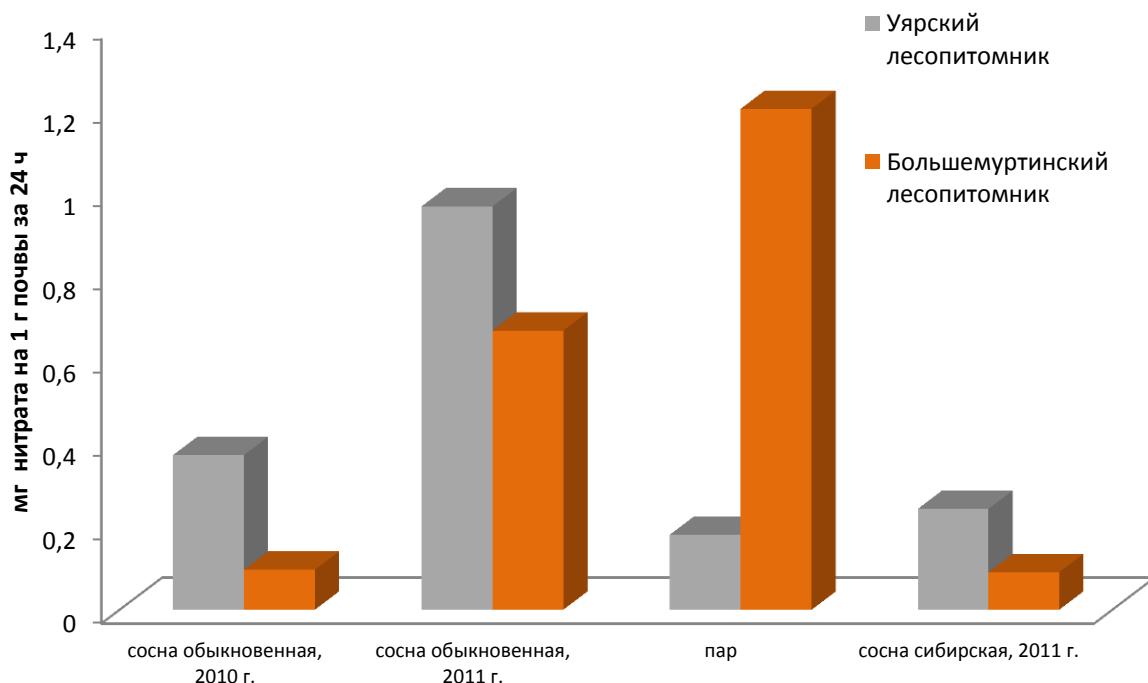


Рис. 1. Уровень активности нитратредуктазы в почве лесных питомников

Средние данные по активности нитрат- и нитритредуктазы, полученные при анализе почвы исследуемых питомников, достоверно не различались и составляли 0,46 и 0,52 мг NO_3 на 1 г почвы, восстановленного за 24 ч, и 0,26 и 0,22 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч соответственно для первого и второго питомника (см. табл.). Это характеризует односторонность редуцирующих процессов в агропочвах.

Минимальные значения активности нитритредуктазы установлены в почве под посевами кедра в Большемуртинском питомнике – 0,054 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч. Это тенденция, обратная изменению значений активности нитратредуктазы.

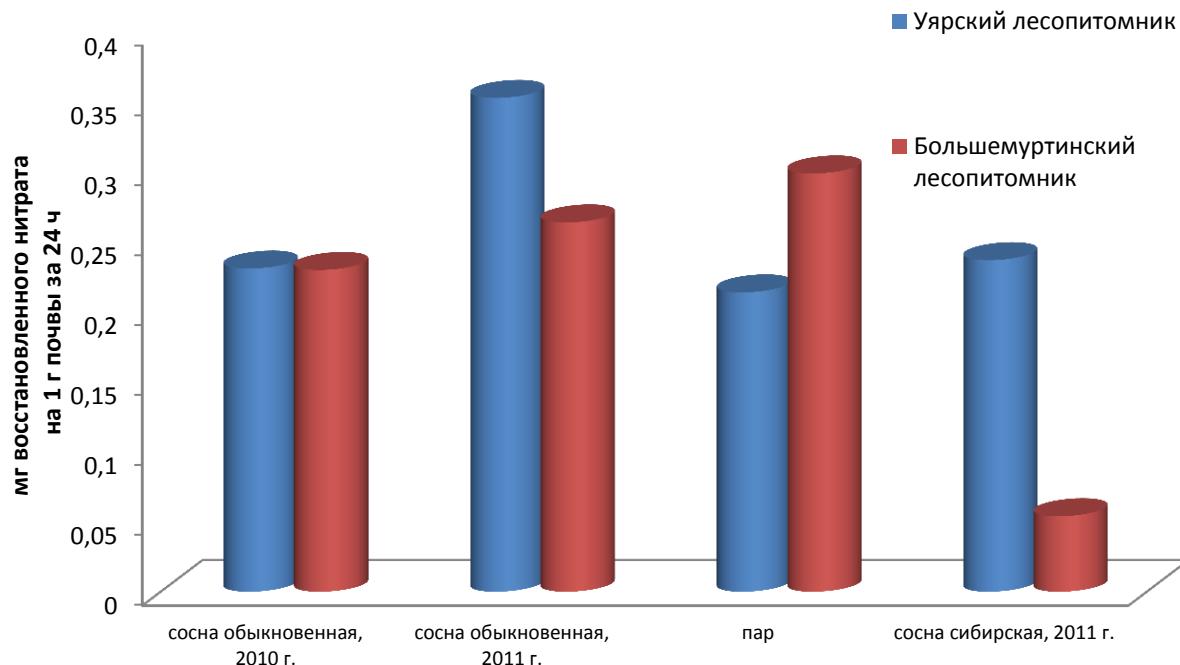


Рис. 2. Активность нитритредуктазы в почве лесных питомников

В данном случае отмечается повышение активности нитритредуктазы в процессе увеличения времени вегетации сеянцев от 2010 к 2011 г.: для сосны обыкновенной от 0,23 до 0,35 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч в Уярском лесопитомнике и от 0,23 до 0,26 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч в Большемуртинском лесопитомнике.

Таким образом, анализ экспериментальных данных, полученных после изучения активности редуцирующих ферментов азотного цикла агропочв лесных питомников, расположенных в лесостепной зоне, свидетельствует об отсутствии достоверных различий, что может быть связано как с однотипными способами обработки почвы, так и с преобладающим влиянием посевов монокультуры в лесопитомниках. Но, скорее всего, в данных почвах преобладают окислительные процессы (процесс постоянной аэрации почвы), а не редуцирующие, которые идут наиболее интенсивно в отсутствие кислорода, что и определяет низкие и средние показатели нитрат- и нитритредуктазы.

Заключение. Исследуя активность редуцирующих ферментов в агропочвах лесных питомников, расположенных в Кансской и Красноярской лесостепной зоне, установили, что процессы редукции в них идут менее интенсивно, чем процессы гидролитического распада или окисления органических веществ. При этом средняя активность нитратредуктазы составляет 0,46–0,52 мг NO_3^- восстановленного на 1 г почвы за 24 ч, а нитритредуктазы лишь 0,22–0,26 мг восстановленного нитрита на 1 г почвы за 24 ч.

Литература

1. Звягинцев Д.Г. Иммобилизованные ферменты в почвах // Микробные метаболиты. – М., 1979. – С. 31–46.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
3. Рукосуева Н.П. Пространственно-временные соотношения показателей ферментативной активности и их связь с гидротермическими условиями Западного Саяна // Микробные ассоциации в лесных биогеоценозах. – Красноярск: ИЛИД СО РАН СССР, 1983. – 122 с.

-
4. Рукосуева Н.П., Гукасян А.Б. Биологическая активность горных лесов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 5–67.
 5. Сорокин Н.Д. Экологические закономерности развития микрофлоры в почвах южной тайги Средней Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1990. – 38 с.
 6. Сэги И. Методы почвенной микробиологии. – М.: Колос, 1983. – С. 167–173.
 7. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
 8. Фомина Н.В. Микробиологическая диагностика почв лесных питомников Красноярского края. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 144 с.
-

УДК 591.5(571.51)

Е.М. Антипова, О.В. Енуленко

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ВИДОВ ЩЕБНИСТЫХ, КАМЕНИСТЫХ И ПЕСЧАНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ СЫДИНСКОЙ ПРЕДГОРНОЙ И ПРИБАЙТАКСКОЙ ЛУГОВОЙ СТЕПЕЙ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

В статье рассматриваются экологические группы видов флоры Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степей с учетом флороценотипов (степи, лугостепи и сосновые боры), расположенных на территории Красноярского края. Среди петрофитов и псаммофитов определены реликты и эндемики.

Ключевые слова: экологические группы, петрофиты, псаммофиты, галофиты, щебнистые и каменистые субстраты, эндемики, реликты.

E.M. Antipova, O.V. Enulenko

THE SPECIES ECOLOGICAL GROUPS OF GRAVELLY, ROCKY AND SANDY HABITATS IN THE SYDINSKIY FOOTHILL AND THE PRIBAITAKSK MEADOW STEPPES (KRASNOYARSK TERRITORY)

The ecological groups of flora species in the Sydinsky foothill and the Pribaitaksk meadow steppes taking into account the flora-cenotype (steppes, meadow-steppes and pine forests) located in the Krasnoyarsk territory are considered in the article. The relicts and endemics are defined among petrophytess and psammophytes.

Key words: ecological groups, petrophytess, psammophytes, halophytes, gravelly and rocky substrates, endemics, relicts.

Введение. Хозяйственное освоение территории исследования ведет к нарушению экосистем и гибели многих популяций, особенно редких и исчезающих видов растений различных экологических групп. До настоящего времени нет полной флористической и геоботанической характеристики растительности Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степей [1, 2], что обусловлено труднодоступностью изучения природных комплексов и хозяйственной деятельности на территории исследования – большей части оステпненных гористых и крутосклонных холмов. На равнинных участках природных степной и лугостепной зон Сыдинской и Прибайтакской степей расположены сельскохозяйственные угодья. Поэтому неотъемлемой и первоочередной задачей является выявление экологических групп видов щебнистых, каменистых и песчаных местообитаний степей и анализ флоры по выявленным факторам среды на территории исследования. Таким образом, актуально изучение современного флористического состава, различных экологических групп, экосистем, разнообразие ландшафтов территории исследования [1, 2, 3].

Цель исследований. Выделение экологических групп видов по отношению к субстрату и их анализ.

Материалы и методы исследований. В ходе 6-летних экспедиционных исследований (2009–2014 гг.) методом конкретных флор в Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степях был собран обширный гербарный материал и выявлены растения, относящиеся к петрофитной, псаммофитной и галофитной группе видов (табл., рис. 1). Представленные данные показывают преобладание непетрофитной флоры на исследуемой территории. Однако неоднородность и разнообразие ландшафтов объектов исследования – гор (скалистых и щебнистых участков) Туран, Унюк, Маяк, Алха – способствовали распространению в степях и значительного числа растений-петрофитов, подчеркивая предгорный характер флоры. Объектами исследо-

ваний песчаных и засоленных субстратов явились приречные пески рек Енисей и Сыда и засоленные участки рек Туба, Сыда, Идра.

Результаты исследований и их обсуждение. Экологическая структура флоры. По отношению растений исследуемой флоры к каменистым и щебнистым типам местообитаний выделены 3 основные группы видов (табл., рис. 1) согласно классификации А.И. Пяка [4].

Облигатные петрофиты – растения исключительно каменистых местообитаний, таких, как скалы, каменистые осыпи, галечники (*Silene graminifolia* Otth., *Oxytropis stenophylla* Bung., *Smelowskia alba* (Pall.) Regel. и др.).

Факультативные петрофиты – растения, кроме каменистых субстратов, произрастающие и на не-каменистых (*Coluria geoides* (Pall.) Ledeb., *Potentilla acaulis* L., *Astragalus palibinii* Polozh., *O. testiculatus* Pall, *Caragana rupestris* (L.) DC. и др.).

Непетрофиты – растения мелковоземистых субстратов (*Trollius asiaticus* L., *Epilobium tetragonum* L., *Euphorbia virgata* Walldst. et Kit., *Hemerocallis minor* Mill. и др.). По отношению растений исследуемой флоры к песчаным типам местообитаний выделяются 2 основные группы видов (табл., рис. 1) [4].

Облигатные псаммофиты – растения исключительно песчаных местообитаний и сыпучих песков, они встречаются на песчаных склонах, осыпях, берегах рек и озер, дюнах, в песчаных степях и борах (*Leymus jenisseensis* (Turcz.) Tzvel., *Xanthium strumarium* L. и др.).

Факультативные псаммофиты – растения, встречающиеся, кроме песчаных местообитаний, на нехарактерных для псаммофитов субстратах, часто являясь сорняками и придорожной растительностью (*Coryza canadensis* (L.) Crong., *Linaria vulgaris* Mill. и др.) [5, 6]. По отношению растений исследуемой флоры к засоленным типам местообитаний выделены 2 основные группы видов (табл., рис. 1.) согласно классификациям [7, 8].

Облигатные галофиты – растения, обитающие на засоленных субстратах и горных породах, в аридных условиях солонцеватых степей, в прибрежной зоне и по берегам озер и рек, на почвах с третичными глинами, прерывистым и неглубоким залеганием грунтовых вод в несколько горизонтов (*Triglochin maritimum* L., *Juncus compressus* Jacq. и др.).

Факультативные галофиты – растения, произрастающие в степных местообитаниях, с пятнами со слабой засоленностью почв, не связанными с третичными глинами, с глубоким положением грунтовых вод (*Alopecurus arundinaceus* Poir., *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link. и др.).

Соотношение экологических групп флоры Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степей по отношению к щебнистым, каменистым и песчаным субстратам и флороценотипам

Экологическая группа	Флора в целом		СПС		ПЛС			
	В	%	Степи		Лугостепи		Сосновые леса	
			В	%	В	%	В	%
По отношению к каменистым, щебнистым и песчаным субстратам								
Облигатные петрофиты	65	6,5	65	6,5	32	3,2	27	2,7
Факультативные петрофиты	130	13	130	13	90	9,1	57	5,8
Всего	195	19,7	195	19,7	122	12,3	84	8,5
Облигатные псаммофиты	9	0,9	9	0,9	7	0,7	3	0,3
Факультативные псаммофиты	13	1,4	11	1,1	9	0,9	4	0,4
Всего	22	2,2	20	2,0	16	1,6	7	0,7
Непетрофиты	777	78,2	779	78,4	856	86,1	903	90,8
По отношению к засоленности почвы								
Облигатные галофиты	16	1,6	7	0,7	12	1,2	8	0,8
Факультативные галофиты	26	2,6	13	1,4	21	2,2	12	1,2
Всего	42	4,2	20	2	33	3,3	20	2

Примечание. В – виды во флоре в целом; % – от общей флоры; СПС – Сыдинская предгорная степь; ПЛС – Прибайтакская луговая степь. Флороценотипы составлены по работам Р.В. Камелина [9] и Е.М. Антиповой [10].

Среди растений каменистых и щебнистых субстратов территории исследований выделяются облигатные и факультативные петрофиты (195 видов, 19,7 % от общей флоры) (*Ephedra pseudodistachya* Pachom., *Tulipa uniflora* (L.) Bess. ex Bak., *T. heteropetala* Ledeb., *Iris bloudowii* Ledeb., *I. humilis* Georgi., *Eritrichium jenisseensis* Turcz. ex A. DC., *Panzerina lanata* (L.) Bung. и др.).

Облигатные петрофиты (6,5 %) в Сыдинской предгорной степи встречаются на горных возвышенностях гор Унук, Алха и в степях по крутым склонам. На равнинных степных участках встречаются факультативные петрофиты (13 %).

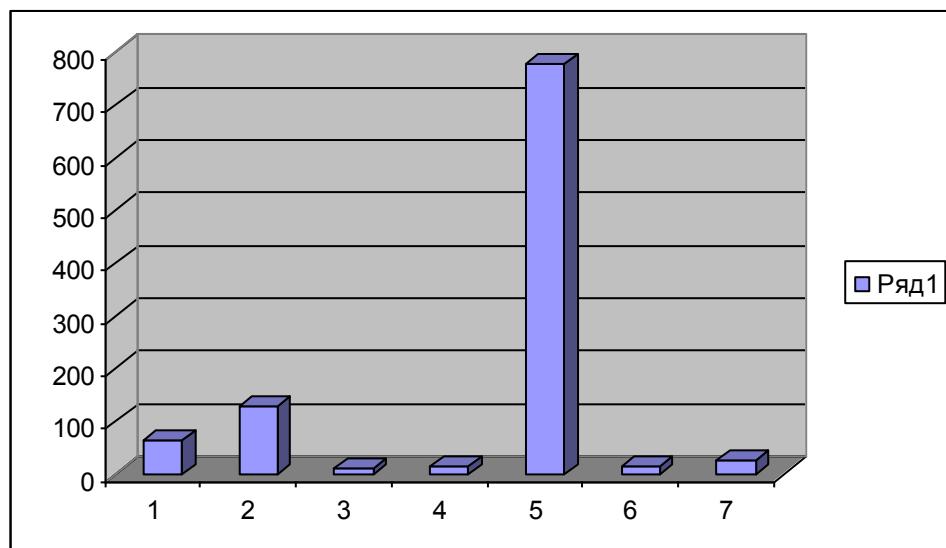


Рис. 1. Диаграмма флоры в целом по отношению к щебнистым, каменистым и песчаным субстратам Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степей: 1 – облигатные петрофиты; 2 – факультативные петрофиты; 3 – облигатные псаммофиты; 4 – факультативные псаммофиты; 5 – непетрофиты; 6 – облигатные галофиты; 7 – факультативные галофиты

В Прибайтакской луговой степи облигатные петрофиты (5,9 %) произрастают на лугостепных возвышенностях гор Туран, Маяк, Большой Сайбар (3,2 %), по оstepненным луговым склонам холмов, на каменистых выходах древних останцев в сухих сосновых борах (2,7 %). Факультативные петрофиты (14,9 %) произрастают в лугостепях между камней на равнинных участках (9,1 %) и встречаются в оstepненных сосновых борах «Краснотуренский» и «Кордовский» (5,8 %). (табл., рис. 1).

Преобладание непетрофитов (766 видов; 78,2 % от общей флоры) подчеркивает предгорный характер флоры Сыдинской и Прибайтакской степей, развивающихся в условиях относительно умеренно холмистого рельефа. Они обходят каменистые, щебнистые, скальные и галечниковые местообитания. На территории исследования горных возвышенностей с петрофитной растительностью встречается меньше, чем равнинных участков степей и лугов с непетрофитной флорой.

По отношению к песчаным субстратам во флоре выделено 22 псаммофита (2,2 %), из них факультативных псаммофитов 13 видов (1,4 %), облигатных – 9 видов (0,9 %) (*Leymus jenisseensis* (Turcz.) Tzvel., *Xanthium strumarium* L., *Corispermum sibiricum* Ilj. и др.). Во флоре псаммофиты значительной роли не играют (рис. 1).

Облигатные псаммофиты распространены в Сыдинской предгорной степи на приречных песках рек Енисей, Сыда, Биря, в опустыненных степях, на пустошах (0,9 %). В сухих сосновых борах они встречаются по песчаным склонам и песчаным участкам озера Лебяжье (0,3 %). В Прибайтакской луговой степи облигатные псаммофиты встречаются в лугостепях на приречных песках, по песчаным берегам рек Идра, Сыда, на песчаных осыпях (0,7 %), в сосновых лесах произрастают на субстратах серозема с супесями (0,3 %).

Факультативные псаммофиты в Сыдинской степи произрастают на оstepненных лугах, по обочинам дорог и тропинок (1,1 %), в Прибайтакской – на незадернованных лугостепных участках (0,9 %). Некоторые псаммофиты являются апофитами, которые легко занимают вторичные местообитания и хорошо растут на сухих обочинах дорог, как и на приречных песках (*Viola patrinii* Ging., *Medicago sativa* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Roa supina* Schrad., *Lepidium ruderale* L., *Salsola collina* Pall. и др.). Адвентивные сорные псаммофиты, напротив, расселяются в степных и лугостепных сообществах и завоевывают постоянное место произрастания

(0,9 %) (*Conyza canadensis* (L.) Crong., *Galinsoga parviflora* Cav., *Linaria vulgaris* Mill., *Kochia densiflora* Turcz. и др.) [11]. В сосновых борах встречаются по краям оврагов, в руслах весенних таяний снегов, на песчаных наносах (0,4 %) (табл., рис. 1).

В зависимости от экспозиции и крутизны склонов гор Туран, Унук, Маяк, Алха и Большой Сайбар, Байтак имеются различия во флоре известняковых обнажений, что обусловлено присутствием реликтов ледникового времени (*Astragalus palibinii* Polozh., *Potentilla gelida* C.A. Mey., *Pulsatilla bungeana* C.A. Mey. и др.), изолированное произрастание которых имеет резкие отличия с окружающей их зональностью. Присутствие сниженных альпийцев (*Sibbaldia procumbens* L., *Viola altaica* Ker. – Gawl., *Gentiana grandiflora* Laxm., *Iris bloudowii* Lebed., *Potentilla gelida* C.A. Mey., *Arctogeron gramineum* DC., *Woodsia ilvensis* (L.) R.Br. и др.), южных узкоареальных эндемиков Алтае-Саянской горной страны и приенисейских степей, аркто-гипартомонтанных северных видов растений, ареалы которых часто находятся довольно далеко от своего места произрастания, обусловленно их восточными и северными границами распространения. На территории исследования климат континентальный, поэтому таких видов встречается немного.

Среди петрофитных групп видов большой видовой процент (3,1 %) составляют эндемики: южносибирские (*Arctogeron gramintum* DC. и др.) (0,2 %), минусинско-хакасские (*Hedysarum minussiense* B. Fedtsch. и др.) (0,3 %), приенисейских степей (*Astragalus palibinii* Polozh., *Potentilla elegantissima* Polozh. и др.) (0,9 %), алтай-тувинские (*Oxytropis stenophylla* Bung. и др.) (0,2 %) и алтай-саянские (*Coluria geoides* (Pall.) Ledeb., *Cerastrum lithospermifolium* Fisch., *Mesostema martjanovii* (Kryl.) Ikonn. и др.) (1,3 %). Среди псаммофитов встречаются тувино-минусинско-хакасские эндемики (*Oxytropis ammannioides* Turcz. и др.) (0,2 %). Они находятся в засушливых местообитаниях в степном и лесном поясах, на скалистых и каменистых склонах горных возвышенностей гор Туран, Унук, Алха, Маяк (рис. 2).

Эти виды способствуют определению этапов геологического прошлого территории исследования, преобразования флоры в результате автохтонного развития совместно с другими флорами Южной Сибири [12, 13, 4]. Петрофиты первыми заселяют и осваивают местообитания с каменистым и песчаным субстратом, проникая с предгорий Восточного Саяна и смешиваясь с semiаридным типом растительности Сыдинской предгорной степи в горах Унук и Алха, Прибайтакской луговой степи в горах Туран, Маяк, Большой Сайбар, в равнинных степях и лугостепях.

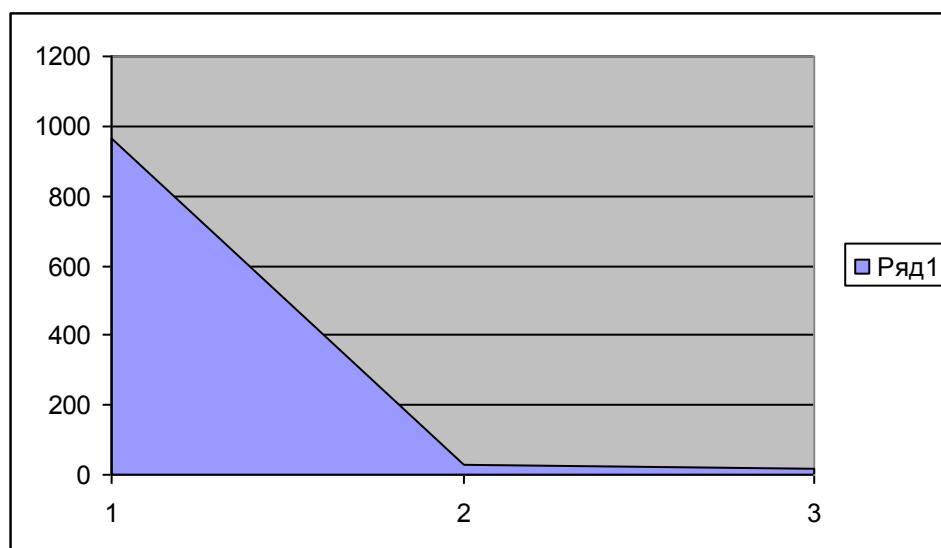


Рис. 2. Соотношение эндемиков и реликтов во флоре Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степей: 1 – флора в целом; 2 – эндемики; 3 – реликты

Облигатные (1,6 %) и факультативные (2,6 %) галофиты распространены в основном на приречных участках, заливах и деградирующих лугах, связанных с засолением почв. В Сыдинской предгорной степи они встречаются на оstepненных лугах (2 %), в Прибайтакской луговой степи (3,3 %) произрастают в лугостепях (2 %) и в сосновых борах (0,8 %). Облигатные галофиты встречаются в Сыдинской предгорной степи по берегам рек Биря и Сыда (0,7 %), факультативные – по берегам заливов с участками весеннего и осеннего затопления и на деградированных лугах (1,4 %). В Прибайтакской луговой степи облигатные галофиты про-

израстают на приречных участках рек Идра, Сыда, на заливных лугах рек Туба, Сыда и на плакорах (1,2 %), факультативные в лугостепях встречаются на деградированных лугах и заболоченных участках (2,2 %), в сосновых борах они произрастают по берегам озер Лебяжье и Старый Кардон, рек Салба и Кизир (1,2 %).

Заключение. В Сыдинской предгорной и Прибайтакской луговой степях по структуре, свойствам и засоленности субстрата выделены 3 группы растений – петрофиты, псаммофиты и галофиты. Среди петрофитов присутствуют психрофиты (0,5 %) и психропетрофиты (0,5 % от всей флоры). Для изучаемой территории доля этих групп очень мала, что естественно, так как исследуемая флора степная, лугостепная и лесостепная с незначительной долей участия высокогорных видов, таких, как *Iris bloudowii* Ledeb., *Coluria geoides* (Pall.) Ledeb., *Astragalus palibinii* Polozh., *Caragana pygmaea* (L.) DC. и других, которые относятся к реликтовым. Многие из них являются эндемиками и реликтами, что говорит о древности территории исследования.

Группа псаммофитов малочисленна (2,2 %), но имеет четкое ограничение, благодаря особенностям свойств субстрата, температурному и водному режимам, сыпучести, хорошей проветриваемости, разреженной растительности и т.д. (*Leymus jenisseensis* (Turcz.) Tzvel., *Astragalus uliginosus* L., *Xanthium strumarium* L., *Corispermum sibiricum* Ilji., *Hippophaë rhamnoides* L. и др.).

Встречаемость галофитов говорит о засолении почв, особенно это выражено в Прибайтакской луговой степи. Здесь залегание грунтовых вод связано с древним геологическим строением и линзовидным прерывистым распределением и переслаиванием пород. Большинство пород являются третичными глинами, которые большей частью засолены [7, 8].

Литература

1. Черепнин Л.М. Растительность Красноярского края // Природные условия Красноярского края. – М.: АН СССР, 1961. – С. 160–187.
2. Куминова А.В. Основные итоги изучения растительного покрова правобережья Енисея // Растительность правобережья Енисея. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 3–20.
3. Флора Красноярского края. – Томск: Изд-во ТГУ; Новосибирск: Наука, 1983. – Т. 1–10.
4. Пляк А.И. Петрофиты Русского Алтая. – Томск: Изд-во ТГУ, 2003. – 202 с.
5. Культиасов И.М. Экология растений. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – С. 326–330.
6. Фукарек Ф., Мицлер Г., Шустер Р. Растительный мир Земли: в 2 т. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – С. 14–21.
7. Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 592 с.
8. Поплавская Г.И. Краткий курс экологии растений. – Л.: Изд-во биол. и мед. лит-ры, 1937. – 297 с.
9. Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. – Л.: Наука, 1973. – 356 с.
10. Антипова Е.М. Филоценогенетическая классификация растительности северных лесостепей Средней Сибири // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 2. – С. 32–35.
11. Антипова Е.М., Енуленко О.В. О сорной флоре Краснотуранского района в пределах Сыдинской предгорной степи (Красноярский край) // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции: мат-лы Междунар. науч. конф. – СПб.: ВИР, 2011б. – С. 16–20.
12. Юдин Ю.П. Реликтовая флора известняков северо-востока европейской части СССР // Материалы по истории флоры и растительности СССР. – М.; Л., 1963. – Вып. 4. – С. 493–571.
13. Ревушкин А.С. Высокогорная флора Алтая. – Томск: Изд-во ТГУ, 1988. – 318 с.



ОСОБЕННОСТИ РОСТА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA ROTH.*) В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ НА ЮЖНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ В УСЛОВИЯХ СТЕПИ

В статье представлены результаты исследований роста березы повислой (*Betula pendula Roth.*) в чистых и смешанных фитоценозах на южном черноземе в условиях степи. Выявлено, что увеличение площади питания одного растения увеличивает показатели его роста.

Ключевые слова: береза повислая, чистые и смешанные насаждения, искусственные фитоценозы, южный чернозем, линейные показатели роста.

O.P. Kovylina, N.V. Kovylin, A.A. Zhikhar

GROWTH PECULIARITIES OF THE DROOPING BIRCH (*BETULA PENDULA ROTH.*) IN PURE AND MIXED PHYTOCENOSIS ON THE SOUTHERN CHENOZEM IN THE STEPPE CONDITIONS

The research results of the drooping birch (*Betula pendula Roth.*) growth in pure and mixed phytocenosis on the southern chernozem in the steppe conditions are presented in the article. It is revealed that the nutrition area extension of one plant increases the indicators of its growth.

Key words: drooping birch (*Betula pendula Roth.*), pure and mixed plantings, artificial phytocenosis, southern chernozem, growth linear indicators.

Введение. Береза – широко распространённая лесообразующая порода, формирующая мелколиственные леса по всем климатическим зонам, кроме тундры. Однако берёзовые леса большей частью не являются коренными, а возникают на месте сведённых или сгоревших лесов, в первую очередь хвойных. В лесостепных и степных районах они формируют коренные древостоя. Степная зона Евразии отличается низкой лесистостью, определяемой ее природно-климатическими условиями. Малое количество лесов существенно затрудняет ведение хозяйства в степной зоне, так как увеличивается ветровая и водная эрозия при распашке земель, обостряется проблема засух и суховеев. Для решения этой проблемы с середины XIX века в степной зоне России начали проводиться работы по созданию лесополос и других искусственных насаждений, которые выступали в качестве регулятора, сглаживающего экстремальные условия во времени и пространстве. Для создания искусственных насаждений используется береза повислая (*Betula pendula Roth.*), которая является широко распространенной породой Евразии. Она не требовательна к богатству и влажности почвы, засухоустойчива, светолюбива, зимостойкость 1. Долговечность 150–250 лет [1].

Территория района исследований занимает вместе с Июсской и Джиримской степями большую часть Чульмо-Енисейской впадины – самой северной из трех впадин, входящих в состав Минусинской котловины. Рельеф степи весьма неоднороден и представлен низкогорными, холмистыми, сопочными и равнинными формами. Равнинных участков очень мало, и они приурочены к долинам рек, и межсопочным приозерным депрессиям. В центральной части степи высота над уровнем моря составляет 280–340 м, наибольшая высота – 400–500 м. Основными чертами агролесопроизводственной характеристики южных черноземов является низкое содержание питательных веществ, бесструктурность, неблагоприятный водный режим, более сносный тепловой режим, из-за чего растения часто страдают от почвенной засухи наряду с атмосферной [4].

Осадков в степях Хакасии выпадает меньше, чем в европейской части страны, при сравнительно высокой испаряемости. Так, на территории курорта, где велись исследования, выпадает в среднем в год всего 311 мм осадков, в том числе 41 мм, или 13 % годовой суммы, в межвегетационный период. В Сибири также заметно меньше продолжительность вегетационного периода, которая в районе исследований в среднем составляет 151 день. Среднегодовая температура составляет $-0,4^{\circ}\text{C}$. Весенний и осенний переходы от холода к теплу и от тепла к холоду более короткие и резкие. Сибирская весна сухая с частыми возвратами холодов, сопровождающимися заморозками на почве. Растительность представлена абсолютным господством травянистых группировок с весьма незначительным участием лесных. Кроме луговой растительности, в долинах рек значительные площади занимают заросли кустарников (ивняки), долинные тополевые и иво-березовые леса, низинные осоковые и тростниковые болота. По северным склонам сопок и невысоких гор размещаются бересковые и лиственничные перелески, заросли степных кустарников.

При благоприятных условиях берёза достигает 25–30 м в высоту и до 80 см в диаметре. Корневая система берёзы сильно развита, но проникает в почву неглубоко, поэтому деревья нередко подвергаются ветровалу. Чаще связана с бедными, хорошо дренированными почвами. В полезащитных полосах Южно-

го Татарстана на серых и черноземовидных суглинистых почвах средняя высота березы в возрасте 7 лет достигала 5,5 м, а максимальная – 6,4 м.

В Карабулакском районе Новосибирской области на южных черноземах 30-летняя береза в лесных полосах достигает высоты 13–15 м. Если в лесостепи и черноземной степи береза растет достаточно хорошо и продолжительность ее жизни составляет 40–60 лет, то по мере продвижения на юг и ухудшения лесорастительных условий рост ее в высоту значительно снижается, а продолжительность жизни резко падает. Так, в районе города Камышин на темно-каштановых почвах продолжительность жизни березы в лесных полосах не превышает 20 лет [2]. Обширные исследования были проведены в Воронежском лесотехническом институте, которые подтвердили долговечность березы в защитных насаждениях. В Тамбовской области, например, обследована садоизделия полоса из березы, которая в возрасте 65 лет имела высоту 22,0 м и средний диаметр 36,0 см. Древостой ее не имеет признаков усыхания, а на деревьях не отмечено стволовой гнили. В парке на территории Льговской селекционной станции Курской области на влажных черноземах произрастают березы возрастом около 50 лет. Они обладают высокой энергией роста и не имеют признаков усыхания. Средняя высота их составляет 25–27 м, диаметр – 32–34 см [3].

Материалы и методы исследований. Материалами исследований было предусмотрено изучение состояния и роста чистых и смешанных фитоценозов березы повислой. Для этих целей был проведен анализ рельефа, почвенного покрова, растительности района исследований. Определено состояние и линейные показатели роста деревьев (высота, диаметр ствола, размеры кроны), рассчитаны статистические показатели для чистых и смешанных насаждений березы повислой, проведено сравнение между рядами, выявлены наиболее оптимальные схемы смешения и размещения деревьев в насаждении. Проведена оценка роста березы повислой в чистых и смешанных фитоценозах степи.

Берёза повислая выращивается в полезащитных лесных полосах как в чистых, так и смешанных, по составу насаждениях. Ширина полосы, междурядий, густота посадки предопределяют рост и состояние древесных растений. Чистые искусственные насаждения из берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*) заложены шахматным способом 2-летними сеянцами весной 1972 г. Закладка насаждений велась по предварительно обработанной почве – чернозему южному перевеянному, маломощному легкосуглинистому с признаками солонцеватости. Размещение растений 6×2 м с густотой посадки 833 шт/га. За посадками велись систематические механизированные уходы в диагональных междурядьях, на протяжении первых двух лет – ручные уходы за почвой в посадочных местах. Затем уходы в междурядьях и на закрайках насаждения прекратились. Смешанные искусственные насаждения созданы в 1964 году на участке с развитой черноземовидной супесчаной почвой с мелким погребением. Для посадки использовались 2-летние сеянцы березы повислой и хлысты ивы остролистной. Под пологом древостоя хорошо развивается живой напочвенный покров, высота которого 90–100 см, проектное покрытие 80 %.

Результаты исследований и их обсуждение. В возрасте 36 лет сохранность берёзы повислой в среднем составляет 70,2 %, в том числе в крайних наветренном и подветренном рядах соответственно 55,6 и 100 %, в средних – 58,8 и 66,7 %.

Высота деревьев в фитоценозе изменяется от 4,9 до 13,4 м. Наибольшее среднее значение высоты в чистых насаждениях наблюдается в четвертом подветренном ряду, которое составляет 10,4 м, наименьшее значение во втором центральном ряду – 9,4 м (табл. 1).

Таблица 1

**Линейные показатели роста берёзы повислой в зависимости от расположения ряда
в чистом фитоценозе**

Статистический показатель	Номер ряда							
	1		2		3		4	
	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см
$X_{ср.}$	10,0	16,0	9,4	13,5	10,0	14,4	10,4	16,6
$\pm m$	0,24	0,68	0,40	0,56	0,31	0,88	0,38	0,84
$\pm \sigma$	1,30	3,70	2,18	3,07	1,68	4,79	2,06	4,09
V, %	13,0	23,2	23,2	22,7	16,7	33,4	19,8	27,7
P, %	2,4	4,2	4,2	4,1	3,1	6,1	3,6	5,0
X_{min}	6,3	10,0	4,9	6,4	7,2	7,2	5,7	7,2
X_{max}	11,7	23,8	12,5	20,0	13,2	25,2	13,4	23,2

Диаметр березы изменяется от 6,4 до 25,2 см. Наибольший средний диаметр установлен в подветренном ряду – 16,6 см, наименьшее среднее значение диаметра наблюдается во втором центральном ряду – 13,5 см. Разница в высотах между крайними и центральными рядами изменяется от 0,2 до 10,8 %, диаметра – от 11,3 до 22,6 %. Коэффициент варьирования по высоте колеблется от 13,0 до 23,2 %. Коэффициент варьирования по диаметру колеблется от 22,7 до 33,4 %. Средняя высота по полосе 10,0 м, средний диаметр ствола на высоте 1,3 м – 15,1 см (табл. 2).

Таблица 2
Средние показатели роста берёзы повислой в чистом фитоценозе

Показатель	Статистические данные						
	X_{min}	X_{max}	$X_{ср.}$	$\pm m$	$\pm \sigma$	$V, \%$	$P, \%$
Высота, м	6,0	12,7	10,0	0,33	1,80	18,2	3,3
Диаметр ствола, см	7,7	23,1	15,1	0,74	3,91	26,7	4,9

В защитных насаждениях на среднемощных чернозёмах в лесостепной и степной зонах Заволжья берёза в возрасте 39–53 лет имеет среднюю высоту 18,2–22,6 м при среднем диаметре 22,6–29,5 см. Хорошо растет берёза в полезащитных полосах Западной Сибири и Северного Казахстана [2].

В условиях Ширинской степи в возрасте 39 лет высота березы в смешанном искусственном фитоценозе изменяется от 4,5 до 14,8 м. Наибольшее среднее значение высоты в смешанных насаждениях наблюдается в четвертом подветренном ряду, которое составляет 11,4 м, наименьшее значение во втором центральном ряду – 9,9 м (табл. 3). Диаметр березы изменяется от 6,0 до 21,5 см. Наибольший средний диаметр установлен во втором ряду – 13,8 см, наименьшее среднее значение диаметра наблюдается в третьем центральном ряду – 11,5 см.

Таблица 3
Линейные показатели роста березы повислой в зависимости
от расположения ряда в смешанном фитоценозе

Статистический показатель	Номер ряда						В среднем в насаждении	
	2		3		4			
	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см
$X_{ср.}$	11,1	13,8	10,0	11,6	11,4	13,1	10,8	12,8
$\pm m$	0,45	0,58	0,24	0,42	0,27	0,50	0,32	0,50
$\pm \sigma$	2,66	3,46	1,40	2,48	1,62	2,98	1,89	2,97
$V, \%$	24,1	25,0	14,0	21,4	14,2	22,8	17,4	23,1
$P, \%$	4,1	4,2	2,4	3,6	2,4	3,9	2,9	3,9
X_{min}	4,5	6,0	7,0	6,4	7,0	7,8	6,2	6,7
X_{max}	14,8	21,5	13,2	16,1	13,9	18,6	14,0	18,7

Разница в высотах между крайними и центральными рядами изменяется от 0,8 до 14,7 %, диаметра – от 13,3 до 19,6 %. Коэффициент варьирования по высоте колеблется от 14,0 до 24,0 %, по диаметру – от 21,4 до 25,0 %. В наибольшей степени в насаждении изменяется диаметр березы повислой.

В смешанном фитоценозе ива остролистная достигает высоты 12,3 м, вдоль ряда кроны полностью сомкнуты, поперек ряда средний диаметр кроны составляет 7,6 м. В чистом и смешанном древостоях у березы повислой (рис. 1) преобладает площадь кроны 7,0 м² (25,0 и 11,4 % соответственно). В чистом древостое преобладает протяженность кроны 5 м (44,8 %), в смешанном насаждении большинство деревьев имеют протяженность кроны 8 м (23,8 %) (рис. 1). В чистом древостое преобладает диаметр кроны 2,9 м (25,0 %), в смешанном большинство деревьев имеют диаметр кроны 3,1 м (11,4 %) (рис. 2). Средние показатели длины кроны в чистом насаждении больше в третьем ряду на 14,5 %, чем в смешанном, во втором ряду протяженность кроны больше в смешанном насаждении на 10,4 %. Большая протяженность кроны в чистом насаждении определяется шахматным размещением растений с большей площадью питания.

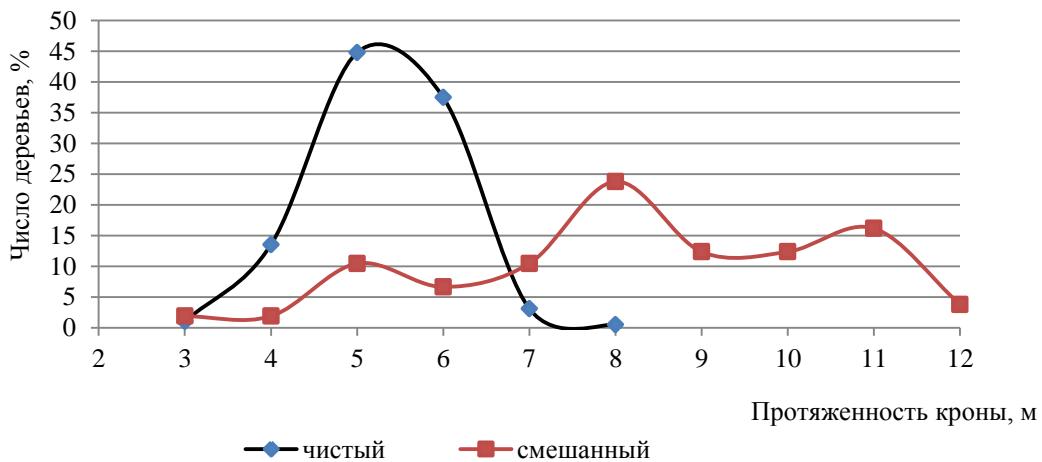


Рис. 1. Распределение деревьев по протяженности кроны в чистом и смешанном искусственных фитоценозах, %

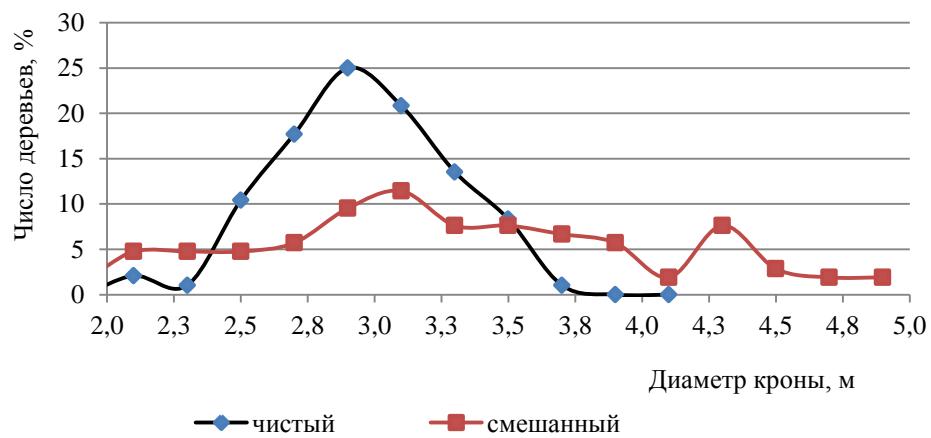


Рис. 2. Распределение деревьев по диаметру кроны в чистом и смешанном фитоценозах, %

В чистом древостое наибольшее число деревьев имеет площадь кроны 7 м² (25,0 %), в смешанном также – 7 м² (11,4 %) (рис. 3).

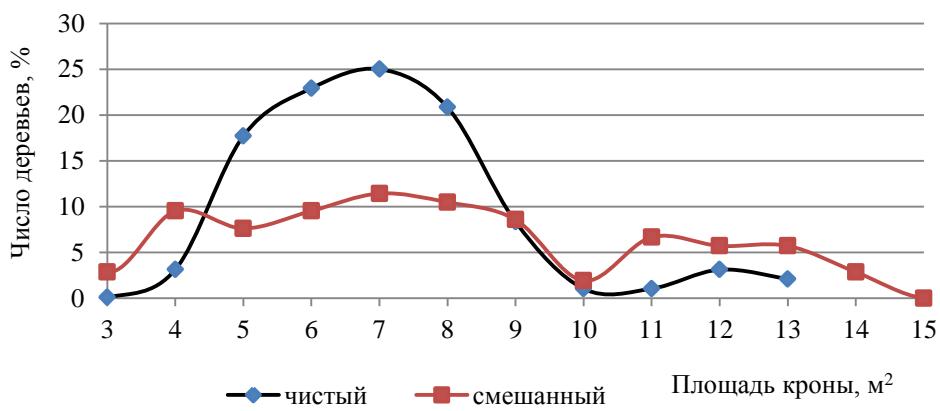


Рис. 3. Распределение деревьев по площади кроны в чистом и смешанном фитоценозах, %

В чистом древостое преобладает объем кроны 4,0 м³ (45,0 %), в смешанном насаждении большинство деревьев имеют объем кроны 12 м³ (12,4 %) (рис. 4).

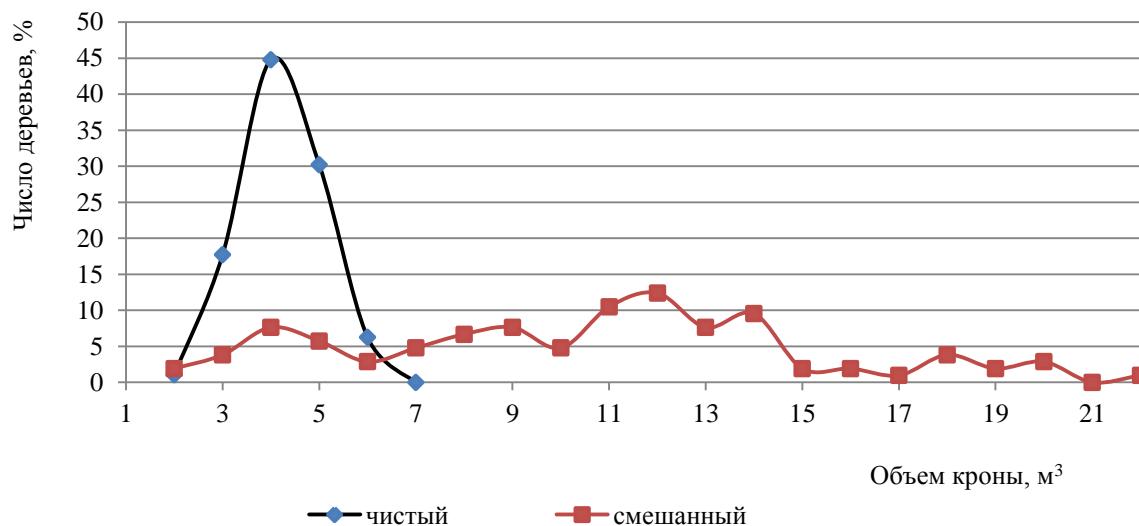


Рис. 4. Распределение деревьев по объему кроны в чистом и смешанном фитоценозах, %

Средние показатели кроны березы повислой больше в чистых рядах на 33,7 %, что обуславливается лучшими условиями для роста и продуктивности растений в чистом искусственном фитоценозе. Площадь кроны в смешанном насаждении на 58,5 % меньше, чем в чистом. Объем кроны в чистом насаждении пре-восходит в среднем объем кроны в смешанном на 35,4 %.

Заключение. Исследования, проведенные в чистом и смешанном фитоценозе березы повислой на южном черноземе в условиях степи, показали, что лучший рост и развитие кроны у березы наблюдается в чистом фитоценозе, смешение с ивой остролистной и уменьшение площади питания одного растения приводит к снижению роста и уменьшению размера кроны на 33–58 %. Изучение линейных показателей роста показало, что в чистом фитоценозе наблюдается нормальное распределение деревьев по высоте, диаметру ствола, а также по размерам кроны. В смешанном фитоценозе распределение по диаметру, протяженности, площади и объему кроны имеет больший разброс, значения представлены более сглаженной кривой (наибольший процент распределения по всем показателям не превышает 23,8 %).

Литература

1. Коропачинский И.Ю., Лоскутов Р.И. Древесные растения для озеленения Красноярска. – Новосибирск: Гео, 2014. – 320 с.
2. Озолин Г.П., Маттис Г.Я., Калинина И.В. Селекция древесных пород для защитного лесоразведения. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 151 с.
3. Сабитов М.М., Науметов Р.В., Карпович К.К. Значение защитных лесонасаждений в системе землепользования Ульяновской области // Защитное лесоразведение Российской Федерации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. – 438 с.
4. Выращивание лесных полос в степях Сибири / Е.Н. Савин [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 102 с.



ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КОЛОНИАЛЬНЫХ ВИДОВ ПТИЦ
УРОЧИЩА «ТРЁХОЗЁРКИ» (МИНУСИНСКАЯ КОТЛОВИНА)

В статье проанализирована динамика видового состава и численности птиц урочища «Трёхозёрки» в Минусинской котловине с 1988 по 2013 г. По данным авторов, в исследуемый период зарегистрировано снижение видового разнообразия гнездящихся колониальных видов птиц на фоне роста численности видов *Larus argentatus mongolicus* Sushkin, 1925, *Larus ichthyaetus* Pallas, 1773, *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758.

Ключевые слова: урочище «Трёхозёрки», ключевая орнитологическая территория, водно-болотные угодья, динамика численности, колониальные виды птиц.

O.N. Melnik, T.A. Geld, T.V. Zlotnikova

POPULATION DYNAMICS OF COLONIAL BIRD SPECIES
OF THE «TREKHOZERKA» HOLE (MINUSINSK HOLLOW)

The dynamics of the specific structure and the birdnumber of the «Trekhozerka» hole in Minusinsk hollow from 1988 to 2013 is analyzed in the article. According to the authors' data, during the studied period the decrease in the specific variety of the nesting colonial bird species against the number growth of the types *Larus argentatus mongolicus* Sushkin, 1925, by *Larusichthaetus* Pallas, 1773, *Ardeacinerea* Linnaeus, 1758 is registered.

Key words: «Trekhozerka» hole, key ornithological territory, aquatic-marshy land, number dynamic, colonial bird species.

Введение. Урочище «Трёхозёрки» – это водно-болотное угодье, расположенное в Койбальской степи Минусинской котловины. Обводнение территории произошло искусственно в результате формирования Койбальской оросительной системы. Первое описание урочища как уникального водно-болотного угодья приведено в работе А.П. Савченко и В.И. Емельянова [23]. При оценке водно-болотных угодий Средней Сибири авторы указывают на важность урочища как места остановки мигрирующих куликов, гусей, уток и лебедей.

В 1995 г. в урочище на площади 500 га был организован Государственный природный орнитологический заказник республиканского значения «Урочище Трёхозёрки», являющийся ключевой орнитологической территорией России. Цель создания особо охраняемой природной территории – охрана редких видов птиц. Охранный режим был введён на 5 лет и в 2000 г. заказник прекратил своё существование. В 2014 г. урочище вновь получило статус зоологического заказника. Фауна и население птиц урочища и его роль как места остановки птиц во время пролётов являлись предметом многочисленных исследований орнитологов.

Исследования проводились тремя группами орнитологов, в которые входили: 1) специалисты кафедры охотничьего ресурсоведения Красноярского государственного университета (ныне Сибирского федерального университета) (А.П. Савченко, В.И. Емельянов, А.В. Кутянина, Н.В. Карпова и др.), изучавшие видовой состав и биологию гусей, куликов и других водоплавающих и околоводных птиц, миграции птиц Сибири; 2) орнитологи Хакасии (Ю.И. Кустов, С.М. Прокофьев), изучавшие авифауну республики; 3) орнитологи Красноярского государственного педагогического университета, изучавшие биологию чайковых юга Средней Сибири.

Исследователи первой группы А.Н. Байкалов, Т.Н. Байкалова, Е.М. Коровицкий за период наблюдений с 1991 по 1994 г. составили список птиц урочища «Трёхозёрки», состоящий из 82 видов [1]. Они опубликовали сведения о встречах белолобого гуся и гуменника, малого лебедя, о гнездовании в урочище шилохвости, шилоклювки, черноголового хохотуна, чаек (сизой и хохотуньи) и других видов птиц.

В 1996 г. А.П. Савченко, А.В. Кутянина, Н.В. Карпова проводили в урочище исследования с использованием мечения и кольцевания птиц [7, 21, 25]. Этими авторами были опубликованы данные по гнездовой биологии хохотуньи и черноголового хохотуна, а также куликов [7, 21, 25, 26]. Например, А.П. Савченко характеризует урочище как важное водно-болотное угодье Приенисейской Сибири [24].

А.П. Савченко, В.И. Емельянов указывают также на концентрации во время пролёта малого лебедя, тундрового гуменника, касатки, огарей, таёжного гуменника, белолобого гуся, селезней шилохвости, свиязи, чирка-свистунка, красноголового нырка. Ими отмечены единичные встречи горного гуся и пискульки. Урочище названо наиболее важным местом остановки шилоклювки, большого кроншнепа и черноголового хохотуна [4, 22, 24].

Хакасские орнитологи Ю.И. Кустов и С.М. Прокофьев, сотрудники объединённой дирекции госзаповедников «Чазы» и «Малый Абакан», подробно характеризуют ключевые орнитологические территории Республики Хакасия в одной из своих работ [20]. Аргументируя важность этой территории для сохранения видового разнообразия птиц, авторы отмечают, что в урочище «Трёхозёрки» на пролёте останавливаются гуси

(гуменник, таёжный гуменник, серый и белолобый) – до 2 тыс. особей, лебеди (кликун и тундряной) – до 500 тыс. особей, различные виды уток, куликов и чаек. Исследователи отмечают, что как в летний период, так и в период миграций, здесь встречаются многие редкие виды птиц. Многие из них здесь гнездятся, в том числе и шилоклювка, занесённая в Красные книги разного ранга. Также из особо охраняемых видов здесь гнездятся черноголовый хохотун и красавка [20].

Водоёмы урочища служат местом кормления чайковых птиц, а на островах гнездятся по 2–5 видов этого семейства. В урочище «Трёхозёрки» находится колония черноголового хохотуна – вида, занесённого в Красную книгу Российской Федерации и Республики Хакасия. Эти обстоятельства послужили причиной выбора урочища в качестве модельной площадки для мониторинга чайковых в Средней Сибири. Имеется целый ряд публикаций О.Н. Мельник, А.А. Баранова и их учеников, посвящённых чайковым и сопутствующим видам в пределах названной территории [2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16].

В общей сложности разными исследователями на территории урочища встречено более 110 видов птиц. Основу населения гнездящихся птиц составляют колониальные виды: серая цапля – *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758; шилоклювка – *Recurvirostra avosetta* Linnaeus, 1758; черноголовый хохотун – *Larus ichthyaetus* Pallas, 1773; монгольская серебристая чайка – *L. argentatus mongolicus* Sushkin, 1925. В отдельные годы отмечали гнездование сизой чайки – *L. canus* Linnaeus, 1758; озёрной чайки – *L. ridibundus* Linnaeus, 1766; речной крачки – *Sterna hirundo* Linnaeus, 1758.

Цель исследований. Итоги наших девятилетних исследований и опубликованные материалы позволяют проанализировать динамику численности гнездящихся видов урочища с 1988 по 2013 г. Возможно выявление основных тенденций видового разнообразия авиафуны и популяций редких видов птиц ключевой орнитологической территории и зависимости этих тенденций от различных естественных факторов и антропогенных воздействий, а также оценка действенности природоохранных мер на примере урочища.

Задачи исследований. Обобщение полученных ранее данных по составу авиафуны и биологии птиц урочища «Трёхозёрки»; оценка современного состояния видового разнообразия авиафуны и популяций редких видов птиц.

Материалы и методы исследований. Орнитологические исследования в урочище проводились в 2003–2005, 2007, 2010, 2012–2013 гг. Нами осуществлялся сплошной абсолютный учёт гнездящихся пар по обнаружению гнёзд [17]. Территория разбивалась на полосы (секторы), ширина которых составляла около 10 м. Для выделения сектора использовали два репшнуря. Такой приём позволяет исключить пропуск и повторный учёт гнёзд в плотных поселениях. Наименования видов даны по Л.С. Степаняну [27], за исключением серебристой чайки, статус подвида которой принят на основе концепции П.П. Сушкина [28]. Солёность воды определяли методом выпаривания и взвешивания твёрдого остатка.

Результаты исследований и их обсуждение. Колониальные виды урочища гнездятся на островах и отмелях, площади и конфигурации которых постоянно меняются, что связано со значительными колебаниями уровня воды как на протяжении ряда лет, так и в течение одного года. В 2003 г. глубина водоёмов составляла около 1 м, в 2013 г. – 0,3–0,5 м. Временную динамику биотических условий этого водно-болотного угодья иллюстрирует рис. 1. Берега и дно водоёмов очень вязкие. Наиболее высокие участки островов имеют плотный грунт и на них развита скудная растительность, состоящая преимущественно из растений-галофитов. Солёность воды в октябре 2013 г. составляла около 56 % (около 135‰) [3].



Рис. 1. Урочище «Трёхозёрки»: а – июнь 2003 г., б – октябрь 2013 г.

В середине 80-х гг. XX столетия в связи с наполнением Койбальской оросительной системы и формированием водно-болотного угодья урочище «Трёхозёрки» стало заселяться разными видами водоплаваю-

щих и околоводных птиц. В том числе впервые в Минусинской котловине начали гнездиться отдельные пары черноголового хохотуна, появление которого объясняется расселением этой чайки в северном направлении.

Анализ собственных данных и опубликованных материалов по численности черноголового хохотуна за 26-летний период позволяет сделать ряд обобщений. С 1996 по 2010 г. происходил рост числа гнездящихся пар (рис. 2, а), в дальнейшем произошла стабилизация, наблюдались лишь незначительные колебания вокруг среднего значения. Вероятно популяцией достигнуты предельные значения численности для данной экологической ёмкости биотопа. Гнездовые стации этого вида чайковых птиц расположены в пределах самого урочища, а кормовые – на близлежащих пресных озёрах Бугаёво и Чёрное. Основными требованиями к выбору гнездовой стации у хохотуна являются наличие труднодоступных для наземных хищников плоских, сухих участков островов, лишенных растительности, и их близость к водоёмам, богатых рыбой.

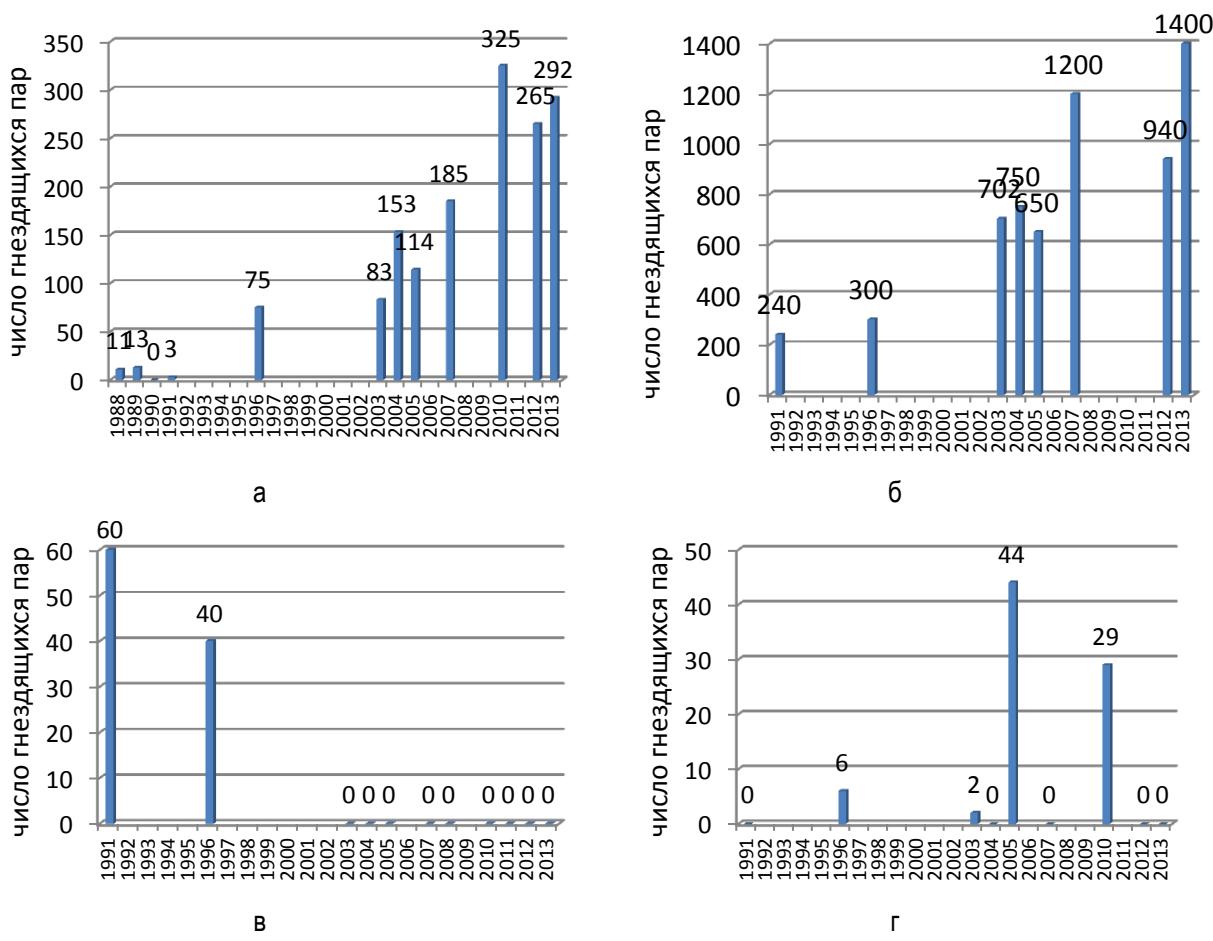


Рис. 2. Многолетняя динамика численности чайковых птиц урочища «Трёхозёра»: а – черноголовый хохотун; б – серебристая чайка; в – сизая чайка; г – речная крачка (данные за 1988–1989 гг. по С.М. Прокофьеву [18], 1990 г. – по А.П. Савченко [23], 1991 г. – по А.Н. Байкалову [1], С.М. Прокофьеву [19], 1996 г. – по А.В. Кутягиной [7], С.М. Прокофьеву, Ю.И. Кустову [20], А.П. Савченко [24, 25]; за 2003–2005, 2007, 2010, 2012–2013 гг. – собственные данные; за 1992–1995, 1997–2002, 2006, 2008, 2009, 2010 – данные для серебристой чайки; за 2011 г. – данных нет)

Сходным образом меняется численность серебристой чайки и серой цапли (рис. 2, б; рис. 3). Причем у чаек наблюдаются синхронные изменения числа гнездящихся пар по годам. Это может быть следствием сходства реакций видов на изменение площади, конфигурации, степени зарастания островов и отмелей, происходящих при колебании уровня воды. Однако, в отличие от черноголового хохотуна, у серебристой чайки стабилизации численности не произошло. Одна из возможных причин – высокая степень эврибионтности *L. argentatus mongolicus*. Зарастание островов, которое наблюдается в последние годы, не ограничивает возможности заселения видом территории, а способность питаться наземными кормами снимает зависимость от ресурсов рыбы. Рост численности серой цапли определяется популяционной динамикой серебристой чайки в связи с тяготением цапель к колониям чайковых.

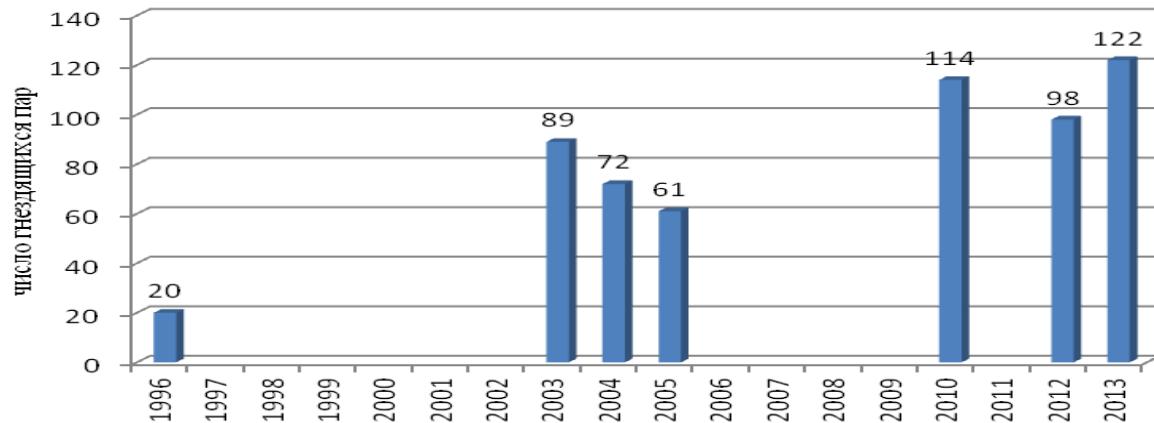


Рис. 3. Многолетняя динамика численности серой цапли уроцища «Трёхозёрки» (данные за 1996 г. по С.М. Прокофьеву, Ю.И. Кустову [20]; за 2003–2005, 2010, 2012–2013 гг. – собственные данные; за 1997–2002, 2006–2009, 2011 гг. – нет данных)

Условия уроцища являются пессимальными для сизой, озёрной чаек и речной крачки (рис. 2, в, г). Эти виды предпочитают селиться на пресных водоёмах и в условиях уроцища вытесняются серебристой чайкой, находящейся здесь в зоне оптимума. Речная крачка наблюдалась в отдельные годы в количестве от 2 до 44 пар. За период с 1991 по 2003 г. полностью исчезла на гнездовании сизая чайка, в настоящее время встречается только на пролёте. Гнёзда озёрной чайки обнаружены лишь однажды в 2003 г., когда в уроцище гнездились 5 пар.

Численность шилоклювки в уроцище до 2004 г. в целом имела тенденцию к увеличению. Отсутствие данных по ряду лет не позволяет представить полную картину динамики численности. В период с 2010 по 2013 г. наблюдался резкий скачок и два падения числа гнездящихся пар ниже уровня 1991 г. (рис. 4) [15]. Значительные колебания характерны для видов, находящихся на пределе распространения, обусловлены пульсацией границ ареала. Неустойчивость численности также определяется стенобионтностью шилоклювки. Вид требователен к топическим условиям при выборе места гнездования, является стенофагом и зависит от площади кормовых стаций, испытывает беспокойство со стороны серебристой чайки, хищных и врановых птиц. Одна из возможных причин – состояние популяции на зимовках и в период миграций.

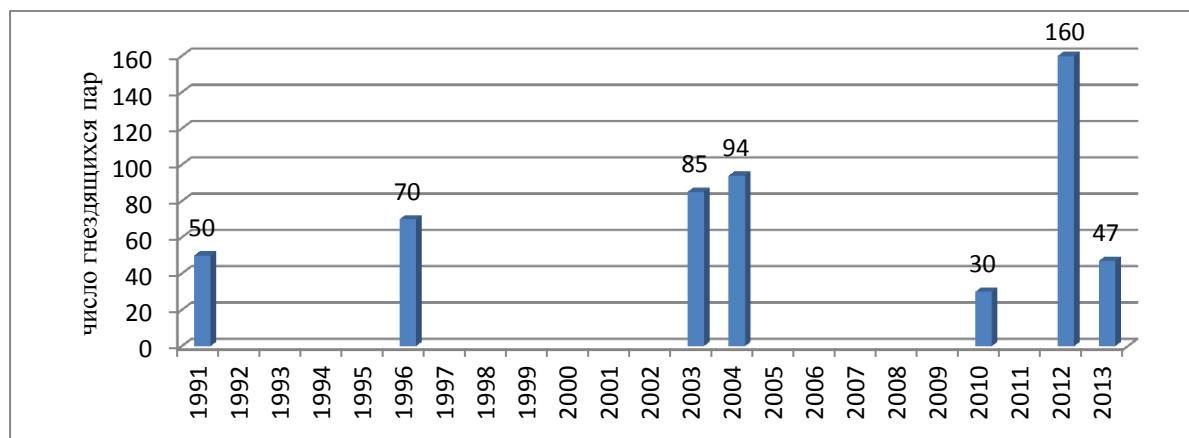


Рис. 4. Многолетняя динамика численности шилоклювки уроцища «Трёхозёрки» (данные за 1991 г. по А.Н. Байкалову [1], 1996 г. – по А.В. Кутягиной [7], А.П. Савченко и др. [24]; за 2003, 2004, 2010, 2012–2013 гг. – собственные данные; за 1992–1995, 1997–2002, 2005–2009, 2011 гг. – нет данных)

Заключение. За анализируемый промежуток времени в уроцище «Трёхозёрки» наблюдалось снижение видового разнообразия гнездящихся колониальных видов птиц на фоне роста численности трёх видов: *L. argentatus mongolicus* Sushkin, 1925, *Larus ichthyaetus* Pallas, 1773, *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758.

Литература

1. Байкалов А.Н., Байкалова Т., Коровицкий Е.М. Весенне-летняя орнитофауна уроцища «Трёхозёрки» // Вестн. ХГУ им. Н.Ф. Катанова. Сер. Биология. Медицина. Химия. – 1997. – Вып. 4. – С. 23–26.
2. Баранов А.А., Мельник О.Н. Черноголовый хохотун *Larus ichthyaetus* Pall. и серебристая чайка *Larus argentatus mongolicus* Sushkin в Алтае-Саянском экорегионе // Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2009. – С. 38–45.
3. Гельд Т.А., Злотникова Т.В. К вопросу о современном состоянии авифауны уроцища «Трехозерки» // Научные исследования в заповедниках и национальных парках Южной Сибири /отв. ред. В.В. Непомнящий. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – Вып. 3. – С. 29–34.
4. Емельянов В.И., Савченко А.П. Некоторые экологические аспекты устойчивости популяционных группировок гусей и лебедей (Anseridae, Gynninae) в областях миграций на территории Приенисейской Сибири // Вестн. КГУ. – 2006. – № 5. – С. 17–26.
5. Козлов Д.С. Экология черноголового хохотуна (*Larus ichthyaetus* Pall.) в уроцище «Трёхозёрки» (Койбальская степь, Хакасия) // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий /отв. ред. В.В. Аношин. – Абакан: Изд-во ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2012. – Т. 1. – Вып. 16. – С. 115–116.
6. Колмакова Н.К. Гнездование околоводных птиц в уроцище «Трёхозёрки» // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: мат-лы VII Междунар. науч. конф. студ. и мол. ученых /отв. ред. В.В. Аношин. – Красноярск: Изд-во КГУ, 2003. – Т. 1. – С. 195.
7. Кутянина А.В., Карпова Н.В., Савченко А.П. О гнездовании хохотуны и черноголового хохотуна в уроцище «Трёхозёрки» (Хакасия) // Вестн. ХГУ им. Н.Ф. Катанова. Сер. Биология. Медицина. Химия. – 1997. – Вып. 4. – С. 32–34.
8. Мельник О.Н. Динамика численности фоновых видов птиц уроцища «Трёхозёрки» (Койбальская степь, Хакасия) // Фауна и экология животных. – Красноярск, 2013. – Вып. 7. – С. 144–153.
9. Мельник О.Н. Пространственно-биотическое размещение и гнездовая экология чайковых птиц *Laridae* внутренних водоёмов южной части Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2009. – 24 с.
10. Мельник О.Н. Распространение, динамика численности чайковых птиц (*Laridae*) внутренних водоемов южной части Средней Сибири // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий / отв. ред. В.В. Аношин. – Абакан: Изд-во ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2008. – Т. 1. – Вып. № 12. – С. 99–101.
11. Мельник О.Н. Сведения о распространении и экологии некоторых видов чайковых птиц внутренних водоемов юга Средней Сибири // Животное население и растительность boreальных лесов и лесостепей Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во КГПУ, 2000. – Вып. 1. – С. 127–130.
12. Мельник О.Н. Численность, пространственное размещение и гнездовая биология черноголового хохотуна (*Larus ichthyaetus* Pall.) в Минусинской котловине // Орнитологические исследования в Северной Евразии. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006. – С. 347–348.
13. Мельник О.Н., Баранов А.А. Динамика границ ареалов чайковых птиц *Laidea* Алтай-Саянского экорегиона в XX в. // Орнитология в Северной Евразии. – Оренбург: Изд-во Оренбург. гос. пед. ун-та, 2010. – С. 215–216.
14. Мельник О.Н., Баранов А.А. ТERRITORIALНОЕ размещение, динамика численности и гнездовая биология черноголового хохотуна (*Larus ichthyaetus* Pall.) в Минусинской котловине // Вестн. Бурят. гос. ун-та. – 2006. – Вып. 4. – С. 155–163.
15. Мельник О.Н., Гельд Т.А., Булычева О.В. Экология шилоклювки (*Recurvirostra avosetta* L.) в Минусинской котловине // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий /отв. ред. В.В. Аношин. – Абакан: Изд-во ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2012. – Вып. 16. – Т. 1. – С. 119–120.
16. Мельник О.Н., Подоплелов А.В. Материалы по экологии серой цапли (*Ardea cinerea* L.) в Минусинской котловине // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий /отв. ред. В.В. Аношин. – Абакан: Изд-во ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2005. – Вып. 9. – С. 85.
17. Наумов Р.Л. Методика абсолютного учета птиц в гнездовой период на маршрутах // Зоол. журн. – 1965. – Вып. 1. – С. 81–94.
18. Прокофьев С.М. К биологии саджи и черноголового хохотуна в Минусинской котловине // Орнитологические проблемы Сибири. – Барнаул, 1991. – С. 155–157.
19. Прокофьев С.М. Природа Хакасии: учеб. пособие. – Абакан: Хакас. кн. изд-во, 1993. – 205 с.
20. Прокофьев С.М., Кустов Ю.И. Ключевые орнитологические территории Республики Хакасия // Вестн. ХГУ им. Н.Ф. Катанова. Сер. Биология. Медицина. Химия. – 1997. – Вып. 4. – С. 46–52.
21. Савченко А.П. Предварительные итоги десятилетнего кольцевания птиц в Хакасии // Вестн. ХГУ им. Н.Ф. Катанова. Сер. Биология. Медицина. Химия. – 1997. – Вып. 4. – С. 36–41.

22. Савченко А.П. Ресурсы утиных (Anatidae) юга Приенисейской Сибири и проблемы их рационального использования // Вестн. КГУ. – 2003. – № 5. – С. 8–22.
 23. Савченко А.П., Емельянов В.И. Водно-болотные угодья Средней Сибири и их оценка // Территориальное размещение и экология птиц юга Средней Сибири. – Красноярск, 1991. – С. 5–18.
 24. Водно-болотные угодья юга Приенисейской Сибири и проблемы их сохранения /А.П. Савченко, В.И. Емельянов, А.В. Долиденок [и др.] // Вестн. ХГУ им. Н.Ф. Катанова. Сер. Биология. Медицина. Химия. – 1997. – Вып. 4. – С. 67–68.
 25. Савченко А.П., Карпова Н.В. К изучению территориальных связей куликов (Charadrii) юга Средней Сибири // Вестн. КГУ. – 2004. – № 7. – С. 12–27.
 26. Савченко А.П., Карпова Н.В. Редкие и малочисленные ржанкообразные (Charadriiformes) Хакасии (предложения для включения в Красную книгу Республики Хакасия) // Вестн. ХГУ им. Н.Ф. Катанова. Сер. Биология. Медицина. Химия. – 1997. – Вып. 4. – С. 23–35.
 27. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). – М.: Академкнига, 2003. – 808 с.
 28. Сушкин П.П. Список и распределение птиц русского Алтая и прилежащих частей северо-западной Монголии. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. – Т. 1. – 316 с.
-

УДК 54.062

Л.А. Соболевская

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРОФАЗНЫХ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРБЕНЗОЛА В ПРОБАХ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В статье предложен способ оптимизации существующих методик определения массовых концентраций хлорбензола в питьевых, природных и сточных водах методом газовой хроматографии. Рассмотрены преимущества и недостатки существующих методик газохроматографического определения хлорбензола и направления их совершенствования. Представлены результаты практических исследований.

Ключевые слова: хлорбензол, сточные воды, метод газовой хроматографии, градуировочные растворы, термостатирование.

L.A. Sobolevskaya

OPTIMIZATION OF THE VAPOUR-PHASE METHODS TO DETERMINE THE CHLORBENZENE MASS CONCENTRATION IN THE TESTS OF NATURAL AND SEWAGE WATER BY THE GAS-CHROMATOGRAPHIC METHOD

The way of optimization of the existing methods to determine the chlorbenzene mass concentration in drinking, natural and sewage water by the gas-chromatographic method is offered in the article. The advantages and disadvantages of the existing methods of the chlorbenzene gas-chromatographic definition and their improvement directions are considered. The results of practical research are presented.

Key words: chlorbenzene, sewage water, gas-chromatographic method, calibrating solutions, temperature control.

Введение. Проблема оценки загрязнения природной среды региона приобретает особую важность при наличии в нем промышленных предприятий, способных причинить вред как в результате различных аварийных ситуаций, так и в штатном режиме работы. Вода большинства водоемов на территории России по многим показателям не отвечает нормативным требованиям, предъявляемым к качеству воды, используемой для нужд питьевого водоснабжения и рыбного хозяйства. Этот фактор определяет важность мониторинга загрязнения природных водных объектов [1].

В промышленных сточных водах могут присутствовать тяжелые металлы, фенолы, формальдегид, органические растворители (ксилол, бензол, хлорбензол толуол) и так называемые особо токсичные соединения [2]. Последняя разновидность вызывает мутагенные (генетические), тератогенные и канцерогенные (раковые новообразования) изменения.

Хлордериваты бензола (хлорбензол, дихлорбензол, трихлорбензол) применяются в различных отраслях органического синтеза в качестве полупродуктов и растворителей. Как исходное сырье используются в синтезе красителей, взрывчатых веществ, ядохимикатов, лекарственных препаратов, в производстве полисульфонопластмассы с высокой устойчивостью к внешним воздействиям. Широко применяются как растворители в производстве перхлорвиниловой смолы, нитроцеллюлозы. Обладают в основном однотипным характером действия, вызывая изменения в функциональном состоянии нервной системы, в составе периферической крови (нерезкая лейкопения, относительный лимфоцитоз, умеренная тромбоцитопения), поражение печени (гепатит). Степень токсичности соединений нарастает с увеличением атомов галогена в ядре. При воздействии в концентрациях 60–600 мг/м³ у работающих отмечаются акроспастические реакции в виде акропарестезии, судорожных сокращений мышц пальцев рук, гиперстезии кистей, побеления одного или нескольких пальцев рук и ног, а также проявления вегетососудистой дистонии.

Широкое распространение данной группы химических веществ и негативное воздействие на организм человека делают особо актуальной задачу их эффективного контроля в природных и сточных водах.

В настоящее время лаборатории в своей повседневной работе сталкиваются с ситуацией, когда методики для газохроматографического анализа загрязняющих компонентов в питьевых, природных и сточных водах малоэффективны и часто не актуальны. Но жизнь не стоит на месте, предлагаются более современное техническое оснащение, современная посуда и новые всевозможные приспособления. Синтезируются и исследуются новые химические вещества с качественно новыми свойствами. Современный химик может и должен пользоваться возможностями, которые предлагает ему время.

Цель исследований. Раскрыть новые возможности для проведения анализа хлорбензола в природных и сточных водах, показать легкость и быстроту выполнения предлагаемого варианта определения, его эффективность и безопасность для здоровья человека. Предложенные изменения позволят определять содержание хлорбензола в диапазоне 0,0003–0,02 мг/дм³, что согласуется с современными требованиями норматива качества воды и водных объектов рыбохозяйственного назначения от 18.01.10. № 20 (ПДК хлорбензола составляет 0,001 мг/дм³) [3].

Методика и результаты исследований. Определение массовой концентрации хлорбензола в природных и сточных водах выполняется в соответствии с методиками РД 52.24.482-2012, ПНД Ф 14.1:2.220-06, МУК 4.1.1205-03 [4, 5, 6]. Недостатками этих методик является следующее.

1. РД 52.24.482-2012. – использование токсичного и легко летучего растворителя (изопропиловый спирт или ацетон) для приготовления аттестованных смесей АС2-ЛХУ и АС3-ЛХУ. На легко летучем растворителе основные растворы сложно сохранить и придется постоянно готовить их из ГСО, что неудобно в условиях значительного потока проб воды.

Этап концентрирования пробы отгонкой на практике приводит к потере исследуемого вещества, так как в установке для отгонки применяются фторопластовые трубы, на внутренней поверхности которых происходит сорбция отгоняемого компонента.

Натрия сульфат, используемый для высыпивания, при попадании в водную среду «цементируется» и размешать его трудно, требуется активное встряхивание, которое в свою очередь тоже приводит к потере исследуемого вещества.

2. Методика ПНД Ф 14.1:2.220-06 использует для экстракции токсичный экстрагент – гексан. В лабораторных условиях зачастую при длительном хранении гексан содержит массу мешающих анализу примесей. Дополнительная перегонка гексана отнимает время оператора и вносит свой вклад во вредные условия работы лаборатории. Выполняя анализ хлорбензола экстракционным методом, трудно добиться повторяемости результатов параллельных проб.

3. Методика МУК 4.1.1205-03. В ней проводится концентрирование исследуемого соединения на сорбente, что малоэффективно и дает потерю во времени. Для выполнения методики требуется дополнительное специальное оснащение хроматографа для ввода проб.

Однако можно предложить некоторые изменения к существующим методикам, которые позволят сделать анализ более быстрым и удобным, а также расширить диапазон определения концентрации хлорбензола.

Предложенные изменения касаются непосредственно приготовления градиуровочных растворов, выполнения измерений и выбора технического оснащения и посуды, а также параметров программы газового хроматографа. И не затрагивают таких пунктов методик, как «Требования к показателям точности измерений», «Отбор и хранение проб», «Обработка результатов измерений».

1) *Приготовление основного раствора и градиуровочных образцов.* Целесообразно основной раствор хлорбензола готовить по объему из ГСО в виде раствора этиленгликоля с концентрацией 5·10³ мг/дм³. Срок хранения основного раствора 2 мес. при температуре от -2 до -10° С. Замена легко летучих и высоко-токсичных растворителей (изопропиловый спирт или ацетон) на более вязкий этиленгликоль, который хоро-

что удерживает исследуемые вещества и индифферентен к компонентам смесей, позволит повысить точность определения и дольше хранить основной раствор.

Промежуточный раствор концентрацией 1,0 мг/дм³ готовят из основного раствора разведением в колбе на 100 см³ с использованием дистиллированной кипяченой воды. Промежуточный раствор можно хранить 2 сут. Градуировочные образцы готовят с использованием дистиллированной кипяченой воды (табл. 1).

Таблица 1
Приготовление градуировочных образцов

Номер образца	Концентрация промежуточного раствора, мг/дм ³	V ₁ , см ³ промежуточного раствора	V ₂ , см ³ воды	Концентрация градуировочного образца, мг/дм ³
1	1,0	0,16	250,0	0,00064
2	1,0	0,28	250,0	0,0011
3	1,0	0,7	250,0	0,0028
4	1,0	1,4	250,0	0,0056
5	1,0	3,45	250,0	0,0138

Удобно делать разведение в мерных колбах на 250 см³. Используя микрошприцы для приготовления основного и промежуточного раствора, можно ускорить процесс приготовления, что важно, учитывая летучесть и токсичность хлорбензола. Удобнее брать ГСО по объему микрошприцем 45 мкл и разводить в мерной колбе на 10 см³.

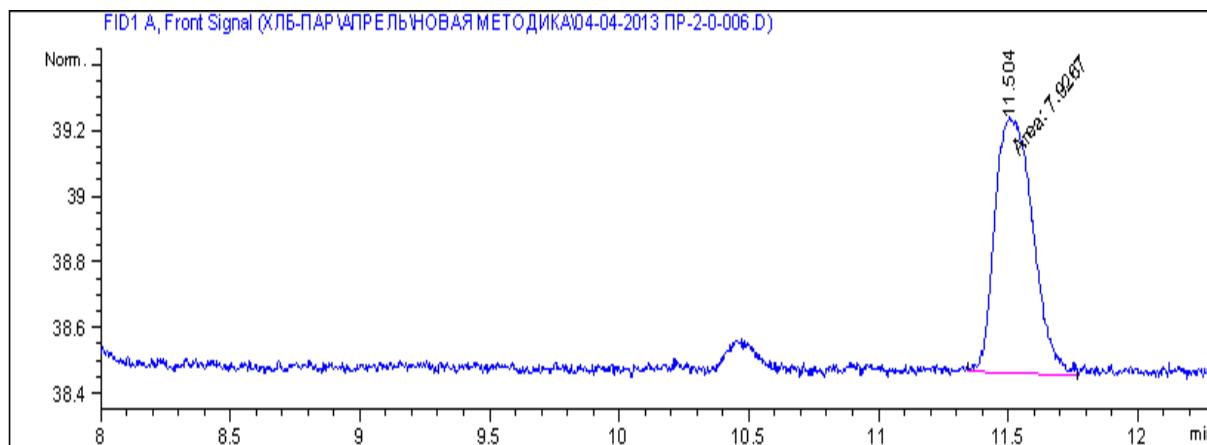
2) Установление градуировочной характеристики. 10 мл градуировочной смеси помещают в флякон с 3 г прокаленного при 400°C натрия хлорида, герметично укупоривают, сразу перемешивают и термостатируют при 80°C в течение 30 мин. Затем подогретым парофазным шприцом отбирают 1 см³ газовой фазы (0,5 см от поверхности раствора) и вводят в испаритель хроматографа.

Замена газа-носителя. Можно использовать азот вместо гелия. На азоте при использовании вышеописанных условий достигаются приемлемые результаты точности и повторяемости.

Определение методом равновесной паровой фазы предпочтительнее перед методом экстракции с гексаном. Парофазный метод более безопасен для здоровья людей, более быстрый и менее затратный, не требует дополнительного концентрирования образцов. Исследуемые концентрации хорошо определяются без дополнительной перегонки (концентрирования). Лучше использовать предложенные параметры метода определения на приборе Маэстро фирмы Agilent Technologies.

Технические параметры метода: ГХ МАЭСТРО 7820A, газ-носитель азот, колонка Nucol, детектор FID. Деление потока 2:1; INJ - 200°C; скорость потока газа через колонку 1,5 мл/мин; температурный режим колонки 80°C, время метода 12,5 мин. Время удерживания хлорбензола 11,528 мин.

На капиллярной колонке для анализа во всем диапазоне используют одну градуировочную шкалу, полученную с помощью растворов №1–5. Пример типичной хроматограммы представлен на рисунке, характеристика исследуемого компонента дана в табл. 2.



Типовая хроматограмма паровой фазы, содержащей хлорбензол. Injection Date 04.04.2013; 12:27:54;
Пр-2 (концентрация 0,006 мг/дм³)

Таблица 2

Характеристика исследуемого компонента

Пик (номер)	Время удерживания, мин	Площадь пика, Hz×с	Концентрация, мг/дм ³	Компонент
2	11,524	7,9267	0,00586	Хлорбензол

Концентрацию вещества в воде (мг/дм³) определяют по соответствующим градиуровочным характеристикам. Для более точного определения самых низких концентраций необходимо использовать холостую пробу, чтобы исключить влияние условий лаборатории. Обработка результатов серии параллельных проб в диапазоне концентраций 0,0003–0,02 мг/дм³ показала высокую достоверность предложенных модификаций стандартных методик (табл. 3).

Таблица 3

Величины стандартного среднеквадратического отклонения повторяемости для компонента хлорбензол

Методика и диапазон концентраций	Определяемая концентрация, мг/дм ³	СКО, %
Испытуемый вариант в диапазоне концентраций от 0,0003 до 0,02 мг/дм ³	0,001	2,9818
	0,006	2,4489
	0,01	3,1725

Заключение. В исследованиях предложена методика выполнения измерений массовой концентрации хлорбензола в пробах питьевых, природных и сточных вод газохроматографическим методом (парофазный анализ) с учетом современных требований к контролю качества природной воды. Повысить точность, быстроту и безопасность анализа можно путем использования метода равновесной паровой фазы, этиленгликоля для приготовления основного раствора и газа-носителя азота (вместо гелия), приборов Маэстро фирмы Agilent Technologies с соответствующим подбором технических параметров. Соблюдение приведенных в статье рекомендаций позволит определять концентрации хлорбензола в воде ниже ПДК.

Литература

1. Другов Ю.С., Зенкевич И.Г., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред: практ. руководство. – М.: БИНОМ, 2009. – 52 с.
2. Кондратьева Л.М. Факторы формирования качества воды на Нижнем Амуре. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 217 с.
3. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 г."Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения" [Электронный ресурс] // URL: <http://docs.cntd.ru/document/902199367> (05.11.2014).
4. РД 52.24.482-2012. Массовая концентрация летучих хлорзамещенных углеводородов в водах. Методика измерений газохроматографическим методом с использованием анализа равновесного пара // Техэксперт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс] // URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200095292> (12.11.2013).
5. ПНД Ф 14.1:2.220-06. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений содержания хлорбензола в природных и сточных водах методом газовой хроматографии [Электронный ресурс] // URL: <http://qlaster.ru/goods/card/210179654/enterprise/73421> (12.11.2013).
6. МУК 4.1.1205-03. Сборник методических указаний Газохроматографическое определение бензола, трихлорэтилена, толуола, тетрахлорэтилена, хлорбензола, этилбензола, м-, п-ксилолов, о-ксилола, стирола, изопропилбензола, о-хлортолуола и нафталина в воде /Минздрав России [Электронный ресурс] // URL: http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/44/44441 (12.11.2013).

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ПРОГНОЗА ЕЖЕДНЕВНОГО БОКОВОГО ПРИТОКА
В БОГУЧАНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

Авторами статьи на основе данных о стоке рек-аналогов произведен расчет и разработан метод краткосрочного прогноза ежедневного бокового притока в водохранилище Богучанской ГЭС. Прогноз бокового притока выполнен с применением программного обеспечения физико-математической модели Д.А. Буракова.

Ключевые слова: весеннееводное половодье, боковой приток воды, реки-аналоги, гидрологические прогнозы.

D.A. Burakov, L.A. Putintsev

**THE CALCULATION AND THE FORECASTMETHODS
OF THE DAILY SIDE INFLOWINTOBOGUCHANRESERVOIR**

The calculation is made and the method of the short-term forecast of the daily side inflow into the Boguchan hydroelectric power station reservoir is developed by the authors of the article on the basis of the river-analogs flowing data. The side inflow forecast is done with the application of the physical-mathematical model software by D.A. Burakov.

Key words: spring flood, waterside inflow, hydrological forecasts.

Введение. Летом 1988 г. обильные ливневые дожди обусловили быстрое наполнение Красноярского водохранилища, что привело к наводнению на Енисее, ущерб от которого составил около 60 млн долл. Если предположить, что боковой приток в Богучанское водохранилище достигнет однопроцентной обеспеченности ($6100 \text{ м}^3/\text{s}$), то с учетом сбросов Усть-Илимской ГЭС Богучанское водохранилище за сутки может быть заполнено на четверть своей полезной емкости. Таким образом, в условиях ограниченной регулирующей емкости водохранилища краткосрочные прогнозы бокового притока исключительно важны, так как на их основе осуществляется регулирование сбросов воды через плотины каскада ангарских ГЭС, обеспечивающих предотвращение переполнения Богучанского водохранилища в многоводные периоды.

Этот и другие примеры доказывают актуальность разработки методов гидрологических прогнозов, необходимых для своевременного предупреждения об опасных и неблагоприятных гидрологических явлениях.

Цель исследований. Усовершенствование способов расчета и прогноза бокового притока в Богучанское водохранилище.

Задачи исследований. Изучить достоинства и недостатки существующих способов расчета бокового притока, а также условия их применения в условиях Сибири; разработать модель для расчета бокового притока в водохранилище с учетом расчетов для водохранилища Богучанской ГЭС; найти способы краткосрочного прогноза бокового притока.

Материалы и методы исследований. Основными методами исследований являются методы водного баланса и гидрологической аналогии, которые в настоящее время широко применяются в практике гидрологических расчетов.

Результаты исследований и их обсуждение. В основу настоящей статьи положены данные гидрометеорологических наблюдений сети станций и постов Среднесибирского и Иркутского УГМС, фондовые материалы, публикации, крупномасштабные топографические карты.

Ангара – крупнейший приток Енисея, уникальной реки нашей страны. Её отличительной чертой является естественная зарегулированность речного стока озером Байкал. Это обстоятельство, а также благоприятные топографические и экологические условия, приводят к тому, что каскад ГЭС на Ангаре по технико-экономическим показателям является наиболее эффективным в России.

Боковой приток в рассматриваемое водохранилище формируется с площади 47000 км^2 на участке между плотинами Усть-Илимской и Богучанской ГЭС. Отметка нормального подпорного уровня водохранилища составляет 208,0 м, расчетный напор при НПУ – 65,5 м, площадь зеркала при НПУ – 2326 тыс. km^2 . Водохранилище осуществляет суточное регулирование стока Ангары и сезонное регулирование боковой приточности, колебания уровня водохранилища в течение года не превышают 1 м.

Богучанское водохранилище располагается на территории Кежемского административного района Красноярского края и Усть-Илимского района Иркутской области. Диапазон высот в бассейне бокового притока водохранилища от 208 до 650 м, преобладают высоты 208–400 м. Возвышенная часть бассейна располагается на востоке водохранилища, между Ангарой и Подкаменной Тунгуской, высота водораздельной линии колеблется от 400 до 600 м. По правобережью р. Ковы (левый приток р. Ангары) тянется Ковинский кряж с высотами до 650 м. Южнее к Ковинскому кряжу примыкает Бирюсинское плато с высотами 450–550 м.

Рассматриваемая территория характеризуется холодными зимами с преобладающей малооблачной безветренной погодой. Лето в среднем теплое, короткое. Климат резко континентальный. В среднем по бассейну выпадает около 400 мм осадков в год. В северо-восточной части района на наветренных склонах Заангарского плато (верхнее течение р. Чадобец) выпадает наибольшее количество осадков в бассейне (450–500 мм). Годовой ход сумм месячных осадков хорошо выражен: наименьшее количество выпадает в феврале и марте (10–20 мм), наибольшее – в августе (около 60 мм). Средняя за многолетний период высота снежного покрова на левом берегу Ангары не превышает 50 см, в пределах правобережья она достигает 75–80 см.

Исследуемая территория находится в пределах Приангарского плато, в зоне южной тайги, с преобладанием светлохвойного леса с наибольшим распространением сосны [1]. Только в северо-западной части бассейна встречается темнохвойная тайга, представленная еловыми, кедровыми и пихтовыми лесами. В бассейне Богучанского водохранилища самыми значительными реками являются Кова, Тушама, Ката и Едарма. Методика расчета и прогноза притока воды в Богучанское водохранилище, разработанная в отделе гидрологических прогнозов Среднесибирского УГМС в 80-х гг., требует коренной переработки ввиду закрытия за последние 20 лет большинства гидрометеорологических пунктов наблюдений.

В основу ретроспективного расчета бокового притока положены материалы наблюдений за расходами воды малых рек за 1977–1987 гг., бассейны которых располагаются непосредственно на площади водосбора бокового притока. В пределах этой площади выделено три района (рис. 1). В каждом районе определены реки-аналоги, бассейны которых можно рассматривать в качестве ландшафтно-гидрологических индикаторов в соответствующих районах («бассейны-индикаторы» по А.В. Огиевскому).



Рис. 1. Районы и бассейны рек Богучанского водохранилища

Коэффициенты приведения стока бассейнов-аналогов к величинам стока районов определялись через отношения площади районов к соответствующим площадям бассейнов. Исходя из принятой схемы, суточные величины бокового притока в водохранилище Богучанской ГЭС за 1977–1987 годы рассчитаны по формуле:

$$Q_{\text{бок}}(t) = Q(t)_{\text{Кода}} \left(\frac{F_1}{f_1} \right) + \left[\frac{Q(t)_{\text{Едарма}} + Q(t)_{\text{Тушама}}}{2} \right] \left(\frac{F_2}{f_2 + f_3} \right) + Q(t)_{\text{Ката}} \left(\frac{F_3}{f_4} \right) + 300, \quad (1)$$

где $Q_{бок}(t)$ – расход воды бокового притока; F_1, F_2, F_3 – площади районов; f_1, f_2, f_3, f_4 – площади водосборов рек-аналогов; $Q(t)_{\text{Кода}}$, $Q(t)_{\text{Едарма}}$, $Q(t)_{\text{Тушама}}$, $Q(t)_{\text{Ката}}$ – расходы воды бассейнов-аналогов; р. Кода – 7 км от устья, р. Едарма – д. Едарма, р. Тушама – д. Тушама, р. Ката – д. Ката.

Формула (1) учитывает дополнительное подземное питание реки Ангары подземными водами за счет превышения вреза её речной долины по сравнению с менее глубоким врезом долин малых рек. На основе расчета баланса расходов воды с использованием наблюдений в створе Усть-Илимской ГЭС и у пос. Сыромолотово (створ плотины Богучанской ГЭС) и наблюдений по рекам-аналогам, средний суточный расход воды дополнительного подземного притока принят равным $300 \text{ м}^3/\text{с}$. Рассчитанные таким образом за 10 лет величины суточных расходов воды бокового притока $Q_{бок}(t)$ являются исходными в дальнейшем анализе.

В настоящее время наблюдения за расходами воды проводятся только на двух малых реках: 1) $Q_{Ч}(t)$ – р. Чадобец – пос. Яркино; 2) $Q_{М}(t)$ – р. Мура – пос. Ирба. Рассмотрим ландшафтно-гидрологические характеристики этих бассейнов.

Река Мура (левый приток р. Ангары) берет свое начало в пределах Бирюсинского плато. Восточная часть бассейна имеет общую водораздельную линию с бассейном Богучанского водохранилища. Высота у истоков реки составляет около 450 м, в районе устья – 150 м. Средняя высота водосбора 320 м. В среднем и нижнем течении располагается Мурская низина, граничащая с бассейном Ковы. В бассейне реки Мура 85 % площади занимают массивы темнохвойной тайги. Почвы в бассейне в основном дерново-поздолистые. Механический состав разнообразен. В верхнем и среднем течении до владения р. Чудоба (правый приток р. Муры) распространены песчаные и легкосуглинистые почвы, ниже по течению они сменяются хрящеватыми. Растительность представлена преимущественно сосновыми среднене- и южнотаежными лесами. Безлесные участки составляют 15 %, они встречаются в районе пос. Ирба и у устья р. Чудоба.

Река Чадобец (правый приток р. Ангары) имеет площадь бассейна $13\,700 \text{ км}^2$. Берет начало в восточных склонах Тунгусского хребта близ истоков р. Подкаменной Тунгуски. В районе истока высоты составляют около 600 м, в устье 150 м, средняя высота водосбора 390 м. Юго-восточная граница бассейна имеет общий водораздел с бассейном Богучанского водохранилища. Высоты на этом участке составляют 350–550 м. Почвы в бассейне в основном дерново-поздолистые, в верхнем течении преобладают мерзлотно-таежные. Механический состав представлен хрящеватыми (щебнистыми) почвами, залегающими на древних аллювиально-делювиальных отложениях. Основным типом растительности являются темнохвойные леса, которые занимают около 95 % бассейна.

Бассейны рек Мура и Чадобец располагаются на небольшом удалении от бассейна бокового притока в Богучанское водохранилище (рис. 2) и характеризуются подобными ландшафтно-гидрологическими условиями, что послужило основанием рассматривать их в качестве бассейнов-аналогов. Действительно, используя материалы наблюдений по стоку рек Мура и Чадобец, удалось получить достаточно тесную корреляционную зависимость с расходами воды бокового притока, рассчитанного по формуле (1).

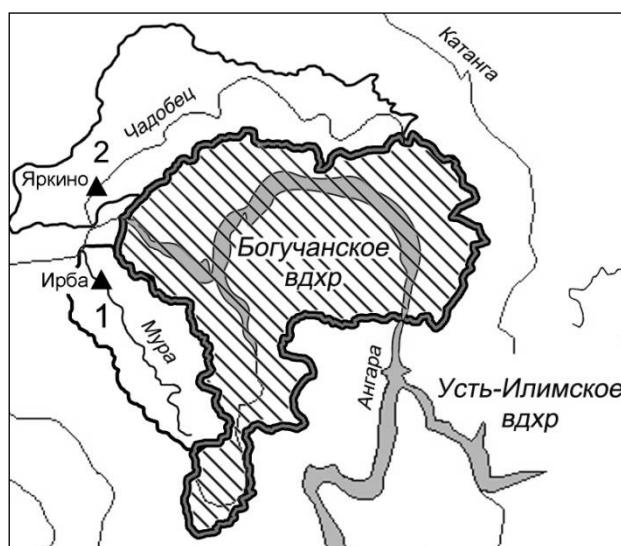


Рис. 2. Схема расположения рек-аналогов: 1 – бассейн реки Чадобец; 2 – бассейн реки Мура

В результате получено уравнение, позволяющее рассчитывать боковой приток с использованием материалов наблюдений по указанным рекам:

$$Q_{бок}(t) = 3,07 \times Q_M(t) + 1,64 \times Q_Ч(t) + 1,2 \times [(Q_Ч(t) - Q_Ч(t-1))] + 349, \quad (2)$$

где $Q_{бок}$ – среднесуточный расход воды бокового притока в Богучанское водохранилище; Q_M , $Q_Ч$ – среднесуточные расходы воды соответственно на г/п: р. Мура – пос. Ирба, р. Чадобец – пос. Яркино. Поясним, что выражение $[(Q_Ч(t) - Q_Ч(t-1))]$ в уравнении (2) характеризует тенденцию (изменение за сутки) расходов воды реки Чадобец, учет которой повышает тесноту связи.

Коэффициент множественной корреляции полученной зависимости R равен 0,966; t -статистики коэффициентов регрессии превышают 9,0, т.е. стандартные ошибки коэффициентов регрессии существенно меньше значений этих коэффициентов.

Другой способ расчета бокового притока основан на уравнении квазистабилизированного движения воды [2], устанавливающего связь между расходами воды верхнего и нижнего створов на заданном участке реки. В этом случае уравнение для прогноза суточного притока $Q_{бок}(t)$ получает вид:

$$Q_{бок}(t) = \int_0^L q dl = Q_H(t) - Q_B(t-t), \quad (3)$$

где $Q_H(t)$ – расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) в створе плотины Богучанской ГЭС (пос. Сыромолотово, нижний створ); $Q_B(t-t)$ – сбросы Усть-Илимской ГЭС (верхний створ); q – элементарный боковой приток на единицу длины в единицу времени на участке реки Ангары между плотинами Богучанской и Усть-Илимской ГЭС ($\text{м}^3/\text{м}\cdot\text{с}$); L – длина участка Ангары между Усть-Илимской и Богучанской ГЭС; t – сдвиг на время добегания.

Рассчитанный за 1977–1987 гг. по уравнению (3) суточный боковой приток сопоставлен с полученными выше значениями притока по формуле (1). Оказалось, что сдвиг на время добегания t составляет 4 сут, что примерно равно времени добегания на участке реки Ангары от плотины Усть-Илимской ГЭС до пос. Сыромолотово (360 км). Заметим, что весенние расходы воды при подвижках льда и во время ледохода не учитывались из-за низкой точности подсчета стока в пос. Сыромолотово при наличии ледовых явлений.

Расходы бокового притока, определенные по формулам (1) и (3), практически совпадали, что вытекает из подобия условий формирования водного режима рассматриваемых рек-аналогов и подтверждает надежность расчета бокового притока по формулам (1)–(2). Итак, формула (2) может использоваться для расчета бокового притока за период 1977–2012 гг. и в последующие годы.

Разработка методики прогноза бокового притока предусматривает оценку бокового притока по материалам многолетних наблюдений; адаптацию программного обеспечения математической модели прогноза, используемой в сибирских УГМС (модель Д.А. Буракова [3]). Прогноз бокового притока выполнен с применением программного обеспечения математической модели. Принципы построения модели и ее структура показаны на рис. 3–4 [3].



Рис. 3. Принципы построения модели прогноза

Использовались данные о запасах воды в снежном покрове по результатам снегомерных съемок, показатель осеннего увлажнения (сток р. Чадобец за октябрь в предшествующем году), наблюдения за температурой воздуха.

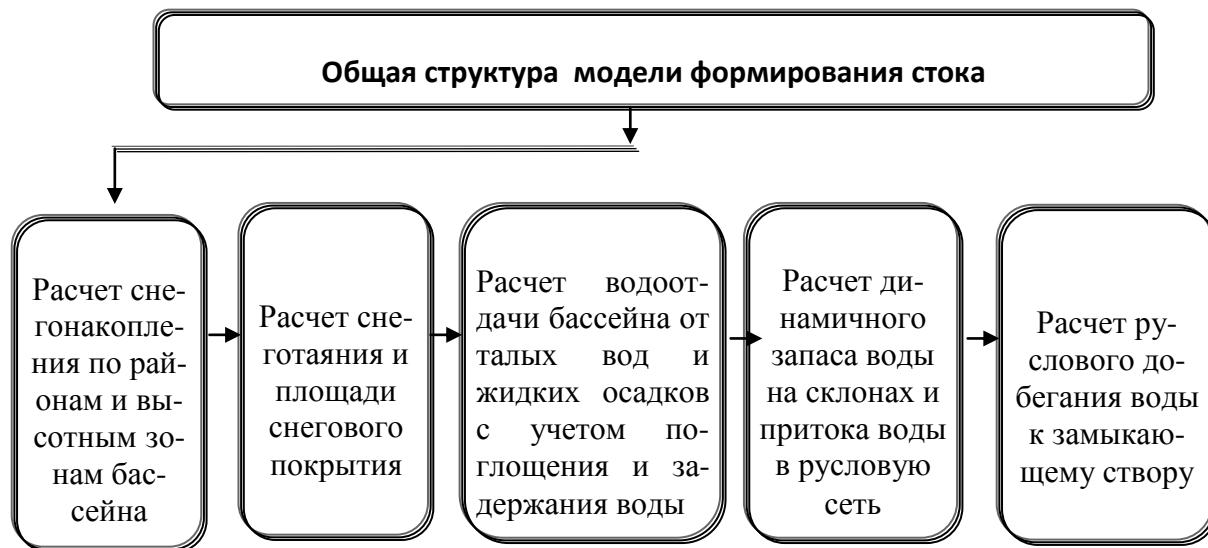


Рис. 4. Структура модели прогноза

Оптимизация неизвестных параметров модели выполнялась по данным многолетних наблюдений, что позволило установить значение скоростей добегания, параметров поглощения и задержания талой и дождевой воды в бассейне, коэффициенты стаивания, высотные градиенты температуры воздуха и осадков и др.

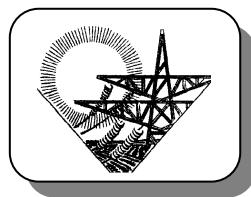
Заключение. Применение модели краткосрочного или среднесрочного прогноза считается эффективным, если средняя квадратичная ошибка прогноза (S) меньше среднего квадратичного отклонения (σ) предсказываемой величины за период заблаговременности прогноза. Приемлемой считается методика прогноза, для которой соотношение S/σ не превышает 0,8, причем при $S/\sigma < 0,5$ качество методики «хорошее», при 0,5–0,8 – «удовлетворительное». При S/σ от 0,8 до 1,0 методика «неудовлетворительная». Расчеты, выполненные по материалам независимых наблюдений, дали критерии качества S/σ от 0,38 до 0,50 при заблаговременности прогноза от 1 до 5 сут, что указывает на «хорошую» оценку качества методики прогнозов.

Выводы

1. Бассейны рек Мура и Чадобец по условиям формирования стока являются репрезентативными аналогами для бассейна бокового притока в Богучанское водохранилище.
2. Используя материалы наблюдений по стоку этих рек, удалось получить ежедневный боковой приток в водохранилище и адаптировать концептуальную математическую модель его краткосрочного прогноза.
3. Полученные оценки качества модели прогноза позволяют рекомендовать её для использования в оперативной практике Гидрометцентра Среднесибирского УГМС.

Литература

1. Раковская Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России. – М.: Владос, 2001. – Ч. 2. – 174 с.
2. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 418 с.
3. Бураков Д.А., Адамович А.А. Долгосрочные прогнозы притока воды в водохранилища Енисейских ГЭС с применением математической модели // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 1. – С. 95–105.



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.365.32

Л.О. Онхонова, С.Д. Гомбожапов

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ АЭРОЖЕЛОБОВ

В статье рассматривается вариант трехканальной конструкции аэрожелоба, предназначенного для проведения процессов активного вентилирования и пневмовыгрузки. Приводится методика расчета основных параметров аэрожелоба.

Ключевые слова: аэрожелоб, активное вентилирование, зерновой ворох.

L.O. Onkhonova, S.D. Gombozharov

ABOUT THE METHODOLOGY FOR CALCULATION OF THE UNIVERSAL AIRSLIDE BASIC PARAMETERS

The variant of the three-channel design of the airslide intended for carrying out the active aeration and pneumatic-unloading processes is considered in the article. The methodology for the calculation of the airslide basic parameters is given.

Key words: airslide, active aeration, grain pile.

Введение. В период массового поступления зерна наибольшую актуальность приобретает обеспечение сохранности качества свежеубранного урожая как на стадиях временного хранения, так и окончательной закладки на длительное хранение. Наиболее целесообразным и экономическим выгодным является использование универсальных трехканальных аэрожелобов, способных в комплексе осуществлять операции сушки, активного вентилирования и пневматической выгрузки зерна. Аэрожелоба представляют собой систему воздухораспределительных коробов различной длины, снабженных перфорированными решетками. Принцип работы аэрожелобов заключается в подведении воздушного потока под напором в воздухораспределительные короба. Во время временного хранения зернового материала в промежутках до направления в сушильное отделение, как обычно, в качестве воздушного потока использовался ночной холодный при активном вентилировании и подогретый в калориферах горячий воздух при сушке. Несмотря на эффективность обработки, использование такого вида энергии сопровождается значительными экономическими затратами. Во многих странах уже имеются целевые государственные программы альтернативных источников производства энергии. В работе [1] сделана попытка получения энергии для сушки зерна гелиосушилкой, разработана лабораторная установка, проведены эксперименты и доказана работоспособность установки.

Цель исследований. Выявление условий функционирования и работоспособности универсальных аэрожелобов в режимах сушки и пневматической разгрузки в условиях подачи агента, разогретого солнечными лучами. В работе основное вниманиеделено режиму пневморазгрузки, наиболее энергоемкому по сравнению с другими операциями (сушкой, активным вентилированием).

Задача исследований. Изучение методики расчета основных параметров универсальных аэрожелобов, способных осуществлять вышеизложенные режимы.

Результаты исследований и их обсуждение. В аэрожелобах при создании условий, когда скорость потока воздуха V_8 становится выше V_{kr} , зерно приобретает свойство псевдоожиженного состояния и перемещается подобно реальной жидкости [2] вдоль оси транспортирующего канала. многими исследователями предпринимались попытки математически моделировать характер движения зерна в таком состоянии. Однако очень сложно, а в большинстве случаев невозможно, пользоваться системой дифференциальных уравнений, описывающих движение реальной жидкости, тем более движение зернового потока.

На практике многими исследователями для разработки методики расчетов подобных случаев приходится пользоваться уравнением Бернулли. В нашем случае для определения потерь напора, скоростей, рас-

ходов и времени истечения псевдоожженного зернового слоя также воспользуемся уравнением Бернулли для реальных жидкостей с рядом допущений.

В универсальных аэрожелобах перемещение зерна идет как в открытом сосуде с боковым истечением, в котором высота перемещаемого зернового слоя имеет переменный равнouбывающий по времени уровень (рис.). Примем перемещение зерна как ламинарное, без скачков и перепадов, движение, считающееся установленным.

Уравнение Бернулли имеет силу и для вертикального, и для горизонтального истечения из сосудов [2].

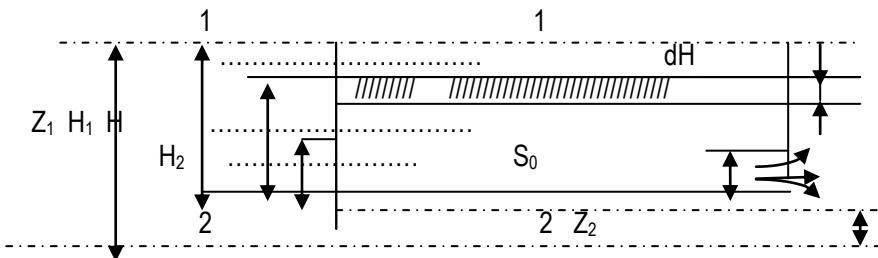


Схема истечения зернового потока под воздействием воздушных струй

Выбрав плоскость сравнения О–О параллельной днищу сосуда, напишем уравнение Бернулли для сечения 1–1, соответствующего верхнему уровню зернового слоя в канале, и сечения 2–2, плоскость которого проходит через самое узкое сечение вытекающей струи:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}$$

где Z_1 и Z_2 – соответственно нивелирная высота (геометрический напор), которая представляет собой удельную потенциальную энергию положения в данной точке (данном сечении);

$\frac{P_1}{\rho g}$ и $\frac{P_2}{\rho g}$ – статический или пьезометрический напор, характеризует удельную потенциальную энергию давления в данной точке (данном сечении);

$\frac{\omega_1^2}{2g}$ и $\frac{\omega_2^2}{2g}$ – скоростной, или динамический напор, характеризует удельную кинетическую энергию в данной точке (данном сечении).

Согласно уравнению Бернулли, гидродинамический напор не меняется при переходе от поперечного сечения 1–1 к сечению 2–2.

Движение зерна по транспортирующему каналу идет согласно открытому каналу, в связи с чем давление в двух сечениях одинаково, т.е. $P_1=P_2$. Давление $P_1=P_2=\Delta P=\rho \cdot g \cdot h_{mp}$,

или $P_1-P_2/\rho \cdot g = \Delta P/\rho \cdot g = h_{mp}$.

При подстановке $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h_{mp}$ в уравнение Пуазейля для ламинарного движения $Q=\pi d^4 \Delta P/128 \mu l$, заменяя расход Q произведением средней скорости потока ω на площадь поперечного сечения отверстия $\pi d^2/4$, получим:

$$\omega \pi d^2/4 = \pi d^4 \rho \cdot g \cdot h_{mp}/128 \mu l$$

Проведя некоторые вычисления, упрощаем уравнение, при котором:

$$h_{mp} = 64/Re \cdot l/d \cdot \omega^2/2g$$

Принято считать $\omega^2/2g = h_{ck}$ скоростным напором, а $64/Re$ – коэффициентом гидравлического трения, или коэффициентом трения, и обозначают в литературе через λ .

Таким образом: $\Delta P_{mp} = \lambda \cdot l/d \cdot \rho \omega^2/2$.

Примем, что при постоянно убывающем уровне зернового слоя скорость в поперечном сечении 2–2 больше, чем в сечении 1–1, $\omega_2 > \omega_1$. Поэтому скорость зерна будем определять для сечения 2–2.

Вследствие небольшого расстояния от плоскости отверстия в стенке канала до плоскости самого узкого сечения струи примем:

$$Z_1 - Z_2 \approx H.$$

Отсюда $\omega_2^2/2g = H$.

Следовательно, $\omega_2 = \sqrt{2gh}$.

Поэтому скорость движения зернового слоя запишется как:

$$\omega_2 = \varphi \sqrt{2gH},$$

где φ – поправочный коэффициент, или коэффициент скорости, которым учитываются потери напора при истечении через отверстие.

Вследствие того, что площадь поперечного сечения струи S_0 в отверстии больше площади ее самого узкого сечения S_2 , скорость ω_0 жидкости в отверстии должна быть меньше, чем ω_2 . Тогда:

$$\omega_0 = \varepsilon \cdot \omega_2 = \varepsilon \cdot \varphi \sqrt{2gH} = \alpha \sqrt{2gH},$$

где $\varepsilon = \frac{S_2}{S_0}$ – коэффициент сжатия струи. Коэффициент α представляет собой коэффициент расхода и выражается произведением коэффициента скорости и сжатия струи:

$$\alpha = \varphi \cdot \varepsilon.$$

Этот коэффициент зависит от величины критерия Re и его значения приведены в справочнике [3].

Объемный расход жидкости равен произведению ее скорости ω_0 в отверстии на площадь сечения S_0 отверстия:

$$V_c = \alpha \cdot S_0 \sqrt{2gH},$$

где H – расстояние от верхнего уровня жидкости до оси отверстия.

Если в это уравнение внести плотность зерна и эквивалент времени, то получим объемную массу зерна за единицу времени:

$$M = 3600 \cdot \alpha \cdot S_0 \cdot \rho \cdot \sqrt{2gH}.$$

Определим время, за которое уровень слоя в емкости опустится от первоначальной высоты H_1 до некоторой высоты H_2 . За бесконечно малый промежуток времени через отверстия вытечет следующий объем жидкости (слоя):

$$dV = V_{cек} \cdot d\tau = \alpha \cdot S_0 \sqrt{2gH} \cdot d\tau,$$

где S_0 – площадь поперечного сечения отверстия в боковой стенке емкости. За этот же промежуток времени $d\tau$ уровень слоя в емкости понизится на бесконечно малую величину dH , и при постоянной площади поперечного сечения S емкости убыль жидкости в нем составит:

$$dV = -SdH.$$

Отрицательный знак в выражении указывает на убыль слоя.

Приравнивая согласно уравнению неразрывности потока эти объемы, получим:

$$\alpha \cdot S_0 \sqrt{2gH} d\tau = -SdH.$$

$$\text{Откуда } d\tau = -\frac{SdH}{\alpha \cdot S_0 \sqrt{2gH}}.$$

Проинтегрируем это выражение, принимая, что коэффициент расхода α постоянен, т.е. не зависит от скорости истечения:

$$\int_0^\tau d\tau = - \int_{H_1}^{H_2} \frac{SdH}{\alpha \cdot S_0 \sqrt{2gH}},$$

$$\tau = \frac{S}{\alpha \cdot S_0 \sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} H^{-1/2} dH = \frac{2S}{\alpha \cdot S_0 \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}).$$

В случае полного опорожнения емкости $H_2=0$ уравнение принимает вид:

$$\tau = \frac{2S\sqrt{H_1}}{\alpha \cdot S_0 \sqrt{2g}}.$$

Таким образом, пользуясь на практике рекомендациями Бернулли, определим потери напора, расход, скорость и время опорожнения зернового слоя в транспортирующем канале универсального аэрожелоба, принятого как открытый сосуд.

Выводы

1. Движение зерна в универсальных трехканальных аэрожелобах псевдоожиженное, с некоторыми допущениями, принятое как установившееся и описываемое уравнением Бернулли.
2. По приведенным формулам определяются основные параметры универсального трехканального аэрожелоба.

Литература

1. Онхонова Л.О., Гомбожапов С.Д., Николаев Г.М. О сушке влажного зерна гелиосушилкой // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 5. – С. 280–283.
2. Основы техники псевдоожижения /Н.И. Гельперин [и др.]. – М.: Химия, 1967. – 305 с.
3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 233 с.



УДК 631.3

A.S. Климов, О.Л. Климова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОЧИСТКИ ГРУНТОВ ОТ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Авторами статьи на основе результатов научных исследований и современных достижений сформированы предпосылки автоматизации процессов очистки грунтов от нефти. Разработана установка для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти.

Ключевые слова: грунты, нефтяные загрязнения, установка, система, автоматическое управление.

A.S. Klimov, O.L. Klimova

THE IMPROVEMENT OF THE INSTALLATION FOR AUTOMATIC CONTROL OF THE PROCESS OF THE SOIL PURIFICATION FROM THE OIL POLLUTION

The prerequisites for the automation of the processes of soil purification from oil are formed by the authors of the article on the basis of the scientific research results and modern achievements. The installation for the automatic control of the process of soil purification from oil is developed.

Key words: soils, oil pollution, installation, system, automatic control.

Введение. Проблемы, связанные с нефтью, значительны и многообразны. Участились разливы нефти при добыче и хранении, а также при транспортировке по морю, рекам и дороге. Экологические проблемы случаются при авариях на нефтепроводах, в результате чего происходят проливы на грунты и водные поверхности. В результате этого загрязняются подземные и поверхностные воды, почва и воздушная среда, т.е. среда обитания живых организмов, в том числе и человека. При продолжительном загрязнении

органическими соединениями происходит деградация земли: изменение функций почвы, снижение природно-хозяйственной значимости земель, ухудшение свойств и режимов природной среды [1].

Данные проблемы привели к решению и созданию различных систем и установок по очистке грунтов от нефтяных загрязнений [2, 3]. Исходя из проблем, необходимо создание комплексного метода рекультивации и очистки земель от нефтепродуктов, а также контроля качества очищаемого материала, что будет удовлетворять предельно допустимые концентрации (ПДК) содержания органических соединений в данной местности. При авариях на нефтепроводах необходимо рассматривать мобильные комплексы по очистке грунтов от нефти, которые доставлялись бы к месту порыва нефтепровода в кратчайшие сроки для устранения последствий аварии.

Цель исследований. Повышение эффективности установки и сокращение по времени процесса очистки грунтов от нефти.

Задачи исследований. Исследовать современные устройства и установки для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти; разработать структурную схему установки для автоматического управления; запатентовать установку.

Методика и результаты исследований. Для решения поставленных задач использовался комплексный подход, включающий в себя анализ и обобщение данных научно-технической литературы по проблеме исследования.

В работе [4] рассмотрена установка для очистки от нефти, нефтепродуктов и нефтяного шлама, содержащая два приемных бункера для загрязненного и адсорбционного материала – целлюлозного волокна, загрузочный приемный бункер с перемешивающим устройством, соединенный со шнековым прессом для отжима смеси нефтяного шлама с адсорбционным материалом, шнековый пресс снабжен бункером для сбора отжатой жидкой фракции и соединен с мельчителем оставшейся твердой фракции, после которого установлены классификатор с бункером для удаления тяжелой фракции из твердой фракции и отделитель с бункером для твердой фракции – целлюлозного волокна.

Недостатком известной установки является ее низкая эффективность в связи с отсутствием системы автоматического управления процессом очистки от нефти, нефтепродуктов и нефтяного шлама, так как пропорциональное смешивание нефтяного шлама и адсорбционного материала, осуществляющее в зависимости от фракции и степени загрязнения материала нефтью, ведется визуально оператором.

Известно устройство для очистки грунтов от нефтяных загрязнений [5], содержащее базовый автомобиль с установленным на нем оборудованием, в состав которого входят загрузочная емкость с постоянным объемом воды и средство загрузки в нее нефтяного шлама, средство механического удаления нефтяных загрязнений и средство выгрузки очищенного материала, при этом загрузочная емкость выполнена в виде цистерны с окнами вверху и с двумя боковыми отсеками для сбора загрязненной жидкости через окна, средство загрузки снабжено гидроманипулятором с эжекторным насосом, средство механического удаления нефтяных загрязнений выполнено в виде акустических излучателей, смонтированных в днище цистерны и подключенных к генератору электрического тока, установленному на базовом автомобиле, средство выгрузки очищенного материала выполнено в виде скребкового конвейера, размещенного в полости цистерны, имеющей окно для выгрузки.

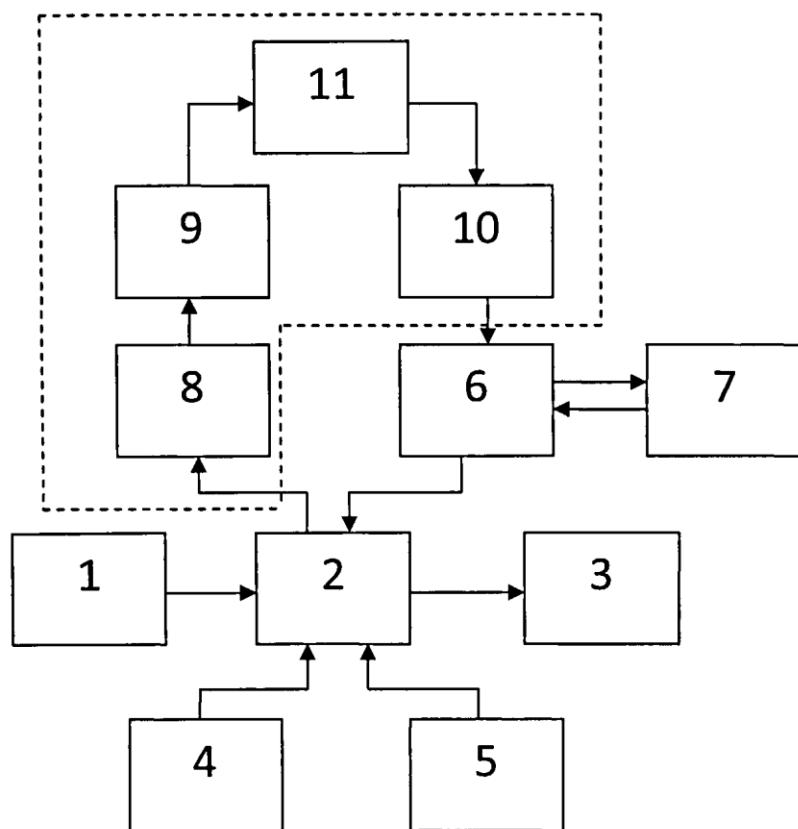
Недостатком устройства является его низкая эффективность, обусловленная тем, что устройство не приспособлено к использованию системы автоматического управления процессом очистки, для контроля и регулирования уровня воды в цистерне в зависимости от фракции и степени загрязнения грунта, что приводит к длительному процессу очистки грунта, перерасходу воды, снижению производительности и ухудшению рабочего процесса по очистке грунта от нефти, а перерасход воды ведет к невозможности использования установки в отдаленных от водоемов местах.

Следовательно, можно сделать вывод о необходимости совершенствования процесса очистки грунтов от нефти за счет применения установки для автоматического управления процессом очистки для экономии, контроля и регулирования уровня воды в загрузочной емкости в зависимости от фракции и степени загрязнения грунта, а также сокращения процесса очистки грунта по времени и увеличения производительности.

Для решения поставленной задачи установка для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти, включающая базовый автомобиль с установленным на нем оборудованием, содержащим загружаемую водой емкость с окнами в верхней части и боковыми отсеками для сбора загрязнений, гидроманипулятор с эжекторным насосом для загрузки в емкость загрязненного материала, средство механического удаления загрязнений в виде акустических излучателей, смонтированных в днище емкости и подключенных к генератору электрического тока, установленному на базовом автомобиле, и средство выгрузки очищенного материала в виде скребкового конвейера, размещенного в полости емкости, имеющей окно для

выгрузки, дополнительно содержит расширительный бак с водой, перекачивающий насос, связывающий расширительный бак с емкостью, и подсистему автоматического управления, контролирующую уровень заполнения емкости водой, содержащую датчики уровня, установленные в емкости, связанное с датчиками устройство ввода для преобразования аналогового сигнала в цифровой, блок управления, связанный с устройством ввода, и устройство вывода для преобразования цифрового сигнала в аналоговый, связанное с блоком управления и с перекачивающим насосом.

На рисунке приведена структурная схема установки для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти.



Структурная схема установки для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти

Установка для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти содержит базовый автомобиль 1 с платформой, на котором установлена емкость 2 с окнами в верхней части и боковыми отсеками для сбора загрязнений, загружаемая водой и загрязненным нефтью грунтом. В днище емкости 2 установлены средства механической очистки 3 в виде акустических излучателей, подключенных к генератору электрического тока (условно не показано). Для загрузки загрязненного грунта в емкость 2 на базовом автомобиле установлен гидравлический манипулятор с закрепленным на конце эжекторным насосом 4. Для выгрузки очищенного грунта емкость 2 снабжена скребковым конвейером 5 и окном. На платформе базового автомобиля установлены перекачивающий насос 6 и расширительный бак 7, связанный с емкостью 2 посредством упомянутого насоса 6. Базовый автомобиль снабжен подсистемой автоматического управления, контролирующей уровень заполнения емкости 2 водой. Подсистема автоматического управления выделена на приведенной схеме (рис.) контуром и содержит датчики уровня воды 8, установленные в емкости 2, связанное с датчиками устройство ввода 9 для преобразования аналогового сигнала в цифровой, устройство вывода 10 для преобразования цифрового сигнала в аналоговый и связанный с устройствами 9 и 10 блок управления 11, при этом устройство вывода 10 связано с перекачивающим насосом 6.

Установка для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти [6] работает следующим образом. Оператор заносит в блок управления 11 необходимые параметры рабочего процесса (степень загрязнения, фракция грунта), после этого подается сигнал на устройство вывода 10, в котором сигнал

преобразуется из цифрового в аналоговый, и включается перекачивающий насос 6, который в свою очередь подает воду из расширительного бака 7 в емкость 2, тем самым заполняя ее в требуемом объеме. О прекращении заполнения емкости 2 водой сигнализируют датчики уровня воды 8, которые подают сигнал на устройство ввода 9, преобразующее сигнал из аналогового в цифровой, далее в блок управления 11. Блок управления в свою очередь через устройство вывода 10 подает сигнал о прекращении подачи воды в емкость 2 на перекачивающий насос 6. Далее с помощью эжекторного насоса 4 загрязненный материал подается в емкость 2, где под действием средств механической очистки 3 в виде акустических излучателей загрязненный материал подвергается очистке от органических соединений. Вследствие разности плотностей загрязнитель всплывает на поверхность воды и через окна в верхней части емкости переливается в боковые отсеки. Далее с помощью скребкового конвейера 5 очищенный материал выводится наружу. Вместе с очищенным материалом наружу выходит и часть воды, в результате чего объем воды в емкости уменьшается. О падении уровня жидкости ниже требуемого сигнализируют датчики уровня 8, которые подают сигнал на блок управления 11 через устройство ввода 9. Блок управления 11 через устройство вывода 10 подает сигнал на перекачивающий насос 6, который заполняет емкость водой в требуемом объеме из расширительного бака 7. Таким образом, цикл повторяется.

Преимущество заявляемого технического решения заключается в осуществлении автоматического контроля и регулирования уровня заполнения водой емкости в зависимости от фракции и степени загрязнения грунта нефтью, в сокращении процесса очистки грунта по времени, в увеличении производительности и эффективности рабочего процесса по очистке грунта от нефти, а также в экономии воды, что способствует работе в отдаленных от водоемов местах по сравнению с работами [4, 5].

Выводы

1. Современные достижения в области автоматизации процессов очистки грунтов от нефти создают предпосылки необходимости проведения дополнительных научных исследований для поиска новых технических решений и разработки устройств управления технологическим процессом.

2. Предложена структурная схема установки для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти.

3. Получен патент на изобретение №2498013 «Установка для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти».

Литература

1. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде: монография. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 208 с.
2. Бобовский А.В. Система контроля очистки грунта от нефти // Молодежь и наука: сб. мат-лов IX Всерос. науч.-техн. конф. студ., асп. и мол. ученых с междунар. участием, посвящ. 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс]. – Красноярск, 2013.
3. Бобовский А.В., Климов А.С. Система автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти // Мат-лы Междунар. науч. форума студ., асп. и мол. ученых стран Азиатско-Тихоокеанского региона [Электронный ресурс] / под науч. ред. С.Ю. Голикова. – Владивосток, 2012. – С. 194–197.
4. Пат. №2426833 С1 Российская Федерация, МПК E02B 15/10, C02F 1/28, C10G25/00. Установка и способ очистки от нефти, нефтепродуктов и нефтяного шлама / А.А. Телесов, А.Н. Телесов; заявл. 08.02.2010; опубл. 20.08.2011, Бюл. 30.
5. Пат. № 78494 U1 Российская Федерация, МПК E01H 15/00. Устройство для очистки грунтов от нефтяных загрязнений / В.М. Приходько, В.А. Зорин, Г.В. Кустарев [и др.]; заявл. 01.07.2008; опубл. 27.11.2008, Бюл. 33.
6. Пат. №2498013 Российская Федерация, МПК E02B 15/04, E02B 15/10, E01H 15/00, C02F 1/36. Установка для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефти / А.В. Бобовский, А.С. Климов, Р.Т. Емельянов [и др.]; заявл. 19.06.2012; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЯНЦЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО ПАРА

В статье представлена конструкция для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара. Приведены теоретические исследования равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности растения, образованной единичными участками конденсированной воды.

Ключевые слова: сеянец, подкормка, смачивание, гидрофильность, краевой угол, конденсат, объем.

V.N. Nevzorov, P.V. Byrdin

THE RESEARCH OF THE DEVICE FOR THE SEEDLING TREATMENT WITH THE USE OF THE SUPERCOOLED STEAM

The unit for the seedling treatment with use of the supercooled steam is presented in the article. The theoretical research of the equilibrium boundary angle of the wetting of the plant heterogeneous surface formed by the single sites of the condensed water is given.

Key words: seedling, additional fertilizing, wetting, hydrophily, boundary angle, condensate, volume.

Введение. Эффективность выращивания сеянцев промышленно ценных хвойных пород деревьев в лесных механизированных питомниках в большей степени зависит от качества выполнения операций по уходу за ними и от технологии подкормки [1, 2]. В качестве подкормок вносятся азотные, калийные и фосфорные удобрения. Подкормки подразделяются на внекорневые и корневые, в сухом виде и в виде водного раствора, причем концентрации не более 0,3 %. Особую эффективность при подкормке будет иметь система подкормок, учитывающая биологические потребности растений. Срок внесения подкормок эффективнее всего определять по наступлению определенных фенофаз у посадочного материала.

Внекорневая подкормка сеянцев хвойных пород деревьев жидкими препаратами является технически сложным и трудоемким процессом, обусловленным не только сложностью геометрической формы объекта обработки, но и плохой смачиваемостью растений водными растворами и отсутствием прочной механической связи при контакте жидкости с поверхностью растений. Плохая смачиваемость характеризуется большим краевым углом смачивания и снижает эффективность обработки сеянцев за счет малой площади контакта капли препарата с поверхностью растения, а отсутствие прочной механической связи при контакте обусловлено низкой адгезией.

Материалы и методы исследований. Учитывая вышесказанное, а также тот факт, что существующее оборудование для нанесения жидких химических препаратов на поверхность растений не отвечает современным техническим и экологическим требованиям [3], было разработано устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара, подана заявка на изобретение и получен патент Российской Федерации [5]. Применение устройства должно повысить эффективность обработки сеянцев хвойных пород жидкими химическими препаратами контактным методом с использованием переохлажденного пара в качестве средства повышения гидрофильности поверхности растений.

Также было разработано устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара [5, 6, 7, 8]. Изобретение относится к лесохозяйственному машиностроению и предназначено для обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами. Данное изобретение решает задачу повышения качества обработки сеянцев. На рис. 1 представлен вид устройства сверху, на рис. 2 – сбоку.

Устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара состоит из герметично-го контейнера, выполненного в виде полого диска 1, подвешенного на центральном кулачковом шарнире 2. Диск 1 связан с корпусом устройства 3, имеющим круглую форму, по средствам восьми пружин 4 и имеет восемь электромагнитов 5, попарно соединенных электропроводами 6 с расположенным напротив восемью электромагнитами 7, установленными на корпусе 3 устройства, жестко соединенном с рамой трактора 8 через полураму 9. Каждая пара расположенных напротив друг друга электромагнитов 5 и 7 соединена через электропровод 10 с реле 11 и источником тока 12. В нижней части диска 1 в несколько рядов по всей окружности через равное расстояние установлены съемные фитили 13 для поддержания многотехнологичности

процесса, заливной клапан 14 для регулирования уровня рабочей жидкости в диске 1. К диску 1 подведен трубопровод 15 для подачи жидкости в полость диска 1.

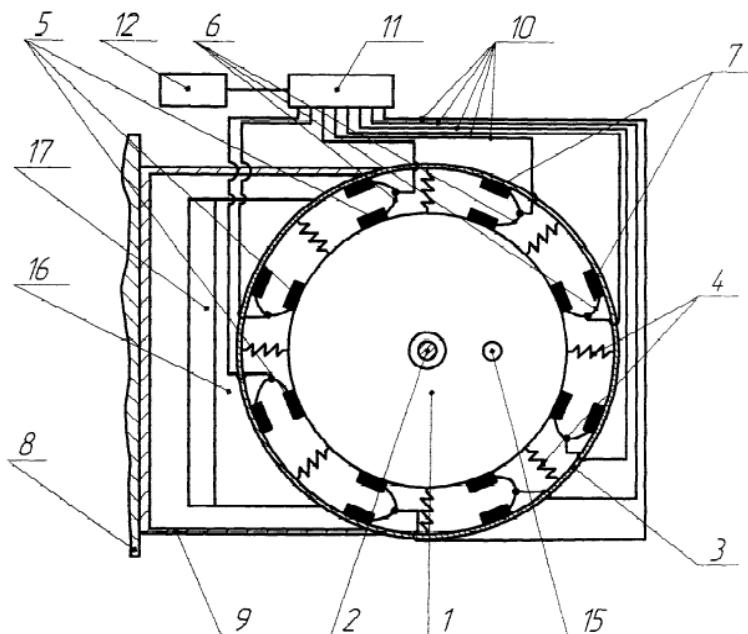


Рис. 1. Вид сверху устройства для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара

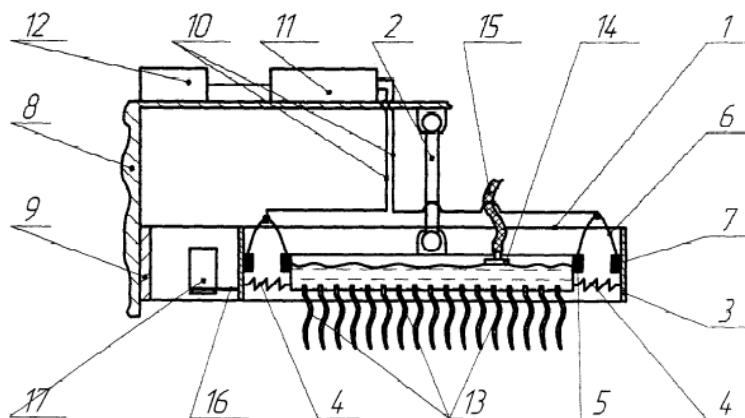


Рис. 2. Вид сбоку устройства для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара

В передней части устройства по ходу трактора имеется пластина 16, жестко соединенная с корпусом 3, на которой смонтирована парогенерирующая установка 17. Устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара работает следующим образом.

При движении машины со смонтированным на ней устройством электрический ток от источника 12 поступает на реле 11, осуществляющее поочередное последовательное включение расположенных напротив друг друга пар электромагнитов 5 и 7, соединенных между собой электропроводами 6. Поочередное включение электромагнитов 5 и 7 приводит к их срабатыванию и отклонению диска 1 в сторону включенной пары электромагнитов 5 и 7, тем самым заставляя диск 1 совершать круговые колебательные движения внутри корпуса 3 устройства по или против часовой стрелки в зависимости от последовательности включения пар электромагнитов 5 и 7 реле 11. Круговые колебания диска 1, амплитуда которых регулируется по средствам пружин 4, передаются фитилям 13, которые обрабатывают сеянцы. Рабочая жидкость из основной емкости через трубопровод 15 подается в полость диска 1, а уровень заполнения полости диска 1 регулируется при помощи заливного клапана 14.

При поступательном движении машины вдоль гряды с сеянцами парогенерирующая установка 17, смонтированная в передней части устройства по ходу трактора на пластине 16, подает сгенерированный и охлажденный до температуры 70°C водяной пар на сеянцы, которые впоследствии обрабатываются фитилями 13. В результате взаимодействия переохлажденного пара с поверхностью растения увеличивается ее гидрофильность, то есть капля рабочей жидкости, нанесенная фитилями 13, растекается по поверхности сеянца с меньшим краевым углом смачивания, чем по сухой поверхности. Это увеличивает площадь обработанной поверхности сеянца без увеличения расхода рабочей жидкости. А круговое колебательное движение диска 1 с установленными на нем фитилями 13 приводит к всестороннему взаимодействию последних с сеянцами, что улучшает качество их обработки.

Результаты исследований и их обсуждение. В ранее проведенных авторами статьи исследованиях было применено уравнение Ребиндера-Касье к описанию способа повышения гидрофильности поверхности сеянцев хвойных пород путем нанесения на твердую поверхность вещества, способствующего увеличению молекулярного притяжения [4, 9]. Получаемая в результате этого гетерогенная поверхность сеянца имеет следующий состав: одна из неоднородных поверхностей является поверхностью растения с краевым углом смачивания $\Theta_{раст}$, а вторая состоит из небольших участков конденсированной воды, имеющей краевой угол смачивания с водорастворимыми растворами $\Theta_{воды} = 0^\circ$.

В результате было получено выражение:

$$\Theta_{обр} = \arccos[\varphi \cdot (1 - \cos \Theta_{раст}) + \cos \Theta_{раст}] \quad (1)$$

где $\Theta_{обр}$ – равновесный краевой угол смачивания гетерогенной поверхности сеянца, получаемой нанесением на поверхность участков воды, °;

φ – относительная доля площади поверхности растения, занимаемая участками конденсата.

Выражение (1) показывает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности растения $\Theta_{обр}$, имеющего на поверхности небольшие участки конденсированной воды от краевого угла смачивания свободной поверхности растения $\Theta_{раст}$ и относительной доли площади растения φ , занимаемой участками конденсата.

Относительная доля площади поверхности растения занимаемая участками конденсата будет равна:

$$\varphi = \frac{S_{конд}}{S_{раст}}, \quad (2)$$

где $S_{раст}$ – площадь поверхности растения;

$S_{конд}$ – площадь растения, занимаемая конденсатом.

Предположив, что единичный участок конденсированной на поверхности воды примет форму полусферы, тогда:

$$S_{конд} = \sum_{i=1}^n S_i^{c\phi}, \quad (3)$$

где $S_i^{c\phi}$ – площадь основания i -го сферического единичного участка конденсата;

n – количество единичных участков конденсации на поверхности растения.

Площадь основания сферического единичного участка конденсата можно определить через площадь круга:

$$S_i^{c\phi} = \pi R_i^2, \quad (4)$$

где R_i – радиус круга i -й сферы.

С другой стороны, объем полусферы зависит от ее радиуса:

$$V_i^{c\phi} = \frac{2}{3} \pi R_i^3. \quad (5)$$

Выразив радиус, получим:

$$R_i = \sqrt[3]{\frac{3 V_i^{c\phi}}{2 \pi}}. \quad (6)$$

Подставив выражение (6) в (4) и проведя математические преобразования, будем иметь:

$$S_i^{c\phi} = \pi \left(\frac{3 V_i^{c\phi}}{2 \pi} \right)^{\frac{2}{3}}. \quad (7)$$

Тогда с учетом формул (3) и (7) выражение (2) примет вид:

$$\varphi = \frac{\pi}{S_{pacm}} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1,5 V_i^{c\phi}}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}}. \quad (8)$$

А выражение (1) преобразуется:

$$\Theta_{oobp} = \arccos \left[\frac{\pi}{S_{pacm}} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1,5 V_i^{c\phi}}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot (1 - \cos \Theta_{pacm}) + \cos \Theta_{pacm} \right]. \quad (9)$$

Уравнение (9) выражает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности сеянца, получаемой нанесением на поверхность переохлажденного пара от краевого угла смачивания растения, площади его поверхности и суммарного объема единичных участков конденсата.

Теоретические исследования данного выражения позволили получить значения равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности сеянца кедра сибирского, получаемой нанесением на нее переохлажденного водяного пара в зависимости от технических характеристик пара и продолжительности его воздействия на поверхность. Результаты вычислений представлены в таблице. В процессе исследований краевой угол смачивания Θ_{pacm} был принят равным 69° [4].

Равновесный краевой угол смачивания гетерогенной поверхности сеянца кедра сибирского

Равновесный краевой угол смачивания, °	Объем единичного участка конденсированной воды, мм ³	Количество участков конденсации на поверхности растения
5-15	1,4-0,8	60-40
15-25	1,2	40
25-35	1-0,6	80-40
35-45	0,8-0,2	80-40
45-55	1-0,2	60-20
55-65	0,6-0,2	40-20

Согласно проведенным исследованиям, наилучшим показателям гидрофильности гетерогенной поверхности сеянца кедра сибирского соответствует объем единичного участка конденсированной воды, равный 1,4 мм³, и количество единичных участков конденсации на поверхности растения, равное 60.

Выводы

1. Для улучшения качества обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами было разработано устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара [5].
2. Полученное уравнение выражает зависимость равновесного краевого угла смачивания гетерогенной поверхности сеянца, получаемой нанесением на поверхность переохлажденного пара от краевого угла смачивания растения, площади его поверхности и суммарного объема единичных участков конденсата.
3. Наилучшим показателям гидрофильности гетерогенной поверхности сеянца кедра сибирского соответствует объем единичного участка конденсата, равный 1,4 мм³, и количество единичных участков конденсации на поверхности растения, равное 60.

Литература

1. Бырдин П.В., Невзоров В.Н. Ресурсосберегающая технология и оборудование для обработки сеянцев в лесных питомниках // Инновации в науке и образовании: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы Всерос. очно-заоч. науч.-практ. и науч.-метод. конф. с междунар. участием. – Красноярск, 2011. – С. 159–164.
2. Бырдин П.В., Невзоров В.Н. Разработка устройства для объемной обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами с использованием переохлажденного пара // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы Междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск, 2011. – С. 125–129.
3. Бырдин П.В., Ренькас Я.Г. Контактная обработка сеянцев хвойных пород в лесных питомниках // Тр. Братского гос. ун-та. Сер. Естественные и инженерные науки. – 2013. – С. 97–99.
4. Бырдин П.В. Теоретико-экспериментальные исследования гидрофильности хвои кедра сибирского // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 2. – С. 179–182.
5. Пат. №2386240 Российской Федерации, МПК⁷ A 01 G 13/00. Устройство для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара / П.В. Бырдин, В.Н. Невзоров, С.М. Сыромаха [и др.]; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 09.04.2009; опубл. 20.04.2010, Бюл. № 11.
6. Пат. №132677 Российской Федерации, МПК⁷ A 01 G 13/00. Устройство для обработки сеянцев жидкими препаратами / П.В. Бырдин, С.С. Клюс, Я.Г. Ренькас; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 12.02.2013; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.
7. Пат. №132678 Российской Федерации, МПК⁷ A 01 G 13/00. Устройство для обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами / П.В. Бырдин, С.С. Клюс, Я.Г. Ренькас [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 26.02.2013; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.
8. Пат. № 2525602 Российской Федерации, МПК⁷ G 01 N 13/00. Способ определения краевого угла смачивания хвои предварительно обработанной водяным паром / П.В. Бырдин, С.С. Клюс, О.И. Медведева [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»; заявл. 26.03.2013; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 25.
9. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. – М.: Академия, 2007. – 240 с.



ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАЛОГАБАРИТНОГО КОЛЕСНОГО АВТОТРАКТОРА

В статье рассматривается малогабаритный колесный автотрактор, который может использоваться для транспортных и тяговых работ в хозяйствах малых форм. Дано методика расчета динамической характеристики автотрактора, приведен вариант динамического паспорта.

Ключевые слова: автотрактор, касательная сила тяги, рейсовая нагрузка, динамический паспорт.

A.S. Voynash, S.A. Voynash

TRACTION-DYNAMIC CALCULATION OF THE SMALL-SIZED WHEELED AUTOTRACTOR

The small-sized wheeled autotractor that can be used for the transport and traction works in the small form-farms is considered in the article. The calculation methodology of the autotractor dynamic characteristics is given, the variant of the dynamic passport is presented.

Key words: autotractor, traction tangent force, trip loading, dynamic passport.

Введение. С развитием малых форм хозяйствования в агропромышленном секторе России важной задачей стало обеспечение потребности сельхозпроизводителей малогабаритной техникой, предназначенной для механизации неэнергоемких сельскохозяйственных и погрузочно-транспортных операций. Рядом организаций страны (НАМИ, МГАУ имени В.П. Горячкina и др.) предложены конструкции колесных машин (тракторомобилей, автотракторов), способных выполнять как тяговые, так и транспортные работы [1, 2, 3].

В Рубцовском индустриальном институте (филиале) ФГБОУ ВПО “Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова” (РИИ АлтГТУ) разработан малогабаритный колесный автотрактор ЭМ-0,6 с двигателем мощностью 21 кВт, предназначенный для выполнения целого ряда транспортных и тяговых работ в крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйствах [4, 5, 6, 7]. Компоновка автотрактора с передним расположением кабины и наличием свободной зоны в средней и задней частях рамы обеспечивает установку в этой зоне самосвального кузова грузоподъемностью 1 т, а заднее универсальное навесное устройство с гидроприводом позволяет управлять не только самосвальным кузовом, но и навесными сельскохозяйственными орудиями, например, плугом (рис. 1).

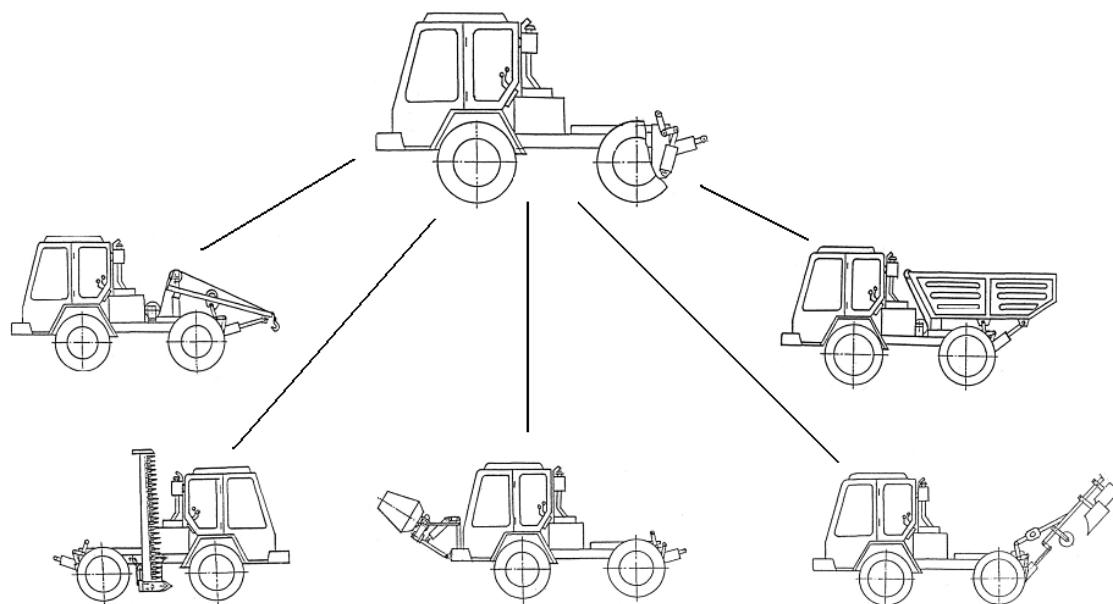


Рис. 1. Схема агрегатирования колесного автотрактора

Цель исследований. Помочь сельхозпроизводителю, применяющему автотрактор ЭМ-0,6, в определении нагрузочных параметров, соответствующих режимам наиболее эффективного использования машины в конкретных эксплуатационных условиях крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйств.

Задачи исследований. Разработка достаточно простых номограмм, графически связывающих основные нагрузочные параметры автотрактора ЭМ-0,6 с характеристиками типичных условий эксплуатации.

Методика и результаты исследований. Наличие транспортных и тяговых эксплуатационных режимов говорит о том, что автотрактор ЭМ-0,6 занимает промежуточное положение между грузовым автомобилем и сельскохозяйственным трактором. Поэтому при тяговых расчетах могут использоваться методы как теории автомобиля (динамическая характеристика), так и теории трактора (тяговая характеристика).

В теории автомобиля широко используется метод динамической характеристики, заключающийся в построении зависимости динамического фактора от скорости движения. Динамический фактор автомобиля рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G}, \quad (1)$$

где P_k – касательная сила тяги, кН; P_w – сопротивление воздуха, кН; G – вес машины, кН.

Вес G рассчитывается по формуле:

$$G = G_{\Theta} + Q, \quad (2)$$

где G_{Θ} – эксплуатационный вес автотрактора, $G_{\Theta} = 19,1$ кН; Q – рейсовая нагрузка, кН.

Для автотрактора, имеющего максимальную скорость до 50 км/ч, с погрешностью вычислений не более 2 % можно принять $P_w \approx 0$. Тогда

$$D = P_k / G. \quad (3)$$

Касательная сила тяги может быть рассчитана двумя способами: “по условиям движения” и “по двигателю”.

Для расчета касательной силы тяги “по условиям движения” рассмотрим силы, действующие на автотрактор при равномерном движении на подъеме, представленные на рис. 2.

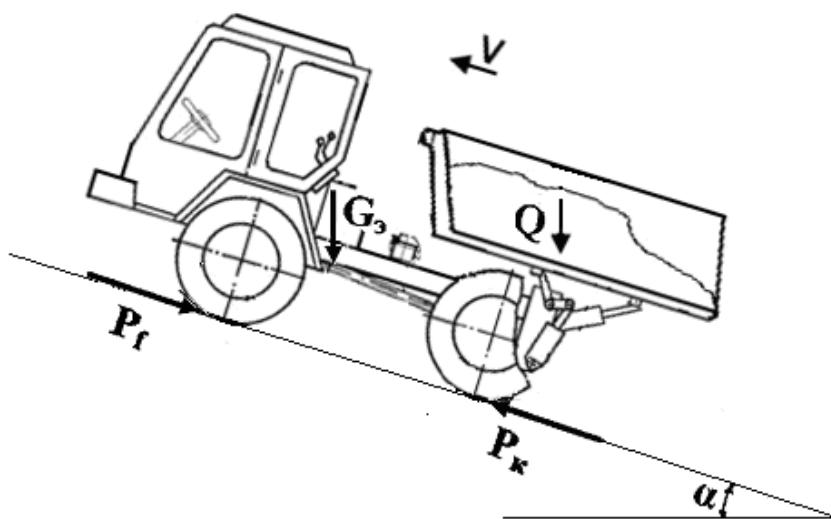


Рис. 2. Схема к расчету касательной силы тяги автотрактора

Уравнение тягового баланса имеет вид:

$$P_k = P_f + (G_s + Q) \cdot \sin \alpha = f(G_s + Q) \cdot \cos \alpha + (G_s + Q) \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

где P_f – сила сопротивления качению, кН; f – коэффициент сопротивления качению автотрактора; α – угол уклона местности.

Выражение для динамического фактора принимает вид:

$$D = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha. \quad (5)$$

Результаты расчетов динамического фактора и потребной касательной силы тяги для типичных условий эксплуатации автотрактора представлены в таблице.

Параметры условий эксплуатации автотрактора

Условия эксплуатации	f	α , градус	D	P_k , кН	
				$Q = 0$ кН	$Q = 10$ кН
Легкие	0,02-0,05	0-5	0,02-0,137	0,39-2,69	0,59-4,03
Средние	0,05-0,1	0-10	0,05-0,272	0,98-5,34	1,47-8,01
Тяжелые	0,1-0,2	0-15	0,1-0,452	1,96-8,87	2,94-13,29

С учетом данных таблицы были предварительно выбраны передаточные числа трансмиссии автотрактора.

Выражая P_k через параметры двигателя, трансмиссии и ходовой части, можно получить для автотрактора:

$$D = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{G \cdot r_k}, \quad (6)$$

где M_e – крутящий момент, снимаемый с коленвала двигателя, кН·м; i_{mp} – передаточное число трансмиссии; η_{mp} – КПД трансмиссии; r_k – радиус качения ведущего колеса автотрактора, м.

Расчет скорости движения автотрактора проводится по формуле:

$$V = 3,6 \cdot \frac{n_e \cdot r_k \cdot \pi}{30 \cdot i_{mp}}, \quad (7)$$

где n_e – частота вращения коленвала двигателя, мин^{-1} .

Для расчетов по формулам (6)–(7) необходимо знание внешней скоростной характеристики двигателя. При отсутствии экспериментальных данных проводится теоретический расчет внешней скоростной характеристики двигателя по формулам, рекомендуемым в теории двигателя. Результаты расчетов представляются графически в виде так называемой динамической характеристики “по двигателю”.

Результаты расчетов по формуле (5) представляются графически в виде так называемой динамической характеристики “по условиям движения”. Объединяя обе динамические характеристики, можно получить динамический паспорт.

Динамический паспорт автотрактора ЭМ-0,6 конструкции РИИ АлтГТУ (рис. 3), построенный при номинальной рейсовой нагрузке, содержит два квадранта:

- в правом квадранте представлена динамическая характеристика “по двигателю”;

- в левом квадранте представлены зависимости динамического фактора от угла подъема местности и коэффициентов сопротивления движению при легких, средних и тяжелых условиях (динамическая характеристика "по условиям движения").

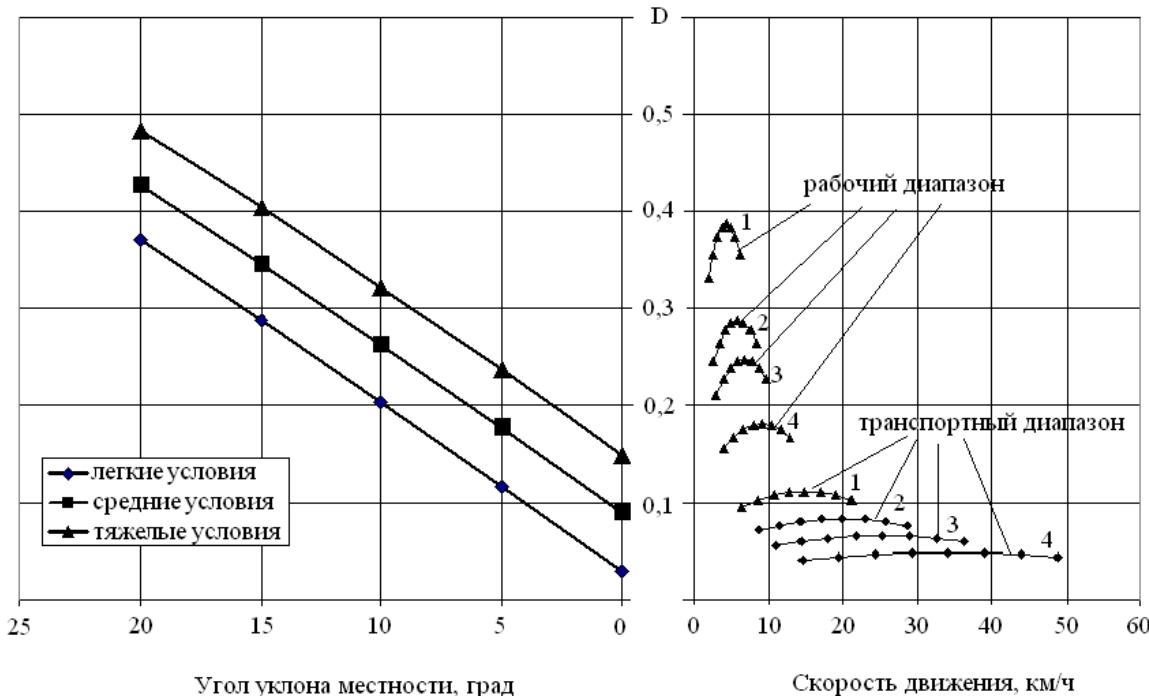


Рис. 3. Динамический паспорт автотрактора при номинальной рейсовой нагрузке

При равенстве значений динамического фактора, взятых в правом и в левом квадрантах, автотрактор движется равномерно с данной скоростью в заданных условиях. Так, наглядно видно, что движение автотрактора с номинальной рейсовой нагрузкой в средних условиях возможно при уклоне местности 16° (включена первая передача рабочего диапазона трансмиссии).

Очевидно, что в реальных условиях автотракторы могут эксплуатироваться с рейсовыми нагрузками, уровень которых меньше номинальных. При этом для анализа эксплуатационных режимов целесообразно использовать усовершенствованный вариант динамического паспорта автотрактора (рис. 4), в котором наряду с динамическими характеристиками "по двигателю" и "по условиям движения" содержится номограмма нагрузки (левый квадрант).

Номограмма нагрузок построена следующим образом. Параллельно оси абсцисс динамической характеристики влево от шкалы D отложен отрезок произвольной длины. На этом отрезке нанесена шкала нагрузки в процентах. Через нулевую точку шкалы нагрузок проведена прямая, параллельная оси D , и на ней нанесена шкала динамического фактора D_0 для автотрактора без нагрузки. Масштаб для этой шкалы определен по формуле:

$$a_O = a \cdot M_0 / M_{\mathcal{E}}, \quad (8)$$

где a_0 – масштаб шкалы динамического фактора для автотрактора без нагрузки; a – то же для автотрактора с полной нагрузкой; M_0 – собственная масса автотрактора в снаряженном состоянии, кг; $M_{\mathcal{E}}$ – полная масса автотрактора с учетом номинальной рейсовой нагрузки, кг.

Равнозначные деления шкал D и D_0 (например, 0,1; 0,2 и т.д.) соединены прямыми линиями.

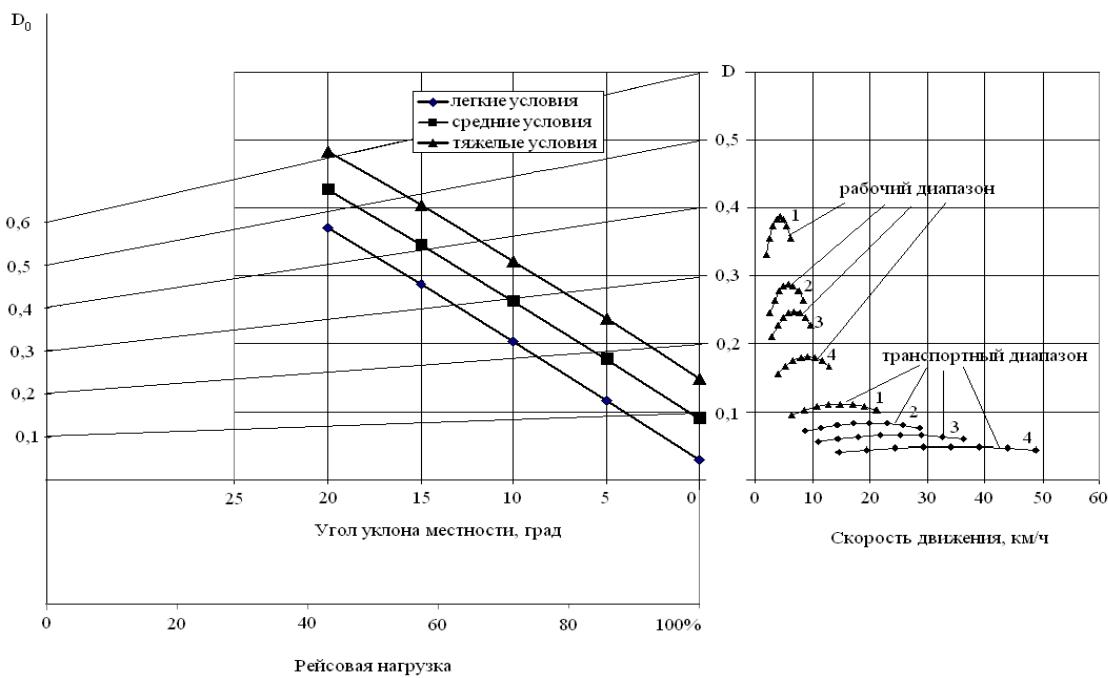


Рис. 4. Динамический паспорт автотрактора с номограммой рейсовой нагрузки

Используя динамический паспорт с номограммой рейсовой нагрузки, можно определить, например, что равномерное движение автотрактора ЭМ-0,6 в средних условиях при угле уклона местности 16° возможно при нагрузке, равной 40 % от номинальной, на второй передаче рабочего диапазона трансмиссии, а при нагрузке 20 % от номинальной – на третьей передаче того же диапазона.

Заключение. На основе положений теории автомобиля с учетом конструктивных данных колесного автотрактора ЭМ-0,6 выполнены необходимые расчеты и построены графики динамических характеристик “по двигателю” и “по условиям движения”. Проведено объединение названных динамических характеристик в динамический паспорт автотрактора.

Предложен усовершенствованный вариант динамического паспорта с номограммой рейсовой нагрузки, позволяющий формулировать практические рекомендации по величинам рейсовых нагрузок и скоростям движения автотрактора ЭМ-0,6 при транспортировке грузов в конкретных эксплуатационных условиях крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйств.

Литература

- Батуев Ц.Т., Хлебодаров И.Д., Пехутов А.С. Перспективные транспортно-технологические машины для сельского хозяйства // Вестн. Бурят. гос. с.-х. академии им. В.Р. Филиппова. – 2013. – № 3. – С. 147–150.
- Ганжа В.А., Кайзер Ю.Ф., Ковалевич П.В. Универсальные транспортно-технологические машины для сельского хозяйства // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 8. – С. 137–142.
- Дзоценидзе Т.Д. Особенности товаропроизводства в КФХ и ЛПХ и создание грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 5. – С. 3–8.
- Войнаш С.А., Войнаш А.С. Анализ концептуальных подходов к решению проблемы механизации работ в крестьянских (фермерских) хозяйствах // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 3. – С. 51–55.
- Войнаш С.А., Войнаш А.С. Транспортно-технологическая машина для внесения органических удобрений // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 12. – С. 12–14.
- Войнаш С.А., Войнаш А.С., Жарикова Т.А. Пахотный агрегат на базе малогабаритного автотрактора // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 8. – С. 15–16.
- Войнаш С.А., Войнаш А.С. Особенности проектирования колесного малогабаритного трелевочного трактора // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 11. – С. 21–23.



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕСТОМЕСИЛЬНОЙ МАШИНЫ
С ОБЪЕМНО-ВИНТОВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

В статье рассмотрены вопросы совершенствования основных параметров технологического оборудования, предназначенного для смешивания гетерогенных составов с целью получения пищевого полуфабриката «тесто».

Ключевые слова: замес теста, тестомесильная машина, объемно-винтовой рабочий орган.

I.V. Matskevich, V.N. Nevzorov, N.P. Bratilova

**DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE DOUGHING MACHINE
WITH THE VOLUMETRIC-SCREW WORKING BODY**

The issues of the key parameter improvement of the technological equipment intended for mixing of the heterogeneous compositions with the purpose of receiving the food semi-finished product "dough" are considered in the article.

Key words: dough kneading, doughing machine, volumetric-screw working body.

Введение. Тестомесильная машина – вид технологического оборудования, предназначенного для приготовления смесей из исходных компонентов, находящихся в одинаковом или различном агрегатном состоянии. В технологии пищевых производств различают два способа перемешивания: механическое и пневматическое. Выбор способа и метода перемешивания обуславливается агрегатным состоянием перемешиваемых продуктов и технологическими требованиями к полученным смесям.

Цель исследований. Совершенствование технологии замеса хлебопекарного теста на основе разработанного и запатентованного технологического оборудования.

Задачи исследований. Разработка нового высокоеффективного и энергоресурсосберегающего технологического оборудования для замеса хлебопекарного теста.

Методика и результаты исследований. Процесс замеса теста является важнейшей и сложной технологической операцией, от качества выполнения которой в значительной степени зависит дальнейший ход всего технологического процесса выпечки хлеба и хлебобулочных изделий.

В состав теста входят основные составные компоненты (мука, вода, дрожжи, соль), количество которых определяется производственной рецептурой, имеющей свою технологию приготовления теста в зависимости от наименования получаемой продукции.

Замес теста может быть осуществлен при различной затрате энергии, т.е. с различной интенсивностью механической обработки теста в месильной машине. При интенсивном замесе микромолекулы клейковины частично дезагрегируются, но затем их структура перестраивается за счет разрыва одних и образования других связей, что улучшает эластичность теста. Интенсивность механического воздействия месильно-перемешивающих лопастей на обрабатываемый продукт характеризуется главным образом скоростью их относительного движения и поверхностью рабочих инструментов.

Для приготовления теста лопасти должны совершать более сложное движение, обеспечивая и равномерное распределение всех компонентов в общем объеме, и проработку теста, и его пластификацию.

Выполненный анализ существующих конструкций современного серийно выпускаемого технологического оборудования для замеса теста, а также конструкций тестомесильных машин, защищенных патентами, показал, что наиболее широко используются в России и за рубежом конструкции тестомесильных машин, приведенные на рис. 1.

Исследования процесса замеса теста в существующем оборудовании показали, что при вращении рабочего органа с месильными лопастями происходит подъем теста вдоль стенок дежи, что приводит к образованию воронки.

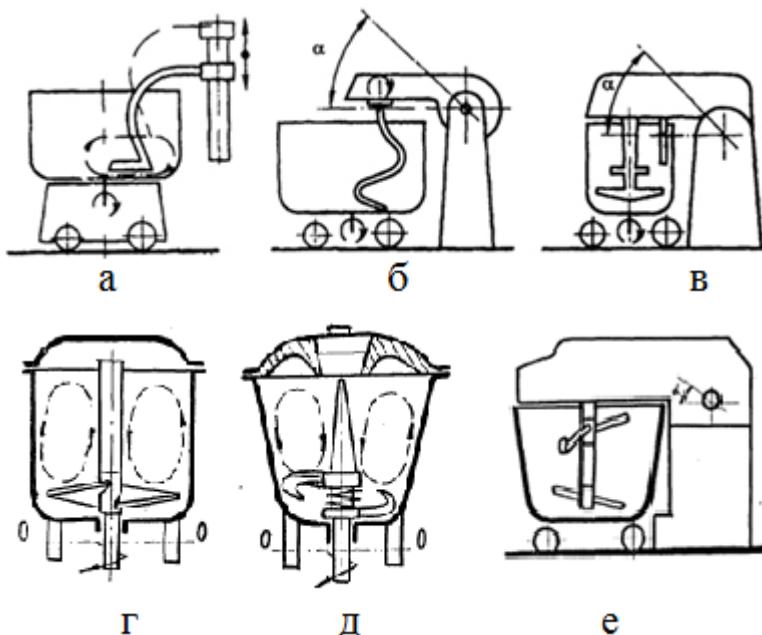


Рис. 1 . Схемы тестомесильных машин: а – машина с месильной лопастью, совершающей криволинейное пространственное движение по замкнутой кривой в виде эллипса; б – машина со спиралеобразной месильной лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси; в – машина с четырехпальмой месильной лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси, и одной неподвижной вертикальной лопастью; г – машина с установленными на валу двумя прямыми или изогнутыми лопастями; д – машина с установленными лопастями на различной высоте; е – машина с лопастями, установленными на разных уровнях

Выполненные ранее исследования [1, 2] показали, что при конструировании перемешивающих устройств определяют производительность, длительность процесса перемешивания, потребляемую энергию и мощность электродвигателей, проводят прочностные и конструктивные расчеты основных узлов и механизмов с использованием схемы, приведенной на рис. 2.

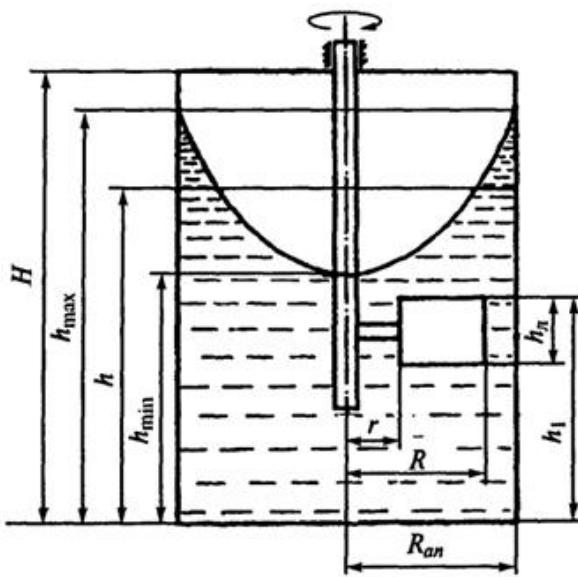


Рис. 2. Рабочая схема лопастного смесителя: H – высота аппарата; h_{\max} – максимальная высота перемешиваемой массы в аппарате; h – уровень в спокойном состоянии ; h_{\min} – минимальная высота массы в аппарате ; r – радиус вращения внутреннего края лопасти ; R – радиус вращения наружного края лопасти; R_{an} – радиус аппарата; h_1 – расстояние от дна дежи до верхнего края лопасти; h_n – высота лопасти

Уровень жидкости в спокойном состоянии h (м) определяется по формуле:

$$h = \frac{V}{\pi R_{an}^2},$$

где V – объем жидкости, м³; R_{an} – радиус аппарата, м.

Пределная угловая скорость вращения лопасти ω_{nb} (рад/с), при которой жидкость в емкости разме-рами R_{an} и H , м, налитая до уровня h , не выплеснулась через край емкости (условие невыплескивания жид-кости из аппарата) будет равна:

$$\omega_{nb} < (2/R_{an})\sqrt{g(H-h)}.$$

Пределная угловая скорость вращения лопасти ω_0 (рад/с), при которой будет выполнено условие необнажения дна аппарата, определяется как

$$\omega_0 = 2\sqrt{h/R_{an}}.$$

Определив ω_{nb} , ω_{nl} и ω_0 , выбираем $\omega_{раб}$ (рад/с).

Максимальная высота перемешиваемой массы в аппарате h_{max} (м) (рис. 2)

$$h_{max} = h + (\omega_{раб}^2 R_{an}^2 / 4g),$$

тогда высота аппарата H (м)

$$H = h_{max} + K,$$

где K – некоторый запас высоты, м.

Минимальная высота в аппарате h_{min} (м), при которой процесс будет протекать нормально, равна

$$h_{min} = h - (\omega_{раб}^2 R_{an}^2 / 4g).$$

Для того чтобы верхний край лопасти не оказался выше уровня воронки, нижний уровень h_{min} воронки в центре должен быть выше плоскости верхнего края лопасти h_1 :

$$h_{min} > h_1.$$

Таким образом, при проектировании тестомесильных машин для обеспечения технологического про-цесса тестомешения необходимо обеспечивать высоту рабочей зоны дежи дополнительной резервной вы-сотой h_p , равной

$$h_p = H - h_{min}.$$

Ввод в конструкцию дополнительной резервной высоты h_p увеличивает объем дежи на величину V_p , определяемую по формуле:

$$V_p = \pi R^2 H,$$

где R – радиус основания проектируемой дежи; H – высота дежи; π – математическая константа.

Собранный статистический материал при работе тестомесильных машин в производственных условиях позволил построить кривую убыли дополнительной резервной высоты h_p в зависимости от диаметра дежи (рис. 3).

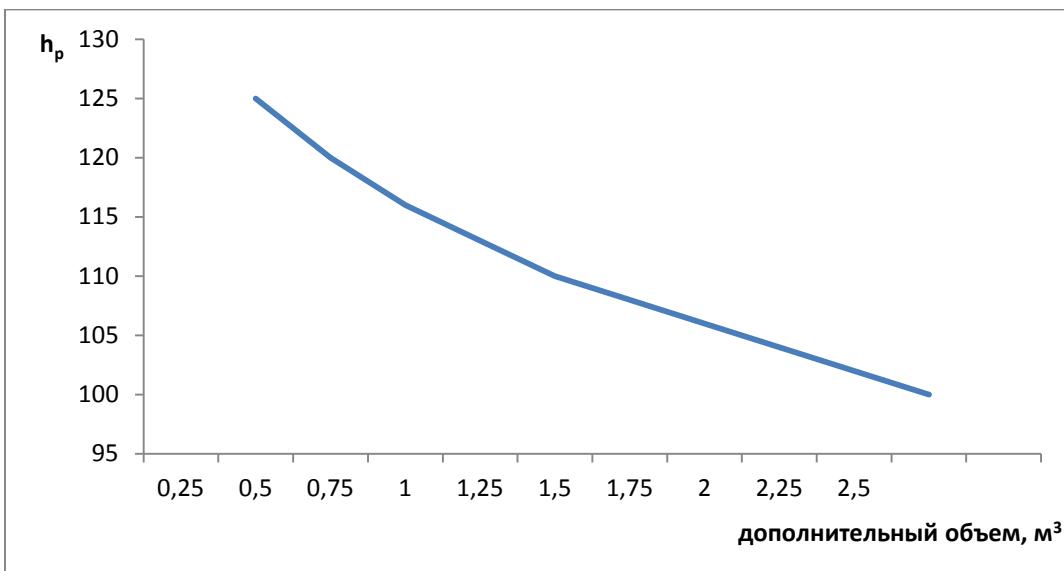


Рис. 3. Кривая убыли дополнительной резервной высоты h_p в зависимости от диаметра дежи

Изменение дополнительного объема дежи V_p в зависимости от проектируемой резервной высоты дежи h_p представлено на рис. 4.

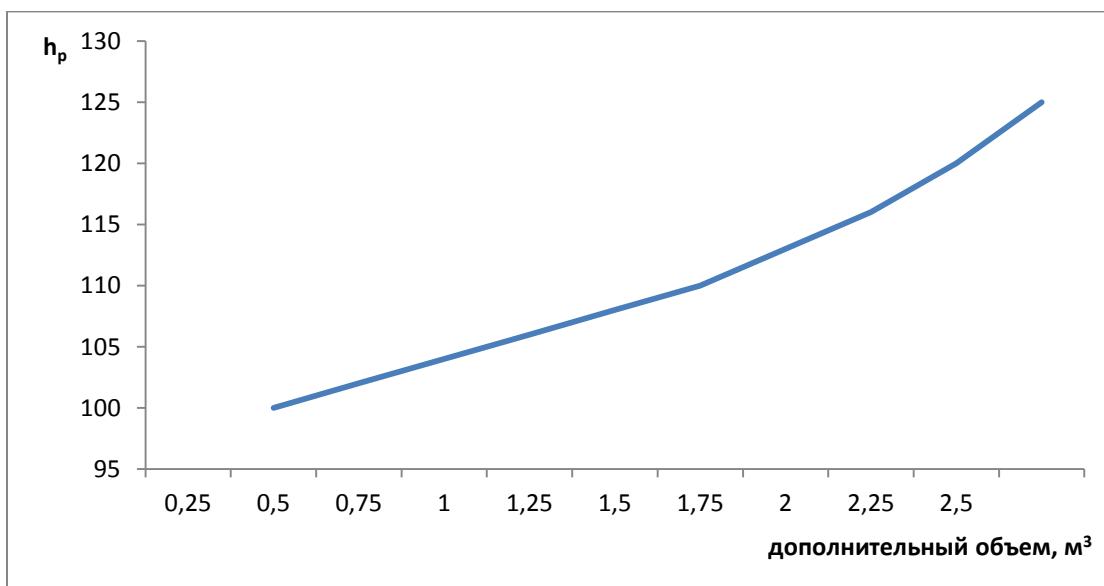


Рис. 4. Зависимость дополнительного объема дежи V_p от проектируемой резервной высоты дежи h_p

Выполненные научные исследования по изменению резервной высоты h_p и изменения дополнительных величин дежи по объему V_p были учтены при разработке малогабаритного и малотоннажного оборудования при комплектовании мини-пекарен для отдельных районов Крайнего Севера.

Конструкция проектируемых тестомесильных машин, предназначенных для мини-пекарен, должна исключить создание резервного запаса дежи по высоте с условием $h_p \rightarrow 0$.

С целью устранения данного конструктивного недостатка, приводящего к увеличению габаритных размеров с образованием воронки, были выполнены научно-практические исследования по изменению траектории движения перемешиваемой массы в деже путем устранения воронки и скопления перемешиваемой массы к центру дежи, что достигается в разработанной конструкции тестомесильной машины (рис. 3), на которую был получен патент Российской Федерации №2379893 «Тестомесильная машина» [3]. Схема лопастного рабочего органа смесителя тестомесильной машины приведена на рис. 5.

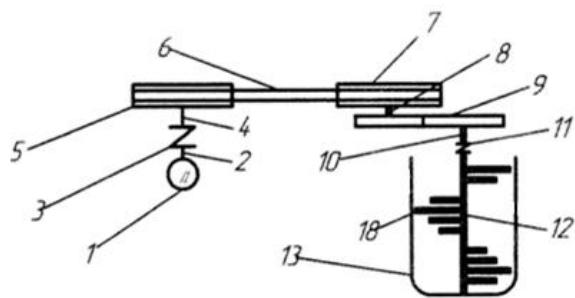


Рис. 5. Тестомесильная машина

Тестомесильная машина содержит электродвигатель 1, вал 2 которого соединен с соединительной муфтой 3, имеющей выходной вал 4, на котором установлен шкив 5. В свою очередь шкив 5 соединен со шкивом 7, установленным на валу 8, цилиндрического редуктора 9, вал 10 которого в свою очередь соединен с предохранительной муфтой 11, в которую входит месильный орган 12, выполненный в виде установленного по центру дежи 13 врачающегося вала, на котором по винтовой линии сверху вниз установлены сменные месильные лопасти 18 одинаковой длины, но разные по диаметру.

Машина работает следующим образом. В дежу 13 засыпают компоненты для замеса, включают электродвигатель 1, который передает крутящий момент на вал 2, на соединительную муфту 3, которая в свою очередь соединена с валом 4, на конце которого установлен шкив 5, с помощью клиноременной передачи передает вращение на шкив 7. Вал 8 передает крутящий момент от шкива 7 на цилиндрический редуктор 9, который передает крутящий момент на вал 10, имеющий предохранительную муфту 11, которая вращает месильный орган 12.

Смешивание теста происходит в машине за счет вращения месильного органа 12, на котором расположены по винтовой линии одинаковой длины месильные лопасти 18, но разные по диаметру. В месильные лопасти 18 по внутренней резьбе 17 ввернуты шпильки с наружной резьбой 15, на которые надеваются установочные шайбы 16, и далее шпильки вворачиваются в отверстия с внутренней резьбой 14 месильного органа 12, что обеспечивает качественное перемешивание теста при замесе и увеличивает производительность.

Для проведения эксперимента по замесу теста была изготовлена экспериментальная опытная тестомесильная установка (рис. 6), позволяющая производить замес теста по объемно-винтовому способу.

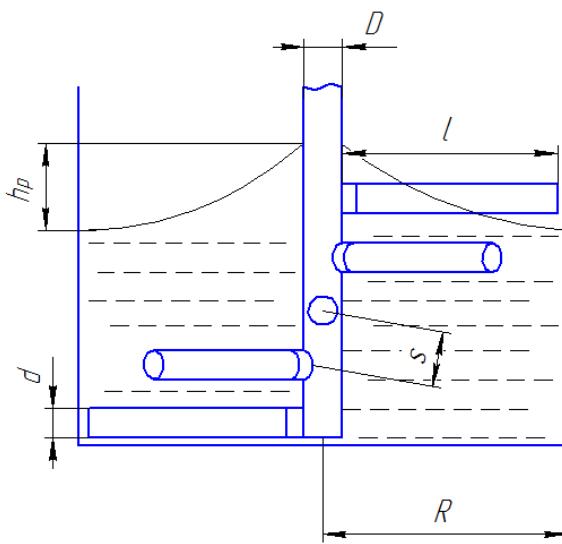


Рис. 6. Схема экспериментально-опытного объемно-винтового рабочего органа: D – диаметр месильного вала; l – длина лопасти; s – шаг установки лопастей на месильном валу; d – диаметр лопасти; R – радиус дежи; h_p – резервный запас дежи по высоте

Заключение. Выполненный научный анализ существующих конструкций тестомесильных машин показал, что для обеспечения технологической работоспособности при их проектировании устанавливают ре-

зервный запас объема дежи, что намного увеличивает стоимость изготовления тестомесильных аппаратов из нержавеющей стали. Путем анализа технической и патентной литературы был предложен новый способ перемешивания теста на основе винтового месильного органа, обеспечивающего объемно-винтовое перемешивание замешиваемой массы. Выполненные исследования позволили определить изменение кривой в зависимости от дополнительного объема и резервной высоты дежи.

Литература

1. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т. Антипов [и др.]: учеб. для вузов / под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 703 с.
2. Кошевой Е.П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 232 с.
3. Пат. № 2379893 Российская Федерация, МПК A21C1/02. Тестомесильная машина / В.Н. Невзоров, И.В. Мацкевич; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Краснояр. гос. аграр. ун-т»; заявл. 1317.06.08; опубл. 27.01.08.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, В.Н. Запрудский, Ю.Н. Макеева

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ АГРЕГАТОВ И УДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ НА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

В статье обоснованы модели и алгоритм оптимизации диапазона рабочих скоростей почвообрабатывающих агрегатов. Установлены рациональные скоростные режимы использования агрегатов и удельные параметры тракторов для операционных технологий основной обработки почвы.

Ключевые слова: оптимизация, параметр, энергетический баланс, трактор, скорость, энергонасыщенность, тяговый режим, эквивалент, энергозатраты.

N.I. Selivanov, V.N. Zaprudskiy, Yu.N. Makeeva

SIMULATION OF THE AGGREGATESPEED MODE AND SPECIFIC INDICATORS OF THE WHEELED TRACTORS ON THE MAIN TILLAGE

The models and the optimization algorithm for the operating speed range of tillage aggregates are substantiated in the article. The rational speed modes of the aggregate use and the tractor specific parameters for the operating technologies of the main tillage are established.

Key words: optimization, parameter, energy balance, tractor, speed, energy saturation, traction mode, equivalent, power inputs.

Введение. Основными параметрами почвообрабатывающего агрегата являются эксплуатационные мощность и масса энергетического средства, ширина захвата и рабочая скорость, которые определяют основные технико-экономические показатели: производительность, эксплуатационные, топливные и энергетические затраты.

Новое поколение колесных тракторов общего назначения одинаковой серии и разных типоразмеров характеризуется единой элементной базой с переменными массоэнергетическими параметрами, расширяющими тягово-скоростные диапазоны их использования.

Для эффективного использования указанных тракторов разработана многоуровневая система [1] адаптации их эксплуатационных параметров к наиболее энергоемким операциям основной обработки почвы с учетом природно-производственных факторов.

Начальный уровень предполагает обоснование оптимальных диапазонов рабочей скорости ΔV_{opti}^* на операциях основной обработки почвы в пределах агротехнических требований с использованием почвообрабатывающих машин-орудий с различными принципами воздействия на почву для последующего определения потребного удельного энергетического потенциала трактора ($\xi_N \mathcal{E}$)*. Одна и та же технология возделывания сельскохозяйственных культур в разных агрозонах и хозяйствах может применяться при существенном различии площади полей, длины гона и других нормообразующих факторов.

Цель исследований. Обоснование скоростных режимов использования агрегатов и энергетического потенциала колесных тракторов 4К4 на основной обработке почвы.

Задачи исследований. Обосновать структурную схему, модели и алгоритм оптимизации диапазона рабочих скоростей почвообрабатывающих агрегатов и удельных параметров трактора; установить рациональные скоростные режимы использования агрегатов для операционных технологий основной обработки почвы; определить рациональные соотношения удельных показателей технического уровня тракторов для разных групп операций основной обработки почвы.

Материалы и методы исследований. Исходными входными данными первого этапа проектирования работы почвообрабатывающих агрегатов на начальном уровне исследования являются виды, объемы $\sum_{j=1}^m V_i$ и сроки выполнения механизированных работ t_i ; альтернативные варианты $\sum_{j=1}^n n_i$ выполнения i -х технологий почвообработки; наличие и основные эксплуатационные показатели технических средств n_{TC} ; обобщенные природно-производственные факторы (длина гона) l_r . Возможными для практической реализации критериями ресурсосбережения на этом этапе являются минимумы суммы удельных приведенных затрат C_{Π} или трудозатрат (рис. 1).

Основные параметры оптимизации и исходные данные для второго этапа этого уровня ресурсосбережения представляют оптимальные варианты операционных технологий основной обработки $\sum_{i=1}^m n_{iopt}$, а также энергетические средства $n_{\mathcal{E}opt}$ и рабочие машины с установленными характеристиками K_{0i} , ΔK_i и v_{K0} их тягового сопротивления. Критериями ресурсосбережения можно принять минимум эквиваленты удельных энергозатрат $K_{E\Pi i} \rightarrow \min$ и максимум эквиваленты производительности $K_{\Pi i} \rightarrow \max$. Параметры оптимизации представляют номинальное значение рабочей скорости V_{Hi}^* , оптимальный диапазон ΔV_{opti}^* , а также чистую производительность агрегата W_i^* при обработке почвы по соответствующей технологии.

Технологии и техническое обеспечение основной обработки почвы в каждой агрозоне и регионе эксплуатации обусловлены особенностями функционирования сельскохозяйственного производства и системой машин. В основу моделей $M_{1.1}$, $M_{1.2}$, $M_{1.3}$ и $M_{1.4}$ положены виды и объемы основных работ, качественный состав и приспособленность тракторов и машин-орудий к использованию в характерных условиях для обоснования оптимального диапазона рабочей скорости ΔV_{opti}^* машин и агрегатов разного технологического назначения.

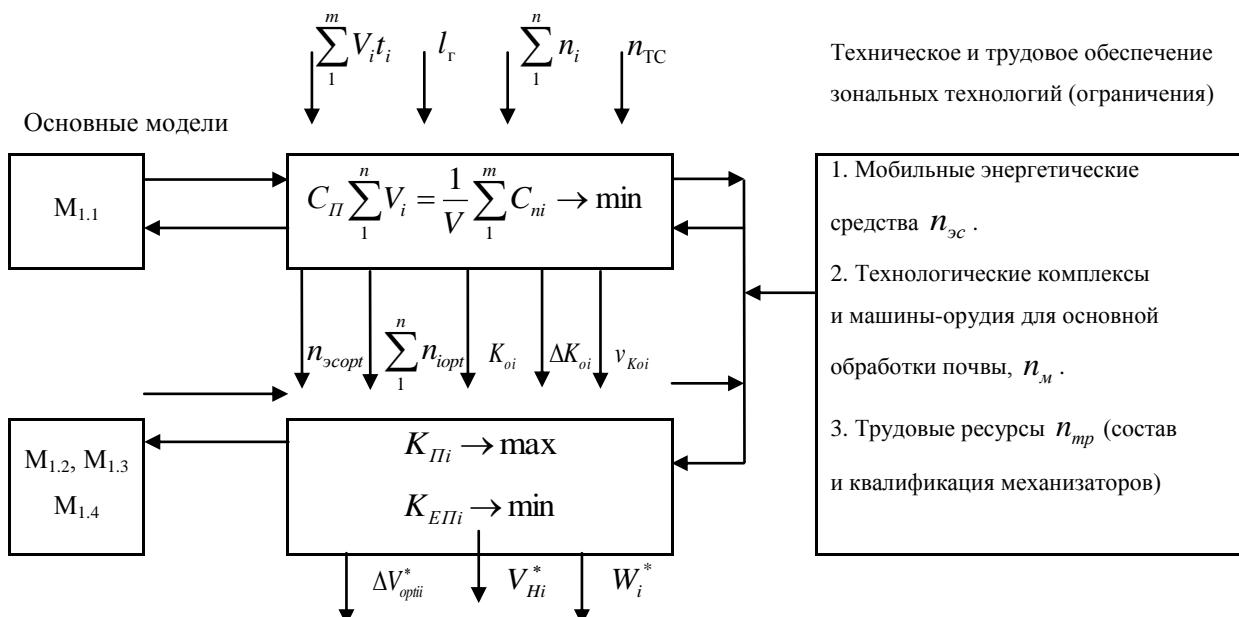


Рис. 1. Структурная схема адаптации рабочих машин к ресурсосберегающим технологиям основной обработки почвы

Трактор в процессе рабочего хода рассматривается как функционирование динамической системы при случайной нагрузке с учетом установленных ограничений и допущений:

1) взаимосвязь буксования δ и коэффициента сцепления φ для однотипных по движителю колесных тракторов на одноименных почвенных фонах в диапазоне тяговых нагрузок, соответствующих (φ_{opt} - φ_{max}), аппроксимируется формулой $\delta = a(\varphi-f)/[b-(\varphi-f)]$ при установленных значениях коэффициентов a и b и $\varphi_{max} = idem$;

2) в интервале рабочих скоростей от $V_{min} \geq V_0 = 1.4m/s$ до V_{max} коэффициент сопротивления качению трактора для установившегося режима прямолинейного движения на горизонтальной поверхности определяется по уравнению вида $f = f_0 + c(V - V_0)$.

С учетом принятых допущений уравнение энергетического баланса трактора в тяговом режиме при $\alpha = 0^\circ$ запишется в виде

$$\xi_N^* N_{e\omega} \eta_{TP} \eta_\delta = K_a B_p V + (1 + \mu_f) f m_\omega g V. \quad (1)$$

Левая часть уравнения (1) представляет номинальную эксплуатационную мощность двигателя $N_{e\omega}$, приведенную к ведущим колесам трактора при установленных значениях коэффициента ее использования ξ_N^* , КПД трансмиссии η_{TP} и КПД буксования $\eta_\delta = (1 - \delta)$.

Первое выражение в правой части уравнения (1) определяет затраты мощности N_{KP} на перемещение рабочей машины с удельным сопротивлением $K_a = K_0 \cdot \mu_K$ и шириной захвата B_p со средней скоростью V . При оценке тягового сопротивления почвообрабатывающих машин и орудий сопротивление их качению целесообразно учитывать в удельном тяговом сопротивлении K_0 при V_0 , тогда

$$N_{KP} = K_0 [1 + \Delta K (V^2 - V_0^2)] B_p V = K_0 \cdot \mu_K \cdot B_p \cdot V. \quad (2)$$

Второе выражение в правой части уравнения (1) представляет затраты мощности двигателя на качение колесного трактора N_f с учетом потерь в шинах и подвеске $\mu_f \approx (0,05-0,1)f_0$. Тогда при $f = (1 + \mu_f)f_0 + c(V - V_0)$

$$N_f = f \cdot m_\omega \cdot g \cdot V. \quad (3)$$

Мощность N_{KP} можно выразить через тяговое усилие P_{KP} . Поскольку

$$P_{KP} = K_0 [1 + \Delta K (V^2 - V_0^2)] B_p = \varphi_{KP} m_\omega g, \quad (4)$$

уравнение (1) примет вид

$$\xi_N^* \eta_{TP} \eta_\delta N_{e\omega} = (\varphi_{KP} + f) m_\omega g V. \quad (5)$$

Оптимальное значение показателя технологичности \mathcal{E}^* при расчете эксплуатационных параметров трактора представим в виде [2]

$$\mathcal{E}^* = \left(\frac{N_{e\omega}}{m_\omega} \right)^* = \left(\frac{V \cdot g (\varphi_{KP} + f)}{\xi_N^* \eta_{TP} \eta_\delta} \right)^*. \quad (6)$$

При определении по функции (6) оптимальной энергонасыщенности \mathcal{E}^* или удельной материалоемкости $m_{y\delta}^* = 10^3 / \mathcal{E}^*$ трактора для выполнения конкретной или родственных технологических операций независимо от длины гона l_{ri} необходимо установить:

а) оптимальные диапазоны $\Delta V_{opt}^* = (V_{max}^* - V_{opt}^*)$ и номинальные V_h^* значения рабочей скорости при разных характеристиках удельного сопротивления ΔK рабочих машин или агрегатов;

б) рациональный по тяговому КПД режим использования трактора, соответствующий номинальному.

Наивысшая эффективность работы трактора в составе тягового агрегата достигается при минимальных удельных (на единицу обрабатываемой площади) энергозатратах ($\text{Дж}/\text{м}^2$)

$$E_n = \xi_N^* N_{e3} / B_P V = \xi_N^* N_{e3} K_a / P_{KP} V = K_0 \mu_K / \eta_m = K_0 E_K \rightarrow \min \quad (7)$$

и максимальной чистой производительности ($\text{м}^2/\text{с}$) [3]

$$W = \frac{\xi_N^* N_{e3} \eta_m}{K_0 \cdot \mu_K} \rightarrow W^*. \quad (8)$$

При удельном расходе топлива двигателя g_e и тяговом КПД трактора η_T критерий $E_n \rightarrow \min$ эквивалентен минимуму расходу топлива на единицу площади ($\text{кг}/\text{м}^2$) $g_w = g_e \cdot E_n \rightarrow \min$, а критерий

$E_K = \mu_K / \eta_m \rightarrow \min$ эквивалентен критериям $E_n \rightarrow \min$ и $g_w \rightarrow \min$, поэтому является эквивалентой погектарного ($\text{кг}/\text{га}$) расхода топлива.

Выражение (8) для определения чистой производительности можно записать в виде

$$W = P_{kp} V / K_0 \mu_K = P_{kp} K_n / K_0, \quad (9)$$

где $K_n = V / \mu_K$ – эквивалента производительности; $\mu_K = [1 + \Delta K \cdot (V^2 - V_0^2)]$.

Энергозатраты на единицу производительности $E_{n,p} = E_n / W$, которые являются эквивалентом прямых эксплуатационных затрат, с учетом, что $E_n = K_0 \cdot E_K$ и $W = P_{kp} V / K_0 \mu_K$, выразятся как

$$E_{n,p} = K_0^2 E_K \mu_K / (10^3 P_{kp} V). \quad (10)$$

Тогда эквиваленту энергозатрат $K'_E = E_K \mu_K / (10^3 P_{kp} V)$ можно представить в виде

$$K_{E,n} = \frac{E_K \mu_K}{V} = \frac{E_K}{K_n} = \frac{\mu_K^2}{\eta_T \cdot V}, \quad (11)$$

поскольку $K_{E,n} = 10^3 K'_E P_{kp}$.

Аналогично из уравнений (6) и (9) получим $K_n = K_E E_K$ – эквиваленту мощности $N_{e3} = W E_K / \xi_N^*$; $K_{m3} = K_n / \mathcal{E}$ – эквиваленту эксплуатационной массы трактора $m_3 = N_{e3} / \mathcal{E}$ [4]. Указанные коэффициенты характеризуют удельные показатели трактора независимо от K_0 и P_{kp} и используются для определения V_h^* и удельного энергетического потенциала $(\xi_N \mathcal{E})^* = g \cdot \varphi_{kp}^* \cdot K_n^*$.

Эквивалента производительности K_n зависит только от скорости рабочего хода V и величины ΔK . Показатели удельных энергозатрат E_K , $K_{E,n}$, потребной мощности K_n и эксплуатационной массы K_{m3} , кроме этих параметров, характеризуются величиной тягового КПД трактора.

Потенциальный диапазон изменения скорости трактора и агрегата, ограниченный V_{max}^* и V_{min}^* , можно установить с использованием приведенных выше эквивалентов. При этом максимальная скорость V_{max}^* соответствует наивысшей производительности $K_n = V / \mu_K \rightarrow \max$, а минимальная V_{min}^* – наименьшим удельным энергозатратам $K_{E,n} = E_K / K_n \rightarrow \min$.

Значения указанных скоростей движения определяются соответственно из условия максимума производительности $dK_n/dV = 0$ и минимума энергозатрат $dK_{E,n}/dV = 0$:

$$\begin{cases} V_{max}^* = \sqrt{(1 - \Delta K V_0^2) / \Delta K}; \\ V_{min}^* = \sqrt{(1 - \Delta K V_0^2) / 3 \Delta K}. \end{cases} \quad (12)$$

Значения максимальной и минимальной скоростей зависят только от величины ΔK . Величина тягового КПД трактора на них не влияет. При любом ΔK соблюдается равенство $(V_{max}^* - V_{min}^*) = 0,472 V_{max}^*$ и $V_{max}^*/V_{min}^* = 1,73$. Поэтому агрегат, составленный по критерию $K_{\Pi max}$ при V_{max}^* , будет иметь более высокие энергозатраты по сравнению с $K_{E\Pi min}$. И, наоборот, агрегат, составленный по критерию $K_{E\Pi min}$ при V_{min}^* , будет иметь низкую производительность.

Значения рабочей скорости агрегата должны находиться в установленном агротехническими требованиями диапазоне, ограниченном минимальной $V_{a min}$ и максимальной $V_{a max}$ скоростями. Для современных и перспективных почвообрабатывающих посевных машин и комплексов при $\Delta K = 0,06 - 0,18 \text{ c}^2/\text{м}^2$, $V_{max}^* \leq V_{a max}$, а $V_{min}^* < V_{a min}$ [5]. Поэтому необходимо обоснование оптимального по энергозатратам и производительности диапазона $\Delta V_{opt}^* = (V_{opt}^* - V_{max}^*)$ и номинального ($V_{opt}^* \leq V_H^* \leq V_{max}^*$) значения рабочей скорости для агрегатов разного технологического назначения.

Нижняя граница диапазона рабочих скоростей агрегата V_{opt}^* выбирается из условия $V_{min}^* < V_{opt}^* < V_{max}^*$ независимо от типа и тягового режима использования трактора. В основу ее определения следует положить компромиссный вариант, учитывающий характер зависимостей K_Π , $K_{E\Pi} = f(V)$ или $K_{E\Pi}/K_\Pi = \min$. Значение $V_H^* \approx 0,5(V_{opt}^* + V_{max}^*)$ является основным параметром для расчета по уравнению (6) энергонасыщенности трактора с учетом основных тяговых режимов его использования.

Наивысшая эффективность работы трактора на любой скорости V в диапазоне $(V_{opt}^* - V_{max}^*)$ при $K_\Pi = idem$ ограничена режимами работы [1]:

- 1) с максимальным тяговым КПД η_{Tmax} ($\varphi_{Kp opt}$) и энергозатратами $K_{E\Pi 1}$ при K_{N1} , $(\xi_{\bar{N}} \mathcal{E})_1$;
- 2) предельно допустимым буксованием δ_d (φ_{Kpmax}), тяговым КПД $\eta_{Td} < \eta_{Tmax}$ и энергозатратами $K_{E\Pi 2}$ при K_{N2} , $(\xi_{\bar{N}} \mathcal{E})_2$.

При обосновании номинальной скорости V_H^* следует учитывать эффективность работы трактора на указанных режимах. Для определения расчетного значения $(\xi_{\bar{N}} \mathcal{E})^*$ обобщенный показатель эффективности тягового режима работы трактора при V_H^* можно представить в виде безразмерного функционала:

$$K_{\mathcal{E}} = K_N \cdot E_K \cdot K_{m\mathcal{E}} \cdot g / K_\Pi = E_K^2 / \varphi_{Kp} \rightarrow \min. \quad (13)$$

Сравнительная оценка эффективности указанных режимов использования трактора при определенной характеристике ΔK тягового сопротивления производится относительным показателем качества

$$\lambda_{K\mathcal{E}} = K_{\mathcal{E}2} / K_{\mathcal{E}1} = \lambda_{KN} \cdot \lambda_{Km\mathcal{E}} \cdot \lambda_{EK} / \lambda_{K\Pi}. \quad (14)$$

При $\lambda_{K\mathcal{E}} \geq 1$ наиболее эффективным является режим максимального тягового КПД, который принимается основным для определения оптимальной энергонасыщенности трактора \mathcal{E}^* . Если $\lambda_{K\mathcal{E}} < 1$, расчет массоэнергетических параметров трактора для родственной группы технологических операций с определенной величиной ΔK производится по режиму $\bar{\varphi}_{Kp} = 0,5(\varphi_{Kpopt} + \varphi_{Kpmax})$.

Алгоритм оптимизации скоростного режима агрегата и удельных параметров колесного трактора 4К4 при заданных значениях коэффициентов a , b , f_o , c , ΔK , $\eta_{TP} = const$ на указанных выше основных режимах работы: $\eta_{\delta} = (1-\delta)$; $\varphi_{Kp} = b\delta/(a+\delta)$; V_{max}^* и V_{min}^* по формуле (12); $f = (1+\mu_f)f_o + c(V - V_o)$ в интервале $(V_{max}^* - V_{min}^*)$ с шагом $\Delta V = 0,1 \text{ м/с}$; $\eta_T = \eta_{TP}\eta_{\delta}\varphi_{Kp}/(\varphi_{Kp} + f)$; $\mu_K = 1 + \Delta K(V^2 - V_0^2)$; $E_K = \mu_K/\eta_m$; $K_n = V/\mu_K$; $K_{E\Pi} = E_K/K_n$; $K_{E\Pi}/K_{Ni}$; $V_{opt}^* = V_{(CK_{E\Pi min})}$ при $C \in [1,05-1,10]$ или $K_{E\Pi}/K_\Pi \rightarrow \min$; $V_H^* = 0,5(V_{opt}^* + V_{max}^*)$; эквиваленты E_K , K_n , $K_{E\Pi}$, K_{Ni} при $V_1 = V_2 = V_H^*$; $K_{\mathcal{E}}$ по (13); $\lambda_{K\mathcal{E}}$ по (14); $\varphi_{Kp H}$; $(\xi_{\bar{N}} \mathcal{E})^*$ по (6) и m_{ϑ}^* .

Результаты исследований и их обсуждение. На рис. 2 приведены результаты моделирования эквивалент K_Π , $K_{E\Pi}$, $K_E = K_{E\Pi} / K_\Pi = f(V, \Delta K)$ для колесного трактора 4К4 на одинарных колесах при $\eta_T = 0,62 - 0,63$.

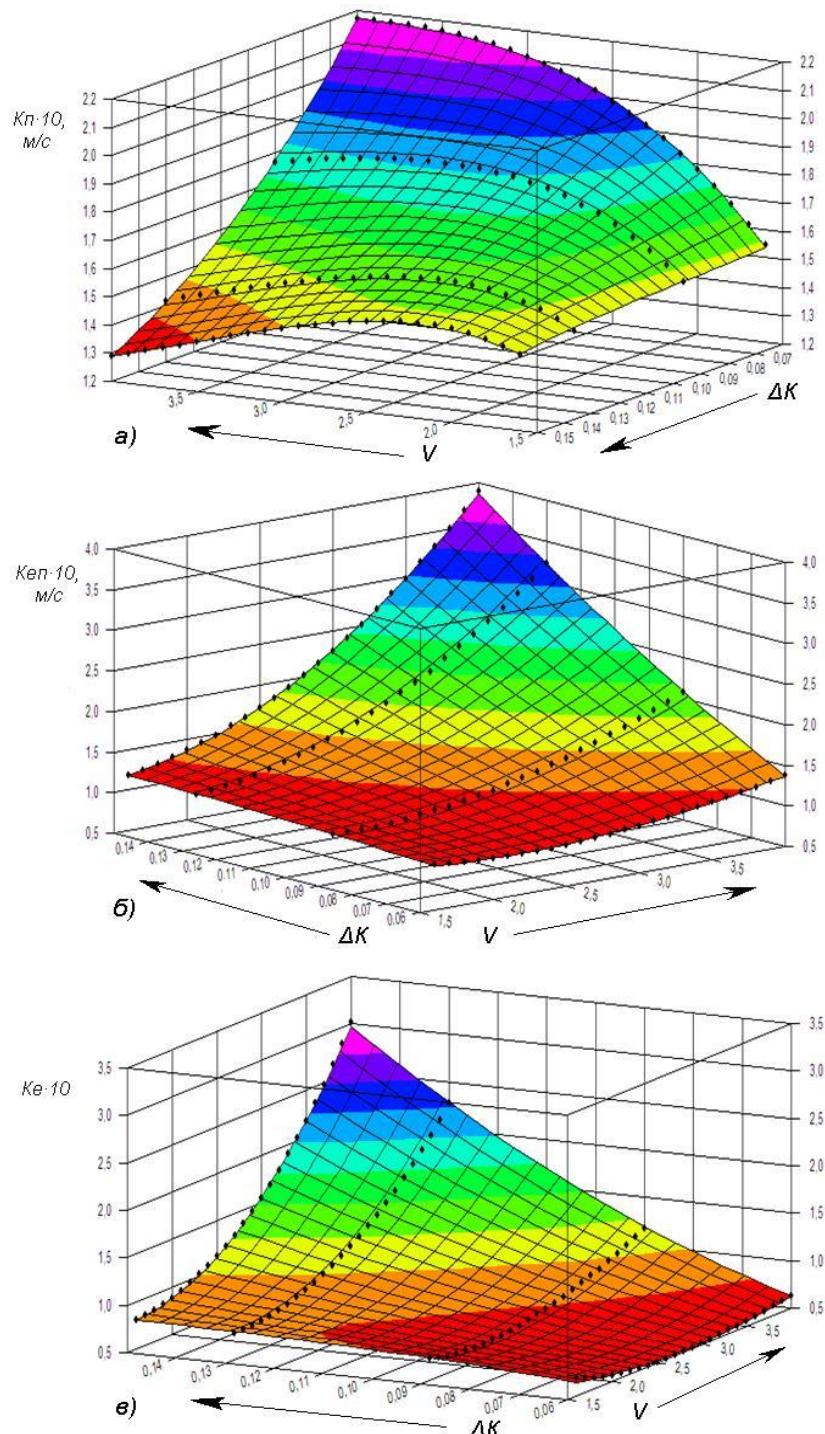


Рис. 2. Зависимость эквивалент K_{P} (а), $K_{E\text{P}}$ (б) и K_E (в) от скорости V и приращения удельного сопротивления ΔK агрегата

Уравнения регрессии имеют вид:

$$\begin{cases} K_{\text{P}} = 0,488 + 1,081 \cdot V - 0,714 \cdot \Delta K - 0,112 \cdot V^2 + 25,491 \cdot \Delta K^2 - 3,798 \cdot V \cdot \Delta K. \\ K_{E\text{P}} = 3,852 - 1,858 \cdot V - 24,057 \cdot \Delta K + 0,235 \cdot V^2 + 27,018 \cdot \Delta K^2 + 10,936 \cdot V \cdot \Delta K. \\ K_E = 3,859 - 1,951 \cdot V - 27,341 \cdot \Delta K + 0,231 \cdot V^2 + 48,300 \cdot \Delta K^2 + 10,100 \cdot V \cdot \Delta K. \end{cases} \quad (15)$$

Использование предложенного алгоритма позволило обосновать диапазон рабочих скоростей почвообрабатывающих агрегатов и энергетический потенциал тракторов 4К4 для его реализации при изменении коэффициента приращения удельного сопротивления ΔK в широком интервале.

Изменение коэффициента ΔK от 0,06 до 0,18 приводит к повышению V_{max}^* и V_{min}^* от 1,90 до 3,83 м/с и от 1,40 до 2,21 м/с соответственно (табл. 1, рис. 3). Значение скорости V_{opt}^* , определенное из условия $K_{EP}(V_{opt}^*) = (1,06 - 1,10) K_{EP,min} \approx (K_{EP}/K_P)_{min}$, возрастает. При этом от 1,67 до 2,83 м/с и позволяет обеспечить производительность, близкую к максимальной ($K_P^0 = K_{P,opt}/K_{P,max} = 0,954 - 0,990$). Увеличение $K_{EP,min}$ до 10 % при $\Delta K \geq 0,15 \text{ c}^2/\text{m}^2$ способствует достижению на скорости $V_{opt}^* \leq 1,8 \text{ m/s}$ максимальной производительности ($K_P^0 = 0,99$), что особенно важно для наиболее энергоемких технологических операций.

Таблица 1

Влияние характеристики тягового сопротивления ΔK на рациональный диапазон рабочих скоростей почвообрабатывающих машин и агрегатов

$\Delta K, \text{c}^2/\text{m}^2$	$V_{max}^*, \text{м/с}$	$V_{min}^*, \text{м/с}$	$V_{opt}^*, \text{м/с}$	$V_H^*, \text{м/с}$	K_P^0	K_{EP}^0
0,06	3,83	2,21	2,83	3,33	0,956	1,06
0,08	3,25	1,87	2,40	2,82	0,956	1,06
0,09	3,02	1,75	2,20	2,61	0,956	1,06
0,10	2,83	1,64	2,10	2,47	0,957	1,06
0,12	2,52	1,46	1,92	2,22	0,964	1,07
0,13	2,39	1,40	1,80	2,10	0,964	1,07
0,15	2,17	1,40	1,78	2,00	0,981	1,10
0,18	1,90	1,40	1,67	1,78	0,990	1,10

Диапазон ($V_{opt}^* - V_{max}^*$) и значения номинальной скорости V_H^* при каждом ΔK находятся в пределах агротехнических требований и могут быть приняты за основу при определении удельных массоэнергетических параметров колесных тракторов 4К4 для операций основной обработки почвы.

Для обеспечения номинальной скорости V_H^* при любых ΔK удельный энергетический потенциал ($\xi_N \mathcal{E}$)^{*} трактора на режиме допустимого буксования в 1,26 раза выше, чем на режиме максимального тягового КПД. Превышение показателей расхода топлива (K_N) и удельных энергозатрат (E_K) при одинаковой производительности (K_P) на этом режиме достигает 3–4 %. Однако использование массы (K_m) при этом повышается на 18 %, что обеспечивает в конечном счете более высокую эффективность ($\lambda_{K\mathcal{E}} = 0,86-0,89$) функционирования тракторов на режиме предельно допустимого буксования.

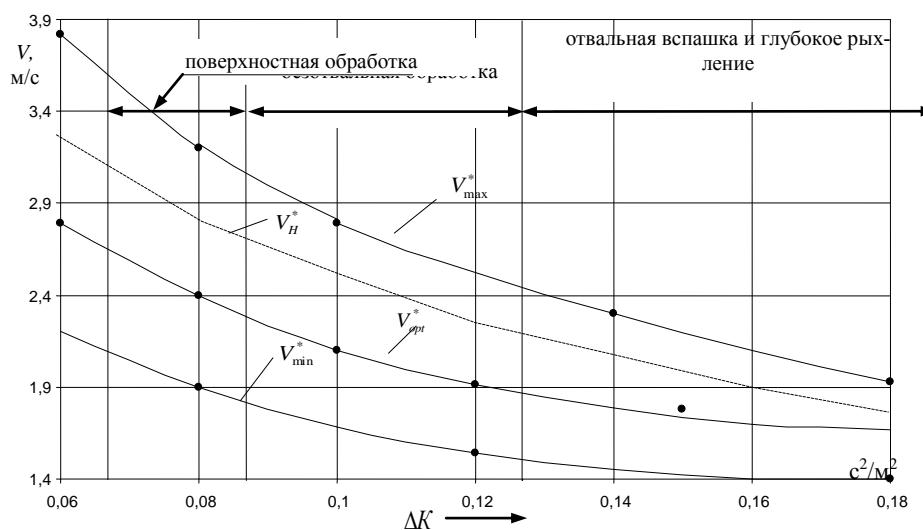


Рис. 3. Влияние характеристики тягового сопротивления ΔK на рациональный диапазон скоростей почвообрабатывающих машин и агрегатов

С учетом энергоемкости применяемых технологий и их технического обеспечения все операции основной обработки почвы в АПК региона можно разделить на три группы [5, 6, 7]:

1) отвальная вспашка и глубокое рыхление на глубину 0,21–0,23 м и 0,40–0,50 м соответственно при $K_0 = 11,0\text{--}13,65 \text{ кН/м}$, $\Delta K = 0,13\text{--}0,15 \text{ с}^2/\text{м}^2$, $v_{K0} = 0,10$ и $V_a = 1,9\text{--}2,3 \text{ м/с}$;

2) послеуборочная безотвальная комбинированная обработка (сплошная культивация) и чизелевание на глубину 0,14–0,16 м и 0,20–0,30 м соответственно при $K_0 = 4,70\text{--}6,50 \text{ кН/м}$, $\Delta K = 0,09\text{--}0,10 \text{ с}^2/\text{м}^2$, $v_{K0} = 0,07$ и $V_a = 2,1\text{--}3,0 \text{ м/с}$;

3) послеуборочная поверхностная обработка (лущение стерни), предпосевная обработка, обработка и посев по нулевой технологии на глубину 0,06–0,12 м при $K_0 = 3,10\text{--}4,90 \text{ кН/м}$, $\Delta K = 0,06 \text{ с}^2/\text{м}^2$, $v_{K0} = 0,07$ и $V_a = 2,8\text{--}3,8 \text{ м/с}$.

Результаты расчета энергонасыщенности и показателей эффективности тракторов на основном тяговом режиме $\bar{\varphi}_{KP} = 0,5(\varphi_{KPopt} + \varphi_{KPmax})$ при V_h^* для выделенных групп родственных операций представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Номинальные значения показателей эксплуатационных свойств колесных тракторов
для современных технологий основной обработки почвы**

Группа родственных операций	ΔK , $\text{с}^2/\text{м}^2$	V_h^* , м/с	Одинарные колеса			Сдвоенные колеса		
			$(\xi_{\bar{N}}\mathcal{E})^*$, kВт/т	$m_{y\partial}^*$, кг/кВт	K_N^* , м/с	$(\xi_{\bar{N}}\mathcal{E})^*$, kВт/т	$m_{y\partial}^*$, кг/кВт	K_N^* , м/с
1	0,06	3,30	21,408	46,712	5,323	19,044	52,510	4,735
2	0,09	2,65	17,191	58,169	4,274	15,292	65,393	3,802
3	0,13	2,20	14,272	70,067	3,548	12,694	78,777	3,156

Уменьшение ΔK с 0,13 до 0,06 приводит к росту номинальной скорости V_h^* , удельного энергетического потенциала $(\xi_{\bar{N}}\mathcal{E})^*$ и потребной мощности трактора (K_N^*) на поверхностной обработке почвы по сравнению с глубоким рыхлением в 1,5 раза независимо от установки одинарных или сдвоенных колес. Сдвоивание передних и задних колес позволяет уменьшить $(\xi_{\bar{N}}\mathcal{E})^*$ в среднем на 12,5 % за счет соответствующего повышения тягового КПД трактора. Эффективность использования трактора повышается при этом до 21 % ($\bar{\lambda}_{K\mathcal{E}} = 0,79$).

Выводы

1. Обоснована структурная схема, модели и алгоритм оптимизации диапазона рабочих скоростей и удельных параметров колесного трактора на основной обработке почвы на тяговом режиме при $\bar{\varphi}_{KP}^* = 0,5(\varphi_{KPmax} + \varphi_{KP opt})$.

2. Установлены рациональные скоростные режимы использования агрегатов для операций основной обработки почвы при изменении в широком диапазоне коэффициента приращения удельного сопротивления рабочих машин и агрегатов.

3. Определены рациональные соотношения удельных показателей технического уровня колесных тракторов 4К4 для разных групп операций основной обработки почвы.

Литература

- Селиванов Н.И., Кузнецов А.В. Система адаптации колесных тракторов высокой мощности к зональным условиям // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 6. – С. 232–237.
- Селиванов Н.И., Селиванов И.А. Технологические потребности в высокомощных колесных тракторах // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 5. – С. 215–220.
- Селиванов Н.И. Регулирование эксплуатационных параметров тракторов // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 7. – С. 234–239.
- Селиванов Н.И., Селиванов И.А. Удельные эксплуатационные параметры колесных тракторов общего назначения // Тенденции формирования науки нового времени: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2014. – С. 121–124.

5. Эксплуатационные параметры колесных тракторов для зональных технологий почвообработки / Н.И. Селиванов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 157.
6. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов высокой мощности // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 176–184.
7. Запрудский В.Н. Повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов на базе колесных тракторов высокой мощности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Красноярск, 2013. – 22 с.



УДК 658.001.42

А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков, Ш.С. Иксанов

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОЦЕССА ПРЯМОГО КОМБАЙНИРОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ДВОЙНЫМ СРЕЗОМ СТЕБЛЕЙ

В статье рассматривается методический подход к разработке модели процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей. Рассмотрены факторы, способные влиять на эффективность нового технологического процесса.

Ключевые слова: процесс, прямое комбайнирование, система, подсистема, модель, фактор, двойной срез, стебель, колос, промежуточный продукт, солома, комбайн, режущий аппарат.

A.P. Lovchikov, V.P. Lovchikov, Sh.S. Iksanov

METHODICAL APPROACH OF THE DEVELOPMENT PROCESS OF DIRECT COMBINING OF GRAIN CROPS WITH DOUBLE CUT STEMS

In article methodical approach to development of model of process of direct combining of grain crops with a double cut of stalks is considered. The factors capable to influence efficiency of new technological process are considered.

Key words: process, direct combining, system, a subsystem, model, a factor, a double cut, a stalk, an ear, an intermediate product, straw, the combine cutting the device.

Введение. Общеизвестно [1, 2, 3, 4], что уборочный процесс в виде прямого комбайнирования зерновых колосовых культур является многопара-метрической технологической системой, схема функционирования которой имеет иерархическую структуру, включающую в себя модели отдельных процессов, явлений и их взаимосвязи. Технической основой таких систем в современных условиях являются зерноуборочные комбайны, которые можно рассматривать как преобразующие технические системы.

Цель исследований. Обоснование методических положений к разработке процесса прямого комбайнирования зерновых колосовых культур с двойным срезом стеблей.

Задачи исследований. Рассмотреть технологические свойства зерновых культур и произвести их классификацию; разработать схемы технологического воздействия рабочих органов машины на растение и на их основе обосновать информационную модель технологического процесса зерноуборочного комбайна с двойным срезом стеблей зерновых культур.

Материалы и методы исследований. Эффективность уборочного процесса в виде прямого комбайнирования зерновых колосовых культур во многом зависит от использования комбайнов, поскольку, как отмечается в работах [1, 2, 3, 4], их технологическая загрузка зависит от изменения физико-механических свойств растений, с которыми напрямую связаны и технологические свойства (рис.1).

Из рис. 1 видно, что технологические свойства стеблестоя зерновых культур условно можно разбить на две группы факторов – управляемые и неуправляемые. К управляемым факторам можно отнести соотношение зерна и соломы по массе, которое определяется длиной стебля. Частично к данной группе факторов можно отнести и засорённость хлебной массы.

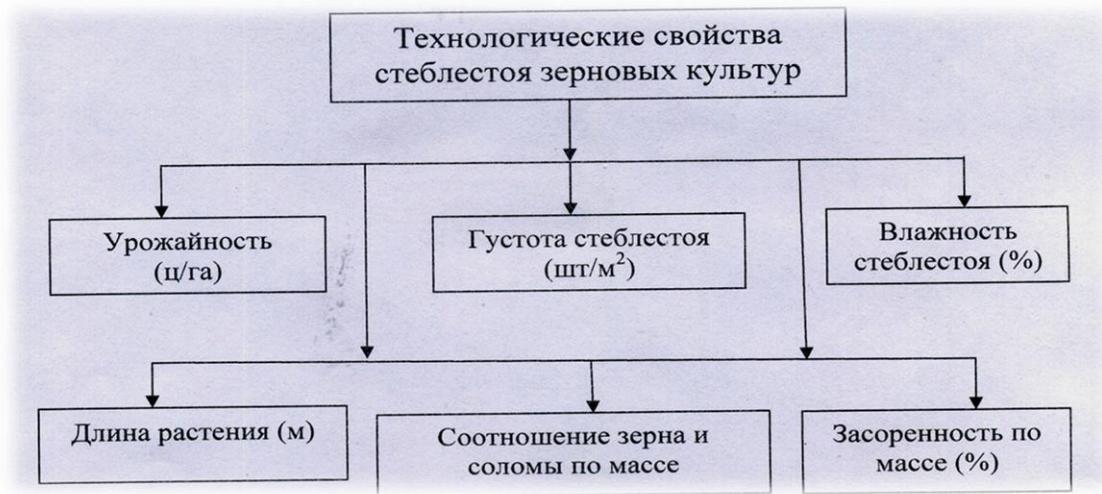


Рис. 1. Схема технологических свойств стеблестоя зерновых культур

Посредством изменения длины стеблестоя за счёт высоты среза во время скашивания зерновых культур при прямом их комбайнировании возможно изменять соотношение зерна и соломы по массе, а также и засоренность хлебной массы перед подачей её в молотильный аппарат, что в конечном итоге отразится на эффективности использования комбайнов.

В общем процесс прямого комбайнирования зерновых культур можно представить в виде схемы технологического воздействия рабочих органов машины или комбайна на стебель (рис. 2).

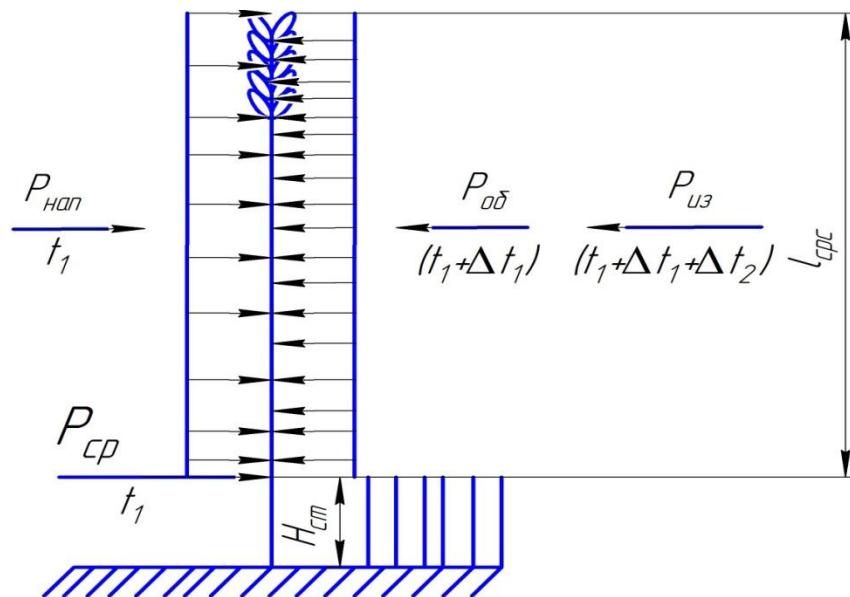


Рис. 2. Схема технологического воздействия рабочих органов машины на стебель
при прямом комбайнировании зерновых культур

Из рис. 2 следует, что во время уборки урожая зерновых культур комбайнами со стороны режущего аппарата жатки действует сила $P_{cp}(t_1)$, которая характеризует процесс среза растения. Через определённый промежуток времени (Δt_1), то есть время $(t_1 + \Delta t_1)$, действует сила $P_{oo}(t_1 + \Delta t_1)$, которая характеризует процесс обмолота стебля с колосом длиной l_{cpc} . Сила $P_{oo}(t_1 + \Delta t_1)$ практически воздействует на всю длину стебля $l_{cpc} = H_c - H_{cm}$. Помимо этого, на длину стебля (l_{cpc}) через промежуток времени (Δt_1) действует сила $P_{iz}(t_1 + \Delta t_1 + \Delta t_2)$, которая характеризует процесс измельчения соломины стебля, или незерновой части урожая (НЧУ). При этом возможно, что $P_{iz}(t_1 + \Delta t_1 + \Delta t_2) = 0$, то есть измельчения НЧУ не осуществляется.

В процессе движения зерноуборочного комбайна по полю с повышением скорости перемещения жатки начинает усиливаться скоростной и упругий напор ($P_{нап}$) хлебостоя как своеобразной упругой среды со своей плотностью (ρ) и модулем Юнга E . Скоростной ($P_{ск}$) и упругий ($P_{упр}$) напор хлебостоя характеризуется выражением [6]:

$$P_{ск} = V_M^2 \cdot \frac{\rho}{2} \quad \text{и} \quad P_{упр} = \varepsilon \cdot E, \quad (1)$$

где V_M – скорость комбайна на поле, м/с;

ρ – первоначальная плотность хлебной массы, кг/м³;

$\varepsilon = \frac{\Delta\rho}{\rho}$ – относительная деформация, где $\Delta\rho$ – изменение плотности хлебной массы ($\varepsilon = 8,0$), кг/м³;

E – модуль Юнга, для хлебостоя равен $E = 0,015$ кг/м³ [6].

Давление напора хлебной массы ($P_{нап}$) при прямом комбайнировании зерновых культур равно:

$$P_{нап} = P_{ск} + P_{упр}. \quad (2)$$

При этом величина давления хлебной массы ($P_{нап}$) возрастает при жёстком малоподатливом хлебостое, что характерно для короткостебельных сортов пшеницы, поскольку величина упругого напора повышается [6].

Результаты исследований и их обсуждение. Вышеизложенное позволяет обосновать структурную схему технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стебля как системы, в которой преобразуются входные воздействия в виде функционирования $X(T_q)$ в выходные $Y(T_q)$, определяющие количественные и качественные показатели работы зерноуборочного комбайна (рис. 3).

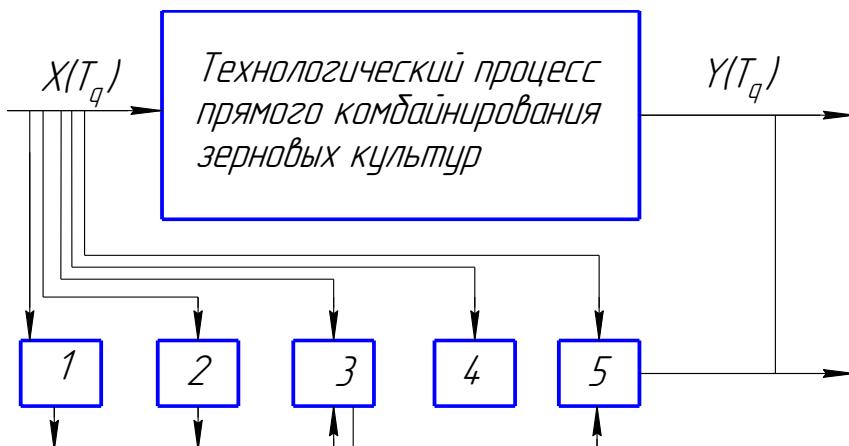


Рис. 3. Схема технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей в виде системы

Подсистемами в этом случае (рис. 3) являются в основном последовательно соединённые во времени технологические процессы технических подсистем преобразующей технической системы «зерноуборочный комбайн». Это такие, как: 1 – срез стебля на высоте (h_1); 2 – срез стебля на высоте ($h_1 + \Delta l$) и разбрасывание соломинки длиной (Δl) на поверхности поля; 3 – обмолот продукта (колос+часть соломинки) длиной ($l_2 = l_{срс}$); 4 – сепарация крупного вороха (соломы), измельчение и разбрасывание соломы по полю; 5 – сепарация мелкого вороха, разбрасывание половы по полю.

Структурная схема технологического процесса, представленная на рис. 3, как система может быть раскрыта в виде технологического воздействия рабочих органов машины или комбайна на стебель (рис. 4). Из схемы на рис. 4 видно, что первой операцией в технологической цепи прямого комбайнирования зерновых колосовых культур с двойным срезом стеблей является срез растений на корню, который выполняет преобразующая техническая подсистема «режущий аппарат» комбайновой жатки.

Общеизвестно [2, 3, 4, 5, 6], что преобразующая техническая система «зерноуборочный комбайн» работает в производственных условиях, где постоянно изменяются внешние воздействия вероятной природы, которые можно рассматривать как случайные функции (t), или от пути (S).

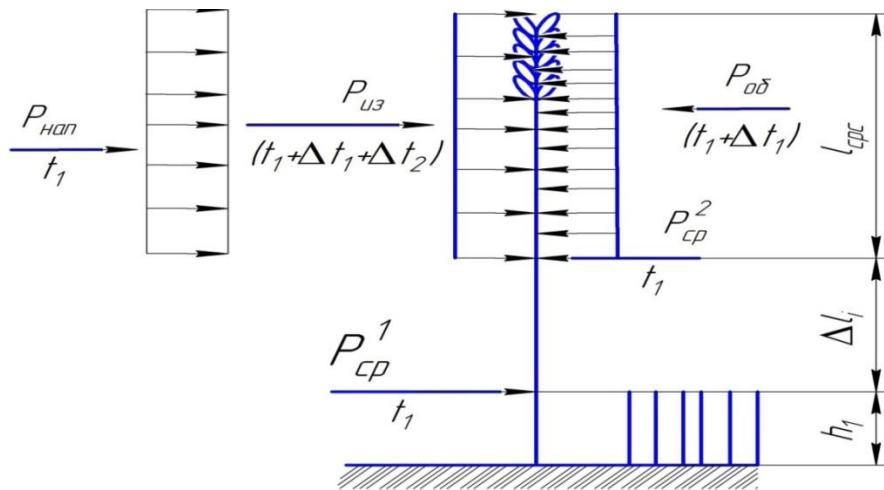


Рис. 4. Схема технологического воздействия рабочих органов машины на стебель при прямом комбайнировании зерновых культур с двойным срезом

Внешние воздействия характеризуют такие факторы, как неравномерность поверхности поля $Z(t)$ или $Z(s)$, вызывающие колебание как комбайновой жатки, а следовательно, и режущего аппарата, так и зерноуборочного комбайна: урожайность соломы $Y_c(t)$, или $Y_c(s)$, и зерна $Y_s(t)$, или $Y_s(s)$; высота стеблестоя $H_c(t)$, или $H_c(s)$; влажность зерна $\omega_s(t)$, или $\omega_s(s)$; влажность соломы $\omega_c(t)$, или $\omega_c(s)$; влажность почвы $\omega_n(t)$, или $\omega_n(s)$; густота стеблестоя $N_c(t)$, или $N_c(s)$; пониклость стеблей $K_{nc}(t)$, или $K_{nc}(s)$; засоренность поля $З_c(t)$, или $З_c(s)$; высота стеблестоя $I_c(t)$, или $I_c(s)$; диаметр стеблестоя $d_c(t)$, или $d_c(s)$, и другие. В общем виде технологический процесс преобразующей технической системы «зерноуборочного комбайна», составной частью которого является техническая подсистема «режущий аппарат», можно представить в виде информационной модели, построенной по принципу «вход-выход» (рис. 5).



Рис. 5. Информационная модель технологического процесса преобразующей технической системы «зерноуборочный комбайн» с двойным срезом стеблей зерновых колосовых культур

На входе модели действует вектор-функция (X) условий работы (внешних возмущений):

$$X = \{z(t), Y_c(t), Y_s(t), I_c(t), d_c(t), \omega_c(t), \omega_s(t), \omega_n(t), N_c(t), K_{nc}(t), Z_c(t)\}. \quad (3)$$

В качестве выходной переменной принимается вектор-функция количественных показателей выполнения технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей:

$$Y = \{m_3: m_c, h_1(t), l_2(t), l_p(t), \Delta l_i(t), q_n(t), \Phi(t), \Pi_3(t), V_m(t), W_u(t), Z_3\delta(t)\}, \quad (4)$$

где $(m_3: m_c)$ – соотношение зерна и соломы по массе;

$h_1(t) = H_{ct}$ – высота среза или стерни, м;
 $l_2(t) = l_{cpc} = (h_1 + \Delta l_i)$ – высота среза стебля, м;
 Δl_i – промежуточный продукт соломины, м;
 $l_p(t)$ – длина резки соломы, м;
 $q_n(t)$ – пропускная способность молотилки комбайна, кг/с;
 $\Phi(t)$ – фракционный состав вороха, доля, или %;
 $\Pi_3(t)$ – суммарные потери зерна колосом за машиной, %;
 $V_m(t)$ – рабочая скорость комбайна, м/с;
 $W_q(t)$ – часовая производительность комбайна, т/ч, или га/ч;
 $Z_{ab}(t)$ – засорённость бункерного зерна, %.

Управляющими воздействиями в модели являются высота установки нижнего (h_1) и верхнего (h_2) уровня среза режущего аппарата комбайновой жатки, рабочая скорость движения (V_m) зерноуборочного комбайна, скорость режущего элемента (V_{p3} , или несущего элемента V_h) режущего аппарата комбайновой жатки, угол наклона режущего элемента (α) к горизонту.

В ходе разработки модели системы технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стебля принимаем допущения, что скорость среза стеблей верхнего и нижнего режущего элемента равна между собой, то есть $V_{p3}^B = V_{p3}^H$, а также, что $t_p^B = t_p^H$, то есть происходит одновременный срез, хотя и может быть случай, что $t_p^B \neq t_p^H$. Влажность почвы (ω_n) является нормальной и составляет 20,0–25,0 % [1, 6], что обеспечивает движение машины по полю практически без буксования, а следовательно, не оказывает влияния на скоростной режим работы зерноуборочного комбайна. При этом обмолот зерновых колосовых культур осуществляется в фазе начала полной спелости зерна, то есть при влажности зерна $\omega_3 = 18,0\text{--}20,0\%$, что соответствует влажности соломы $\omega_c = 20,0\text{--}22,0\%$. Влажность соломы изменяется от 20 до 40 %. Поникость стеблестоя составляет не менее 0,92–0,96 [1, 4, 6]

Заключение. Результаты анализа технологических свойств стеблестоя зерновых культур свидетельствуют о том, ряд из них можно отнести к управляемым, в частности, соотношение зерна и соломы по массе за счет изменения длины среза стеблей.

На основе анализа схем технологического воздействия рабочих органов комбайна на стебель обоснована информационная модель технологического процесса преобразующей технической системы «зерноуборочного комбайна», в которой имеется преобразующая техническая подсистема в виде «режущего аппарата» двойного среза стеблей.

Двойной срез стеблей во время скашивания зерновых культур характеризуется образованием трех видов продукта, в которые входят растительные остатки в виде стерни, растительные остатки части соломинки (Δl_i) на поверхности поля и растительный продукт «часть стебля+колос», подвергающийся технологическому воздействию рабочими органами комбайна.

Наличие промежуточного продукта соломы (Δl_i) свидетельствует о необходимости уточнения составляющих математической модели процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей.

Литература

- Проектирование и организация эффективного процесса уборки зерновых культур /М.М. Константинов, А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков [и др.]. – Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2011. – 144 с.
- Снижение потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая: рекомендации /А.И. Завражнов, А.П. Ловчиков М.М., Константинов [и др.]. – Мичуринск, 2012. – 82 с.
- К обоснованию сроков уборки зернофуражных культур и технической оснащенности уборочного процесса в технологии производства плющеного кормового зерна /А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков, Ш.С. Иксанов [и др.]. // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 9. – С. 177–182.
- Пугачев А.Н. Контроль качества уборки зерновых культур. – М.: Колос, 1980. – 255 с.
- Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции. – М.: ВИМ, 2011. – 104 с.
- Алферов С.А., Калошин А.И., Угаров А.Д. Как работает зерноуборочный комбайн. – М.: Машиностроение, 1981. – 191 с.

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СХЕМЫ

Разработана математическая модель и алгоритм решения задачи оптимизации транспортных схем с одним поставщиком и сетью потребителей. Данная модель обеспечивает минимальную транспортную массу, что гарантирует минимальный расход топлива.

Ключевые слова: транспортная схема, критерий оптимальности, задача коммивояжера, математическая модель, алгоритм решения.

Yu.M. Eldeshtein, Z.E. Shaporova

THE TASK OF THE TRANSPORT SCHEME OPTIMIZATION

The mathematical model and algorithm for solving the task of the transport scheme optimization with one supplier and the network of consumers is developed. This model provides the minimum transport mass, ensuring minimum fuel consumption.

Key words: transport scheme, optimality criterion, traveling salesman task, mathematical model, algorithm of solution

Одной из основных проблем, решаемых транспортной логистикой, является оптимизация маршрутов движения транспортных средств. Многие потребители заказывают со складов партии «меньше чем вагон», «меньше чем трейлер», что значительно увеличивает издержки, связанные с доставкой таких грузов. Для сокращения транспортных расходов склад может организовать унитизацию небольших партий грузов для нескольких клиентов до максимальной загрузки транспортных средств [1].

На рис. 1 в виде направленных графов приведены два примера различных маршрутов обслуживания трех потребителей с одного склада. Здесь рядом с квадратами, изображающими потребителей, указаны их потребности в тоннах, на ребрах графов – соответствующие расстояния.

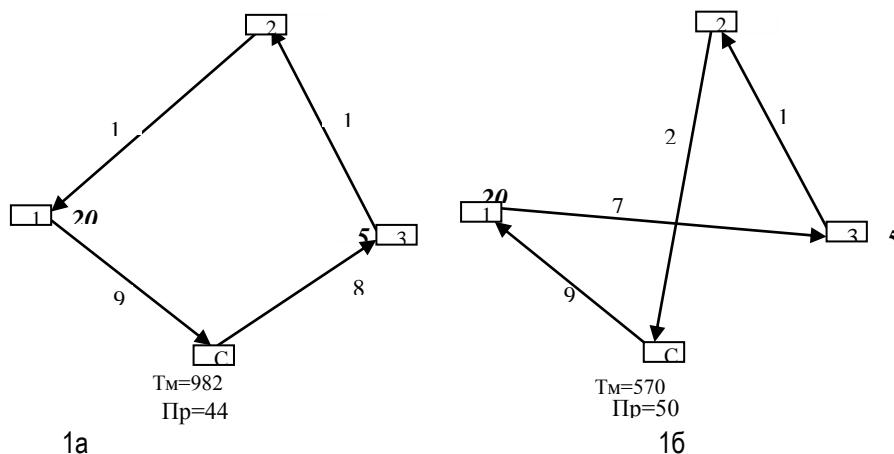


Рис. 1. Два варианта прокладки маршрута от склада до трех потребителей

Маршрут от склада до нескольких потребителей с возвратом на склад называется кольцевым маршрутом, если он исключает возможность пересекающихся направлений движения (рис. 1, а).

Кольцевой маршрут действительно обеспечивает минимальный пробег автомобиля Пр (в данном примере Пр=9+13+14+8=44 км), однако он не учитывает изменение его загруженности по мере объезда потребителей, а следовательно, и общего расхода топлива на маршруте. Естественно, что чем быстрее осуществляется разгрузка автомобиля, тем меньше будет расход топлива на его дальнейшем пути. В данном случае при собственной массе автомобиля, равной 5 т, его товарная масса при кольцевом маршруте составит $T_m=8*(5+1+20+5)+14*(1+20+5)+13*(20+5)+9*5=982$ т·км.

Для оптимизации транспортных маршрутов обычно решается «задача коммивояжера» [2], в которой исходными данными являются координаты источника (склада) и потребителей, т.е. расстояния от склада до

каждого из потребителей и соответствующие расстояния между последними. На рис. 1, б приведена схема маршрута, найденная методом “коммивояжера” [2].

Для вышеприведенных исходных данных эта задача решена нами не по расстояниям, как это рекомендуется в литературе, а по транспортным массам. Это решение показало, что минимальная векторная транспортная масса обеспечивается маршрутом, изображенном на рис. 1, б ($T_m = 9^*(20+5+2+5) + 7^*(5+2+5) + 14^*(2+5) + 20^*5 = 570 \text{ т}^*\text{км}$). Это на 42 % меньше, чем при кольцевом маршруте.

Для построения математической модели задачи оптимизации перевозок введем обозначения:

P_i – потребности i -го потребителя, т;

$i = 1, \dots, n$ – номер потребителя;

n – число потребителей;

j – номер кольцевого маршрута;

m – число маршрутов;

G_{am} – грузоподъемность автомобиля, т;

V_j – средняя скорость автомобиля на j -м маршруте, км/ч;

R_j – средний расход топлива на j -м маршруте, л/км.

Тогда математическая модель будет иметь вид:

- загрузка автомобиля (t) не должна превышать его грузоподъемности:

$$\sum_{i=1}^k P_{ij} \leq G_{am} \quad (j=1, \dots, m); \quad (1)$$

- загрузка автомобиля (t) на каждом маршруте должна быть максимальной:

$$F_1 = \sum_{i=1}^k P_{ij} \rightarrow Max \quad (j=1, \dots, m); \quad (2)$$

- транспортная масса ($t^*\text{км}$) должна быть минимальной:

$$F_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} P_{ij} \rightarrow Min \quad . \quad (3)$$

Это ограничение на первый взгляд противоречит предыдущему, однако оно выполняется при условии

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} \rightarrow Min \quad , \quad (4)$$

расход топлива (л*ч) за весь производственный цикл должен быть минимален:

$$F_3 = \sum_{j=1}^m R_j \rightarrow Min. \quad (5)$$

Расход топлива зависит от марки автомобиля, его загруженности и его средней скорости. Чем выше скорость автомобиля в городских условиях, тем меньше расход топлива. Поэтому после разбиения зоны обслуживания на сектора, одним из приоритетов должно выступать требование максимальной скорости. Это позволит, кроме экономии топлива, уменьшить среднее время ожидания в очереди, а следовательно, определенные преимущества в конкурентной борьбе.

Загруженность автомобиля меняется по мере его движения по маршруту, а следовательно, по мере разгрузки, поэтому целесообразно двигаться сначала к потребителям с наибольшей величиной запросов, с тем, чтобы максимально разгрузить автомобиль, что обеспечит минимизацию расхода топлива на данном рейсе.

На рис. 2 приведен алгоритм решения задачи оптимизации транспортных схем, основанный на использовании улучшенного алгоритма Свира [1, 3] и вышеприведенной математической модели.

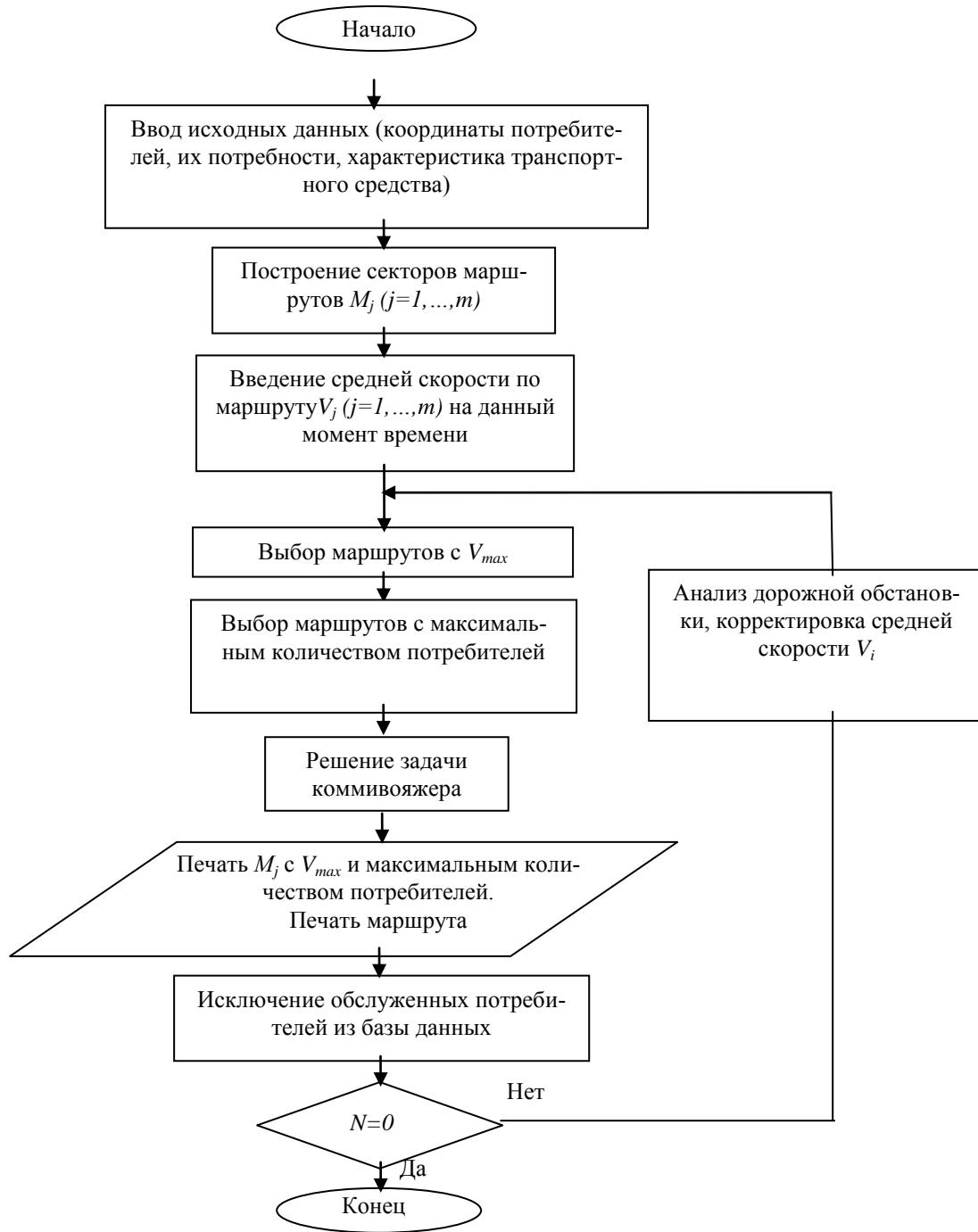


Рис. 2. Алгоритм оптимизации маршрутов перевозок от одного склада

Здесь блок «Построение секторов маршрутов M_j ($j=1, \dots, m$)» выполняется по разработанному нами ранее алгоритму [3]. Блок «Выбор маршрутов с максимальным количеством потребителей» обеспечивает уменьшение среднего времени ожидания в очереди на поставки.

Дорожная обстановка существенно меняется в зависимости от сезона и в течение суток (часы пик, аварии на дорогах и пр.), поэтому в алгоритм введен блок «Корректировка средней скорости V_i ».

Печать конкретных маршрутов движения транспортных средств обеспечивает водителей конкретной программой их действий. Этот алгоритм был реализован в соответствующих программах, прошедших государственную регистрацию [4, 5].

Литература

1. Неруш Ю.М. Логистика: учеб. для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 495 с.
2. Ельдештейн Ю.М. Логистика с иллюстрациями: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2010. – 272 с.
3. Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е. Алгоритм составления кольцевых маршрутов. Критика алгоритма Свира // Логистика – Евразийский мост: мат-лы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2013. – Ч. 1. – С. 139–143.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014611461. «Оптимизация составления плана перевозок» / Ю.М. Ельдештейн, М.С. Зырянов, Д.О. Бракк; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2013661281; заявл. 05.12.2013; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 03.02.2014.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014611897 «Оптимизация составления кольцевых маршрутов на базе улучшенного алгоритма Свира» / Ю.М. Ельдештейн, А.В. Мартынов. – Заявка №2013662391; заявл. 27.12.2013; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 13.02.2014.



УДК 630.370

В.Ф. Полетайкин, С.Ю. Гуськов

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАБОТЫ ПЕРЕКИДНОГО ЛЕСОПОГРУЗЧИКА С УЧЕТОМ НАКЛОНА КОРПУСА ПРИ НАБОРЕ ГРУЗА

В статье разработаны математические модели, позволяющие определять и исследовать нагруженность технологического оборудования лесопогрузчика с учетом влияния конструктивных и эксплуатационных факторов (угловая скорость вращения стрелы, масса груза, угол наклона лесопогрузчика в продольно-вертикальной плоскости).

Ключевые слова: лесопогрузчики гусеничные, лесопромышленные тракторы, технологическое оборудование, динамические нагрузки, математическая модель.

V.F. Poletaikin, S.Yu. Guskov

MATHEMATICAL MODELS OF THE CHANGEOVER LOGGER WORK TAKING INTO ACCOUNT THE BODY INCLINATION IN THE FREIGHT GAIN

The mathematical models allowing to define and research the loading of the logger technological equipment taking into account the influence of the constructional and operational factors (angular speed of the lift arm rotation, mass of freight, the logger tilt angle in the longitudinal-vertical plane) are developed in the article.

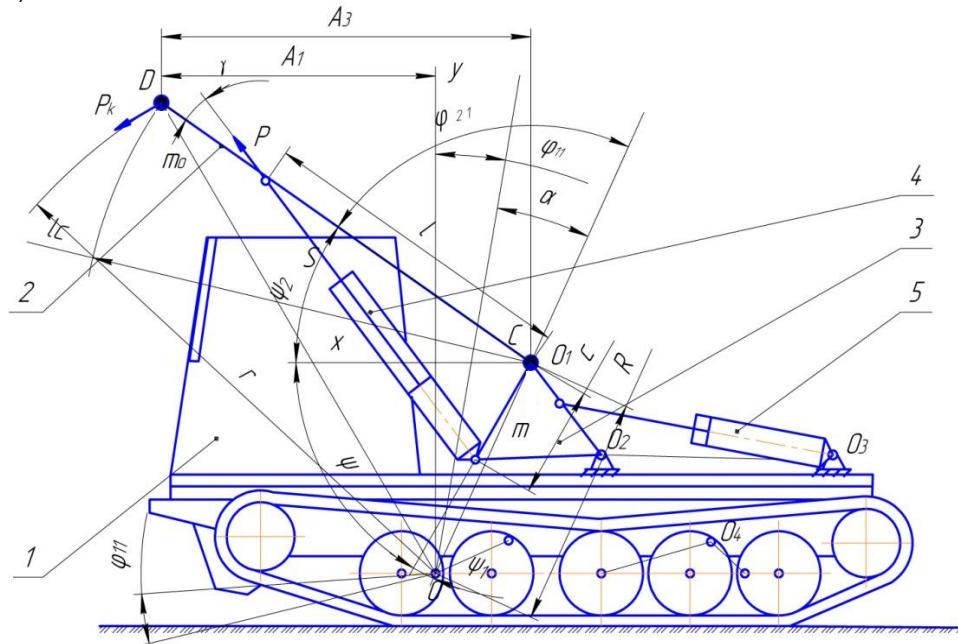
Key words: caterpillar loggers, timber industry tractors, technological equipment, dynamic loadings, mathematical model.

Введение. При наборе груза и перемещении его в транспортное положение в связи с недостаточной продольной устойчивостью лесопогрузчик наклоняется вперед до соприкосновения специальных упоров, установленных на корпусе машины, с опорной поверхностью. Угол наклона корпуса базовых машин ТТ-4М и ТЛТ-100 при этом составляет соответственно 9° и 11° . При этом задние балансирные каретки полностью отрываются от опорной поверхности. В таком положении происходит подъем груза до того момента, когда опрокидывающий момент от груза будет равен удерживающему моменту лесопогрузчика.

При дальнейшем подъеме происходит одновременное перемещение груза вокруг оси вращения стрелы и вращение лесопогрузчика с грузом относительно оси передней балансирной каретки до тех пор, пока задние балансирные каретки лесопогрузчика не встанут на грунт. В момент соударения задней части гусениц с опорной поверхностью лесопогрузчик резко перестает вращаться относительно оси переднего балансира, а груз продолжает вращение относительно оси поворота стрелы.

Это обуславливает возникновение дополнительных нагрузок как на технологическое оборудование, так и на ходовую систему базового трактора. Величина этих нагрузок зависит от массы груза, скорости его перемещения, свойств опорной поверхности погрузочной площадки, а также параметров кинематики и гидросистемы технологического оборудования

Для моделирования работы системы и определения величины возникающих динамических нагрузок в данном режиме необходимо составить расчетную схему и систему уравнений движения технологического оборудования и груза с учетом числа степеней свободы системы «базовый трактор – технологическое оборудование – груз», свойств груза, а также её математическую модель, описывающую движение системы (рис.)



Расчетная схема системы «базовый трактор – технологическое оборудование – груз»:
1 – базовый трактор; 2 – стрела; 3 – поворотное основание; 4 – гидроцилиндр поворота стрелы;
5 – гидроцилиндр поворота основания

Расчетная схема системы представлена на рисунке. Принятые обозначения при составлении расчетной схемы и уравнений движения: m_0 – масса груза и подвижных частей технологического оборудования, приведенных к точке D; P_k – кориолисова сила инерции; P – усилие на штоке гидроцилиндра поворота стрелы; l_c – длина стрелы; S – длина гидроцилиндра поворота стрелы; m – масса базовой машины и неподвижных частей технологического оборудования, приведенная к оси вращения стелы (к точке С); O , O_4 – оси вращения, соответственно, переднего и заднего балансиров базовой машины, r , R – радиусы инерции относительно оси O соответственно масс m_0 и m . Другие обозначения понятны из рисунка. Положение рассматриваемой системы в любой момент времени однозначно определяют параметры – φ_{11} , φ_{21} , которые и принимаются за координаты системы. Таким образом, система обладает двумя степенями свободы. Записываем уравнения Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_{11}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_{11}} = Q_{\varphi_{11}} \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_{21}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_{21}} = Q_{\varphi_{21}}, \quad (1)$$

где T – кинетическая энергия системы;

φ_{11} , φ_{21} – перемещения центров масс (обобщенные координаты системы);

$Q_{\varphi_{11}}$ – сила, соответствующая координате φ_{11} ;

$Q_{\varphi_{21}}$ – сила, соответствующая координате φ_{21} ;

Кинетическая энергия системы:

$$T = T_1 + T_2, \quad (2)$$

где T_1 – кинетическая энергия масс базового трактора и неподвижных частей технологического оборудования, приведенных в точку O_1 (рис.).

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2 \cdot \dot{\phi}_{11}^2. \quad (3)$$

Масса груза и подвижных частей рабочего оборудования, приведенная к точке D, совершает сложное движение относительно точки O, вследствие этого её кинетическая энергия представляет собой сумму кинетических энергий переносного и относительного движения.

T_2 – кинетическая энергия массы груза и подвижных частей рабочего оборудования, приведенной к точке D.

$$T_2 = \frac{1}{2} (m_o \cdot V_D^2 + m_o \cdot l_C^2 \cdot \dot{\phi}_{21}^2), \quad (4)$$

$$m_o = m_{21} + m_{30}, \quad (5)$$

где m_{30} – масса жесткого груза, приведенная к концу стрелы;

V_D – абсолютная скорость точки D.

Абсолютная скорость точки D равна геометрической сумме переносной и относительной скоростей точки D.

$$V_D = \sqrt{R^2 \cdot \dot{\phi}_{11}^2 + l_C^2 (\dot{\phi}_{11}^2 + \dot{\phi}_{21}^2)^2 + 2Rl_C \dot{\phi}_{11} \cdot (\dot{\phi}_{11} + \dot{\phi}_{21}) \cos \varphi_{21}}, \quad (6)$$

где $\dot{\phi}_{21}$ – угловая скорость массы m_o ;

$\dot{\phi}_{11}$ – угловая скорость массы m ;

Таким образом, кинетическая энергия системы определяется по выражению:

$$T = \frac{1}{2} (m_o \cdot [R^2 \cdot \dot{\phi}_{11}^2 + l_C^2 (\dot{\phi}_{11} + \dot{\phi}_{21})^2 + 2Rl_C \dot{\phi}_{11} \cdot (\dot{\phi}_{11} + \dot{\phi}_{21}) \cos \varphi_{21}] + . \quad (7)$$

$$+ m_o \cdot l_C^2 \cdot \dot{\phi}_{21}^2 + m \cdot R^2 \cdot \dot{\phi}_{11}^2)$$

Откуда

$$T = \frac{1}{2} \left[(m_o R^2 \dot{\phi}_{11}^2 + m_o l_C^2 \dot{\phi}_{11}^2 + 2m_o l_C^2 \dot{\phi}_{11} \dot{\phi}_{21} + m_o l_C^2 \dot{\phi}_{21}^2 + 2m_o l_C R \dot{\phi}_{11} \cos \varphi_{21} + . \quad (8) \right. \\ \left. + 2m_o l_C R \dot{\phi}_{11} \dot{\phi}_{21} \cos \varphi_{21} + m_o l_C^2 \varphi_{21}^2 + m R^2 \dot{\phi}_{11}^2) \right]$$

Из выражения (8) следует, что кинетическая энергия системы зависит от обобщенных скоростей $\dot{\phi}_{11}^2, \dot{\phi}_{21}^2$, а также от обобщенной координаты φ_{21} , т.е. от положения стрелы с грузом при её перемещении относительно оси вращения O_1 . Получим частные производные от выражения кинетической энергии (8) в соответствии с уравнениями Лагранжа:

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi_{11}} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_{11}} &= m_o R^2 \dot{\phi}_{11} + m_o l_c^2 \dot{\phi}_{11} + m_o l_c^2 \dot{\phi}_{21} + 2m_o l_c R \dot{\phi}_{11} \cos \varphi_{21} + m_o l_c R \dot{\phi}_{21} \cos \varphi_{21} + \\ &+ m R^2 \dot{\phi}_{11} \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_{11}} \right) &= m_o R^2 \ddot{\phi}_{11} + m_o l_c^2 \ddot{\phi}_{11} + m_o l_c^2 \ddot{\phi}_{21} + 2m_o l_c R \ddot{\phi}_{11} \cos \varphi_{21} - \\ &- 2m_o l_c R \dot{\phi}_{11} \dot{\phi}_{21} \sin \varphi_{21} + m_o l_c R \ddot{\phi}_{21} \cos \varphi_{21} - m_o l_c R \dot{\phi}_{21} \dot{\phi}_{11} \sin \varphi_{21} + m R^2 \ddot{\phi}_{11} \\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_{21}} &= -m_o l_c R \dot{\phi}_{11}^2 \sin \varphi_{21} - m_o l_c R \dot{\phi}_{11} \dot{\phi}_{21} \sin \varphi_{21} \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}_{21}} \right) &= m_o l_c^2 \ddot{\phi}_{11} + m_o l_c^2 \ddot{\phi}_{21} + m_o l_c R \ddot{\phi}_{11} \cos \varphi_{21} + m_o l_c^2 \dot{\phi}_{21} \end{aligned}$$

Определение обобщенных сил, соответствующих обобщенным координатам системы. Для определения обобщенных сил $Q_{\phi_{11}}$ и $Q_{\phi_{21}}$, соответствующих обобщенным координатам ϕ_{11} и ϕ_{21} , применим принцип возможных перемещений. Определим работу сил на перемещениях $\delta\phi_{11}$ и $\delta\phi_{21}$ координат ϕ_{11} и ϕ_{21} . На систему действуют задаваемые силы: вес подвижных частей технологического оборудования и груза, приведенные к концу стрелы (рис., точка D), вес неподвижных частей технологического оборудования и базовой машины, приведенные к оси вращения стрелы (O_1), а также усилия на штоках гидроцилиндров подъема стрелы Р. К заданным силам относится также кориолисова сила инерции. Возникновение кориолисовой силы инерции объясняется тем, что переносное движение в рассматриваемом режиме является вращательным (вращение точки С относительно точки О), а при вращательном относительном движении стрелы с грузом возникает поступательное движение центра масс груза и подвижных частей технологического оборудования, приведенного к оси вращения захвата относительно оси передней балансирной каретки базовой машины. Составим сумму элементарных работ задаваемых сил для относительного движения стрелы с грузом на возможном перемещении $\delta\phi_{21}$. В эту сумму входит работа веса груза и подвижных частей технологического оборудования, приведенного к концу стрелы, вес неподвижных частей технологического оборудования и базовой машины, приведенный к оси вращения стрелы, а также работа кориолисовой силы инерции.

$$\delta A_{\phi_{21}} = Q_{\phi_{21}} \cdot \delta\phi_{21}, \quad (9)$$

$$Q_{\phi_{21}} = m_o \cdot g \cdot A_3 - P \cdot l \cdot \left[1 - \left(\frac{2l^2 - 2lc \cos(180 - \psi - \psi_1 - \phi_{21})}{2IS} \right)^2 \right]^{0,5}. \quad (10)$$

В соответствии с правилом Жуковского кориолисово ускорение направлено в сторону переносного вращения, а кориолисова сила инерции по касательной в противоположную сторону.

Кориолисова сила инерции может быть определена по выражению:

$$P_K = 2m_i \dot{\phi} \dot{s} \sin(\dot{\phi} \wedge \dot{s}), \quad (11)$$

где m_i – масса движущегося элемента;
 $\dot{\phi}$ – угловая скорость переносного движения;
 \dot{s} – скорость поступательного движения;
 $\sin(\dot{\phi} \wedge \dot{s})$ – синус угла между направлениями векторов угловой скорости и скорости поступательного движения.

Таким образом, кориолисова сила инерции масс элементов конструкции повышает нагруженность системы и при определении обобщенных сил, соответствующих обобщенным координатам, её необходимо учитывать.

Скорость поступательного движения центра масс груза и подвижных частей технологического оборудования (рис.):

$$\dot{s} = \frac{\dot{\varphi}_{21} \cdot l_C \cdot \sin(180 - \varphi_{21})}{\sqrt{l_C^2 + R^2 - 2l_C R \cos(180 - \varphi_{21})}}. \quad (12)$$

Кориолисова сила инерции:

$$P_K = 2m_o \cdot \dot{\varphi}_{11} \cdot \frac{\dot{\varphi}_{21} \cdot l_C \cdot \sin(180 - \varphi_{21})}{\sqrt{l_C^2 + R^2 - 2l_C R \cos(180 - \varphi_{21})}}. \quad (13)$$

Работа на перемещении $\delta\varphi_{11}$:

$$\delta A_{\varphi_{11}} = Q_{\varphi_{11}} \cdot \delta\varphi_{11}, \quad (14)$$

$$Q_{\varphi_{11}} = m_o \cdot g \cdot A_1 - m_o \cdot g \cdot (A_3 - A_1) + 2m_o \cdot \dot{\varphi}_{11} \cdot \frac{\dot{\varphi}_{21} \cdot l_C \cdot \sin(180 - \varphi_{21})}{\sqrt{l_C^2 + R^2 - 2l_C R \cos(180 - \varphi_{21})}} \cdot r. \quad (15)$$

Найденные выражения производных и правых частей (10), (15) подставим в уравнение Лагранжа и после преобразований, получим систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_o R^2 \ddot{\varphi}_{11} + m_o l_C^2 \ddot{\varphi}_{11} + m_o l_C^2 \ddot{\varphi}_{21} + 2m_o l_C R \ddot{\varphi}_{11} \cos \varphi_{21} - \\ - 2m_o l_C R \dot{\varphi}_{11} \dot{\varphi}_{21} \sin \varphi_{21} + m_o l_C R \ddot{\varphi}_{21} \cos \varphi_{21} - m_o l_C R \dot{\varphi}_{21} \dot{\varphi}_{21} \sin \varphi_{21} + \\ + mR^2 \ddot{\varphi}_{11} = m_o \cdot g \cdot A_1 - m_o \cdot g \cdot (A_3 - A_1) + \\ + 2m_o \cdot \dot{\varphi}_{11} \cdot \frac{\dot{\varphi}_{21} \cdot l_C \cdot \sin(180 - \varphi_{21})}{\sqrt{l_C^2 + R^2 - 2l_C R \cos(180 - \varphi_{21})}} \cdot r \\ m_o l_C^2 \ddot{\varphi}_{11} + 2m_o l_C^2 \ddot{\varphi}_{21} + m_o l_C R \ddot{\varphi}_{11} \cos \varphi_{21} - m_o l_C R \dot{\varphi}_{11} \dot{\varphi}_{21} \sin \varphi_{21} + \\ + m_o l_C R \dot{\varphi}_{11}^2 \sin \varphi_{21} + m_o l_C R \dot{\varphi}_{11} \dot{\varphi}_{21} \sin \varphi_{21} = m_o \cdot g \cdot A_3 - \\ - P \cdot l \cdot \left[1 - \left(\frac{2l^2 - 2l_C \cos(180 - \psi - \psi_1 - \varphi_{21})}{2lS} \right)^2 \right]^{0.5} \end{array} \right. \quad (16)$$

Уравнение (16) описывает движение приведенных масс в системе «базовый трактор – технологическое оборудование – груз», решая которые, можно получить данные о динамических нагрузках, возникающих в элементах конструкции лесопогрузчиков с жесткой и жестко балансирующей подвеской корпуса базовой машины в зависимости от конструктивных и эксплуатационных факторов.

Заключение. Из уравнения (16) следует, что работа лесопогрузчика перекидного типа с изменяющимся центром вращения технологического оборудования и груза имеет отличительные особенности:

1. При перемещении технологического оборудования из положения набора в транспортное положение на первом этапе движении происходит вращение груза со стрелой относительно оси вращения стрелы при наклонном положении машины до достижения равенства удерживающего и опрокидывающего моментов от сил тяжести машины и груза.

2. После превышения величины момента от силы тяжести машины (удерживающего момента) величины момента от силы тяжести груза (опрокидывающего момента) происходит одновременное вращение груза относительно оси вращения стрелы и всей машины относительно оси балансира передней каретки до соударения задней каретки с опорной поверхностью.

3. Разработанная математическая модель одновременного перемещения груза вокруг оси вращения стрелы и вращения корпуса лесопогрузчика относительно оси передней балансирной каретки трактора позволяет проводить исследования нагруженности элементов конструкции лесопогрузчика с учетом ряда конструктивных и эксплуатационных факторов (угловой скорости стрелы и корпуса, величины массы груза, параметров кинематической и гидравлической схем и других), выполнять оптимизацию параметров кинематики технологического оборудования на стадии проектирования.

Литература

1. Полетайкин В.Ф. Прикладная механика лесных подъемно-транспортных машин: монография. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2010. 247 с.
2. Гасымов Г.Ш., Александров В.А. Нагрузки в элементах конструкции валочно – пакетирующих машин: монография. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2009. – 155 с.
3. Редькин А.К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 256 с.



УДК 621.929:62-137

**Д.М. Бородулин, С.А. Ратников, А.С. Козымаев
Е.А. Андрюшкова, Д.И. Киселев**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ЦЕНТРОБЕЖНО-ШНЕКОВОМ СМЕСИТЕЛЕ

В статье представлен математический процесс смещивания дисперсных материалов с использованием корреляционного анализа, на основе которого получены численные значения сглаживающей способности центробежно-шнекового смесителя. Реализация математической модели показала, что на однородность материальных потоков в смесителе большое влияние оказывает организация опережающих потоков в рабочей камере смесителя.

Ключевые слова: смещивание дисперсных материалов, центробежно-шнековый смеситель.

**D.M. Borodulin, S.A. Ratnikov, A.S. Kozymayev,
E.A. Andryushkova, D.I. Kiselyov**

MODELLING OF THE MATERIAL STREAM MOVEMENT IN THE CENTRIFUGAL-AUGER MIXER

The mathematical process of the disperse material mixing with the use of the correlation analysis on the basis of which the numerical values of the centrifugal-auger mixer smoothing ability are received is presented in the article. The mathematical model realization showed that the organization of the advancing streams in the working camera of the mixer has a great influence on the uniformity of material streams in the mixer.

Key words: mixing of disperse materials, centrifugal-auger mixer.

Введение. При производстве комбинированных продуктов питания и различных композиционных материалов в пищевой и других отраслях промышленности требуется получать высококачественные смеси с небольшим количеством вносимых добавок. Равномерное распределение частиц компонентов по объему сыпучей массы значительно сложнее, чем получение жидких и пастообразных смесей. Поэтому основной проблемой является создание благоприятных условий для взаимного перемещения частиц сыпучих компонентов относительно друг друга. Кроме этого, часто необходимо учитывать еще ряд факторов, которые создают дополнительные сложности процессу смещивания (например, различие гранулометрических составов и других физико-механических характеристик компонентов смеси). Для решения этой проблемы нами раз-

работан эффективный центробежно-шнековый смеситель для получения сыпучих материалов, отвечающий всем требованиям предъявленным со стороны как пищевой, так и ряда других отраслей промышленности.

Цель исследований. Теоретический анализ новой конструкции центробежно-шнекового смесителя на предмет определения рациональных значений коэффициентов, определяющих величину сглаживающей способности смесительного аппарата.

Задачи исследований. Проанализировать схему движения материальных потоков в центробежно-шнековом смесителе; определить взаимосвязь динамических характеристик смесителя и параметров дискретного дозирования в условиях непрерывного смесеприготовления.

Методы и результаты исследований. Для решения первой поставленной задачи был проведен корреляционный анализ, позволяющий установить зависимость между дисперсиями входного и выходного сигналов. На его основе можно спрогнозировать однородность материального потока на выходе при известных коэффициентах рециркуляции, времени нахождения материала в смесителе и дисперсии входного сигнала [1].

В Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности на кафедре технологического проектирования пищевых производств разработан вертикальный центробежно-шнековый смеситель, представленный на рис. 1 (положительное решение на выдачу патента РФ № 201313798 от 13.08.2013 г.).

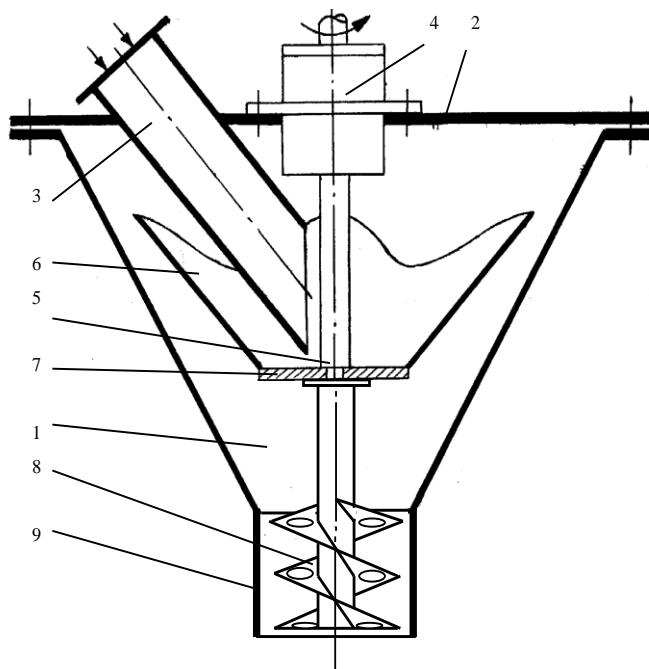


Рис. 1. Центробежно-шнековый смеситель: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – загрузочный патрубок; 4 – подшипниковый узел; 5 – вал; 6 – усеченный конус; 7 – диск; 8 – перфорированный шнек; 9 – выходной патрубок

Работа смесителя осуществляется следующим образом. Сыпучие компоненты подаются через патрубок 3 на диск 7 вращающегося ротора. Под действием центробежной силы сыпучая масса равномерно «рас текается» по диску и переходит на внутреннюю поверхность полого усеченного конуса 6. Таким образом, обеспечивается тонкослойное движение сыпучего материала, что способствует частичному смещиванию компонентов. Продвигаясь по поверхности конуса 6, сыпучая масса достигает его верхней волнообразной кромки. Такая ее конфигурация способствует появлению дополнительного эффекта смещивания в пересекающихся потоках материала по той причине, что общий кольцевидный поток материала сходит с поверхности конуса в разные моменты времени, разделяясь на несколько частей, которые впоследствии пересекаются друг с другом в кольцевом пространстве между ротором и корпусом смесителя. Далее материал ссыпается по внутренней поверхности корпуса 1 к выходному патрубку 9 и попадает на витки перфорированного шнека 9. За счет того, что при вращении вала витки шнека осуществляют подъем материала вверх, проис-

ходит его рециркуляция. Часть материала через перфорацию шнека и зазор между ним и патрубком просыпается вниз и выходит из смесителя в виде готовой смеси.

На основе вышеописанной работы центробежно-шнекового смесителя была составлена схема движения материальных потоков внутри его рабочей камеры, представленная на рис. 2. На основе схемы составлена система уравнений, определяющая материальный баланс с учетом того, что материальные потоки считаются случайными стационарными эргодическими функциями:

$$\begin{cases} x_1 = x_0 \\ x_2 = x_1 \cdot (1 - \alpha)^2 \\ x_3 = x_2 + \alpha^2 \cdot x_1 + \beta^2 \cdot x_4 \\ x_4 = (1 - \gamma)^2 \cdot x_3 \\ x_B = x_4 + \gamma^2 \cdot x_3 \end{cases}, \quad (1)$$

где x_0 – поток материала, поступающего в смеситель;
 x_j – поток материала на j -й стадии смещивания;
 x_B – поток материала, выходящего из смесителя;
 α, γ – коэффициенты опережения (байпаса);
 β – коэффициент рециркуляции.

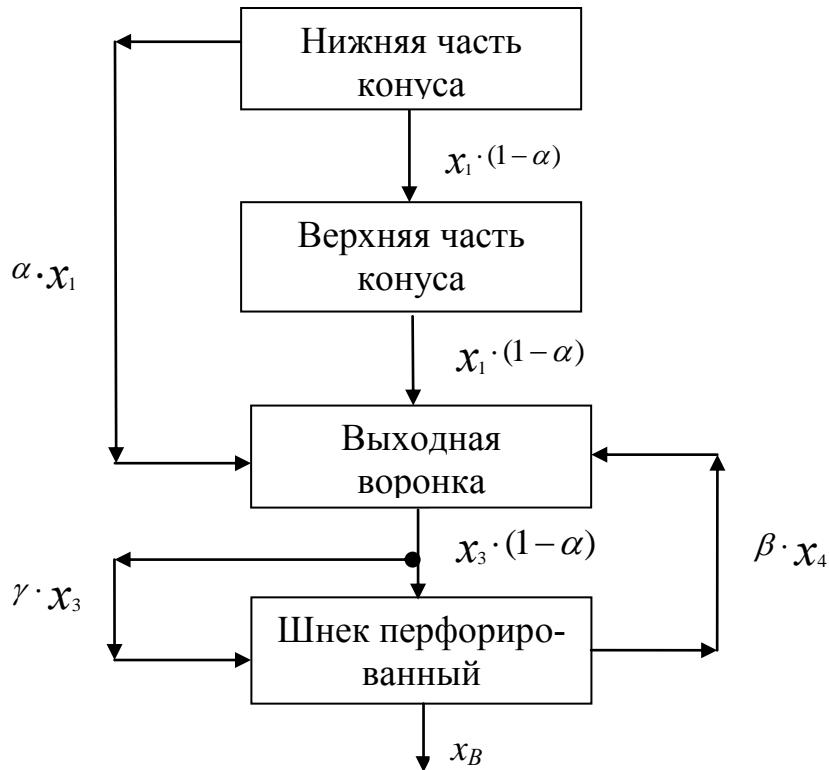


Рис. 2. Схема движения материальных потоков в смесителе

Поскольку потоки материала считаются случайными величинами, то можно использовать следующие свойства случайных величин: дисперсия суммы случайных величин равна сумме дисперсий случайных величин ($\sigma_C^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2$, где $C=A+B$); дисперсия случайной величины вида ($B=k \cdot A$) равна ($\sigma_B^2 = k^2 \cdot \sigma_A^2$). Таким образом, на основании выражения (1) можно записать систему уравнений:

$$\begin{cases} \sigma_1^2 = \sigma_0^2 \\ \sigma_2^2 = \sigma_1^2 \cdot (1-\alpha)^2 \\ \sigma_3^2 = \sigma_2^2 + \alpha^2 \cdot \sigma_1^2 + \beta^2 \cdot \sigma_4^2 \\ \sigma_4^2 = (1-\gamma)^2 \cdot \sigma_3^2 \\ \sigma_B^2 = \sigma_4^2 + \gamma^2 \cdot \sigma_3^2 \end{cases}, \quad (2)$$

где σ_j^2 – дисперсия потока материала;

σ_B^2 – дисперсия выходящего потока;

σ_0^2 – дисперсия входящего потока.

Решая систему (2), используя промежуточные выражения для упрощения итогового результата, получим:

$$\begin{cases} \sigma_1^2 = \sigma_0^2 \\ \sigma_2^2 = \sigma_0^2 \cdot (1-\alpha)^2 \\ \sigma_3^2 = \sigma_0^2(1-\alpha)^2 + \alpha^2 \cdot \sigma_0^2 + \beta^2 \cdot \sigma_4^2 = B \\ \sigma_4^2 = \frac{[(1-\gamma)^2 \cdot (1-\alpha)^2 + (1-\gamma)^2 \cdot \alpha^2]}{1 - \beta^2 \cdot (1-\gamma)^2} \cdot \sigma_0^2 = A \\ \sigma_B^2 = A + \gamma^2 \cdot B \end{cases}. \quad (3)$$

Для сокращения математической записи системы (1-3) введены вспомогательные промежуточные выражения:

$$A = \frac{[(1-\gamma)^2 \cdot (1-\alpha)^2 + (1-\gamma)^2 \cdot \alpha^2] \cdot \sigma_0^2}{1 - \beta^2 \cdot (1-\gamma)^2}, \quad (4)$$

$$B = \sigma_0^2(1-\alpha)^2 + \alpha^2 \cdot \sigma_0^2 + \beta^2 \cdot \sigma_4^2. \quad (5)$$

Таким образом, решение системы (3) с учетом выражений (4) и (5) представляет собой итоговую математическую модель, описывающую движение материальных потоков в центробежно-шнековом смесителе.

$$\sigma_B^2 = A + \gamma^2 \cdot B. \quad (6)$$

Рассмотрим практическое решение уравнения (6). Для этого в уравнения (4) и (5) подставим, в качестве примера численные значения коэффициентов $\alpha=1/2$, $\beta=1/3$, $\gamma=1/2$ в результате чего получим:

$$A = \left(\frac{(1-0,5)^2 \cdot (1-0,5)^2 + (1-0,5)^2 \cdot 0,5^2}{1 - 0,333^2 \cdot (1-0,5)^2} \right) \cdot \sigma_0^2 = 0,129 \sigma_0^2; \quad (7)$$

$$B = ((1-0,5)^2 + 0,5^2 + 0,333^2 \cdot 0,129) \cdot \sigma_0^2 = 0,541 \sigma_0^2. \quad (8)$$

Подставив (7) и (8) в (6) получим:

$$\sigma_B^2 = 0,129\sigma_0^2 + 0,5^2 \cdot 0,541\sigma_0^2 = 0,258\sigma_0^2. \quad (9)$$

Из уравнения (9) видно, что дисперсия входного потока меньше, чем входного, почти в четыре раза.

Зная отношения дисперсий, можно определить численное значение сглаживающей способности аппарата S , которая показывает, во сколько раз смеситель может сгладить пульсации материальных потоков возникающих от дозировочного оборудования. Чем больше S , тем более однородной по составу будет получаемая смесь. Итак, сглаживающая способность для нашего примера равна:

$$S = \left(\frac{\sigma_{X_0}^2}{\sigma_{X_B}^2} \right) = \frac{1}{0,258} = 3,87. \quad (10)$$

Полученные численные значения S при различных α, β, γ представлены в таблице.

Теоретический эффект сглаживания при различных комбинациях коэффициентов перераспределения материала в смесителе

α	γ	β	A	B	σ_B^2/σ_0^2	S
0,5	0,5	0,333	0,128564	0,514256	0,257128	3,8759
0,1	0,3	0,2	0,409833	0,116393	0,420308	2,3792
0,2	0,3	0,2	0,339861	0,213594	0,359085	2,7848
0,4	0,2	0,1	0,334944	0,403349	0,351078	2,8483
0,4	0,5	0,2	0,131313	0,405253	0,232626	4,2987
0,2	0,3	0,4	0,361545	0,257847	0,384751	2,5990
0,4	0,2	0,3	0,353141	0,431783	0,370412	2,6996
0,3	0,2	0,5	0,441905	0,410476	0,458324	2,1818
0,5	0,5	0,2	0,126263	0,505051	0,252525	3,9600
0,1	0,5	0,3	0,209719	0,118875	0,239437	4,2294
0,5	0,4	0,3	0,186027	0,516742	0,268706	3,7215

Из таблицы видно, что лучшая сглаживающая способность разработанного аппарата достигается при коэффициентах $\alpha=0,4$, $\beta=0,2$, $\gamma=0,5$, а худшая при $\alpha=0,3$, $\beta=0,5$, $\gamma=0,2$. Анализ полученных значений показывает, что на величину S оказывают наибольшее влияние коэффициенты опережения α и γ , значения которых должны быть в диапазоне 0,3–0,5. Коэффициент рециркуляции β также существенно влияет на величину сглаживающей способности, однако его чрезмерное увеличение повлечет за собой повышение массы материала в аппарате и увеличение его накопительной способности, что приведет к возрастанию энергозатрат. Поэтому коэффициент β не должен превышать рекомендуемый диапазон 0,2–0,3.

Для решения второй поставленной задачи была рассмотрена проблема взаимосвязи динамических характеристик смесителя и параметров дискретного дозирования в условиях непрерывного смесеприготовления. Дискретное дозирование применяется, как правило, для подачи в смеситель компонентов, входящих в состав смеси в малом количестве (1 % или менее).

Известно, что основными динамическими характеристиками непрерывно действующих аппаратов являются накопительная способность, среднее время нахождения материала в аппарате, функция распределения времени пребывания (ФРВП) частиц в нем и др. [4].

Очевидно, что при непрерывном смесеприготовлении аппарат должен быть приближен к модели идеально смещивания. Эта модель характеризуется показательным законом распределения времени пребывания частиц в аппарате:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (11)$$

где $f(t)$ – плотность вероятности времени пребывания частицы в аппарате;

λ – коэффициент, с⁻¹.

Для данного закона распределения математическое ожидание времени пребывания:

$$M(t)=1/\lambda. \quad (12)$$

На рис. 3 представлен график дифференциальной ФРВП идеального смесителя.

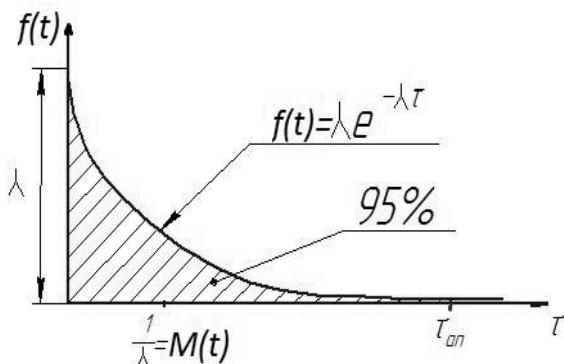


Рис. 3. График дифференциальной ФРВП идеального смесителя

Для приближения дифференциальной ФРВП реального смесителя к идеальному необходимо создавать байпас и увеличивать продолжительность пребывания некоторой части материала в аппарате (организовать рециркуляцию), как это сделано в представленной конструкции центробежно-шнекового смесителя.

Понятно, что при дискретном дозировании компонентов с малой концентрацией будет рационально, чтобы интервал подачи порций был не более величины $M(t)=1/\lambda$. В этом случае смеситель будет эффективно сглаживать скачки концентрации так называемого «ключевого» компонента. Помимо этого, необходимо, чтобы величина порции находилась в определенном соотношении с накопительной способностью аппарата, которую можно оценить по формуле:

$$m=G \cdot M(t)=G \cdot (1/\lambda), \quad (13)$$

где G – производительность аппарата, кг/с.

Многочисленные исследования показывают, что для определения ФРВП смесителя путем импульсного возмущения массу порции индикатора рационально брать в размере 5–10 % от накопительной способности [4]. Очевидно, что массу порций при дискретном дозировании компонента можно выбрать в соответствии с этими рекомендациями:

$$m_{\text{порц}}=(0,05 \dots 0,1)G \cdot (1/\lambda). \quad (14)$$

Таким образом, если известна ФРВП смесителя, определяемая обычно опытным путем, то ее можно аппроксимировать показательным законом и далее оценить рациональные параметры дискретного дозирования по известной концентрации компонента в смеси. Это позволяет значительно сократить затраты времени на настройку смесительного агрегата. Следует отметить, что если инерционностью смесителя можно управлять, то данная методика тем более позволяет подобрать более рациональный вариант совместной работы дозатора и смесителя непрерывного действия.

Выводы

- Выполнен корреляционный анализ схемы движения материальных потоков в новом центробежно-шнековом смесителе, который показал, что на однородность материальных потоков большое влияние оказывает организация опережающих потоков внутри рабочей камеры центробежно-шнекового смесителя. Величина сглаживающей способности смесителя достигает максимального значения $S=4,2987$.

- Предложена методика оценки параметров дискретного дозирования в условиях непрерывного смешивания, учитывающая динамические характеристики смесителя, позволяющие сократить затраты вре-

мени на настройку смесительного оборудования и подобрать более рациональный вариант совместной работы смесителя и дозатора непрерывного действия.

Литература

1. Бородулин Д.М., Иванец В.Н. Развитие смесительного оборудования центробежного типа для получения сухих и увлажненных комбинированных продуктов: монография. – Кемерово, 2012. – 178 с.
2. Бородулин Д.М., Андрюшков А.А. Прогнозирование сглаживающей способности центробежного смесителя на основе корреляционного анализа // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 4. – С. 40–43.
3. Иванец В.Н., Бородулин Д.М., Андрюшков А.А. Анализ работы смесителей непрерывного действия центробежного типа на основе корреляционного подхода // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2012. – № 8. – С. 23–26.
4. Ратников С.А. Разработка и исследование непрерывнодействующего смесительного агрегата центробежного типа для получения сухих и увлажненных комбинированных продуктов: дис...канд.техн.наук: 05.18.04: защищена 11.05.01. – Кемерово, 2001. – 201 с. библиогр.: С. 98-141.



УДК 630.658.012.011.56.621

С.М. Базаров, А.Н. Соловьев

ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА

В статье рассматривается структура лесотехнологической логистики с учетом устойчивого развития лесопромышленных предприятий, способная обеспечить выполнение операций на лесосеке в кратчайшее время.

Ключевые слова: лесотехнологическая логистика, кратчайшее время, скорость, производство, перемещение, система.

S.M. Bazarov, A.N. Soloviev

LOGGINGLOGISTICS

The structure of the forest-technological logistics, taking into account the sustainable development of the timber industry enterprises, capable of providing the performance of operations at the cutting area in the shortest time is considered in the article.

Key words: forest-technological logistics, the shortest time, speed, production, movement, system.

Введение. В рыночных условиях развития лесной отрасли эффективное развитие предприятий во многом зависит от того, насколько логистика, теория сложных систем, анализ многофакторных операций, оптимальное управление, экология и другие факторы, учитывающие специфику лесных технологий, применяются при формировании и управлении производством лесоматериалов и его транспортом к потребителям.

Лесозаготовительное производство представляет собой технологические системы заготовки и перемещения древесины от мест естественного произрастания до потребителей, выполняемые путем валки леса, очистки деревьев от сучьев, раскряжевки хлыстов на сортименты, трелевки, погрузки, лесотранспортировки и др. Технические и переместительные операции, осуществляемыми комплексами машин, механизмов и оборудования по производству лесоматериалов и их транспортировки лесовозами осуществляются в достаточно сложных многофакторных древесных средах, обусловленных природными почвенно-климатическими условиями. Системы лесных машин представляют собой единые взаимосвязанные и взаимозависимые динамические структуры, эффективность которых зависит от их способности к самоорганизации и оптимизации своих целевых функций как необходимых условий устойчивого развития лесопромышленных предприятий.

С рассматриваемых позиций необходимо построение лесозаготовительной логистики как лесотехнологической, которая должна стать одной из основных составляющих лесопромышленной логистики [1]. В лесотехнологической логистике необходимо объединение логистики производства и перемещения (транспорта) с учетом специфики динамических критериев эффективности лесных технологий: кратчайшее время, а также путь выполнения операций при энергосберегающих режимах перемещения на лесосеке.

Методика и результаты исследований. На рынке лесного машиностроения имеет место широкий спектр механизмов, машин и оборудования лесозаготовки и лесотранспорта: бензиномоторные пилы, валочные и валочно-пакетирующие машины, трелевочные тракторы, валочно-трелевочные машины, многооперационные машины (харвестеры), сортиментовозы (форвардеры), процессоры, лесовозные автомобили, автомобильные прицепы и другие, объемная производительность которых определяется по обобщенной формуле:

$$\Pi = V / t, \quad (1)$$

где V , t – соответственно объем и время производства (или перемещения) выполняемой технологической операции.

Для технологических операций валки, обрезки сучьев и раскряжевки

$$V = V_x,$$

где V_x – средний объем хлыста, определяемый по таксационным характеристикам лесосеки.

Объем лесопродукции при переместительных операциях (трелевка, погрузка, транспорт) можно записать в виде:

$$V = V_x n_x,$$

где n_x – число хлыстов в единичном объеме перемещения, тогда обобщенная формула производительности лесных машин производства лесоматериалов и их перемещения принимает вид:

$$\Pi = \Pi_x = V_x / t_x, \quad (2)$$

где $t_x = t / n_x$ – нормированное время переместительной операции на один хлыст.

Производительность комплексов механизмов, машин и оборудования как единой структуры производства определяется формулой [2]:

$$\Pi_c = V_x N / \sum t_{xi}, \quad i=1, 2, 3, \dots, N, \quad (2a)$$

где N – число выполняемых технологических операций.

Формула (2) указывает на возможность обобщенного представления всех лесозаготовительных операций как переместительных, которые в свою очередь должны характеризоваться своими технологическими скоростями в процессе.

Согласно формуле (2), средний объем хлыста становится постоянным параметром состояния всего непрерывного технологического цикла производства лесоматериалов и их перемещения как на лесосеке, так и при транспортировке в лесопромышленные предприятия.

Средний объем хлыста можно записать в виде

$$V_x = S_x L_x, \quad (3)$$

где S_x – площадь поперечного сечения хлыста, осредненная по его длине L_x .

Согласно (3), длина хлыста наряду со средним объемом хлыста является также постоянным параметром в технологическом процессе лесозаготовки.

На основании формул (2) и (3) можно ввести представление технологической скорости производства и перемещения на один хлыст:

$$U_x = L_x / t_x = \Pi_x / S_x. \quad (4)$$

Обратная величина технологической скорости производства (перемещения)

$$t_x = 1 / U_x \quad (5)$$

является динамическим параметром состояния технологической операции, который определяет время производства (перемещения) единицы длины лесопродукции.

Суммарное время технологического цикла производства (перемещения) единицы длины равно:

$$T_x = \sum t_{xi}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N, \quad (6)$$

где N – число операций в технологическом процессе.

При непрерывном процессе время производства единицы длины определяется как среднее время в цикле:

$$T_* = T_x / N. \quad (7)$$

Технологическая скорость дискретных циклов равна:

$$U_c = 1 / T_x. \quad (8)$$

При непрерывном производстве на лесосеке технологическая скорость процесса равна:

$$U = 1 / T_* = U_c N. \quad (9)$$

На основании формул (6)–(7) можно определить время цикла производства лесопродукции:

$$T_c = T_x L_c, \quad (10)$$

при непрерывном процессе на лесосеке:

$$T_{ch} = T_* L_c,$$

где L_c – общая длина пути технологического процесса производства лесоматериалов от валки деревьев и до погрузки на лесотранспорт на лесосеке.

Тогда объем лесоматериалов, производимых на технологическом пути становится равным

$$V = V_x \sum L_i / L_x, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N, \quad (11)$$

где L_i – длина пути выполняемой технологической операции в процессе производства.

Длина технологического пути, время производства на лесосеке являются важными параметрами и определение их кратчайших составляющих от валки деревьев до погрузки, становится необходимым условием оптимизации лесозаготовки.

Важным условием эффективности производства является соблюдение энергосберегающих режимов перемещения на лесосеке. Решение этой задачи можно получить с позиции прямого метода в вариационном исчислении применительно к механике.

Работа по перемещению в общем случае определяется интегральным функционалом, характеризующим энергию перемещения механизма, машины и оборудования при выполнении технологической операции:

$$A = \int W dt, \quad (12)$$

где $W(t, x, v)$ – мощность двигателя, скорость перемещения $v = dx/dt$.

Минимальному значению функционала энергии должно соответствовать условие минимума подинтегральной функции (мощности) при перемещении от начальной пространственно-временной точки пути (t_0, x_0) до конечной (t_k, x_k). В рассматриваемых условиях согласно вариационному принципу экстремальное (минимальное) представление подинтегральной функции можно получить из уравнения Эйлера-Лагранжа [3]:

$$d(\partial W / \partial v) / dt - \partial W / \partial x = 0. \quad (13)$$

Для мощности имеет место формула

$$W = F v,$$

где F – сила.

При постоянной величине мощности на пути перемещения

$$W = \text{const}$$

получаем условие энергосберегающего перемещения лесоматериалов при выполнении технологических операций на лесосеке

$$F = \text{const}. \quad (14)$$

Это означает, что энергосберегающими режимами на технологических путях являются только два режима: движение с постоянной скоростью и с постоянным ускорением.

Полученное представление условия энергосберегающего перемещения лесоматериалов в процессе производства позволяют решить задачу построения кратчайшего пути. Решение задачи построим в плоской системе координат (x, y) . Время движения по траектории $y = f(x)$ определяется значением функционала

$$T = \int [1 + (dy/dx)^2]^{1/2} v^{-1} dx. \quad (15)$$

При движении с постоянным ускорением вдоль координаты y скорость равна

$$v = a t = (2ay)^{1/2},$$

и функционал (15) принимает вид

$$T = \int [1 + (dy/dx)^2]^{1/2} (2ay)^{-1/2} dx. \quad (16)$$

Если в (16) ускорение a заменить ускорением силы тяжести g , то приходим к известной задаче нахождения траектории быстрейшего спуска в гравитационном поле, а такой траекторией является брахистохрона.

На рисунке показана кратчайшая траектория движения лесной машины в системе пасечный волок – магистральный волок (yc) на пасеке.

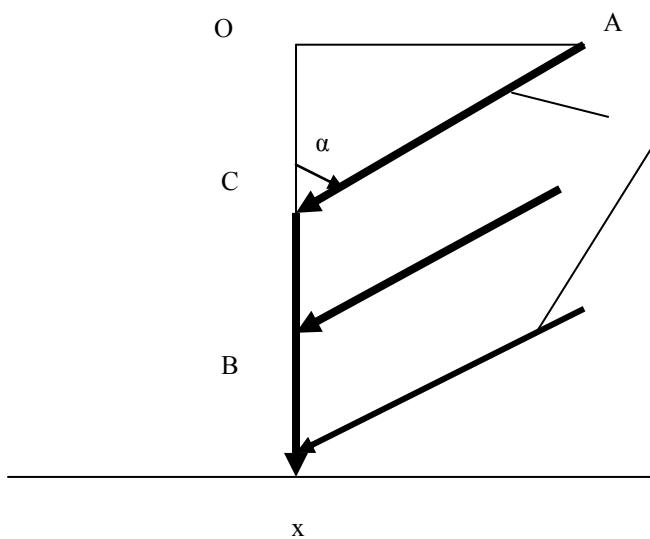


Схема кратчайшего пути перемещения в системе пасечные волокна – магистральный волок (yc):
1 – пасечный волок; ОВ – магистральный волок; В – место погрузки (расстояние: $AO = l$; $OB = L$)

Скорость движения по пасечному волоку меньше скорости движения по магистральному волоку $v_b < V_{mb}$. Время движения в системе пасечной волок – магистральный волок складывается из суммы времен движения с разными скоростями:

$$T = (l^2 + x^2)^{1/2} V^{-1}_b + (L - x) V^{-1}_{mb}, \quad (17)$$

где $OC = x$.

Кратчайший путь определяется условием

$$dT/dx = 0, \quad d^2T/dx^2 > 0.$$

Выполнив дифференцирование, получаем уравнение

$$x [v(l^2 + x^2)^{1/2}]^{-1} - V^{-1} = 0, \quad (18)$$

из которого следует

$$x/l = \beta (1 - \beta^2)^{-1/2}, \quad (19)$$

где относительная скорость $\beta = v_b / V_{mb} < 1$.

Согласно рисунку, угол входа пасечного волока в магистральный волок равен

$$\alpha = \arccos \frac{l}{x}, \quad (20)$$

где

$$l/x = \beta^{-1} (1 - \beta^2)^{1/2}. \quad (21)$$

Формулы (20) и (21) позволяют рассчитать угол входа пасечных волоков в магистральный волок (например, при $\beta = 1/2$ угол $\alpha = 60^\circ$), который обеспечивает кратчайшее время перемещения лесоматериалов и более высокую производительность технологического пути.

Заключение. В рыночных условиях лесозаготовительная логистика, дополняя лесопромышленную логистику, формулирует динамические критерии эффективности технологических операций производства лесоматериалов и их перемещений на лесосеке, следование которым будет способствовать устойчивому развитию лесопромышленных предприятий.

Литература

1. Салминен Э.О., Борозна А.А., Тюрин Н.А. Лесопромышленная логистика. – СПб.: СПбГЛТА, 2001. – 188 с.
2. Базаров С.М., Беленький Ю.И., Соловьев А.Н. Системно-синергетический анализ технологий лесозаготовительного производства. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – 96 с.
3. Дж.У. Лич. Классическая механика. – М.: ИЛ, 1961. – 173 с.



ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ ПРИ ДЕРАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

В статье рассмотрены электрофизические методы борьбы с грызунами в сельскохозяйственных помещениях. В качестве новых конструкций предложена модель электроконтактной сетки для воздействия на крыс и барьерный элемент.

Ключевые слова: крысы, дератизация, модель электроконтактной сетки, барьерный элемент.

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

ELECTROPHYSICAL METHODS OF STRUGGLE IN THE AGRICULTURAL PREMISE DERATIZATION

The electrophysical methods of struggle against the rodents in the agricultural premises are considered in the article. The model of the electro-contact grid for the impact on rats and the barrier element are offered as the new designs.

Key words: rats, deratization, electro-contact gridmodel, barrier element.

Целью наших исследований являлось изучение эффективности электрофизических методов защиты объектов агропромышленного комплекса (АПК) от вредителей-грызунов путем разработки способов и технических устройств. Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить комплекс следующих мероприятий:

- изучить проблемы защиты объектов АПК от грызунов, а также провести обзор существующих электрофизических способов и устройств с целью определения экономической эффективности;
- провести анализ средств борьбы с грызунами и разработать требования к электрофизическим методам борьбы с ними;
- осуществить системно-функциональный анализ установок для борьбы с грызунами.

Преобразуя окружающую среду, человек одновременно влияет на поведение животных первоначально как пассивный наблюдатель, в дальнейшем становясь все более заинтересованным в том, чтобы создаваемые им материалы и технические устройства, инженерные строения и сооружения, древесина и сельскохозяйственное сырье возможно меньше повреждались животными, лучше сохранялись и дольше работали.

В сельскохозяйственном производстве использование средств управления поведением животных позволяет защищать сады и посевы от вредителей, повышать продуктивность домашних животных, а также увеличивать их сохранность, облегчать содержание и уход за ними. Применение средств управления поведением животных на сельскохозяйственных предприятиях АПК, занимающихся переработкой сельхозпродукции, позволяет снизить потери сырьевой базы и затраты на доработку исходного продукта с целью достижения той чистоты продукта, которую предъявляет тот или иной технологический цикл переработки.

Поиск аналогичных проблем взаимодействия с грызунами в различных сферах деятельности человека, анализ путей их решения позволяет дать объективную оценку в плане пригодности технических средств защиты от грызунов в тех или иных условиях как с точки зрения экономической, так и технической эффективности в различных технологических процессах АПК.

Обеспечение населения продовольствием и качественным полноценным питанием является одной из главных задач каждого государства и так следует актуализировать не только процессы воспроизведения и переработки продукции растениеводства и животноводства, но и сохранение продовольственного запаса. Возможно это только в том случае, если на предприятии строго придерживаются производственного цикла, а также осуществляются регулярные санитарные и гигиенические мероприятия.

По результатам научных исследований отмечено, что крыса способна выбирать себе пищу по свежести и по вкусу, адаптироваться к любым природным изменениям, угадывать и обходить ловушки; ее организм способен привыкать к различным ядохимикатам.

Для оценки ущерба от крыс берутся сведения по следующим параметрам:

- ежедневный пищевой рацион зверька в весовых категориях;
- средняя стоимость продуктов;
- плотность крыс на единицу площади;
- годовая и сезонная динамика численности.

Экономический ущерб, наносимый одной популяцией грызунов, можно определить по формуле [1, 2]:

$$\mathcal{E}_{\text{ущерб}} = \mathcal{E}_{\text{поед}} + \mathcal{E}_{\text{порч}} + \mathcal{E}_{\text{инф}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{поед}}$ – экономический ущерб, наносимый популяцией грызунов при поедании продукции; $\mathcal{E}_{\text{порч}}$ – экономический ущерб, наносимый грызунами косвенно; $\mathcal{E}_{\text{инф}}$ – экономический ущерб, наносимый грызунами при возможном перезаражении животных на предприятиях.

Очевидно, что защита как объектов АПК, так и объектов жизнеобеспеченности человека, от нашествия крыс является актуальной и экономически целесообразной.

Помимо вреда, наносимого сельскохозяйственной продукции, крысы могут наносить вред также технологическому и энергетическому оборудованию, находящихся в зоне их обитания, вплоть до полного вывода их из строя.

Причины повреждения серой крысой материалов и технических изделий:

- 1) устройство (прогрызание) ходов и отверстий на пути к пище, воде и убежищам;
- 2) строительство гнезд. Серая крыса использует в качестве гнездового материала все, что имеется поблизости: бумагу, ткани, войлок, пенопласт, пленку и т.д.;
- 3) необходимость в постоянном стачивании резцов [1, 2];
- 4) повреждение материалов в результате повышенной активности;
- 5) повреждение материалов в результате интенсивного исследовательского поведения.

Все вышеперечисленные причины, обуславливающие грызущую деятельность крыс, вызывают необходимость точного знания не только стойкости материалов и изделий, используемых в промышленности, строительстве, но и их привлекательность для этого грызуна.

Особенно необходимо отметить огромный ущерб, который могут наносить грызуны, распространяя инфекционные заболевания, ибо это представляет реальную угрозу здоровью человека.

Под **дератизацией** понимается система организационных, санитарно-технических, санитарно-гигиенических и истребительных мероприятий, направленных на регулирование численности грызунов, осуществляемых с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, создания благоприятных условий жизнедеятельности человека путем устраниния или уменьшения вредного воздействия грызунов на человека. Мероприятия, проводимые при дератизации, подразделяются на две группы – профилактическую и истребительную дератизацию.

Профилактические мероприятия по дератизации предусматривают создание таких условий, при которых затрудняется или полностью ликвидируется проникновение и поселение грызунов в различных постройках или вблизи них, а также исключается доступ грызунов к продуктам питания и другим объектам, которым может быть нанесен ущерб. Профилактические меры борьбы с грызунами включают следующие направления: общесанитарные, санитарно-технические и агротехнические.

Истебильные мероприятия по дератизации предусматривают четыре **способы** воздействия: физический, химический, биологический и комбинированный. Классификация данных способов представлена на рис. 1 [1].

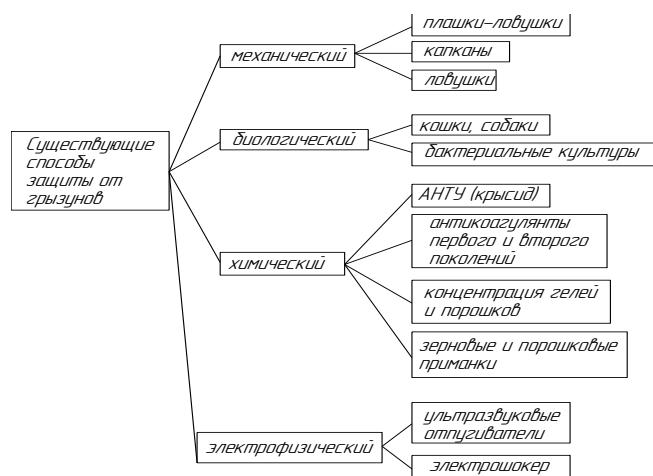


Рис. 1. Классификация способов борьбы с грызунами

Подробно рассмотрим электрофизический способ дератизации. Электрофизический способ наиболее прогрессивный, потому что позволяет как отпугивать грызунов (ультразвук), так и уничтожать (электроконтактное устройство). Это один из самых современных высокоеффективных способов борьбы с крысами и мышами. Приборы не наносят вреда людям и домашним животным, не оказывают влияния на работу радиоприборов.

Действие ультразвуковых отпугивателей основано на вырабатывании прибором ультразвуковых волн, которые негативно влияют на психику грызунов и заставляют их покидать территорию, где распространен ультразвук. Одним из технических устройств, относящихся к группе электрофизических способов борьбы с грызунами, являются электродератизаторы.

В настоящее время все больше исследователей склоняются к мнению, что традиционные способы регуляции численности грызунов, направленные на ограничение численности уже существующей популяционной структуры путем уничтожения отдельных особей, не нарушают стабильности популяции в целом. Популяционная структура как саморегулирующаяся система остается, воздействие направлено не на причину, а на следствие. Из-за чего результаты истребительных работ краткосрочны и в конечном итоге малоэффективны.

Длительное снижение численности могут обеспечить лишь способы, нарушающие регуляторные механизмы самой популяции. Необходимо создание условий, при которых выжившие особи не в состоянии образовывать группы. Интегральные и репродукционные механизмы популяции не должны срабатывать.

Разработка научных подходов к уничтожению грызунов в будущем может развиваться по двум направлениям:

- поиск (разработка) различных способов воздействия на механизмы, поддерживающие гомеостаз популяции;
- нарушение структуры мест обитания, из-за чего популяция становится неспособной существовать как автономная саморегулирующаяся система.

Электроток как средство борьбы с грызунами давно привлекает внимание исследователей, прежде всего, как средство уничтожения отдельных зверьков.

Известно, что крысята самок, подвергшихся стрессовым воздействиям во время беременности или лактации, имеют отклонения в своем поведении. Подобный эффект наблюдается даже у внуков стрессированных самок. Воздействие электротока на крысят в инфантальном возрасте приводило, как правило, к заметным изменениям в их последующем поведении. Уровень стресса является одним из факторов авторегуляции численности. Повышение его уровня приводит к снижению плотности популяции и наоборот. Так как воздействие электротоком на зверьков способно вызывать высокий уровень стресса, то возможно таким способом удастся воздействовать на гомеостаз популяции [1, 2].

Как ни парадоксально, мощная система адаптации грызунов к изменяющимся условиям позволяет развернуть это оружие против них. В поведенческом плане воздействие электротока приводит к выработке у грызунов быстрой оборонительной реакции, что делает его применение перспективным в качестве репеллента. Рефлекторно-поведенческая реакция на электроток однозначна и устойчива, игнорирование или привыкание зверька к удару электротоком полностью исключено [1, 2].

Следовательно, электроток может стать непреодолимой преградой на путях вселения грызунов в здания, проникновения к местам гнездования или хранения пищевых продуктов. В итоге еще одним направлением ограничения численности грызунов является нарушение структуры мест обитания, в итоге популяция станет неспособной существовать как автономная саморегулирующаяся система.

Электродератационное устройство, воздействуя на живые организмы высоковольтными импульсами электрического тока, вызывает у грызунов устойчивую негативную рефлекторно-поведенческую реакцию – отказ от повторных попыток преодолеть электризуемую преграду. Одним из главных достоинств этого устройства является его безопасность для жизни как человека, так и других нецелевых объектов. Нами предполагается разработка технически эффективного комплекса как специальной электротехнической аппаратуры и изделий, предназначенных для осуществления инженерно-технических мероприятий по защите от грызунов зданий, помещений, коммуникаций и т.п. [1, 2].

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 последствий. С помощью современных приборов можно получить электрический ток в различной форме. В соответствии с различной формой наибольшее распространение получили восемь

видов электрического тока, такие, как прямоугольный, экспоненциальный, конденсаторный, линейно нарастающий, пилообразный, фарадический, тетанизирующий, синусоидальный. 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 [1, 2].

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 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 (рис. 2) [1, 2].

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 (ΠV). Наименьшее время, достаточное, чтобы ток удвоенной реобазы вызвал процесс возбуждения, получило название хронаксии (XP).

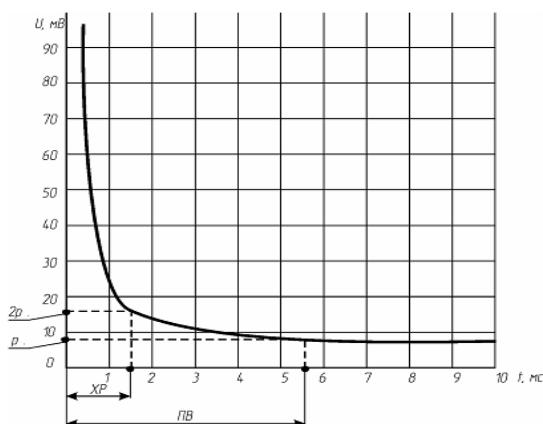


Рис. 2. График зависимости силы раздражителя от времени его действия:
 P – реобаза; $2P$ – удвоенная реобаза; ΠV – полезное время; XP – хронаксия

Выводы

При дератизации сельскохозяйственных помещений электрофизический метод оказался наиболее эффективным по сравнению с другими способами борьбы с грызунами. Он позволяет отказаться от применения химических средств, а именно необходимости осуществления регулярных закладок ядов с образованием трупов павших зверьков. Эффективность метода заключается в отсутствии привыкания грызунов к воздействию электродератизационной системы.

Литература

1. Обоснование необходимости борьбы с вредителями (грызунами) объектов АПК. Анализ технологии 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. Бахтырева Н.Г., Козлов А.В., Михайлов П.М. Исследование электрических импульсов электрошокера на грызунов // Вестн. ЧГА. – 2009. – Вып. 55. – С. 16–19.

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВАКУУМНОГО ЛИТИЕВО-БРОМИДНОГО РАДИАТОРА

В статье приведены результаты исследования вакуумного отопительного прибора с литиево-бромистой смесью. Определен характер изменения теплоотдачи с учетом фазовых превращений смеси.

Ключевые слова: отопительный прибор, теплоноситель, энергосбережение, теплоотдача, тепловой поток, литиево-бромидная смесь.

*R.T. Yemelyanov, E.S. Turysheva,
V.K. Schmidt, M.M. Khodjaeva*

THE INFLUENCE OF THE PHASE TRANSITIONS ON THE INDICES OF THE VACUUM LITHIUM-BROMIDE RADIATOR

The research results of the vacuum heating device with the lithium-bromic mixture are given in the article. The nature of the heat irradiation change taking into account the mixturephase transformations is defined.

Key words: heating device, heat carrier, energy conservation, heat irradiation, heat flow, lithium-bromid mixture.

Введение. Вакуумные литиево-бромидные радиаторы обладают высокой теплоотдачей секций, что дает возможность использовать их в низкотемпературных системах отопления. Малая инерционность радиаторов обеспечивает эффективное терморегулирование с гарантией максимальной комфортности жизнеобеспечения. В качестве теплоносителя могут использоваться незамерзающие жидкости, pH которых не превышает 9 при минимальной температуре кипения литиево-бромидной смеси внутри радиатора 35°C и рабочем давлении 1,3 МПа [1].

Цель исследований. Изучение устойчивости работы вакуумного литиево-бромидного отопительного прибора.

Методика и результаты исследований. Объектом исследований стал вакуумный литиево-бромидный отопительный прибор марки «ES-LB» (рис. 1).

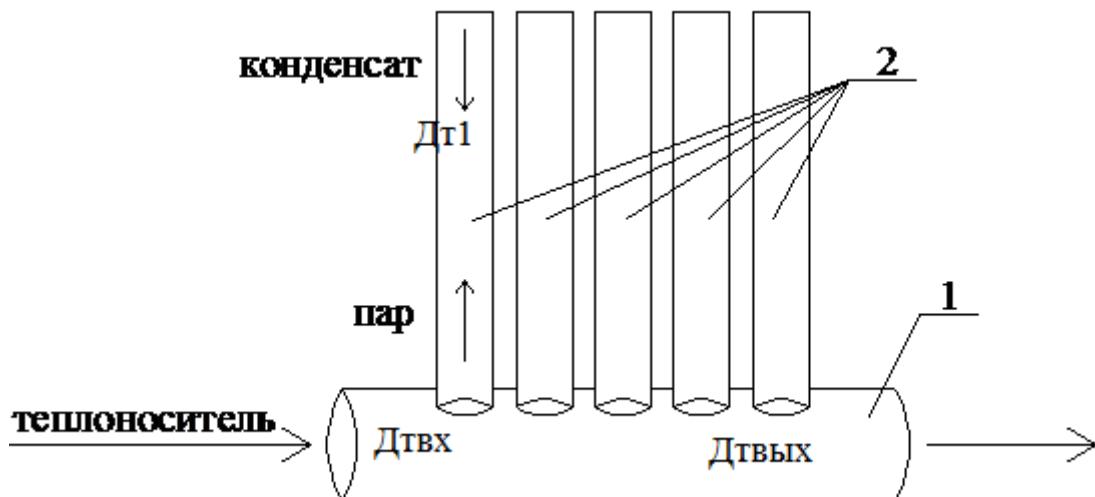


Рис. 1. Принципиальная схема «сверхпроводящего» радиатора: Дтвх – датчик температуры на входе; Дтвых – датчик температуры на выходе; Дтв1 – датчик температуры на поверхности радиатора

В трубку 1 поступает теплоноситель (вода). В трубках 2 находится литиево-бромидная смесь. При со-прикосновении трубок 2 с теплоносителем (водой, протекающей в трубке 1) литиево-бромидная смесь закипает и испаряется, поднимаясь к верхней зоне трубок, пар конденсируется и отдает тепло в окружающую среду. Происходит циркуляция низкокипящего теплоносителя, и цикл многократно повторяется.

Теплоотдача радиатора зависит от температуры и расхода теплоносителя при фазовых переходах литиево-бромидной смеси, и определяется коэффициентом теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи зависит от большого количества факторов: формы и размеров поверхности теплообмена; физических свойств потока; скорости потока; температуры стенки и потока; природы возникновения движения потока и других [2].

Коэффициент теплоотдачи равен плотности теплового потока при температурном напоре, равному единице.

$$\alpha = \frac{dQ}{\Delta t dF} = \frac{\bar{q}}{\Delta t}. \quad (1)$$

Тепловой поток определяется по уравнению закона Ньютона – Рихмана:

$$dQ = \alpha \Delta t dF, \quad (2)$$

где dQ – тепловой поток, Вт; Δt – температурный напор – разность температур между потоками и стенкой, К; dF – поверхность теплообмена, м²; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²К).

Действительная теплопередача отопительного прибора $Q_{пр.д.}$, Вт, пропорциональна тепловому потоку, приведенному к расчетным условиям, которая определяется по формуле:

$$Q_{пр.д.} = Q_{н.у.} \cdot \varphi_k, \quad (3)$$

где $Q_{н.у.}$ – номинальный тепловой поток; φ_k – комплексный коэффициент приведения $Q_{н.у.}$ к расчетным условиям, определяемый при водяном теплоносителе по формуле:

$$\varphi_k = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p \cdot \beta \cdot \psi \cdot c, \quad (4)$$

где G_{np} – расход теплоносителя, кг/ч;

β – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности;

ψ – коэффициент учета направления движения теплоносителя (воды) в приборе снизу-вверх;

n, p, c – экспериментальные числовые показатели;

Δt_{cp} – разность средней температуры воды t_{cp} в приборе и температуры окружающего воздуха t_b , °С, которая определяется по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_b, \quad (5)$$

где $t_{вх}$ – температура воды на входе в прибор, °С;

$t_{вых}$ – температура воды на выходе из прибора, °С;

t_b – температура окружающего воздуха, °С.

Таким образом, коэффициент теплоотдачи равен плотности теплового потока при температурном напоре, равному единице.

$$\alpha = \frac{dQ}{\Delta t dF} = \frac{\bar{q}}{\Delta t}. \quad (6)$$

График изменения фактической теплоотдачи одной секции в зависимости от температуры [3] приведен рис. 2.

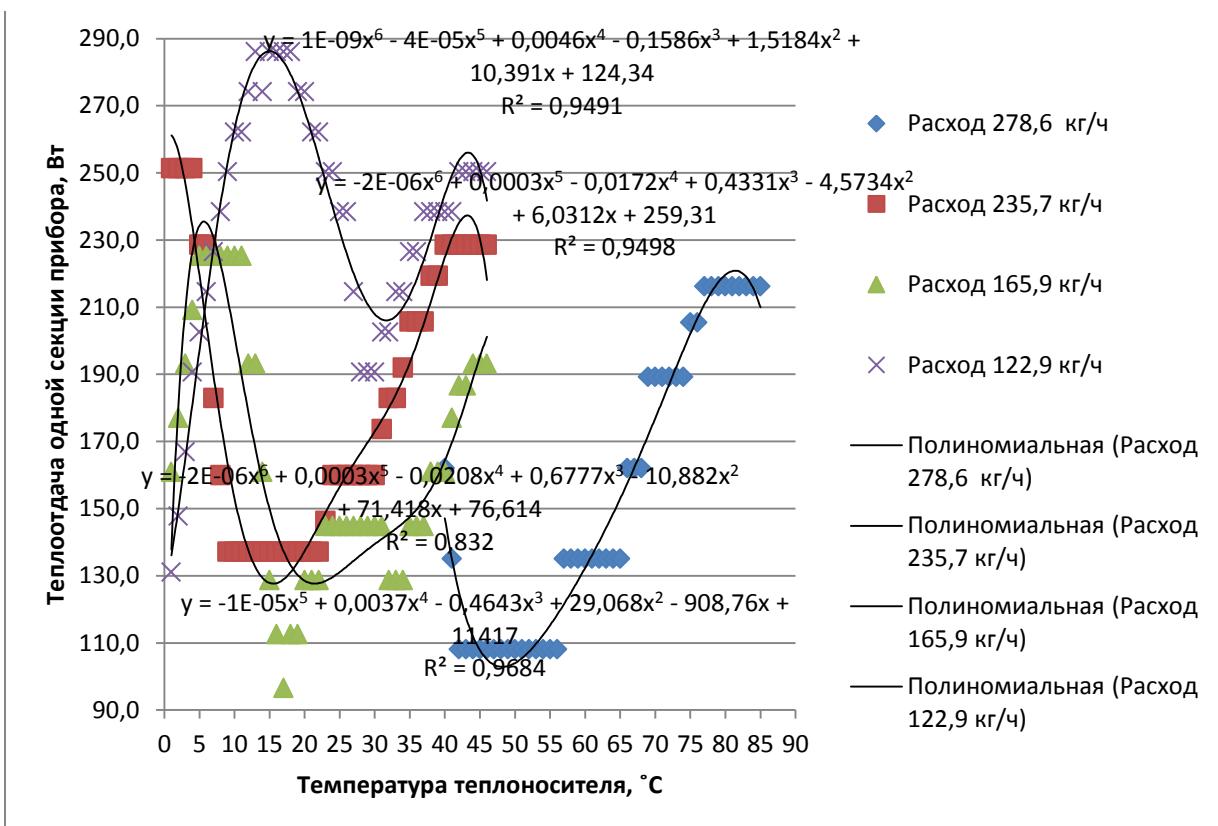


Рис. 2. Сравнительный график изменения фактической теплоотдачи в зависимости от температуры теплоносителя

Удельная теплота фазового перехода является величиной постоянной [3]:

$$Q_f = Q_{f\phi} / m, \quad (7)$$

где $Q_{f\phi}$ – скрытая теплота фазового перехода; m – масса.

Резкие увеличения и снижения теплоотдачи связаны со скрытой теплотой, вызванной фазовым переходом литиево-бромидной смеси, соответствующей интенсивной конденсацией и испарением внутри радиатора.

Заключение. Фактическая теплоотдача одной секции отопительного прибора вначале резко увеличивается, а затем с повышением температуры теплоносителя уменьшается. Затем наступает фазовый переход литиево-бромидной смеси и процесс повторяется до достижения температуры теплоносителя 85°C. В процессе проведения опытов состав фаз смеси непрерывно изменяется, что затрудняет проведение эксперимента, так как в каждый момент времени необходимо знать состав фаз. По окончании теплового расчета нужно провести гидравлический расчет, позволяющий определить потери давления при прохождении теплоносителя через прибор.

Литература

- Кутергина Д.А. Радиаторы отопительные стальные, литиево-бромидные вакуумные суперпроводящие // Молодежь и наука: сб. мат-лов IX Всерос. науч.-техн. конф. студ., асп. и мол. ученых с междунар. участием, посвящ. 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013.
- Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справ. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 368 с.
- Радиаторы ES-LB [Электронный ресурс] // expert-poisk.ru>data/infoblok/radiatores-lb.pdf.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664

B.E. Силин

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВЫЖИМОК КРАСНОЙ СМОРОДИНЫ

В статье представлен анализ процесса гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из выжимок красной смородины. Научно обоснованы оптимальные значения технологических параметров, позволяющие обеспечить максимальный выход спиртоосаждаемых пектиновых веществ. Результаты исследований способствуют использованию отходов сокового производства для развития пищевых производств в Восточной Сибири.

Ключевые слова: пектин, красная смородина, экстрагирование, технологический параметр.

V.E. Siliin

THE KINETICS STUDY AND THE TECHNOLOGICAL PARAMETER SUBSTANTIATION OF THE PROCESS OF THE PECTIC SUBSTANCE EXTRACTION FROM THE RED CURRANT RESIDUES

The analysis of the process of the pectin substance hydrolysis-extraction from the red currant residues is presented in the article. The optimal values of the technological parameters that allow to provide the maximum output of the alcohol precipitable pectin substances is scientifically substantiated. The research results contribute to the use of the juice production waste for the development of the food production in Eastern Siberia.

Key words: pectin, red currant, extraction, technological parameter.

Введение. В последние годы огромное внимание уделяют улучшению качества выпускаемых пектинсодержащих желейных продуктов. Помимо привлекательного внешнего вида, насыщенного цвета, они также способны выводить из организма человека тяжелые металлы, способствуют снижению холестерина в крови. Перспективной культурой в желейном производстве является красная смородина, поскольку она богата глюкозой и фруктозой, часто используется в производстве продукции для диетического питания людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Важное значение в оптимизации питания населения имеет рациональное комбинирование пищевых продуктов, поэтому улучшение качества пищи – наиболее естественный и доступный путь оптимизации питания населения Красноярского края.

Цель исследований. Провести анализ процесса гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из выжимок красной смородины; определить оптимальные технологические параметры.

Актуальность исследований. В условиях техногенной нагрузки на экологию человека специалисты уделяют внимание пектинсодержащим желейным продуктам, способным выводить из организма нерастворимые соединения вредных веществ. Перспективным направлением является использование компонентов из свежего и замороженного сырья красной смородины в производстве желейных продуктов с высокой пищевой ценностью. При этом необходимо решить научно-технологическую задачу, включающую переработку выжимок ягод красной смородины для использования в кондитерских изделиях с желейной структурой.

Результаты исследований и их обсуждение. Основной стадией в технологическом процессе производства пектина является гидролиз-экстрагирование. Водородные и гидроксильные ионы являются катализаторами гидролиза. Обладая каталитическим действием водородных ионов, пектиновые вещества претерпевают изменения. При этом большое значение имеет температура и pH среды [1, 2, 3]. Гидролизующие агенты применяются для обеспечения химических условий протекания процесса, при этом наиболее типовым гидролизующим агентом для извлечения пектина из ягодных выжимок является азотная кислота. Для сравнительного анализа была рассмотрена лимонная кислота. Для получения пектиновых экстрактов из ягодного сырья также применяют лимонную кислоту [4], что является достаточным для основания использования в качестве гидролизующего агента в разрешенной технологией производством.

Для сравнительного анализа влияния вида гидролизующего агента на выход и качество пектина из выжимок красной смородины автором проведены исследования по оптимальной концентрации и влиянию на качество и количество пектина.

Если в качестве гидролизующего агента взять азотную кислоту с такими технологическими параметрами, как температура 80 °С, концентрация кислоты 0,4 %, продолжительность 2,5 ч, то лучший показатель выхода пектина даёт сорт «Мармеладница» – 12,39 %, а если гидролизующим агентом будет лимонная кислота с теми же технологическими параметрами, то лучший показатель выхода пектина вновь у сорта «Мармеладница» – 20,08 %, причём по сравнению с азотной кислотой выход пектина увеличился на 7,69 %. Результаты по выходу спиртоосаждаемых пектиновых веществ приведены в табл. 1

Таблица 1
Выход пектиновых веществ из выжимок красной смородины

Сорт	Выход пектиновых веществ, % к сухой массе	
	Азотная кислота	Лимонная кислота
Ася	10,35	12,33
Вика	10,49	15,51
Мармеладница	12,39	20,08
Орловская звезда	9,87	17,72
Валентиновка	9,98	19,24

Следовательно, для изучаемых сортов красной смородины при действии лимонной кислоты наблюдался более высокий выход пектиновых веществ (в 1,19 раза – сорт «Ася», в 1,47 – «Вика», 1,62 – «Мармеладница», 1,79 – «Орловская звезда», в 1,92 раза – сорт «Валентиновка»), чем при использовании азотной кислоты (рис. 1).

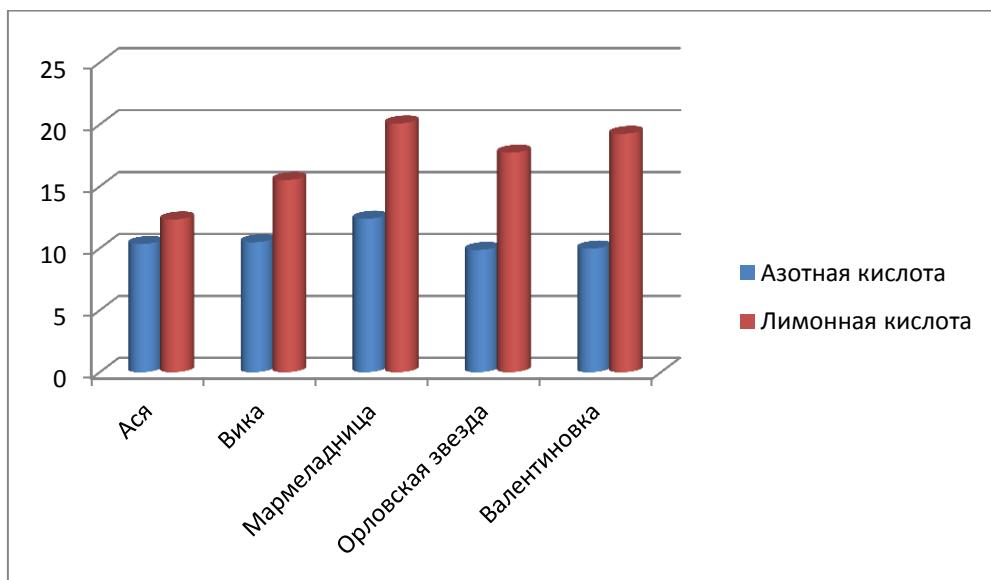


Рис. 1. Выход спиртоосаждаемых пектиновых веществ из выжимок красной смородины

Результаты исследований позволяют делать выводы, что выбранные сорта красной смородины подходят в полной мере для данной технологии (лидируют сорта «Мармеладница» и «Валентиновка»). Таким образом, при использовании в качестве пектиносодержащего сырья выжимок лидирующих сортов красной смородины в качестве гидролизующего агента целесообразно применение лимонной кислоты.

Для определения оптимальной концентрации лимонной кислоты были проведены дополнительные исследования при концентрации 0,03; 0,05; 0,1; 0,15 %. Свыше концентрация недопустима и экономически нецелесообразна. Полученные опытные значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Выход пектина в зависимости от применяемой концентрации лимонной кислоты

Сорт	Выход спиртоосаждаемых пектиновых веществ, % к массе сухих веществ			
	0,03 %	0,05 %	0,10 %	0,15 %
Ася	13,78	11,03	12,33	11,82
Вика	18,13	13,78	15,51	13,24
Мармеладница	15,24	18,13	20,08	19,12
Орловская звезда	17,01	15,24	17,72	16,25
Валентиновка	0,05%	17,01	19,24	17,58

Влияние концентрации лимонной кислоты на выход пектина из выжимок красной смородины показано на рис. 2.

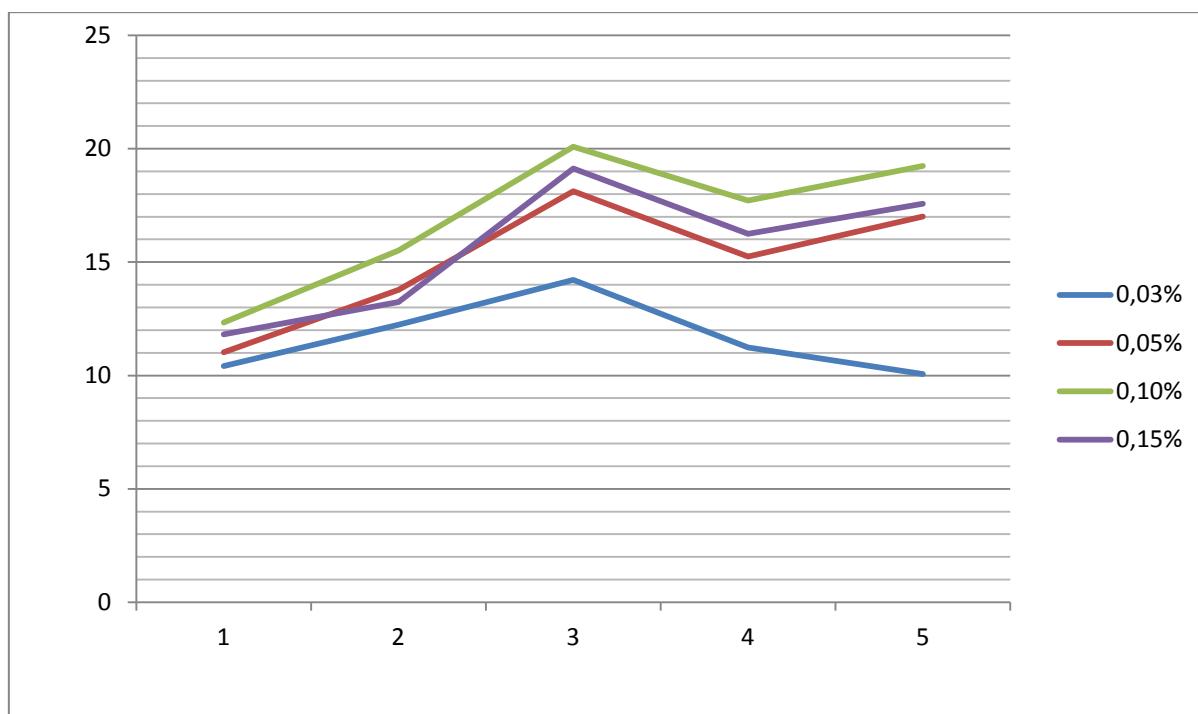


Рис. 2. Выход пектина в зависимости от применяемой концентрации лимонной кислоты

При концентрации лимонной кислоты менее 0,1 % происходит снижение выхода спиртоосаждаемых пектиновых веществ. При концентрации 0,15 % выход пектиновых веществ также снижается, что объясняется частичной деструкцией пектиновой молекулы. Поэтому в качестве наилучшего гидролизующего агента рекомендована лимонная кислота с концентрацией 0,1 %, а в качестве сырья – выжимки ягод лидирующего сорта «Мармеладница»

Экстрагирование пектиновых веществ при различных технологических параметрах. Экстрагирование является основным процессом, определяющим эффективность извлечения пектиновых веществ из растительного сырья.

Температура, время экстрагирования, диффузационная проводимость сырья являются наиболее весомыми факторами, влияющими на данный процесс.

В процессе исследований были определены коэффициент диффузии пектиновых веществ D и коэффициент массоотдачи β . В качестве используемой была выбрана методика Л.В. Донченко. Для выявления зависимости коэффициента диффузии пектиновых веществ от температуры были проведены исследования с шагом 5°C (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициент диффузии пектиновых веществ из выжимок красной смородины ($t=80^{\circ}\text{C}$)

Участок	Продолжительность процесса, мин	Коэффициент диффузии пектиновых веществ $D, 10^{-11}, \text{м}^2/\text{с}$		
		85°C	90°C	ΔC
1	10	4,85	4,87	0,02
2	20	3,43	3,44	0,01
3	30	2,99	3,02	0,03
4	40	2,95	2,97	0,02
5	50	2,84	2,96	0,12
6	60	2,74	2,78	0,04
7	70	2,76	2,77	0,01
8	80	2,78	2,80	0,02
9	90	2,80	2,82	0,02
10	100	2,81	2,82	0,01

На начальной стадии процесса (10 мин) коэффициент диффузии максимальный, затем он колеблется около величины 2,93. Снижение коэффициента диффузии до 2,81 можно объяснить увеличением вязкости экстрагента. Для выявления зависимости коэффициента диффузии пектиновых веществ от температуры проведены исследования с шагом 5°C (табл. 3).

При температуре 85°C и экспозиции до 10 мин коэффициент диффузии максимальный – 4,85, затем он колеблется около величины 2,90. Снижение коэффициента диффузии до 2,81 на стадии от 20 до 100 мин также можно объяснить увеличением вязкости.

При температуре 90°C и экспозиции до 10 мин коэффициент диффузии максимальный – 4,87, затем он колеблется около величины 2,91. Происходит снижение коэффициента диффузии до 2,82, что свидетельствует о нецелесообразности дополнительных энергетических затрат на нагрев до 90°C .

Другой не менее важной характеристикой кинетики экстрагирования является коэффициент массоотдачи, который также зависит от продолжительности реакции. Данные эксперимента по оценке влияния продолжительности экспозиции на значение коэффициента массоотдачи при 85°C представлены в табл. 4.

Таблица 4

Оценка массоотдачи пектиновых веществ из выжимок красной смородины

Участок	Продолжительность, мин	Коэффициент массоотдачи $\beta 10^{-7}, \text{м}/\text{с}$
1	10	9,5627
2	20	0,7925
3	30	0,5102
4	40	0,4825
5	50	0,3925
6	60	0,3125
7	70	0,2725
8	80	0,2552
9	90	0,2011
10	100	0,1405

Уменьшение коэффициента массотдачи при увеличении продолжительности экстракции от 10 до 100 мин можно объяснить потерей упругости и ростом концентрации пектиновых веществ и, как следствие, увеличением вязкости экстракта. Снижение скорости циркуляции жидкости-экстрагента приводит к снижению коэффициента массоотдачи пектиновых веществ. В качестве результатного физического показателя для пастыло-мармеладной группы изделий логично взять студнеобразующую способность, а в качестве фактор-

ных показателей использовать время нагрева до температур 80, 85, 90°C. Экспериментальная оценка влияния температуры на студнеобразование выполнена для сорта «Мармеладница» (рис. 3).

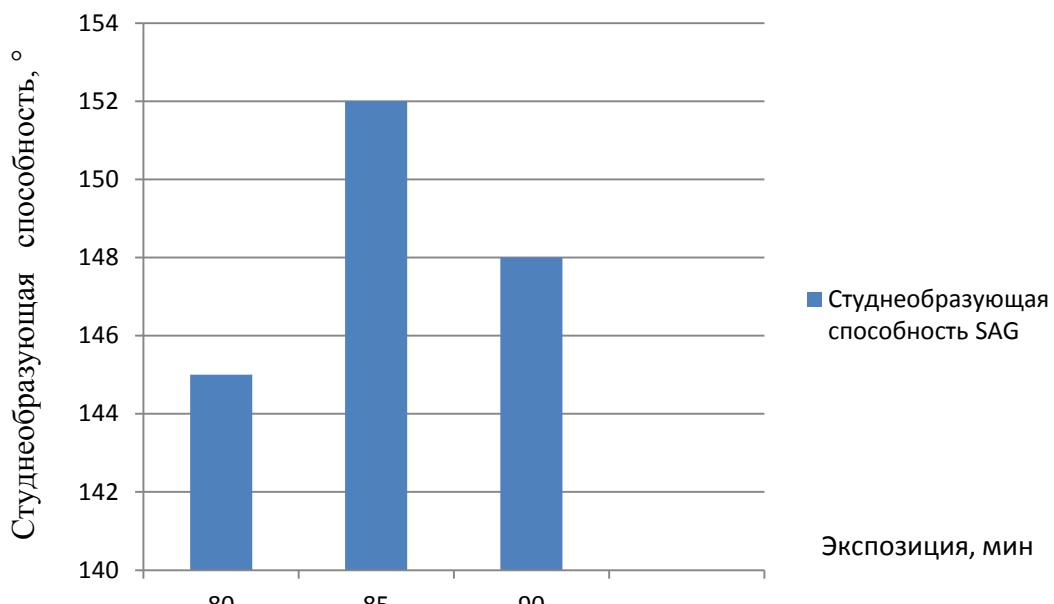


Рис. 3. Зависимость студнеобразующей способности пектина от применяемой температуры (сорт «Мармеладница»)

На рис. 3 видно, что наибольшая студнеобразующая способность пектина достигается при температуре процесса 85°C, а далее при увеличении температуры студнеобразующая способность падает до 148°SAG, что отрицательно влияет на качество пектина. Оптимальность выбора температуры 85°C также соответствует опытам по оценке величины диффузии и массотдачи. Необходимая продолжительность технологического процесса экстрагирования определена для сорта «Мармеладница» при средней температуре 85°C, при этом время экспозиции менялось во временном интервале от 60 до 240 мин. Анализ динамики студнеобразования показывает, что максимум достигается при 120 мин (рис. 4).

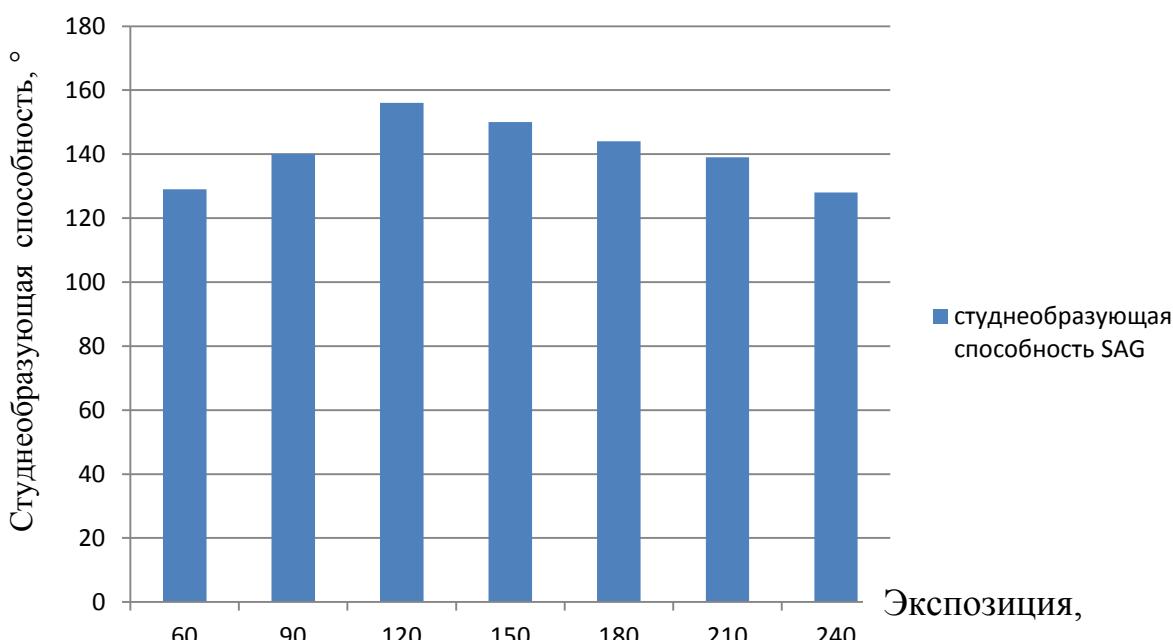


Рис. 4. Влияние продолжительности экстрагирования на студнеобразующую способность пектина из выжимок красной смородины

Дальнейшее увеличение продолжительности экстракции свыше 120 мин отрицательно влияет на процесс студнеобразования. Таким образом, проведенные исследования по оценке технологической эффективности кинетики процесса экстрагирования посредством оценки технологических параметров (коэффициент диффузии, коэффициент массоотдачи пектиновых веществ, студнеобразующая способность пектина) показали, что оптимальными являются следующие условия экстракции: концентрация лимонной кислоты – 0,1 %; температура – 85 °С; экспозиция – 120 мин.

Заключение. Исследование влияния основных технологических параметров (температура, продолжительность экстракции, вид агента) на процесс экстрагирования пектиновых веществ из выжимок красной смородины с учетом физико-химического анализа ее сортов показало, что при оптимальных технологических параметрах (температуре 85 °С и продолжительности экстракции 2 ч) с использованием в качестве гидролизующего агента лимонной кислоты с концентрацией 0,1 % выход пектина повышается в 1,62 раза по сравнению с азотной кислотой.

Литература

1. Василенко З.В. Влияние условий процесса гидролиза-экстрагирования протопектина яблочных выжимок на качество получаемого пектина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 8. – С. 25–27.
2. Красноселова Е.А. Разработка технологии комплексной переработки яблок летних и осенних сортов с получением пектина и пектинопродуктов функционального назначения: дис. ...канд. техн. наук. – Краснодар, 2007. – 187 с.
3. Кузнецов Д.В., Шеставин А.И. Влияние концентрации и природы гидролизующего агента на степень этерификации свекловичного пектина // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2000. – № 2/3. – С. 17–18.
4. Карпович Н.С., Донченко Л.В., Нелина В.В. Оптимальный режим гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из свекловичного жома // Хлебопекарная и кондитерская пром-сть. – 1985. – № 4. – С. 34–35.

УДК 664.68

Н.Н. Типсина, В.В. Матюшев, А.А. Беляков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

В статье представлена информационно-логическая модель технологической системы для расчета выхода готовой продукции бисквитного полуфабриката с добавлением порошка из ламинарии.

Ключевые слова: технология производства, порошок из ламинарии, сахарное печенье, бисквитный полуфабрикат, моделирование потоков, информационно-логическая модель.

N.N. Tipsina, V.V. Matyushev, A.A. Belyakov

THE USE OF THE NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS IN FOOD PRODUCTION

The information and logical model of the technological system to calculate the finished production yield of the sponge cake half-finished product with the added kelp powder is presented in the article.

Key words: production technology, kelp powder, sugar biscuits, sponge cake half-finished product, flow simulation, information and logical model.

Введение. Кондитерские изделия – удобный объект для обогащения микронутриентами, дефицит которых представляет собой серьезную проблему в нашей стране. Используемые при производстве кондитерских изделий компоненты содержат незначительное количество минеральных веществ и витаминов, которые в процессе технологической переработки разрушаются. При этом снижается пищевая, прежде всего? витаминная ценность продукта. Обогащение кондитерских изделий, таким образом, становится не только целесообразным, но и абсолютно необходимым. Одним из важных направлений повышения эффективности технологических процессов кондитерского производства является использование нетрадиционного сырья, ко-

торое способствует повышению пищевой ценности изделий, экономии дорогостоящего сырья, интенсификации отдельных стадий производства [1, 2, 3].

Одним из нетрадиционных источников сырья являются морские водоросли, которые используются для приготовления пищевых и лечебно-профилактических продуктов, в качестве кормов и удобрений в сельском хозяйстве и сырья для химической промышленности. Они служат сырьем для производства агара, агароида, альгиновой кислоты, маннита и других продуктов. В настоящее время в производстве используется в основном ламинария, или морская капуста. Из морской капусты вырабатывают кулинарную и консервную продукцию, пищевой порошок, кормовую крупку, альгинат натрия, маннит.

Вследствие недостаточной изученности технологических свойств порошка из ламинарии он почти не используется в кондитерской промышленности [4]. В литературных источниках недостаточно полно отражено моделирование потоков сырья в технологической системе получения готовой продукции.

В этой связи изучение пищевой ценности мучных кондитерских изделий с включением порошка из ламинарии, а также моделирование потоков сырья в технологической системе получения готовой продукции, является актуальной задачей.

Цель исследований. Разработка рецептур функциональных кондитерских изделий с использованием порошка из ламинарии и моделирование потоков сырья в технологической системе получения готовой продукции на примере получения бисквитного полуфабриката.

Задачи исследований. Изучить влияние и определить оптимальные дозировки порошка из ламинарии на качество готовой продукции; разработать математическую модель потоков сырья в технологической системе на примере получения бисквитного полуфабриката с добавлением порошка ламинарии.

Объекты и методы исследований. Порошок из ламинарии, сахарное печенье и бисквитный полуфабрикат с добавлением порошка ламинарии.

Результаты исследований и их обсуждение. Для разработки рецептуры сахарного печенья с использованием порошка бурой водоросли ламинарии были взяты 3 образца изделия: с заменой муки на 2, 4, 6 % порошка из ламинарии. Для разработки рецептуры бисквитного полуфабриката с порошком бурой водоросли ламинарии были взяты 3 образца изделия: с заменой муки на 3, 5, 7 % порошка из ламинарии.

В технологической схеме производства разрабатываемых изделий введена дополнительная операция – введение порошка из бурой водоросли ламинарии. Пересчет рецептур полуфабрикатов с заменой пшеничной муки высшего сорта на порошок из ламинарии производится исходя из рецептуры контрольного образца. Замена осуществляется по сухим веществам заменяемого количества пшеничной муки высшего сорта идентичным количеством сухих веществ порошка ламинарии. Анализ готовых изделий проводился по органолептическим и физико-химическим показателям.

С добавлением порошка из ламинарии в печенье физико-химические показатели немного изменяются по сравнению с контрольным образцом, но остаются в норме по сравнению со всеми стандартами. В органолептической оценке изменились только параметры вкуса. Привкус морской соли растет с увеличением вносимой добавки. В печенье с 6 %-й заменой вкус явно выраженный, что мешает обычному вкусу печенья.

Дегустационная оценка разработанных образцов сахарного печенья с частичной заменой муки на порошок ламинарии на 2, 4, 6 % от массы муки проводилась по 30-балльной системе по методу Н.И. Ковалева. По результатам дегустационной оценки был сделан вывод, что образец сахарного печенья с добавлением 2 % порошка имеет в совокупности показателей наилучшие характеристики. С увеличением добавки порошка ухудшаются такие органолептические показатели изделий, как вкус, аромат, внешний вид и цвет изделия.

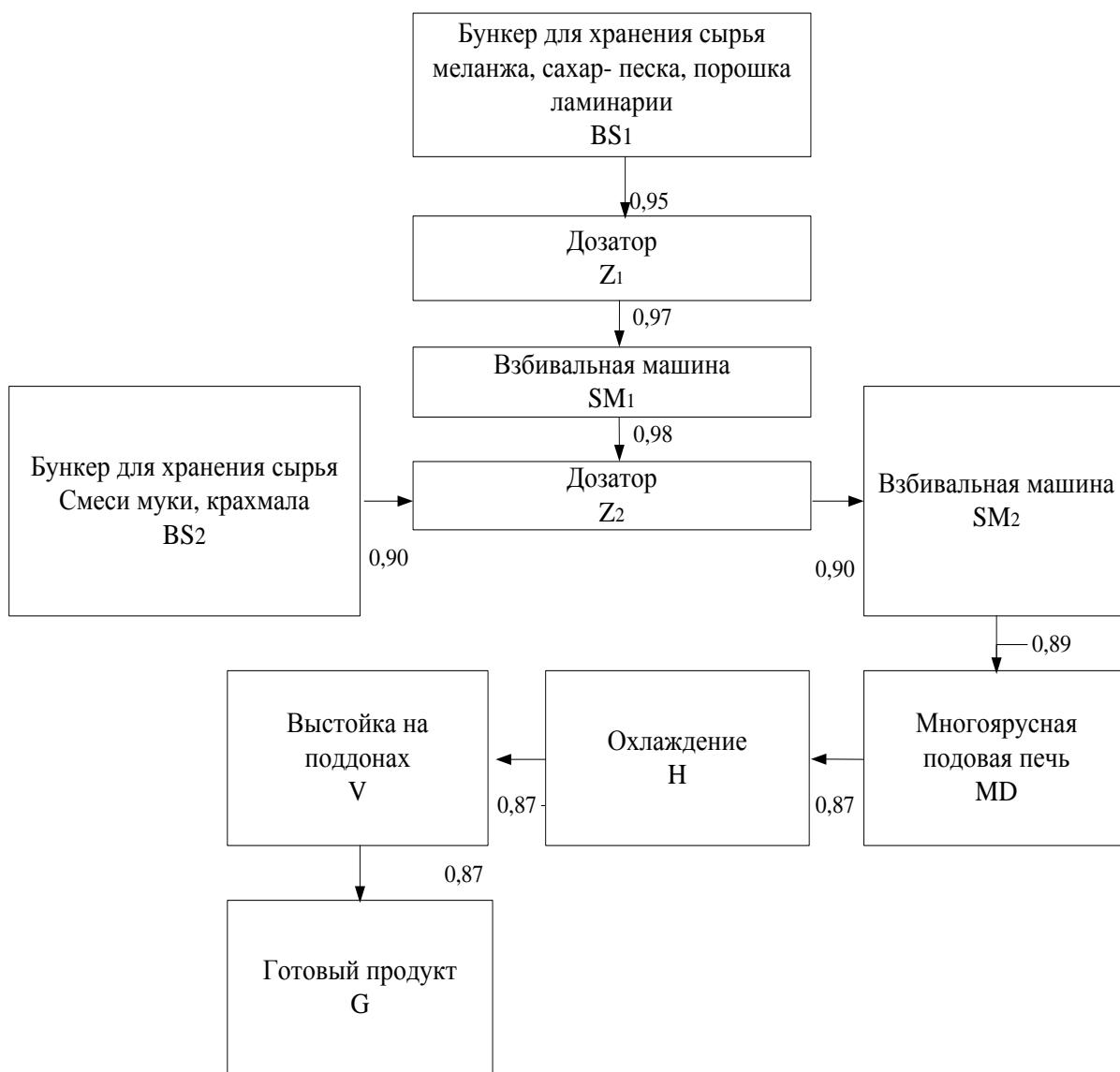
В результате проведенных исследований по внесению в бисквитный полуфабрикат порошка ламинарии можно сделать вывод, что оптимальным является внесение в бисквит 5 % добавки порошка из ламинарии. У бисквита с такой добавкой поверхность ровная, без надрывов, мякиш мягкий, нежный, равномерная поверхность. Следует отметить, что с внесением добавки такого процента не появился запах и вкус ламинарии. Была проведена дегустационная оценка разработанных образцов бисквитного полуфабриката с частичной заменой муки на порошок морской капусты на 3, 5, 7 % от массы муки. По результатам дегустационной оценки бисквитного полуфабриката образец с добавлением 5 % порошка ламинарии является оптимальным по качеству. С увеличением концентрации порошка ухудшаются такие органолептические показатели изделий, как вкус, аромат, внешний вид, цвет и структура.

Исходя из совокупности результатов проведенных исследований, были выбраны оптимальные дозировки порошка из ламинарии для разрабатываемых изделий. Для сахарного печенья оптимальная дозировка порошка составляет 2 % и для бисквитного полуфабриката оптимальной дозировкой 5 %. При данных дозировках изделия обладают наилучшими свойствами.

При расчете химического состава сахарного печенья и бисквитного полуфабриката был сделан вывод, что с внесением порошка снизилось количество углеводов, белков. Увеличились показатели таких элементов, как Na, K, Ca, Mg, Fe. С внесением порошка морской капусты в мучную группу кондитерских изделий, обогатились такими элементами, как Se, Zn, F, β-каротином, также присутствуют следы йода.

При расчете пищевой ценности сахарного печенья с 2 % добавлением порошка ламинарии установлено, что при употреблении 100 г печенья суточная потребность для взрослого человека составляет в белках 8,80 %, жирах – 12,28, углеводах – 18,99 %. При расчете пищевой ценности бисквитного полуфабриката с 5 % добавлением порошка установлено, что при употреблении 100 г бисквита суточная потребность для взрослого человека составляет в белках 12,61 %, жирах – 7,14, углеводах – 20,87 %.

Для моделирования потоков сырья в технологической системе на примере получения бисквитного полуфабриката с добавлением порошка из ламинарии была разработана математическая модель исходя из заданных объемов сырья, режимных и технологических параметров. Информационно-логическая модель технологической системы представлена на рисунке.



Принципиальная схема технологической системы

Интенсивность потоков сырья обозначена через $\lambda = \lambda XY$ $X \xrightarrow{\lambda} Y$.

По закону А.Н. Колмогорова изменение состояния каждого звена, с одной стороны, равно производной функции, с другой стороны, разности входных и выходных потоков. Общая модель функционирования технологической системы представляется системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dZ_1}{dt} = \lambda_{BZ_1} \cdot B(t) - \lambda_{Z_1SM_1} \cdot Z_1(t), \quad (1)$$

$$\frac{dSM_1}{dt} = \lambda_{Z_1SM_1} \cdot Z_1(t) - \lambda_{SM_1Z_2} \cdot SM_1(t), \quad (2)$$

$$\frac{dZ_2}{dt} = \lambda_{BSZ_2} \cdot BS(t) + \lambda_{SM_1Z_2} \cdot SM_1(t) - \lambda_{Z_2SM_2} \cdot Z_2(t), \quad (3)$$

$$\frac{dSM_2}{dt} = \lambda_{Z_2SM_2} \cdot Z_2(t) - \lambda_{SM_2MP} \cdot SM_2(t), \quad (4)$$

$$\frac{dMP}{dt} = \lambda_{SM_2MP} \cdot SM_2(t) - \lambda_{MPH} \cdot MP(t), \quad (5)$$

$$\frac{dH}{dt} = \lambda_{MPH} \cdot MP(t) - \lambda_{HV} \cdot H(t), \quad (6)$$

$$\frac{dV}{dt} = \lambda_{HV} \cdot H(t) - \lambda_{VG} \cdot V(t), \quad (7)$$

$$\frac{dG}{dt} = \lambda_{VG} \cdot V(t). \quad (8)$$

Учитывая, что масса сырья находящегося в технологических звеньях в настоящий момент времени $t=0$ от начала функционирования равно нулю, поставлены начальные условия:

$$Z_1(0) = 0; SM_1(0) = 0; Z_2(0) = 0; SM_2(0) = 0; MP(0) = 0; H(0) = 0; V(0) = 0; G(0) = 0. \quad (9)$$

Для учета производительности звеньев и планируемых потерь сырья задаем интенсивности потоков сырья между звеньями, т.е. интенсивности технологических процессов в системе:

$$\begin{aligned} \lambda_{BZ_1} &= 0,95, \quad \lambda_{Z_1SM_1} = 0,97, \quad \lambda_{SM_1Z_2} = 0,98, \quad \lambda_{BSZ_2} = 0,90, \quad \lambda_{Z_2SM_2} = 0,90, \\ \lambda_{SM_2MP} &= 0,90, \quad \lambda_{MPH} = 0,89, \quad \lambda_{MPH} = 0,89, \quad \lambda_{HV} = 0,87, \quad \lambda_{VG} = 0,87. \end{aligned} \quad (10)$$

Заданием входные потоки при случайных возмущениях в системе ε_B и ε_{BS} учтены:

$$B(t) = 1,2796 + \varepsilon_B(t), \quad (11)$$

$$BS(t) = 0,9800 + \varepsilon_{BS}(t). \quad (12)$$

Таким образом, задача Коши для (1)–(8) и (9) поставлена корректно [5]. Коэффициенты являются аналитическими функциями. Следовательно, в наблюдаемой области $t \in (0; 24)$ ч. существует аналитическое решение, которое было найдено в среде Maple, т.е. масса сырья спрогнозирована в звене в момент времени t . Например:

дозатор-1

$$Z1(t) = \frac{60781}{48500} - \frac{60781}{3940900} \cos(\sqrt{3} t) \sqrt{3} + \frac{5895757}{394090000} \sin(\sqrt{3} t) \\ + e^{\left(-\frac{97t}{100}\right)} \left(-\frac{60781}{48500} + \frac{60781 \sqrt{3}}{3940900} \right);$$

взбивальная машина-1

$$SM1(t) = \frac{8683}{7000} - \frac{229934523}{31215080720} \cos(\sqrt{3} t) \sqrt{3} - \frac{60413821979}{7803770180000} \sin(\sqrt{3} t) \\ + 97 e^{\left(-\frac{97t}{100}\right)} \left(-\frac{60781}{48500} + \frac{60781 \sqrt{3}}{3940900} \right) + e^{\left(-\frac{49t}{50}\right)} \left(\frac{842251}{7000} - \frac{5895757 \sqrt{3}}{3960400} \right).$$

Рассмотрим приближенное решение задачи (1)–(9), важное для практической оценки результатов по временному параметру t , полученное разложением решения в окрестности точки $t=0$ с точностью $O(t^6)$ в ряд Тейлора. Например:

дозатор-1

$$Z1(t) = \frac{60781}{50000} t + \left(\frac{60781 \sqrt{3}}{2000000} - \frac{5895757}{10000000} \right) t^2 + \left(-\frac{5895757 \sqrt{3}}{600000000} + \frac{571888429}{3000000000} \right) t^3 + \\ \left(-\frac{1251541571 \sqrt{3}}{240000000000} - \frac{55473177613}{1200000000000} \right) t^4 + \\ \left(\frac{121399532387 \sqrt{3}}{120000000000000} + \frac{5380898228461}{600000000000000} \right) t^5 + O(t^6);$$

взбивальная машина-1

$$SM1(t) = \frac{5895757}{10000000} t^2 + \left(-\frac{76644841}{200000000} + \frac{5895757 \sqrt{3}}{600000000} \right) t^3 + \\ \left(-\frac{76644841 \sqrt{3}}{16000000000} + \frac{168141093883}{1200000000000} \right) t^4 + \\ \left(-\frac{8731616117 \sqrt{3}}{120000000000000} - \frac{1457248361933}{400000000000000} \right) t^5 + O(t^6),$$

Методом Рунге-Кутты численного решения задачи Коши использован для вычислительного эксперимента с моделью на временном промежутке $t \in [0; 10]$ ч с шагом 2 ч. Например, при $t=2$ получаем оценку:

$$Z1(t) = 1.09755792278963792 ; SM1(t) = 0.743520435131913127 ; \\ G(t) = 0.0138659198889257048$$

Например, при $t=4$ получаем оценку:

$$Z1(t) = 1.21553600737581569 ; SM1(t) = 1.10488653350408472 ; \\ G(t) = 0.338004342450588580$$

В момент времени $t=6$ получаем оценку:

$$Z1(t) = 1.25241275371282136 ; \quad SM1(t) = 1.23005032013201299 ; \\ G(t) = 1.59787170584128278$$

При достижении t=8 получаем:

$$Z1(t) = 1.25966614448272042 ; \quad SM1(t) = 1.22507086651151464 ; \\ G(t) = 4.00643527064463711$$

Для момента времени t=10 спрогнозированы значения:

$$Z1(t) = 1.23707865670857054 ; \quad SM1(t) = 1.24686931682856850 ; \\ G(t) = 7.31144311033594452$$

Взбивальная машина используется для замеса бисквитного теста. Без этой операции получение готового продукта невозможно. Поэтому звено SM₁ является лимитирующим звеном.

Переходные процессы завершаются соответственно через 6 и 10 ч. Часто взбивальная машина дополняет кондитерское и хлебопекарное оборудование, например тестомес, находит основное применение в кондитерской и хлебопекарной промышленности, служит при замешивании теста для разных видов кондитерского теста и простого, начинок для кондитерских изделий, глазурей, джемов, приготовления эмульсии при производстве печенья. Взбивальная машина с успехом используется во многих областях пищевой промышленности. Эти машины находят применение в кондитерской промышленности, где служат для замешивания теста.

Для определения нормального режима функционирования технологической линии, решаем систему линейных алгебраических уравнений, соответствующих дифференциальным уравнениям (1)-(7):

$$\lambda_{BZ_1} \cdot B(t) - \lambda_{Z_1 SM_1} \cdot Z_1(t) = 0, \quad (13)$$

$$\lambda_{Z_1 SM_1} \cdot Z_1(t) - \lambda_{SM_1 Z_2} \cdot SM_1(t) = 0, \quad (14)$$

$$\lambda_{BSZ_2} \cdot BS(t) + \lambda_{SM_1 Z_2} \cdot SM_1(t) - \lambda_{Z_2 SM_2} \cdot Z_2(t) = 0, \quad (15)$$

$$\lambda_{Z_2 SM_2} \cdot Z_2(t) - \lambda_{SM_2 MP} \cdot SM_2(t) = 0, \quad (16)$$

$$\lambda_{SM_2 MP} \cdot SM_2(t) - \lambda_{MPH} \cdot MP(t) = 0, \quad (17)$$

$$\lambda_{MPH} \cdot MP(t) - \lambda_{HV} \cdot H(t) = 0, \quad (18)$$

$$\lambda_{HV} \cdot H(t) - \lambda_{VG} \cdot V(t) = 0, \quad (19)$$

И далее из уравнений (13)–(19) методом Жордана в общем виде получаем финальные состояния звеньев:

$$Z1(t) = \frac{\lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{Z1SM1}} ;$$

взбивальная машина-1

$$SM1(t) = \frac{\lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{SM1Z2}} ;$$

дозатор-2

$$Z2(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{Z2SM2}} ;$$

взбивальная машина-2

$$SM2(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{SM2MP}} ;$$

многоярусная подовая печь

$$MP(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{MPH}} ;$$

охлаждение

$$H(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{HV}} ;$$

выстойка

$$V(t) = \frac{\lambda_{BSZ2} BS(t) + \lambda_{BZ1} B(t)}{\lambda_{VG}} .$$

При подстановке конкретных значений интенсивности получаем численную оценку финальных состояний.

Заключение. Изделия с добавлением порошка из бурой водоросли ламинарии имеют пониженную энергетическую и повышенную биологическую ценность, на основании чего можно сделать вывод, что новые виды изделий относятся к кондитерским продуктам функционального назначения. Рентабельность разработанного ассортимента составляет 23 %. Поэтому выпуск данной продукции с использованием полуфабрикатов из нетрадиционного сырья возможен для расширения ассортимента, увеличения выработки изделий и применения их в питании человека.

Разработанная информационно-логическая модель технологической системы может быть использования для расчета выхода готовой продукции бисквитного полуфабриката с добавлением порошка ламинарии исходя из заданных объемов сырья и режимных параметров.

Литература

1. Корячкина С.Я., Матвеева Т.В. Технология мучных кондитерских изделий: учебник. – СПБ.: Троицкий мост , 2011. – 400 с.
2. Типсина Н.Н., Цугленок Н.В. Технология получения пектиносодержащих продуктов из мелкоплодных сибирских яблок. – Красноярск, 2007. – 191 с.
3. Типсина Н.Н., Цугленок Н.В., Матюшев В.В. Разработка новых видов кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с использованием полуфабрикатов из сибирских сортов облепихи. – Красноярск, 2014. – 114 с.
4. Типсина Н.Н. Новые виды хлебобулочных и кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья. – Красноярск, 2009. – 168 с.
5. Матросов А.В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 528 с.



**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАРМЕЛАДА ИЗ КОСТЯНИКИ КАМЕНИСТОЙ
(*RUBUS SAXATILIS L.*)**

*Изучено содержание биологически активных веществ ягод костяники каменистой (*Rubus Saxatilis L.*). Установлены оптимальные дозировки ягод, сахара и лимонной кислоты в составе мармелада. Определены показатели качества мармелада из костяники.*

Ключевые слова: плоды *Rubus Saxatilis L.*, мармелад на основе ягод плоды *Rubus Saxatilis L.*, мармелад.

N.A. Velichko, Ya.V. Smolnikova, E.A. Rygalova

**THE FORMULATION DEVELOPMENT AND THE QUALITY ASSESSMENT OF THE MARMALADE
FROM THE STONE BRAMBLE (*RUBUS SAXATILIS L.*)**

*The content of the biologically active substances in the berries of stone bramble (*Rubus Saxatilis L.*) is studied. The optimum dosages of berries, sugar and citric acid in the marmalade composition are determined. The indices of the stone bramble marmalade quality are defined.*

Key words: berries of *Rubus Saxatilis L.*, marmalade based on *Rubus Saxatilis L.* berries, marmalade.

Введение. Желе – продукты, полученные путем варки осветленных или неосветленных плодовых соков, пюре или плодовых концентрированных соков, обогащенных свойственными данному виду плодов ароматическими веществами или без них, с сахаром и натуральными сахарозаменителями, с добавлением желирующих веществ, пищевых кислот и красителей или без них.

Мармелад является функциональным пищевым продуктом и отличается отсутствием в рецептуре синтетических красителей и ароматизаторов.

Мармелад, обладая самой низкой калорийностью в группе сахаристых кондитерских изделий, пользуется высоким спросом у населения. Однако доминирующие на потребительском рынке разновидности желеяного мармелада характеризуются крайне низким содержанием витаминов, макро- и микроэлементов [1]. Разнообразие цветовкусовой гаммы в изделиях достигается введением синтетических красителей и ароматизаторов, небезопасных в токсикологическом отношении. Все более острой становится проблема необходимости оптимизации пищевой ценности мармелада, основными направлениями которой являются использование в рецептурах полуфабрикатов плодово-ягодного, овощного сырья, настоев лекарственных растений [2]. Идея использования в технологии мармелада ягод костяники каменистой является новой.

Использование ягод костяники в рецептурах мармелада обусловлено ее диетическими и лечебными свойствами. Антиоксидантные свойства обеспечиваются за счет присутствия каротиноидов, а пищевые волокна ягод (пектины) обладают пробиотическим, детоксицирующим и послабляющим действием. Аскорбиновая кислота, содержащаяся в ягодах, выступает как противоцинготный фактор, активизирует функцию клеток, синтезирующих коллаген, повышает иммунитет и стрессоустойчивость, стимулирует гемопоэз, повышает прочность и эластичность стенок капилляров, способствует лучшему усвоению железа [3, 4]. Особенность аскорбиновой кислоты выступать синергистом других антиокислителей (в том числе β-каротина) нашла отражение в рецептурах желеяного мармелада, содержащего одновременно витамин С и водорастворимые формы β-каротина. Учитывая дефицит аскорбиновой кислоты и β-каротина, выявляемый у 40–80 % детского и взрослого населения России [4], актуальны исследования по обогащению кондитерских изделий этими микронутриентами.

Цель исследований. Определение содержания биологически активных веществ в ягодах костяники каменистой, разработка рецептур и товароведная оценка желеяного формового мармелада из ягод костяники каменистой.

Задачи исследований. Определение содержания биологически активных веществ в ягодах костяники каменистой; разработка рецептуры мармелада с добавлением ягод костяники каменистой; качественная и микробиологическая оценка полученного продукта.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований явились ягоды костяники каменистой; образцы желеяного формового мармелада на агаре, изготовленные с добавлением пюре из ягод костяники каменистой.

В производстве мармелада использовалось следующее сырье: агар, кислота лимонная пищевая моногидрат по ГОСТ 908, сахар-песок по ГОСТ 21, пюре из ягод костяники каменистой.

Пюре из ягод костяники каменистой готовили традиционным способом. Свежие ягоды костяники после инспекции, мойки, удаления непищевых частей и не пригодных для пищевых целей ягод (сильно помятых, гнилых, плесневых, загрязненных, поврежденных вредителями и т. п.) подвергали бланшированию, с целью размягчения мякоти ягод и облегчения отделения ее от косточек и кожицы, а также для разрушения ферментов. Плоды бланшировали до такого состояния, чтобы они не потеряли форму, но были мягкими и легко поддавались раздавливанию. Ягоды бланшировали в воде при температуре 90–100°C в течение 3–8 мин. Количество воды составляло 10–15 % от массы ягод.

После бланширования ягоды протирали. Во время протирания отделяли измельченную массу ягодного сырья от косточек и кожицы. Для этого прогретую массу ягод пропускали через сита с ячейками Ø 0,7–1,5 мм [5]. Технология производства мармелада полностью соответствовала таковой для мармелада желейно-фруктового формового на агаре [6].

Дегустационную органолептическую оценку мармелада проводили по разработанной 10-балльной шкале, в которую были включены единичные показатели качества: форма, поверхность, консистенция и вид в изломе, цвет, вкус и запах.

Определение содержания биологически активных веществ в ягодах костяники проводили по методикам, принятым в биохимии растений [7, 8]. Оценка микробиологических показателей осуществлялась по стандартным методикам [9, 10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение. Содержание биологически активных веществ в ягодах костяники каменистой представлены в табл. 1.

Таблица 1
Биологически активные вещества ягод костяники каменистой (*Rubus Saxatilis L.*)

Компонент	Содержание, мг% от а.с.м.
Фенольные соединения	330,65±3,03
Флавоноиды	1,62±0,05
Кумарины	1,12±0,02
Витамин С	119,69±2,02
Витамин Р	3,8±0,03
Каротиноиды	4,32±0,04

Содержание витамина С в ягодах костяники каменистой составляет 119,69 мг%, каротиноидов – 4,32, фенольных соединений – 330,65 мг%. Результаты исследований показали целесообразность применения ягод костяники в составе рецептур мармелада в качестве источника различных биологически активных веществ, таких, как витамин С, каротиноиды, фенольные соединения и др.

Проведено исследование содержания минеральных компонентов в ягодах костяники каменистой. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2
Минеральный состав ягод костяники каменистой (*Rubus Saxatilis L.*)

Компонент	Единица измерения	Содержание компонента в 100 г ягод
Железо	мкг	1490,45
Медь	мкг	130,16
Цинк	мкг	760,02
Марганец	мкг	150,55
Хром	мкг	9,25
Калий	мг	300,01
Натрий	мг	10,61
Кальций	мг	29,93
Магний	мг	10,51

Благодаря наличию значительного количества микро- и макроэлементов, ягоды костяники каменистой могут применяться для обогащения мармелада минеральными веществами.

При составлении рецептуры желейного мармелада за основу взяты унифицированные рецептуры из сборника 1986 г., которые были оптимизированы [12]. В рецептурах мармелада среднюю дозировку сахара-песка варировали от 40 до 80 %. Действующими рецепттурами предусмотрено введение лимонной кислоты в широком диапазоне – от 0,1 до 3 % к массе готовых изделий. ГОСТ 6442-89 предусматривает граничные значения общей кислотности в мармеладе от 7,5 до 22,5 градусов, что позволяет широко варировать дозировку кислоты. Тем не менее при разработке рецептур учитывали, что избыток кислоты отрицательно влияет на величину пластической прочности студней. Наибольшая формоустойчивость мармеладов обеспечивается при $\text{pH} > 4,0$ [13]. Благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты в ягодах костяники каменистой (119,69 мг%), количество лимонной кислоты в рецептуре мармелада должно быть минимальным.

Основываясь на данных имеющихся рецептур, дозировку ягод варировали от 29 до 35 %, считая эти концентрации наиболее оптимальными с позиции повышения пищевой ценности мармелада. Дозировку лимонной кислоты варировали в пределах 0,2–0,4 %. Варианты дозировки ингредиентов приведены в таб. 3.

Таблица 3
Варианты дозировки ингредиентов в рецептурах мармелада

Уровень дозировки	Варьирование дозировки ингредиентов		
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Сахар-песок	44	47	50
Кислота лимонная	0,2	0,3	0,4
Ягода костяники (пюре)	29	32	35

Результаты органолептической оценки мармелада из ягод костяники каменистой представлены в табл. 4.

Таблица 4
Органолептическая оценка мармелада из ягод костяники каменистой

Показатель	Оценка эксперта №1			Оценка эксперта №2			Оценка эксперта №3		
	Мармелад по рец. 1	Мармелад по рец. 2	Мармелад по рец. 3	Мармелад по рец. 1	Мармелад по рец. 2	Мармелад по рец. 3	Мармелад по рец. 1	Мармелад по рец. 2	Мармелад по рец. 3
Форма	8	8	7	8	8	8	8	8	8
Поверхность	8	8	8	8	7	8	9	8	8
Консистенция и вид в изломе	8	9	7	8	9	7	8	8	8
Цвет	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Вкус	9	9	10	9	9	10	9	10	10
Запах	9	9	10	10	9	10	9	9	10
Средняя оценка	8,6	8,8	8,6	8,8	8,6	8,8	8,8	8,8	9

Проведенная органолептическая оценка образцов мармелада выявила их полное соответствие требованиям ГОСТ 6442-89 [13]. Мармелад имел темно-красный цвет, характеризовался красивым стекловидным изломом.

Установлено, что с увеличением массовой доли сахара, лимонной кислоты и ягод улучшаются органолептические показатели образцов мармелада, но при этом понижается прочность студня.

Таким образом, соотношением сахара-песка, ягод и лимонной кислоты в рецептуре мармелада, обеспечивающим наилучшие органолептические показатели, является (%) 47:32:0,3. Рецептура мармелада приведена в табл. 5 (потери сухих веществ 2 %).

Таблица 5

Рецептура мармелада из ягод костяники каменистой

Сырье	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 кг готовой продукции, г	
		в натуре	в сухих веществах
Сахар-песок	99,85	470,00	469,30
Кислота лимонная	98,00	3,00	2,94
Патока	78,00	250,00	195,00
Ягода костяники каменистой (пюре)	6,00	320,00	19,20
Агар	85,00	10,00	8,5
Итого	-	1053,00	694,64
Выход	78	1000,00	780,00

Физико-химические показатели мармелада из ягод костяники каменистой представлены общей кислотностью и составляет 12 град, что соответствует норме 7,5–22, 5 град по ГОСТ 6442-89 [13]. Проведено определение микробиологических показателей готового продукта, результаты представлены в табл. 6.

Таблица 6

Микробиологические показатели мармелада из костяники каменистой

Показатель	Значение показателя
Кишечная палочка	Отсутствуют
Возбудители ботулизма	Отсутствуют
БГКП	Отсутствуют
Сальмонеллы в 25 см ³ продукта	Отсутствуют
Дрожжи, КоE/г, не более	50
Плесень, КоE/г, не более	50

Микробиологическое исследование выявило отсутствие в мармеладе стафилококков и кишечной палочки, а также других болезнетворных бактерий. Таким образом, мармелад соответствует требованиям ГОСТ 6442-89 и СанПиН 2.3.4.1078-01 [13,14].

Заключение. Установлено, что ягоды костяники каменистой (*Rubus Saxatilis* L.) содержат комплекс биологически активных веществ (фенольные соединения, кумарины, каротиноиды, и др.), микро- и макроэлементы. Разработана рецептура мармелада с повышенной пищевой ценностью на основе ягод костяники, проведена оценка его качества. Выявлено соответствие мармелада из ягод костяники требованиям ГОСТ 6442-89 и СанПиН 2.3.4.1078-01.

Литература

- Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами: наука и технология / под общ. ред. В.Б. Спиричева; Рос. акад. мед. наук; Ин-т питания. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 548 с.
- Табаторович А.Н., Степанова Е.Н. Разработка и оценка качества тыквенного мармелада, обогащенного аскорбиновой кислотой // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4. – С. 57–64.
- Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова [и др.]. – Изд. 3-е, испр. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 640 с.

4. Спиричев В.Б. Научное обоснование применения витаминов в профилактических и лечебных целях. Недостаток витаминов в рационе современного человека: причины, последствия и пути коррекции // Вопросы питания. – 2010. – № 5. – С. 5–14.
5. Скрипников Ю.Г. Технология переработки плодов и ягод. – М.: Агропромиздат, 1988. – 287 с.
6. Драгилев А.И., Лурье И.С. Технология кондитерских изделий. – М.: ДeЛи прeнт, 2001. – 483 с.
7. Методы биохимического исследования растений /А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
8. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – 11-е изд., доп. – М.: Медицина, 1989. – 400 с.
9. Клевакин В.М., Карцев В.В. Санитарная микробиология. – Л.: Медицина, 1986. – 176 с.
10. Егорова Н.С. Практикум по микробиологии. – М.: Высшая школа, 1985. – 307 с.
11. Машанов А.И., Машанов А.А. Практикум по микробиологии. – Красноярск, 2011. – 42 с.
12. Рецептуры на мармелад, пастилу и зефир / ВНИИКП. – М.: Пищевая пром-сть, 1986. – 143 с.
13. ГОСТ 6442-89. Мармелад. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 13 с.
14. СанПиН 2.3.2.1078-01. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 15 с.





СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

АГРОНОМИЯ

УДК 633.12: 631.67

Ю.И. Колотова, Т.И. Шильникова, С.Б. Пак

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ ГРЕЧИХИ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВАХ ЮГА ПРИАМУРЬЯ

В статье на основании трехлетних полевых доказано, что водопотребление и режим орошения на лугово-черноземовидных почвах юга Амурской области для получения урожайности гречихи на уровне 1,5–2,0 т/га обеспечивается проведением поливов с поддержанием увлажнения активного слоя не ниже 70 % НВ и внесением расчётных доз $N_{40}P_{80}K_{20}$.

Ключевые слова: водопотребление, режим орошения, рост и развитие гречихи, урожайность, минеральные удобрения.

Yu.I. Kolotova, T.I. Shilnikova, S.B. Pak

BUCKWHEAT WATER CONSUMPTION AND IRRIGATION MODE ON THE MEADOW CHERNOZEM-LIKE SOILS OF THE PRIAMURYE SOUTH

On the basis of the three-year field experiments it is proved that the water consumption and the irrigation mode on the meadow chernozem-like soils of the Amur region south for obtaining the buckwheat crop capacity at the level of 1,5–2,0 t/hectare is provided by carrying out watering with the maintenance of the active layer moistening not lower than 70 % NV and the introduction of the rated doses of $N_{40}P_{80}K_{20}$.

Key words: water consumption, irrigation mode, buckwheat growth and development, crop capacity, mineral fertilizers.

Введение. Гречиха является ценной крупяной культурой, которая содержит большое количество витаминов и минеральных веществ, рекомендуется для детского питания. Отличаясь относительно коротким вегетационным периодом, она возделывается в Нечерноземной зоне, в областях Центрального Черноземья, Волжско-Камской лесостепи, Западной и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. По величине и устойчивости урожая гречиха уступает зерновым культурам, средняя урожайность по России не превышает 0,82 т/га [2].

На Дальнем Востоке основные посевы гречихи размещены в Амурской области и Приморском крае. Здесь культура возделывалась ещё в XVII веке местным населением, а позднее и русскими переселенцами. Общая площадь посевов в Амурской области из года в год увеличивается и в настоящее время составляет около 22 тыс. га. Средняя урожайность культуры за счёт снижения энергетических и трудовых затрат в последние пять лет повысилась с 0,7 до 1,0 т/га.

Вместе с тем объёмы производства гречихи в отдельные годы остаются невысокими. Основные причины связаны со снижением урожайности из-за несоответствия погодно-климатических и почвенных факторов биологическим требованиям культуры. Высокая испаряемость и малое количество осадков в начале вегетации приводят к иссушению почвы, а недостаточное содержание элементов питания при орошении требует дополнительного внесения минеральных удобрений [1].

Цель исследований. Разработка рационального режима орошения гречихи, который за счёт оптимизации увлажнения корнеобитаемого слоя и минерального питания мог обеспечивать благоприятные условия для получения высокой урожайности на лугово-черноземовидных почвах южной зоны Амурской области.

Задачи исследований. Проведение наблюдений за водным режимом почвы при орошении согласно существующим методикам, а также за показателями роста, развития растений и урожайностью гречихи [3, 5]. Анализ водопотребления в структуре водного баланса орошаемых посевов и составление расчётной схемы управления режимом орошения ; рассмотрение формирования климатического дефицита увлажнения в многолетнем разрезе.

Материалы и методы исследований. Полевые опыты были заложены на орошаемом участке опытного поля отдела семеноводства Дальневосточного государственного аграрного университета (ДальГАУ) в с. Грибское в течение 2010–2013 гг.

Экспериментальные исследования и наблюдения проводились по методике полевого опыта Б.А. Доспехова [3] и методическим рекомендациям Всероссийского НИИ орошаемого земледелия [5]. Расчётное водопотребление и дефицит водного баланса осуществляли с использованием многолетних данных по базовой гидрометеостанции в период с 1971 по 2012 г. (ГМС «Благовещенск»).

Варианты двухфакторного полевого опыта включали в себя по фактору А (проведение поливов не ниже заданного предполивного порога): 1) 60 % НВ; 2) 70 % НВ; 3) 80 % НВ; 4) контроль (без полива). По фактору В (внесение удобрений на планируемый урожай): 1) N₃₀P₆₀; 2) N₄₀P₈₀K₂₀; 3) N₅₀P₁₀₀K₃₀; 4) контроль (без удобрений). Повторность в опытах четырехкратная, площадь опытной делянки в вариантах орошения 72 м², в вариантах с внесением удобрений – 24 м². Поливы проводили с помощью дождевальных аппаратов «Роса-3». Для предотвращения локального переувлажнения корнеобитаемого слоя поливную норму подавали частями. Объём оросительной воды измеряли при помощи дождемерных стаканов. Расчётная глубина промачивания почвы при дождевании была принята 0,4 м. Влажность почвы определяли термостатновесовым способом, сроки поливов назначали по достижению фактической влажности почвы заданного предполивного порога. Начало фазы роста и развития гречихи в фенологических наблюдениях отмечали при наступлении у 10 % растений, полную фазу – у 75 %. Площадь листьев определяли методом высечек, массу растений – на аналитических весах марки «CASMWP 300Н».

В опытах использовали районированный сорт гречихи Амурская местная. Дозы минеральных удобрений под планированную урожайность гречихи рассчитывали балансовым методом, вносили под зяблевую вспашку. Посев проводили сплошным способом с нормой высева 80 кг/га. Агротехника в опытах была согласно принятой в системе земледелия в Амурской области [6].

Результаты исследований и их обсуждение. Водно-балансовые расчёты для определения водопотребления и схемы управления режимом орошения гречихи были выполнены согласно теории формирования программируемых посевов академика РАСХН И.П. Кружилина [4]. Они показали, что в качестве модели дефицита водного баланса может быть использована следующая зависимость:

$$\Delta ВБ = Kt \times K_{вл.} \times \Sigma t - \mu \cdot \Sigma P,$$

где ΔВБ – дефицит водного баланса за расчётный период, мм;

Kt – средний за расчётный период модуль испарения, мм/°C;

K_{вл.} – коэффициент учёта использования растениями влаги из горизонтов, расположенных глубже активного слоя почвы или грунтовых вод;

Σt – сумма среднесуточных температур воздуха за расчётный период, °C;

ΣP – сумма используемых атмосферных осадков, выпавших за расчётный период, мм;

μ – коэффициент полезного использования осадков.

Графическая схема управления режимом орошения представлена на рис. 1 и включает в себя три блока: прогнозический, корректирующий, оперативно-текущий.

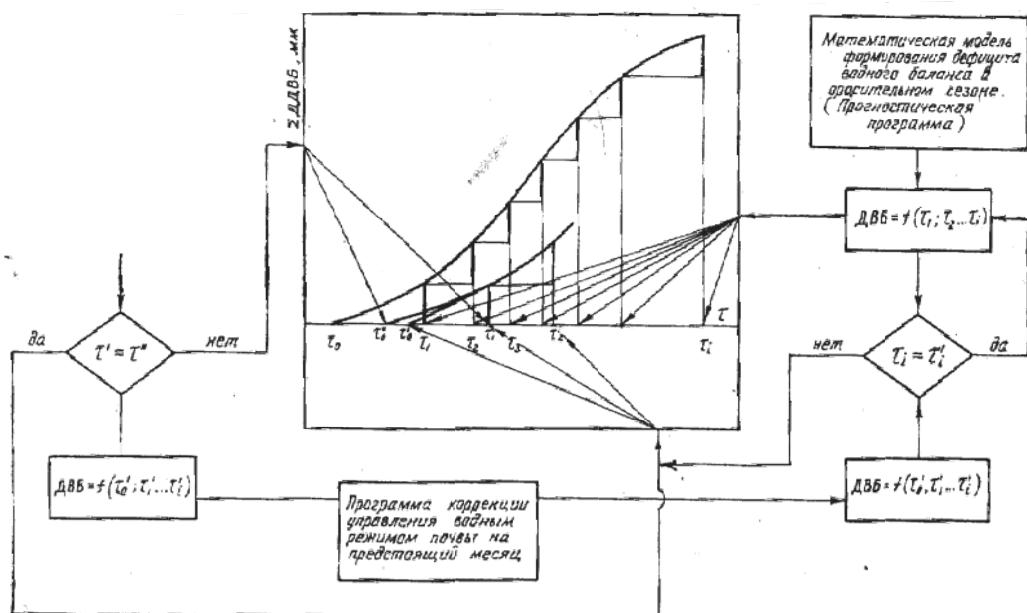


Рис. 1. Взаимосвязь прогностической, корректирующей и оперативно-текущей программ при формировании орошаемых посевов заданной урожайности

Для использования экспериментальных значений режима орошения гречихи, полученных в полевых опытах, рассмотрим сложившиеся погодно-климатические условия в годы исследований (табл. 1).

Таблица 1
Метеоусловия в годы исследований

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма
Осадки, мм							
2010	20	20	87	265	149	16	557,0
2011	4	103	68	144	79	24	422,0
2013	25	115	112	231	201	54	738,0
Норма	31	45	87	132	132	73	498,0
Среднесуточная температура, $^{\circ}\text{C}$							
2010	2,7	15,0	18,5	21,6	19,5	13,4	
Нараст.	81	546	1245	1933	2534	2936	2936
2011	4,9	13,2	19,3	23,8	21,3	12	-
Нараст.	147	556	1135	1873	2533	2893	2893
2013	2,4	13,5	17,3	20,2	15,9	11,9	
Нараст.	72	491	1010	1636	2129	2486	2486
Среднее	100	531	1130	1814	2398	2619	2771
Норма	3,3	11,4	18,4	21,4	19,1	12,0	
Нараст.	99	452	1004	1667	2259	2619	2619

По гидротермическим условиям годы исследований были различными: в 2011 г. сумма осадков за май-август была на уровне среднемноголетней величины, а в 2010 и 2013 гг. за этот же период выпало соответственно 521 и 659 мм, что в 1,3–1,6 раза превысило норму. Сумма среднесуточных температур также изменялась по годам: наиболее высокой она оказалась 2010 г. – 2936 $^{\circ}\text{C}$ при среднемноголетней норме 2619 $^{\circ}\text{C}$, а наиболее низкая была отмечена в 2013 г. – 2486 $^{\circ}\text{C}$. Четедование сухой ясной погоды с периодами выпадения осадков, связанное с циклоническим характером климата территории, обуславливало недостаток

влаги в почве в первой половине вегетации. На контрольных вариантах гречихи (без полива) влажность почвы опускалась ниже допустимого предела, что вызывало угнетение растений. В то же время поливной режим на орошаемых вариантах обеспечивал необходимое увлажнение почв (табл. 2).

Таблица 2
Фактический поливной режим гречихи за 3 года

Вариант предполивной влажности почвы, % НВ	2010 г.		2011 г.		2013 г.		Среднее
	Число поливов	Оросительная норма	Число поливов	Оросительная норма	Число поливов	Оросительная норма	Число поливов
	Поливная норма		Поливная норма		Поливная норма		Поливная норма
80	4	1160	6	1800	3	860	4
	290		300		285		290
70	3	1050	4	1360	3	1050	3
	350		340		350		350
60	2	900	3	1380	2	900	2
	450		460		450		450

Как следует из данных табл. 2, в варианте орошения 70 % НВ в 2010 и 2013 гг. при поливной норме 340–350 м³/га оросительная норма составила соответственно 1050 и 1360 м³/га. В относительно сухом 2011 г. её величина увеличилась до 1360 м³/га, число поливов составило 4, а поливная норма была на уровне 340 м³/га.

С увеличением предполивной влажности почвы до 80 % НВ в годы, близкие к среднемноголетней норме и выше, оросительная норма колебалась в пределах 860–1160 м³/га при величине поливной нормы 285–300 м³/га и числе поливов 3–4. В сухом 2011 г. её значение было максимальным и составило 1800 м³/га при 6 поливах поливной нормой 300 м³/га.

Наблюдения за ростом и развитием гречихи показали, что новые листья у растений гречихи на вариантах орошения образуются до конца вегетации, а общая листовая поверхность на 1 га непрерывно изменяется (рис. 2). Сначала она возрастает за счет образования новых и увеличения появившихся ранее листьев, достигая максимума к фазе начала созревания первых плодов. Затем суммарная площадь листовой поверхности за счёт пожелтевших и поврежденных листьев уменьшается, так как не покрывается приростом.

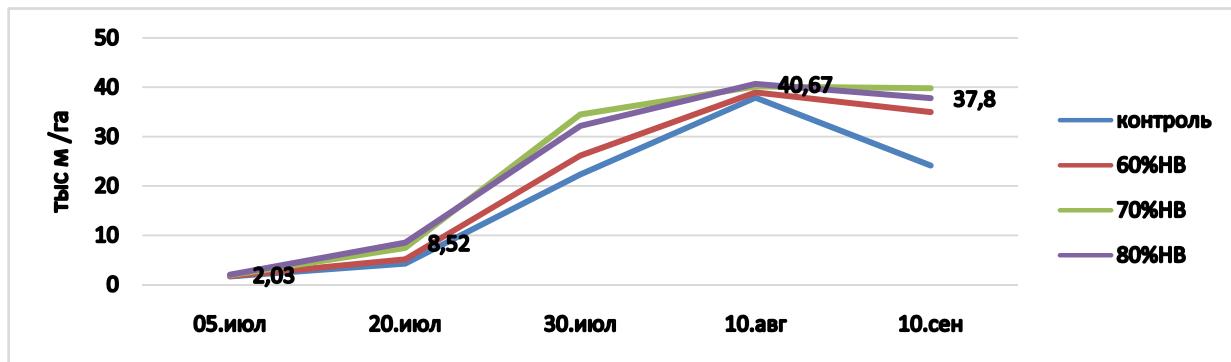


Рис. 2. Влияние режима орошения на рост площади листьев гречихи, тыс. м²/га

На вариантах орошения с увеличением уровня увлажнения с 60 до 70 % НВ площадь листовой поверхности возрастала и превышала контрольную. Наибольшие значения были отмечены в варианте 70 % НВ с внесением расчётных доз удобрений N₄₀P₈₀K₂₀. В варианте орошения 80 % НВ при муссонных осадках наблюдалось полегание растений гречихи и ранее пожелтение листьев.

При анализе влияния величины оросительной нормы на урожайность гречихи в опытах была установлена математическая зависимость (рис. 3). Она имеет полиноминальный вид с коэффициентом детерминации R²=0,7477. Значение параметра уравнения регрессии положительно, что означает увеличение урожайности гречихи на 0,0013 т/га с увеличением оросительной нормы на 1 м³/га.

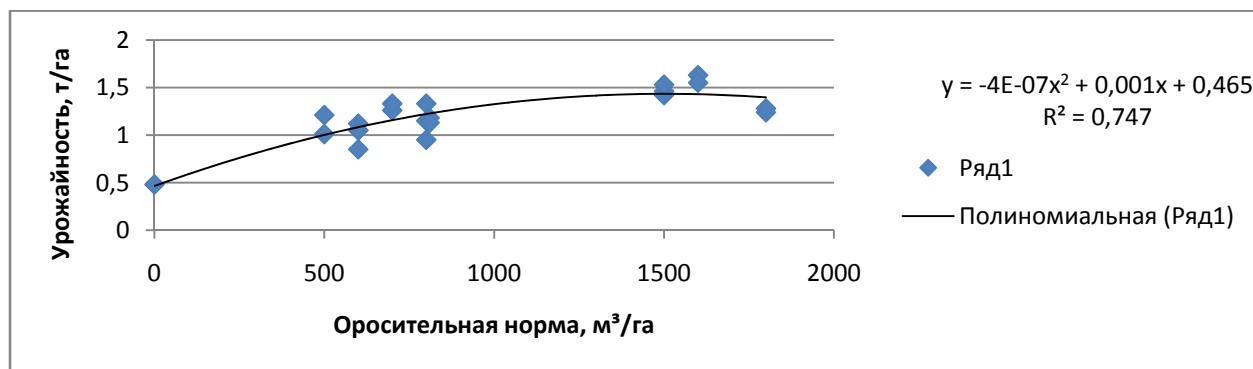


Рис. 3. Зависимость урожайности гречихи от оросительной нормы

Основным показателем в определении эффективности использования растениями воды являются её затраты на формирование единицы товарной продукции и коэффициент водопотребления. Численные значения этих величин непостоянны и зависят от многих факторов: условий влагообеспеченности, уровня плодородия почв, агротехники культуры, способов и техники полива. Определяющее влияние на величину коэффициента водопотребления оказывает уровень получаемого урожая (табл. 3).

Таблица 3

**Водопотребление и затраты оросительной воды в различных вариантах орошения гречихи
(в среднем за 3 года)**

Год	Предполовинная влажность почвы, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Приход влаги от осадков, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Затраты оросительной воды на 1 т зерна, м ³ /т	Урожайность, т/га
2010	80	3349	2189	1160	2723	943	1,23
2011		4089	2289	1800	3194	1406	1,28
2013		3167	2307	860	2639	716	1,20
Среднее		3535	2261	1270	2852	1024	1,24
2010	70	3307	2257	1050	2524	801	1,31
2011		3053	1693	1360	1970	877	1,55
2013		3293	2236	1050	2421	772	1,36
Среднее		3218	2068	1153	2282	817	1,41
2010	60	3524	2624	900	3064	782	1,15
2011		2973	1593	1380	2094	971	1,42
2013		3215	2315	900	3280	918	0,98
Среднее		3237	2177	1060	2743	898	1,18

Данные табл. 3 показывают, что наибольшая величина суммарного водопотребления гречихи была отмечена в сухом 2011 г. в варианте орошения 80 % НВ – 4089 м³/га, а наименьшая – в варианте 60 % НВ. Сравнение средних коэффициентов водопотребления показывает, что наиболее продуктивно при формировании урожайности оно использовалось в варианте орошения 70 % НВ – 2852 м³/т. В вариантах с орошением 60 и 80 % НВ значение коэффициента колебалось в пределах 2743–2852 м³/т, что свидетельствует о превышении расходования влаги по сравнению с оптимальным значением.

Наибольшая урожайность гречихи, равная 1,55 т/га, была получена в варианте орошения 70 % НВ при суммарном водопотреблении 3053 м³/га и коэффициенте водопотребления 1970 м³/т. При этом затраты оросительной воды на создание 1 т зерна составили 877 м³.

Выводы

1. Наибольшая урожайность орошаемой гречихи обеспечивается при величине суммарного водопотребления на уровне 3200–3300 м³/га и режиме орошения 70 % НВ. В сухие годы это достигается проведением 3–4 поливов поливной нормой 340–350 м³/га при оросительной норме 1050–1360 м³/га.
2. Анализ составляющих водного баланса орошаемого поля показывает, что в сухие и среднегодовые годы наряду с атмосферными осадками величина оросительной нормы также является приходной статьёй в структуре суммарного водопотребления и может достигать 1380–1800 м³/га.
3. Оптимальное расходование суммарного объёма влаги достигается в варианте орошения 70 % НВ при среднем коэффициенте водопотребления 2282 м³/т, а также при затратах оросительной воды на создание единицы зерновой продукции, равных 817 м³/т.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Амурской области / под ред. К.П. Березникова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 148 с.
2. Гречиха на Дальнем Востоке: монография / А.А. Моисеенко, Л.М. Моисеенко, А.Г. Клыков [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2010. – 276 с.
3. Доспехов Б.Н. Методика полевого опыта. – Изд. 5-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 385 с.
4. Кружилин И.П., Пак С.Б., Шильникова Т.И. Программы управления водно-воздушным режимом почвы на мелиорируемых землях Амурской области // Научное обеспечение национального проекта «Развитие АПК»: мат-лы науч.-практ. конф. – Волгоград: Волгоград. ГСХА, 2007 – С. 21–24.
5. Методика полевого опыта в условиях орошения: рекомендации. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 149 с.
6. Зональная система земледелия Амурской области. – Благовещенск, 2002. – 372 с.



УДК 581.522.4:582.926.4

П.А. Павлова

ИНТРОДУКЦИЯ ВИДОВ РОДА POLEMONIUM L. (СИНЮХИ) В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

В статье рассмотрены результаты интродукционного изучения якутских популяций видов рода *Polemonium L.*. Изучены фенологическая и морфологическая изменчивость *P. acutiflorum Willd. ex Roem. et Schult.*, *P. boreale Adams*, *P. caeruleum var. villosum Kom. Alis.* в культуре, оценены интродукционные возможности видов.

Ключевые слова: ботанический сад, интродукция, фенологическое развитие, морфологическая изменчивость, интродукционная устойчивость, синюха (*Polemonium L.*).

P.A. Pavlova

INTRODUCTION OFGENUS POLEMONIUM L. (CARRION FLOWER) SPECIES IN THE CENTRAL YAKUTIA

The results of the introduction study of the Yakut populations of genus *Polemonium L.* species are considered in the article. Phenological and morphological variability of *P. acutiflorum Willd. ex Roem. et Schult.*, *P. boreale Adams*, *P. caeruleum var. villosum Kom. Alis.* in culture are studied, introduction possibilities of species are assessed.

Key words: Botanical Garden, introduction, phenological development, morphological variability, introduction resistance, carrion flower (*Polemonium L.*).

Введение. Объектом интродукционного изучения служили три вида сем. Polemoniaceae Juss: *Polemonium acutiflorum Willd. ex Roem. et Schult.*, *P. boreale Adams.*, *P. coeruleum var. villosum Kom. Alis.* Все они известны как лекарственные и декоративные растения. Корни растений в научной медицине применяют как отхаркивающее средство при бронхитах, бронхопневмонии, при абсцессе, а также как успокаивающее средство при различных заболеваниях центральной нервной системы. Седативное действие растений проявляется за счет сапонинов, причем успокаивающий эффект их примерно в 8–10 раз превосходит валериану лекарственную [1]. В научную

медицину *P. caeruleum* введен в качестве заменителя импортной сенеги [2, 3]. В народной медицине корни, корневища, а также надземную часть, используют как успокаивающее средство при эпилепсии, бессоннице, испуге, поносе [4]. У всех трех видов для лекарственных целей заготавливают корневища с корнями. В якутской популяции, по данным В.П. Самарина [5], в образцах из окрестностей г. Алдана гемолитический индекс (ГИ) сапонинов составил для травы 181,8, а для корней и корневищ 2000 при показателе сапониноносности 10000. Эти показатели не ниже, чем данные, приводимые З.В. Черниковой [6] для западносибирских популяций синюхи, согласно которым ГИ цветков и травы колеблется в пределах 120–1100, корней и корневищ – 250–2000. Другие виды этого рода, произрастающие в Якутии, оказались высокосапониносодержащими [7]. Так, по данным Л.В. Слепцовой [8], у *P. acutiflorum*, собранной в окрестностях пос. Тикси (Арктический флористический район), ГИ составил для надземной части 8000, для подземной части – 5332, а у *P. boreale*, собранной в Центральной Якутии («Ленские столбы»), соответственно 3200 и 4666. Наряду с лекарственными свойствами длительноцветущие декоративные многолетники, в частности, род *Polemonium L.* могут заменить дорогостоящие однолетники, выращиваемые рассадой, и восполнить ассортимент красивоцветущих растений в озеленительных работах в течение всего лета.

Цель исследований. Интродукционная оценка видов рода *Polemonium*.

Задачи исследований. Изучить сезонный ритм развития видов; дать морфологическую характеристику видов; оценить интродукционную устойчивость видов.

Объекты и методы исследований. Род *Polemonium* встречается на всей территории Евразии, в Западной и Восточной Сибири. В Якутии *P. caeruleum* распространена в центральных и южных районах, отмечена в окрестностях пос. Ойусардах, Среднеколымского улуса, пос. Верхняя Амга и г. Томмота. Растет по горным хвойным лесам и их опушкам, долинам рек, заливным и суходольным лугам, зарослям кустарников. Вид интродуцирован в Якутском ботаническом саду в 1969 г. Пересажен с прибрежного луга в окрестностях г. Томмота. *P. boreale* произрастает почти по всей территории республики. Растет в сухих мохово-лишайниковых тундрах, на береговых песках; в лесную зону заходит по приречным пескам и галечникам. Вид введен в культуру в 1970 г. Пересажен с каменисто-мохового склона на Ленских столбах. *P. acutiflorum* распространена в северных и северо-восточных районах. Произрастает на сырватых моховых северных тундрах, моховых болотах, по берегам озер и речек. Вид введен в культуру в 1975 г. Семена собраны на злаково-разнотравном лугу в низовьях р. Колыма. Работа выполнена в Якутском ботаническом саду ИБПК СО РАН. Наблюдения проводились в коллекционном питомнике природной флоры Якутии. Фенологические наблюдения проведены по методике И.Н. Бейдеман [9], морфологические измерения – по И.Г. Себрякову [10], интродукционная устойчивость растений – по шкале Н.С. Даниловой [11].

Результаты исследований и их обсуждение. Виды рода *Polemonium L.* относятся к многолетним летнезеленым травянистым тонко-длиннокорневищным симподиально нарастающим поликарпикам с полурозеточным побегом [12]. В условиях культуры все три вида проходят полный сезонный цикл развития (табл. 1).

Весеннее отрастание в зависимости от условий года отмечается в конце апреля или в начале мая. Прохождение следующих фаз у разных видов идет неодинаково. Наиболее позднее развитие в первый период вегетации отмечается у *P. caeruleum*. Массовая бутонизация и начало цветения *P. caeruleum L.* отмечены на 15–18 день, а массовое цветение – на 20–21 день позже, чем у двух других видов. Интенсивность развития *P. acutiflorum* и *P. boreale* составляет 23–25 дней, тогда как у первого вида она длится до 43 дней. По срокам цветения виды относятся к летнецветущим видам. Все они являются весенне-летне-осенне-зимнезелеными растениями. Продолжительность цветения у вида *P. acutiflorum* составляет около трех месяцев; начинается в последней декаде мая и продолжается почти до сентября, иногда уходит цветущим под снег. Цветение двух других видов тоже продолжительное и составляет от 28 до 35 дней. В связи с длительным цветением плодоношение видов растянутое, созревание семян в зависимости от условий года начинается в первой половине августа.

Таблица 1

Сроки наступления основных фенологических фаз видов рода *Polemonium L.* в культуре

Вид	Показатель	Отрастание	Начало буто-низации	Начало цве-тения	Конец цве-тения	Продол-жительность цветения
<i>P. caeruleum</i>	M ± m	4.05±1,1	2.06±0,7	17.06±0,7	22.07±3,8	34,8±3,3
	V, %	5,7	1,8	2,3	9,2	32,8
<i>P. acutiflorum</i>	M ± m	2.05±1,5	17.05±1,1	27.05±0,9	22.08±2,5	85,8±2,6
	V, %	5,0	5,0	3,5	5,0	10,5
<i>P. boreale</i>	M ± m	3.05±1,1	14.05±1,0	26.05±0,9	24.06±1,4	28,7 ± 1,9
	V, %	5,9	4,7	3,8	4,2	23,6

Декоративность видов во многом определяется морфологическими признаками (табл. 2).

Таблица 2
Морфологические показатели видов рода *Polemonium L.* в культуре

Вид	Показатель	Высота побега, см	Число цветков 1 побега	Диаметр цветка, см	Длина листа, см	Ширина листа, см
<i>P. caeruleum</i>	M ± m	51,0 ± 0,59	18,0 ± 1,09	1,9 ± 0,16	11,8 ± 1,08	3,0 ± 0,22
	V, %	3,0	16,0	22,0	24,0	19,6
<i>P. acutiflorum</i>	M ± m	41,3 ± 0,86	29,3 ± 1,90	2,4 ± 0,03	17,0 ± 0,66	6,5 ± 0,40
	V, %	7,8	25,4	7,6	17,2	28,7
<i>P. boreale</i>	M ± m	35,8 ± 0,60	20,0 ± 1,66	2,1 ± 0,05	6,4 ± 0,24	3,3 ± 0,47
	V, %	6,2	31,0	8,8	14,5	18,5

Высокие прямостоячие стебли у *P. caeruleum* одиночные, 51,0 ± 0,59 см высотой, голые, лишь в верхней части вместе с цветоножками покрыты железистым пушком. Листья поочередно расположены на стебле. Стеблевые листья непарноперистые; длиной 11,8 ± 1,1, шириной 3,0 ± 0,2, несут 9–11 пар яйцевидных заостренных листочек. Декоративными являются также множество крупных прикорневых перистых листьев, однако основную декоративную нагрузку несут соцветия. Чашечка во время цветения 3–4 мм длины, колокольчатая, венчик темно-голубой или синий, колесовидно-колокольчатый, широко открытый. Диаметр одного цветка составляет 1,9 ± 0,16 см. Венчик с закругленными на конце лопастями, в 2,5–3 раза длиннее чашечки. Цветки собраны в удлиненную кистевидную метелку. Плод – шаровидная, трехстворчатая, легко растрескивающаяся коробочка, заключенная в чашечку с многочисленными изогнуто-продолговатыми крылатыми темно-коричневого или черного цвета семенами.

Наиболее декоративным из изученных видов рода *Polemonium L.* является *P. acutiflorum*, цветущий в течение всего вегетационного сезона. Обычно одно растение состоит из множества генеративных ветвистых побегов, высотой 41,3 ± 0,86 см, несущих на себе до 29 ± 1,9 шт. голубых цветков с крупными венчиками диаметром 2,4 ± 0,3 см, которые в 2,0–2,5 раза длиннее чашечек. Лепестки кверху суженные, заостренные. Листья в числе 5–7 на стебле имеют длину 17,0 ± 0,66, ширину 6,5 ± 0,4 см. Листья непарноперисторассеченные, голые, заостренные к верхушке и очень декоративные, поэтому они все лето не теряют свою декоративность. Семена созревают растянуто, почти в течение полутора месяцев. Семян формируется недостаточно, но, тем не менее, редко обнаруживается самосев. Семена коричневого цвета удлиненно-яйцевидной формы, длиной 2,5–3,0 мм, шириной 1,0–1,5 мм, с одной стороны изогнуто-заостренные. Лабораторная всхожесть низкая (20–30 %).

По своему декоративны почвопокровные куртинки *P. boreale*. Маловетвистые прямостоячие или восходящие побеги высотой 35,8 ± 0,6 см в нижней части прижато опущены, а вверху густо опущены железистыми волосками. Листья преимущественно прикорневые и они почти покрывают поверхность почвы. Стеблевые листья в числе 5,0 ± 1,0, как и стебель, покрыты опушением. Листочки яйцевидные, коротко заостренные. Цветки на густошерстистых цветоножках скучены на верхушке стебля и его ветвей в укороченное, почти щитковидное соцветие. Чашечка цветка густомохнатая. Венчики голубые с диаметром 2,1 ± 0,05 и они в 2,5 раза длиннее чашечки. Доли венчика кверху расширенные, туповатые, закругленные. Семена мелкие коричневого цвета удлиненно-яйцевидной формы длиной 3,5–4,0 мм, шириной 1,0–1,5 мм. Поверхность семени гладкая, с одной стороны заостренная. Лабораторная всхожесть семян составляет 28–32 %. Семена созревают в первой половине июля.

Редко обнаруживается самосев. Во время массового цветения делянки с *P. boreale* в течение продолжительного времени покрываются сплошным голубым ковром.

Заключение. Все три вида рода *Polemonium L.* в интродукционном испытании являются долгожители. В коллекционном питомнике существуют уже в течение 38–44 года. Они ежегодно обильно цветут и проходят полный цикл фенологического развития, дают полноценные зрелые семена. Самовозобновление преимущественно вегетативное, агрессивно захватывают новые территории. Виды устойчивы к болезням и вредителям. Размеры надземной части растений в культуре превосходят природные. Таким образом, все три вида в интродукции высокоустойчивы.

Литература

1. Телятьев В.В. Лекарственные растения Восточной Сибири. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1971. – 395 с.
2. Варлаков М.Н. Замена импортной сенеги корнями синюхи *P. caeruleum* // Фармация. – 1943. – № 1. – С. 35–36.
3. Потехина Л.И. Фармакогнозия и действующие начала нового отхаркивающего растения синюхи – *Ranunculus coeruleum* L. // Новые лекарственные растения Сибири, их лечебные препараты и применение. – Томск, 1946. – Вып. 2. – С. 76–78.
4. Станков С.С. Дикорастущие полезные растения СССР. – М.: Сов. наука, 1951. – 316 с.
5. Самарин В.П. Итоги обследования флоры сосудистых растений Якутии на содержание сапонинов // Учен. зап. Якут. ун-та. – 1965. – Вып. 15. – С. 15–38.
6. Черникова З.В. Сапониноносные растения Сибири и свойства их сапонинов // Новые лекарственные растения Сибири, их лечебные препараты и применение. – Новосибирск, 1949. – Вып. 3. – С. 41–67.
7. Макаров А.А. Лекарственные растения Якутии и перспективы их освоения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 264 с.
8. Слепцова Л.В. Обследование флоры Якутской АССР и некоторых районов Иркутской области на содержание сапонинов // Учен. зап. Якут. ун-та. – 1971. – Вып. 18. – С. 5–16.
9. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука, 1974. – 154 с.
10. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М.: Сов. наука, 1952. – 391 с.
11. Данилова Н.С. Основные закономерности интродукции травянистых растений местной флоры в Центральной Якутии // Бюл. ГБС. – 2000. – Вып. 179. – С. 3–8.
12. Безделев А.Б., Безделева Т.А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 161–162.



УДК 633.16:633.421 (571.12)

М.В. Губанов

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТООБРАЗЦОВ ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В условиях северной лесостепи Тюменской области исследована коллекция голозерного ячменя. Приводятся результаты изучения образцов по хозяйственно-ценным признакам – урожайности, продолжительности периода вегетации, качеству зерна, устойчивости к стеблевой ржавчине, а также к полеганию стебля.

Ключевые слова: голозерный ячмень, коллекция, урожайность, вегетация, качество, стеблевая ржавчина, полегание.

M.V. Gubanov

GRAIN PRODUCTIVITY AND QUALITY OF THE BARE-GRAINED BARLEY VARIETY SAMPLES IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF THE TYUMEN REGION

In the conditions of the northern forest-steppe of the Tyumen region the collection of the bare-grained barley is researched. The research results of the samples on economically-valuable indices – crop capacity, duration of the vegetation period, grain quality, resistance to the stem rust and stalk lodging are given.

Key words: bare-grained barley, collection, crop capacity, vegetation, quality, stem rust, lodging.

Введение. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – универсальная культура по распространению и использованию в сельскохозяйственном производстве. В Сибири сосредоточено 3 млн га его посевых площадей [1], в том числе 135 тыс. га в Тюменской области [2].

В последнее время наряду с пленчатыми сортами, которые возделываются издавна, в стране появились районированные сорта голозерного ячменя. Зерно таких сортов намного питательнее, так как содержит повышенное содержание белка, незаменимых и заменимых аминокислот, а также витаминов. Расширению

площадей посева этих сортов препятствует недостаточно высокая зерновая продуктивность. Кроме того, на посевах часто проявляются признаки сильного полегания, также достаточно часто наблюдается проявление стеблевой ржавчины. В связи с этим существует необходимость создания и внедрения в производство новых высокопродуктивных сортов голозерного ячменя с высокими кормовыми и пищевыми качествами [3, 4]. Большое значение для этих целей придается изучению исходного материала.

Цель исследований. Выделение хозяйствственно-ценных образцов по признакам урожайности, продолжительности периода вегетации, качеству зерна, устойчивости к стеблевой ржавчине, а также к полеганию стебля.

Материалы и методы исследований. Материалом для изучения вопроса послужили сорта голозерного ячменя коллекции ВИР им Н.И. Вавилова и других НИУ в количестве 54 образцов различных ботанических разновидностей – *nudum*, *coeleste*, *trifurcatum*, *violaceum*, *brevisetum*, *neogenes*, *himalayense*. В качестве стандарта использовался районированный в области сорт Омский голозерный 1. Исследования 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, площадь делянки 1–2 м², стандарт размещался через 20 образцов коллекции [5].

Содержание белка и крахмала определяли в отделе биохимии и молекулярной биологии Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (Санкт-Петербург) [6]. Устойчивость к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis Pers*) и полеганию стебля проводили согласно методике ВИР [5] 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 и их обсуждение. Набор изучаемых коллекционных образцов характеризовался различной продолжительностью вегетационного периода. В целом за годы исследований вегетационный период варьировал от 63 до 80 сут. В зависимости от метеорологических условий продолжительность периода вегетации значительно различалась по годам. В 2011 г. она составила 69–100 сут, в 2012 г. – 50–62, в 2013 г. – 63–80 сут (табл. 1).

Таблица 1
Варьирование вегетационного периода голозерного ячменя (2011–2013 гг.)

Год	Признак	Фаза вегетационного периода, сут		
		Всходы-колошение	Колошение-созревание	Всходы-созревание
2011	Размах варьирования, дней Коэффициент вариации, %	33-74 19,7	25-50 15,0	69-100 8,2
2012	Размах варьирования, дней Коэффициент вариации, %	25-43 10,7	15-25 10,4	50-62 4,5
2013	Размах варьирования, дней Коэффициент вариации, %	30-48 9,4	30-40 6,0	70-82 3,4
Среднее	Размах варьирования, дней Коэффициент вариации, %	29-54 13,3	25-36 7,7	63-80 5,1

В результате проведенных исследований были выделены образцы с продолжительностью периодов всходы-колошение 38–42 сут и колошение-созревание 29–33 сут. Именно при таком соотношении продолжительности межфазных периодов сформирована урожайность выше стандарта на 2,9–60,6 % (табл. 2).

Таблица 2

Высокопродуктивные образцы голозерного ячменя с вегетационным периодом 68–75 сут (2011–2013 гг.)

Номер по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Фаза вегетационного периода, сут			Урожайность, г/м ²
			Всходы-колошение	Колошение-созревание	Всходы-созревание	
30919	Омский голозерный 1 (st)	Омская область	39	33	72	307
3423	Местный	Китай	40	35	75	316
30034	Shonkin	США	41	28	69	493
30036	Condor	Канада	41	30	71	331
30167	CDC Richard	Канада	38	30	68	355
30358	C.I. 11080 Lan	Перу	42	29	71	378
HCP ₀₅ (n=54)			2,1	0,9	1,4	40,6

Для северных регионов страны существует необходимость создания скороспелых сортов ячменя, устойчивых к полеганию и прорастанию на корню из-за избыточного увлажнения в период созревания и уборки урожая, толерантных к основным наиболее вредоносным болезням (пыльная головня, листовые пятнистости, мучнистая роса, стеблевая ржавчина), гарантирующих ежегодное получение высоких урожаев [7].

В связи с засушливым летом стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis Pers*) в 2012 г. практически не проявлялась, однако имело место эпизодическое проявление этой болезни. Высокую устойчивость к патогену проявили образцы Местный (к-3115, Таджикистан), Местный (к-3170, Таджикистан), Местный (к-3772, Дагестан), Местный (к-19709, Дания), Местный (к-21747, Дагестан).

По устойчивости к полеганию выделились образцы Местный (к-3038, Туркменистан), (к-3165, Таджикистан), (к-3938, Монголия), Buck CDC (к-30173, Канада). Биохимический состав зерна может значительно меняться от сортовых особенностей сорта, места выращивания и погодных условий. Характеристика коллекционных образцов с повышенным содержанием белка (16,6–20,0 %) приведена в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика лучших образцов голозерного ячменя коллекции ВИР по содержанию белка в зерне (2011–2013 гг.)

Номер по каталогу ВИР	Сорт, сортообразец	Происхождение	Содержание белка, %	Сбор белка, кг/га
1	2	3	4	5
30919	Омский голозерный 1 (St)	Омская обл.	14,8	454
838	Местный	Гузия	17,7	345
2767	Komehadaka	Япония	17,3	339
3038	Местный	Туркменистан	19,0	410
3082	Местный	Иран	17,7	375
3115	Местный	Таджикистан	17,4	379
3165	Местный	Таджикистан	17,2	256
3170	Местный	Таджикистан	17,1	350
3423	Местный*	Китай	17,3	546
3772	Местный	Дагестан	17,0	445
3938	Местный	Монголия	20,1	275
3954	Местный	Монголия, Улясутай	16,9	368

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
21694	Голозерный 1	Свердловская обл.	16,6	450
21747	Местный	Дагестан	17,9	340
27080	Белорусский 76	Беларусь	17,0	411
27171	Е.Е.Е.N46	Боливия	18,3	225
27176	CM67-V-Sask 1800C	Боливия	18,2	260
27318	1057-1923	Чехословакия	17,0	342
27730	95683/76	Германия (до 1991 г.)	17,8	265
30034	Shonkin*	США	15,3	754
30036	Condor*	Канада	16,6	549
30167	CDC Richard*	Канада	14,6	518
30250	Nue grosse	Швеция	17,7	377
30284	Namoi	Австралия	19,5	468
30358	C.I. 11080 Lan*	Перу	15,3	578
31125	Нудум 95	Челябинская обл.	20,0	374

*Сорта, выделившиеся по урожайности.

Среди голозерных образцов явное преимущество по содержанию белка (19,0–20,1 %) было у сортов-образцов Местный (к-3938, Монголия), Местный (к-3038, Туркменистан) и Нудум 95 (к-31125, Челябинская обл.), а повышенным сбором белка кг/га отличался высокоурожайный сорт Shonkin (к-30034, США).

Заключение. Выделенные образцы по продуктивности, содержанию белка, устойчивости к полеганию и стеблевой ржавчине рекомендуются для включения в селекционную программу создания новых сортов ячменя для условий Северного Зауралья.

Литература

1. Аниськов Н.И. Селекция ярового ячменя в Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 2009. – 33 с.
2. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Тюменской области в 2013 году и прогноз развития вредных объектов в 2014 году. – Тюмень, 2013. – С. 5.
3. Аниськов Н.И., Кролевец С.С. Изучение сортов голозерного ячменя мировой коллекции ВИР в условиях Сибирского Прииртышья // Докл. РАСХН. – 2008. – № 5. – С. 8–10.
4. Грязнов А.А. Ячмень голозерный в условиях неустойчивого увлажнения. – Куртамыш, 2014. – 300 с.
5. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. – СПб., 2012. – 63 с.
6. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков [и др.]. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
7. Ковалева О.Н., Гончарова Э.А. Современная методология изучения коллекции ячменя (*Hordeum vulgare L.*) и выявление ценных генотипов для селекции // Управление производственным процессом в агротехнологиях XXI века. – Белгород: Отчий край, 2010. – С. 280–282.



УДК 638.1

М.А. Тайсумов, М.У. Умаров, М.М.-А. Астамирова,
А.С. Абдурзакова, Х.Л. Халидова

ВИДОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЛЕЗНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В статье изложены результаты многолетних исследований хозяйственно-полезных растений (лекарственных, медоносных, декоративных, кормовых, пищевых, ядовитых) горных районов Чеченской Республики.

Ключевые слова: горные районы, флора, хозяйственно-полезные растения, Чеченская Республика.

M.A. Taysumov, M.U. Umarov, M.M.-A. Astamirova,
A.S. Abdurzakova, Kh.L. Khalidova

USEFUL PLANTSPECIES POTENTIAL OF THE CHECHEN REPUBLICMOUNTAIN AREAS

The results of the long-term research of the economically-useful plants (medicinal, melliferous, decorative, fodder, food, poisonous) of the Chechen Republic mountain areas are stated in the article.

Key words: mountain areas, flora, economically-useful plants, the Chechen Republic.

Введение. Флора горных районов Чеченской Республики богата видами растений, которые обладают различными полезными свойствами и является источником фитосырья самого разного назначения – пищевого, кормового, лекарственного, ядовитого, медоносного, декоративного, технического и т.д.

Растительные ресурсы Кавказа издавна привлекали внимание исследователей, интерес к ним не снижается и в наше время. Наиболее полная сводка по хозяйственно-полезным растениям этого региона приведена в классической работе А.А. Гроссгейма [1], которая до сих пор остается ценным руководством по растительным ресурсам Кавказа. Ценные сведения о полезных видах растений содержатся в работах А.И. Галушки [2], П.П. Соколова и др. [3, 4].

Методика и результаты исследований. В статье приводятся те или иные свойства полезных дикорастущих растений. При описании пищевых растений мы придерживались классификации, предложенной А.А. Гроссгеймом и А.И. Галушки. Выделено семь основных групп: пищевые, кормовые, лекарственные, ядовитые, медоносные, декоративные и технические. Многие из дикорастущих растений флоры могут быть использованы непосредственно, другие заслуживают введения в культуру, третьи представляют интерес как исходный материал для гибридизации в целях создания новых форм, обладающих ценными качествами. Ниже мы приводим краткие характеристики полезных растений.

Лекарственные растения. Лечебные препараты из растений составляют 30 % лекарственных средств, применяемых в мировой медицинской практике. В нашей стране это количество достигает 40 %. При сердечно-сосудистых заболеваниях, например, многие растительные средства являются незаменимыми [5, 6]. Ежегодно в нашей стране заготавливаются десятки тысяч тонн лекарственного растительного сырья. Однако масштабы заготовок не удовлетворяют потребностям медицинской промышленности, их увеличение сдерживается отсутствием сведений о размещении их природных запасов. Вместе с тем некоторые дикорастущие лекарственные растения встречаются в недостаточном количестве, что говорит о необходимости сокращения масштабов заготовок или даже о полном их прекращении [7].

На Кавказе произрастают 173 вида растений, находящих применение в научной медицине, и более 1000 видов, используемых в народной медицине [8]. Только в горной флоре нашей республики по предварительным данным выявлено более 54 видов лекарственных растений. Количество видов, применяемых населением в лечебных целях, намного больше. Здесь мы приводим только учтенные и наиболее широко используемые лекарственные растения, упоминаемые в литературе [7, 8, 9, 10, 11].

Как показывает практика заготовки лекарственных растений, в ряде случаев продолжительная эксплуатация основных массивов произрастания приводит к существенному сокращению их ресурсов. Обязательным условием при сборе лекарственного сырья является соблюдение правил сохранения маточников и семенников. Для растений, у которых заготавливаются подземные части, объем возможных заготовок не должен превышать 30 % от общих запасов сырья, а для растений, у которых используются подземные органы, – не более десятой части. Однако эти правила не всегда соблюдаются, что и является основной причиной сокращения ареалов и ресурсов лекарственных растений [12].

Разные виды лекарственных растений по-разному переносят процесс заготовки лекарственного сырья. Некоторые из них быстро восстанавливают утраченные части и практически не страдают от этого воздействия, другие же, наоборот, с трудом восстанавливаются и сокращают свои ареалы [13]. Классифицируют лекарственные растения по отношению к результатам заготовки на 6 категорий: почти уязвимые, мало-уязвимые, уязвимые, сильно уязвимые, очень сильно уязвимые и находящиеся на грани исчезновения. Анализируя флору лекарственных растений, мы считаем целесообразным выделение трех категорий лекарственных растений по их отношению к процессу заготовки [14].

Категория 1. Виды, не подлежащие заготовке. К этой категории относятся растения, обладающие лекарственными свойствами, но имеющие ограниченное распространение, являющиеся эндемичными или реликтовыми, охраняемыми или нуждающимися в региональной или федеральной охране. Потребности в лекарственном сырье этих видов должны удовлетворяться за счет других способов: культивирования в специализированных хозяйствах, завозом лекарственного сырья из других регионов, использования близкородственных видов с подобными свойствами, применения синтетических заменителей и т.д. К ним относятся такие виды, как *Althaea officinalis*, *Berberis vulgaris*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Valeriana officinalis*, *V. cardamines*, *Campanula glomerata*, *Lactuca georgica* и т.д.

Категория 2. Виды, подлежащие ограниченной заготовке. К ним относятся многолетние растения, у которых заготавливаются надземные или подземные (корневища, луковицы, клубни) части, деревья и кустарники, у которых заготавливаются корни и кора, травянистые многолетники, имеющие ограниченное распространение. Это такие виды, как *V. alliariifolia*, *Betonica officinalis*, *Quercus robur*, *Rhamnus cathartica* и т.д.

Категория 3. Виды, подлежащие заготовке без ощутимого ущерба для состояния популяций. К этой категории относятся деревья, у которых заготавливаемыми частями являются цветки, почки или плоды; травянистые многолетние растения, заготавливаемыми частями которых являются листья;ruderalные растения. К ним относятся *Tilia cordata*, *Crataegus orientalis*, *Sambucus nigra*, *Viburnum opulus*, *Artemisia absinthium*, *A. austriaca*, *A. vulgaris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Convallaria trancaucasica*, *Glycyrrhiza glabra*, *Hypericum perforatum*, *Lamium album*, *Leonurus quinquelobatus*, *Plantago major*, *P. media*, *P. lanceolata*, *P. saxatilis*, *Tussilago farfara*, *Solanum nigrum*, *Acropiton repens* и т.д.

Медоносные растения. Изучение медоносных растений Кавказа – это непочатое поле интересной и важной работы, и можно только пожелать, чтобы местные ботаники обратили на это особое внимание [1]. Медоносные растения являются составной частью растительных ресурсов и характеризуются свойством производить большое количество нектара и пыльцы. Первоклассными медоносными растениями считаются те виды, у которых нектар легко доступен для пчел и время цветения растянуто. Эталонным видом в этом смысле является *Echium vulgare*. Не все растения имеют одинаковое значение для пчеловодства, то есть неравнозначные в смысле производственной эффективности. Основными критериями эффективности являются количество выделяемого ими нектара или пыльцы и количество экземпляров на единицу площади. Знание видового и количественного состава медоносных растений позволяет с большой точностью определять медовый запас местности.

К выдающимся медоносам флоры, дающих от 500 до 1000 кг меда на 1 га чистых зарослей, относятся *Mellilotus albus* – 550 кг, *Urtica urens* – 540, *Lamium album* – 540, *Salvia verticillata* – 700, *Chamerion angustifolium* – до 500, *Echium vulgare* – до 1000, *Tilia cordata*, *T. begoniifolia* – до 1000, *Leonurus quinquelobatus* – 400 кг и др. [14].

К хорошим медоносам, дающим 150–200 и 200–500 кг меда на 1 га, относятся *Onobrychis cyri* – до 200 кг, *Melilotus officinalis* – 200, *Alhagi pseudalhagi* – до 400, *B. vulgaris* – до 500, *Cichorium intybus* – до 500 кг и др. В зависимости от насыщенности выдающимися или хорошими медоносами определяется и хозяйственная ценность угодий.

Следует отметить ранневесенние медоносы, дающие пчелам нектар и пыльцу, *Tussilago farfara*, *Cornus mas* и др. Широко распространенные медоносами являются следующие виды: *Ranunculus repens*, *R. sceleratus*, *Adonis aestivalis*, *Papaver rhoeas*, *Hypecoum pendulum*, *Quercus pubescens*, *Q. robur*, *Hypericum perforatum*, *Primula macrocalyx*, *Anagallis arvensis*, *Viola odorata*, *V. arvensis*, *Tamarix* (2 вида), *Salix* (8 видов), *Populus tremula*, *Capparis herbacea*, *Capsella bursa-pastoris*, *Sisymbrium officinale*, *Barbarea* (2 вида), *Berteroia incana*, *Bunias orientalis*, *Hesperis matronalis*, *Helianthemum* (4 вида), *Malva* (3 вида), *Lavatera thuringiaca*, *Alcea rugosa*, *Althaea officinalis*, *Hibiscus trionum*, *Pyrus caucasicus*, *Malus orientalis*, *Sorbus caucasica*, *Crataegus* (4 вида), *Rubus caesius*, *Fragaria vesca*, *Potentilla reptans*, *Filipendula* (2 вида), *Rosa* (11 видов), *Padus avium*, *Lythrum* (2 вида), *Epilobium hirsutum*, *Medicago caerulea*, *Trifolium pratense*, *T. medium*, *T. repens*, *T. hybridum*, *Lotus* (3 вида), *Galega orientalis*, *Acer* (3 вида), *Dictamnus caucasicus*, *Polygala* (4 вида), *Paliurus spina-christi*, *Rhamnus cathartica*, *Hippophae rhamnoides*, *Elaeagnus* (2 вида), *Astrantia maxima*, *Chaerophyllum bulbosum*,

Ch. aureum, *Anthriscus sylvestris*, *Falcaria vulgaris*, *Carum carvi*, *Pimpinella aromatica*, *P. saxifraga*, *Daucus carota*, *Sambucus nigra*, *S. ebulus*. *Viburnum opulus*, *Linnaea borealis*, *Lonicera* (5 видов), *Dipsacus laciniatus*, *D. strigosus*, *Cephalaria gigantea*, *Verbascum thapsus*, *Linaria vulgaris*, *Scrophularia* (3 вида), *Melampyrum arvense*, *Verbena officinalis*, *Ajuga reptans*, *A. orientalis*, *Teucrium polium*, *T. chamaedrys*, *Marrubium vulgare*, *M. leonuroides*, *M. catariifolium*, *Sideritis nuda*, *S. cataria*, *Glechoma hederacea*, *Prunella vulgaris*, *Stachys* (6 видов), *Satureja* (2 вида), *Thymus* (4 вида), *Mentha* (3 вида), *Onopordum acanthium*, *Taraxacum* (5 видов) [15, 16].

Огромная масса растений лугов, лесов, сорных мест и прочих угодий относится к посредственным или второстепенным медоносам. Однако их широкое распространение значительно повышает ценность и медоносность тех угодий, где они растут.

Кормовые растения. Исследуемая флора богата ценными видами кормовых растений. К ним относятся, прежде всего, представители семейств *Poaceae* и *Fabaceae*, а также *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae* и разнотравье. Они являются потенциальными компонентами для создания высокопродуктивных и длительно действующих агрофитоценозов. Некоторые виды перспективны для селекционной работы.

Кормовые растения горных районов довольно хорошо изучены во время паспортизации кормовых угодий республики, проведенной с 1937 по 1950 г. По имеющимся сведениям [1, 2], на Кавказе представлены почти все наиболее ценные кормовые группы европейско-азиатского материка и имеются свои собственные оригинальные эндемичные виды. Генофонд кормовых трав представляет богатейший материал для введения в культуру не только на Кавказе, но и в других областях.

Семейство *Poaceae* составляют основу кормового рациона скота. Не менее трети всего сена и подкормкой пастбищной травы скот получает за счет злаков. Практически все представители этого семейства в молодом состоянии хорошо поедаемы животными. Однако лишь небольшая часть родов играет заметную роль в создании травяного покрова.

Первое место по кормовым качествам принадлежит роду *Elytrigia*. Во многих ценозах, особенно на залежах, в пойменных лугах, преобладает представитель *Elytrigia repens*, распространены также *E. intermedia*, *E. gracillima*. Этому роду принадлежит первое место и по перспективам будущего культивирования и селекции, восстановления разрушенных местообитаний. Нет ни одного рода среди других семейств, который мог бы соперничать по кормовым качествам с этим родом [17].

Не меньшее кормовое значение имеют виды рода *Festuca*, часто доминирующие в травянистом покрове и являющиеся основой пастбищного корма. Одним из лучших растений сенокосов является *Festuca pratensis* – морозустойчивый вид, выносящий длительное затопление, введенный в культуру [18]. Не менее важным по кормовому значению является и *F. regeliana*. Из пастбищных видов следует отметить также *F. ovina*, *F. valesiaca*, иногда доминирующие в ценозах.

Большой удельный вес в составе кормовых трав имеют виды родов *Poa* и *Bromopsis*. Лучшим по урожайности зеленой массы является *Poa pratensis*, один из ранних скороспелых видов, отличающийся высокой жизненностью и долголетием. Растет на лугах, в лесах, по берегам водоемов, на склонах, залежах и т.п. На ранних весенних пастбищах большое кормовое значение имеет *Poa bulbosa* – холодостойкий и засухоустойчивый вид, быстро отрастающий после скашивания и стравливания. Не менее важное значение имеют и другие виды: *Poa compressa*, *P. longifolia*, *P. alpina*, *P. angustifolia*, *P. nemoralis*, *P. trivialis* и др. Из видов рода *Bromopsis* наибольшее значение имеют *B. inermis* – высокоурожайное кормовое растение, устойчивое к недостатку влаги, низким температурам и к грибным заболеваниям, а также *B. riparia* – более ксерофильный вид, распространенный на сухих каменистых склонах, в степях, на лугах [19].

Следующими по значению являются виды родов *Phleum* и *Alopecurus*. Одним из основных компонентов сеянных лугов, давно введенных в культуру, является *Phleum pretense* [19]. Это одна из лучших многолетних кормовых трав, произрастающих на сухих лугах, у дорог, по склонам, в разреженных лесах. Такое же значение имеет *Phleum phleoides*, распространенный в степях, на лугах, по опушкам, у дорог, на каменистых склонах. Из видов рода *Alopecurus* наибольшее значение имеют *A. pratensis* и *A. arundinaceum*. Из других видов семейства *Poaceae* рассматриваемой флоры важное кормовое значение имеют *Setaria verticillata*, *S. viridis*, *S. glauca*, *Polypogon semiverticillatus*, *P. monspeliensis*, *Agrostis tenuis*, *A. gigantea*, *A. vinealis*, *A. planifolia*, *Calamagrostis arundinacea*, *C. pseudophragmites*, *Avena barbata*, *Helictotrichon pubescens*, *H. armeniacum*, *H. adzharicum*, *Cynodon dactylon*, *Cleistogenes squarrosa*, *Eragrostis minor*, *Koeleria cristata*, *K. albovii*, *Briza media*, *B. elatior*, *Dactylis glomerata*, *Cynosurus echinatus*, *C. cristatus*, *Colpodium versicolor*, *Catabrosa aquatica*, *Bromus japonicus*, *B. arvensis*, *B. mollis*, *B. commutatus*, *B. squarrosum*, *Brachypodium pinnatum*, *B. sylvaticum*, *Lolium perenne* и др. [20, 21, 22, 23].

Семейство *Fabaceae* включает обширную группу кормовых растений, среди которых есть кавказские и дагестанские эндемики. Наибольшее значение имеют представители родов *Medicago*, *Trifolium*, *Vicia* и некоторые другие.

Род *Medicago* представлен несколькими видами. Наиболее распространенными являются *M. romanica*, *M. lupulina*, *M. sativa*, введенные в культуру [19].

Род *Trifolium* включает 17 видов. Наибольшее значение имеет *Trifolium pratense* – одно из важнейших кормовых растений, которое широко культивируется. Широко распространены также *Trifolium medium*, *T. repens*, *T. bonannii*, *T. hybridum*, *T. medium*. Как кормовое растение представляет интерес *T. ambiguum* и др. Род *Vicia*, имеющий большое кормовое значение, представлен 15 видами, из них наиболее интересными являются *V. sepium*, *V. sativa* и др. Среди них эндемики – *V. semiglabra* и *V. grossheimii*.

Интересными в кормовом отношении являются представители рода *Onobrychis*: *O. inermis*, *O. gulgustii*, *O. daghestanica*, *O. cyri*, *O. biebersteinii*, *O. iberica*, *O. petraea*. Заслуживают большого внимания виды рода *Mellilotus* – *M. dentatus*, *M. officinalis*, как переносящие засоление почв. Виды рода *Lathyrus* также имеют важное кормовое значение, особенно *L. pratensis*, *L. hirsutum*, *L. aphaea*, *L. tuberosus*, *L. incurvus* и др. Исключительно питательным до цветения считается *Galega orientalis*, потому что после цветения оно ядовито. Содержание протеина в нем достигает до 41,9 % [18].

Большое значение как кормовые растения имеют и другие представители семейства *Fabaceae*: виды родов *Lotus*, *Astragalus*, *Trigonella* и др.

Группу своеобразных кормовых растений содержит также семейство *Chenopodiaceae*. Свое кормовое значение растения приобретают после первых морозов и зимних дождей, когда они выщелачиваются и становятся съедобными. Во второй половине зимы они являются на пастбищах страховым кормовым фондом в тех случаях, когда другие покрываются снегом и становятся недоступными для скота [1].

Кормовое значение имеют также некоторые виды других семейств (так называемое разнотравье). Среди них хорошими пастбищными растениями являются виды рода *Plantago* [1]. *Plantago saxatilis* – прекрасная кормовая трава, весьма желательная на пастбищах высокогорий, содержит протеина 20,7 %, жира – 3,20, безазотистых экстрактивных веществ – 48,36, золы – 14,27, клетчатки – 13,4 %. *Plantago lanceolata* хорошо растет на известняках, прекрасно выносит интенсивный выпас и хорошо поедается лошадьми, крупным и мелким рогатым скотом.

Важными среди разнотравья являются также *Lepidium perfoliatum*, *Potentilla reptans*, *Artemisia austriaca*, *Arctium lappa*, *Echinops sphaerocephalus*, *Taraxacum officinale*, *Veronica arvensis*, *Falcaria vulgaris*, *Pimpinella saxifraga*, *Malva mauritiana*, *M. sylvestris*, *M. neglecta*, *Anchusa italica*, *Asperugo procumbens* и др.

Декоративные растения. Декоративные растения служат для удовлетворения эстетических потребностей человека. Во флоре Харачоевского, Аргунского и других ущелий немало видов, перспективных для введения в культуру в качестве декоративных растений. Многие дикорастущие виды могут быть включены в перечень перспективных для озеленения населенных пунктов и стать неисчерпаемым материалом для фитодизайнеров [20].

Ниже мы приводим перечень основных декоративных растений, разделенных на 12 групп. В них мы не включили деревья и кустарники, издавна используемые в озеленении (виды родов *Quercus*, *Fraxinus*, *Acer*, *Ulmus*, *Spiraea*, *Ligustrum*, *Tilia*, *Salix*, *Populus* и некоторые другие), а указаны лишь виды травянистых растений и кустарников, перспективных для введения в культуру [21, 23].

Группа 1. Луковичные эфемероиды – *Merendera trigyna*, *Fritillaria caucasica*, *F. lutea*, *Scilla sibirica*, *Puschkinia scilloides*, *Ornithogalum ponticum*, *O. arcuatum*, *Muscari pallens*, *M. szovitsianum*, *Crocus speciosus*, *Galanthus caucasicus*.

Группа 2. Корневищные эфемероиды – *Convallaria transcaucasica*, *Iris furcata*, *I. pumila*, *I. graminea*, *Pulsatilla albana*, *Primula macrocalyx*, *P. algida*, *P. cordifolia*.

Группа 3. Суккуленты – *Sempervivum pumilum*, *S. caucasicum*, *Sedum acre*, *S. involucratum*, *S. oppositifolium*, *S. hispanicum*, *S. subulatum*, *S. tenellum*, *S. caucasicum*, *S. pallidum*.

Группа 4. Низкорослые травянистые многолетники, образующие ковры или небольшие заросли, – *Androsace albana*, *A. lemanniana*, *A. barbulata*, *A. septentrionalis*, *Scutellaria altissima*, *Saxifraga juniperifolia* и др.

Группа 5. Средние по высоте растения, которые могут быть использованы как для создания композиций, так и для букетов: *Cladiolus tenuis*, *Dianthus capitatus*, *D. fragrans*, *D. bicolor*, *D. cretaceus*, *D. pallidiflorus*, *D. crinitus*, *D. dagestanicus*, *D. caucaseus*, *Lavatera thuringiaca*, *Dracocephalum austriacum*, *Gentiana owerinii*, *G. grossheimii*, *G. septemfida*, *G. schistocalix*, *G. cruciata*, *B. macrantha*, *Anemone fasciata*, *A. alpinus*.

Группа 6. Высокие растения с эффективным цветением, также используемые для срезки, – *Lilium monadelphum*, *Inula orientalis*, *I. grandiflora*, *Telekia speciosa*, *Psephellus dealbatus* (*Centaurea dealbata*), *Delphinium flexuosum*, *D. schmalhausenii*, *D. freynii*, *D. bracteosum*, *D. crispulum*, *Aconitum orientale*, *A. nasutum*, *A. confertiflorum*.

Группа 7. Растения, формирующие крупные полусферические образования, структуры типа перекати-поле, – *Gypsophila paniculata*, *Asparagus caspius*, *A. verticillatus*, *A. polypyllus*.

Группа 8. Растения, используемые для сухих букетов, – *Briza elatior*, *Xeranthemum cylindraceum*, *X. annuum*, *X. squarrosum*, *Physalis alkekengi*, *Dipsacus laciniatus*, *D. pilosus*, *D. strigosus*, *Scabiosa caucasica*, *Goniolimon tataricum*.

Группа 9. Растения, используемые для оформления букетов, – *Dryopteris filix-mas*, *D. oreades*, *Polystichum braunii*, *P. aculeatum*, *Asparagus caspius*, *A. verticillatus*, *A. polypillus*.

Группа 10. Растения, используемые для озеленения фонтанов, водоемов, – *Caltha palustris*, *Trollius ranunculinus*, *Parnassia palustris*.

Группа 11. Одно-двулетники – *Dianthus pseudarmeria*, *Papaver hybridum*, *P. ocellatum*, *P. commutatum*, *P. rhoeas*, *Hypecoum pendulum*.

Группа 12. Древесные лианы – *Vitis sylvestris*, *Lonicera caprifolium*, *Clematis orientalis*.

Ядовитые растения. В районе исследований много различного рода ядовитых растений. Относить их к полезным как будто бы нет причины, однако в хозяйственной деятельности человека они играют важную роль. Многие ядовитые растения, или продукты их переработки, используются в медицине. Немало среди них видов, которые могут служить заменителями у ценных дикорастущих и культурных растений. В нашу задачу не входило подразделение растений по биохимическим свойствам или изучение их фармакологического действия на ту или иную группу сельскохозяйственных животных. Здесь мы ограничимся лишь перечнем основных групп.

Все ядовитые растения [1] делятся на 3 группы: зооциды, используемые, преимущественно для борьбы с вредителями сельского хозяйства; растения, дающие технические яды; растения, ядовитые для скота. К первой группе относятся такие виды, как *Cynoglossum officinale*, *Sambucus ebulus*, *Pyrethrum roseum*, *Juglans regia*, *Artemisia vulgaris*, *A. absinthium* и др. Из растений, ядовитых для скота, среди представителей флоры можно назвать *Taxus baccata*, *Equisetum palustre*, *Aconitum nasutum*, *Pulsatilla albana*, *Stellaria nemorum*, *S. holostea*, *Solanum nigrum*, *Sambucus nigra*, *S. ebulus*, *Viburnum opulus*, *Rhododendron luteum*, *Acropiton repens*, *Lactuca serriola*, *Helyotropium styligerum*, *H. ellipticum*, *H. europaeum*, *Lilium monadelphum*, *Tamus communis*, *Iris pumila* и др.

Технические растения. К этой группе относятся растения, которые или непосредственно сами, а чаще продукты их переработки, используются в промышленных целях и в технике.

К группе технических растений относятся камеденоносные, смолоносные, каучуко-гуттаперченосные, волокнистые, целлюлозные и древесинные [1].

Камеденоносные растения. Камеди в растениях образуются в результате слизистого перерождения стенок клеток сердцевины, сердцевинных лучей и ряда других паренхимных тканей. У древесинных растений они служат защитным приспособлением для заживления ран, нанесенных коре дерева. У растений заусищих местообитаний они служат для удержания влаги. Камеди находят широкое применение в самых различных производствах. Их используют для сгущения красок в ситцепечатании, аппретуры шелковых тканей и кружев, в бумажной промышленности, при изготовлении спичек, чернил; низкие сорта применяются в кожевенном производстве для производства лоска, изготовления кожевенного клея и т.д. К камеденоносам во флоре относятся такие виды, как *Prunus spinosus*, *Cerasus avium* и другие представители семейства *Rosaceae*, а также *Eleagnus caspica*, *E. angustifolia*, являющиеся источником хорошего клея для сапожного, переплетного, обойного дела, частично способные заменить камедь.

Смолоносные растения. Смолы представляют продукты обмена веществ в растении и обычно, подобно эфирным маслам, встречаются в особых вместилищах – смоляных ходах. Чаще они содержатся в коре и древесине древесных растений, служат для лечения ран и повреждений, наносимых растению. В растительном мире смолы наиболее широко распространены среди хвойных деревьев и очень редко среди цветковых. Среди представителей нашей флоры к смолоносным можно отнести сосну Сосновского, или С. Кожа (*Pinus sosnowskyi* Nakai (*P. hamata* (Stev.) Sosn.; *P. kochiana* Klotzsch.), играющую огромную природоохранительную роль и не подлежащую вырубке.

Растений, способных дать промышленный каучук, у нас нет. Поэтому в последнее время сильного развития достигла гидролизная промышленность (получение этилового спирта из древесины). Для добывания гуттаперчи можно использовать виды *Euonymus*: *E. verrucosa*, *E. europaea*, *E. latifolia*.

К **волокнистым** относятся растения, содержащие в своих стеблях различные волокнистые образования, объединяющиеся под названием «лубяные волокна». Абсолютное большинство дикорастущих растений дает грубое и жесткое волокно, которое может использоваться для изготовления канатов, веревок, сетей, шпагата и грубых тканей (мешковины). К волокнистым растениям во флоре относятся *Urtica dioica*, *U. urens*, *Cannabis ruderalis*, *Humulus lupulus*, *Tilia cordata*, *T. begoniifolia*, *Abutilon theophrasti*. Следует изучить возможности *Althaea officinalis*, *A. armeniaca* и *Glycyrrhiza glabra*, дающих большую надземную массу при заготовке корней.

Пищевые растения. Наибольший интерес представляют орехоплодные, фруктовые и ягодные растения. К орехоплодным относятся *Corylus avellana*, *Fagus orientalis*, *Juglans regia*. Отметим, что природные условия республики позволяют широко культивировать *Juglans regia*. Из фруктовых и ягодных наиболее распространены *Pyrus caucasica*, *Malus orientalis*, *Mespilus germanica*, *Berberis vulgaris*, *Cornus mas*, *Crataegus pentagyna*, *C. monogyna*, *Rubus idaeus*, *R. ibericus*, *R. saxatilis*, *Fragaria viridis*, *F. vesca*, *Prunus spinosa*, *P. divaricata*, *Cerasus incana*, *Padus avium* и др. Среди менее распространенных *Sorbus aucuparia*, *S. torminalis*, *Vitis sylvestris*, *Ribes biebersteinii*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus* и др.

Многие травянистые растения используются как овощные, особенно в молодом состоянии, поскольку в зрелых стадиях большинство из них становятся грубыми и несъедобными. Они употребляются в пищу в сыром или отваренными виде, как приправы в салаты, супы и т.д. Употребляют в пищу как подземные, так и (или) надземные части растений. К первым относятся *Althaea officinalis*, *Arctium lappa*, *Opopordum acanthium*.

Группа овощных растений, у которых в пищу употребляется надземная часть, очень обширна. Наиболее распространенными из них являются: *Allium ursinum*, *A. victorialis*, *A. rotundum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Rumex acetosa*, *R. hastifolius*, *R. crispus*, *R. confertus*, *Urtica urens*, *Portulaca oleracea*, *Sempervivum caucasicum*, *Heracleum asperum* и др. Менее известно среди местного населения использование молодых листьев *Taraxacum officinale*, *Sedum caucasicum*, *Bolboschoenus maritimus*, *Malva neglecta*, *M. sylvestris* и др.

Многие виды используются как пряные и служат для улучшения вкусовых качеств пищи: *Juniperus oblonga*, *Alliaria petiolata*, *Artemisia absinthium*, *Lepidium perfoliatum*, *L. latifolium*, *Thymus collinus*, *T. Dagestanicus*, *T. nummularius*, *Mentha longifolia*, *M. arvensis*, *M. aquatica*, *Carum carvi*, *Origanum vulgare* и др.

Интерес представляют растения, из которых готовят разные напитки чайного типа, кофейного типа, алкогольные напитки, уксус. К первым относятся такие виды, как *Chamerion angustifolium*, *Crataegus pentagyna*, *C. monogyna*, *C. curvisepala*, *Rubus sp.*, *Fragaria sp.*, *Cydonia oblonga*, *Malus orientalis*, *Pyrus caucasica*. Иногда готовят чай без всякой обработки из *Origanum vulgare*, *Carum carvi*, *Thymus sp.* Получают чайные напитки и из высушенных плодов *Rosa sp.*, *Rubus sp.*, *Tilia cordata*, *Crataegus sp.*

Растения, из которых готовят напитки кофейного типа, широко известны не только среди населения, но успешно применяются в промышленности. Например, корень *Cichorium intybus*. Из других видов используют *Taraxacum officinale*, *Arctium lappa*. Среди растений, у которых используют семена, отметим ядра орехов *Corylus avellana*, *Juglans regia*, *Fagus orientalis* и др.

Есть растения, из которых готовят напитки алкогольного типа. Для этих целей используют ягоды и корневища ряда растений, которые способны подвергаться алкогольному сбраживанию и получению спирта. Среди них плоды *Vitis sylvestris* шишкояды *Juniperus oblonga*, содержащие до 20 % сахара, косточковые плодовые: *Prunus spinosa*, *Mespilus germanica*, *Eleagnus angustifolia* и др. Ряд растений используется для придачи алкогольным напиткам аромата или вкуса: *Artemisia absinthium*, плоды *Carum carvi*, *Humulus lupulus*, *Hypericum perforatum*, цветки *Tilia cordata*, *T. begoniifolia*, цветы и соцветия *Sambucus nigra*. В квасоварении и пивоварении в качестве пенообразователя используют экстракт из корней *Clycyrrhiza glabra*.

В качестве масличных пищевых растений используют семена *Coryllus avellana*, *Prunus spinosa*, *Malus orientalis*, *Pyrus caucasica*, *Rosa sp.*

Крахмалоносные растения. Для добычи крахмала используют желуди видов *Quercus sp.* Крахмал можно получить из корневищ *Phragmites communis*, *Sorghum halepense*, *Butomus umbellatus*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*.

К сахароносным растениям относятся виды родов *Betula sp.*, шишкояды *Juniperus oblonga*, *Glycyrrhiza glabra*, корневища *Phragmites australis* (*Ph. communis*), виды *Typha* и др.

Заключение. Таким образом, флора горных районов Чеченской Республики богата полезными растениями самого различного хозяйственного назначения. Рациональное использование, воспроизводство и охрана этого ценнейшего фиторесурсного потенциала, как и всего биоразнообразия природы, на наш взгляд, являются важнейшими задачами для специалистов.

Литература

1. Гроссгейм А.А. Растительные богатства Кавказа. – М.: Изд-во МОИП, 1952. – 631 с.
2. Галушко А.И. Растительный покров Чечено-Ингушетии. – Грозный: Чечено-Ингуш. кн. изд-во, 1975. – 118 с.
3. Соколов П.П., Прима В.М., Умаров М.У. Пищевые дикорастущие растения Чечено-Ингушетии. – Грозный: Чечено-Ингуш. кн. изд-во, 1988. – 153 с.

4. Умаров М.У. Растительные ресурсы Чеченской Республики, перспективы их использования и охраны // Интеграция науки, образования и производства – решающий фактор возрождения экономики и социальной сферы в посткризисный период: мат-лы Всерос. науч. конф. – Грозный, 2005. – С. 188–194.
5. Атлас лекарственных растений СССР. – М.: Мед. лит., 1962. – 702 с.
6. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР / под ред. П.С. Чикова. – М., 1980. – 340 с.
7. Лекарственная флора Кавказа /А.И. Шретер, Д.А. Муравлева, Д.А. Пакалин [и др.]. – М.: Медицина, 1979. – 368 с.
8. Умаров М.У., Тайсумов М.А. Флора лекарственных растений и их интродукция // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-н/Д., 2006. – С. 17–26.
9. Умаров М.У., Тайсумов М.А. Лекарственная флора Чеченской Республики: состояние, вопросы охраны и воспроизводства // Биологическое разнообразие Кавказа: мат-лы Междунар. конф. (Грозный, 16–18 окт. 2009 г.). – Грозный, 2009. – С. 143–146.
10. Тайсумов М.А., Умаров М.У., Астамирова М.А.-М. Лекарственные и полезные растения, интродуцированные на территории ботанического сада Чеченского государственного университета // Биоразнообразие флоры и фауны Дагестана: докл. регион. науч.-практ. конф. (Махачкала, 20 марта 2012 г.). – Махачкала, 2012. – С. 90–95.
11. Середин Р.М. Анализ флоры Северного Кавказа // Региональные флористические исследования / под ред. В.М. Шмидта. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. – С. 5–20.
12. Заверуха Б.В. Флора Волыно-Подолии и ее генезис. – Киев: Наукова думка, 1985. – 191 с.
13. Хозяйственно-полезные растения флоры Грозного и его окрестностей, их состояние и перспективы использования в народном хозяйстве /М.А. Тайсумов, М.У. Умаров, Т.З. Гадаева [и др.] // Актуальные проблемы биологии и экологии: мат-лы Всерос. науч-практ. конф. – Грозный, 2014. – С. 76–84.
14. Алексеев Б.Д. Ценные растения растительного покрова Дагестана. – Махачкала, 1984. – 79 с.
15. Умаров М.У., Тайсумов М.А. Медоносы дикой и культурной флоры Чеченской Республики // Биологическое разнообразие Кавказа: мат-лы XIV Междунар. конф. (Махачкала, 5–6 нояб. 2012. г.). – Махачкала, 2012. – С. 355–358.
16. Умаева А.М., Тайсумов М.А., Шахгириева З.И. Медоносные растения во флоре Чеченской Республики // Биологическое разнообразие Кавказа: мат-лы XIII Междунар. конф. (Грозный, 28–29 окт. 2011 г.). – Грозный, 2011. – С. 56–62.
17. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. Т. 1. Споровые, голосеменные, однодольные. – М.; Л.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1950. – 687 с.
18. Шифферс Е.В. Растительность Северного Кавказа и его природные кормовые угодья. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 396 с.
19. Магомедов Г.Г. Некоторые люцерны Дагестана // Тр. отдела растительных ресурсов Дагестанского филиала АН СССР. – Махачкала, 1960. – Т. 2. – С. 221–272.
20. Тайсумов М.А., Умаров М.У. Некоторые дикорастущие хозяйствственно-полезные растения Чеченской Республики, перспективные для фиторекультивации // Генетические ресурсы культурных растений: мат-лы Междунар. конф. – СПб., 2009. – С. 384–393.
21. Тайсумов М.А. Декоративные виды Таргимской аридной котловины и их охрана // Вестн. Академии наук Чеченской Республики. – 2006. – Вып. 2. – С. 36–43.
22. Красильные растения Чеченской Республики как объект рационального использования и сохранения биологического разнообразия /М.А. Тайсумов, М.У. Умаров, М.А.-М. Астамирова [и др.] // Сб. науч. тр. АН Чеченской Республики. – 2011. – № 3. – С. 212–217.
23. Флора декоративных растений Чеченской Республики /М.А. Тайсумов, М.А.-М. Астамирова, Б.А. Хасуева // Цветоводство: традиции и современность: мат-лы VI Междунар. науч. конф. (Волгоград-Белгород, 15–18 мая 2013 г.). – Белгород, 2013. – С. 202–206.



ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 615.451:612.014

А.П. Лашин, Н.П. Симонова, Н.В. Симонова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ ПРИ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ СТРЕССЕ

В статье исследована возможность коррекции свободнорадикального окисления липидов мембран организма крыс пероральным введением настоя травы звездчатки, содержащей комплекс природных антиоксидантов. Установлено, что ежедневное ультрафиолетовое облучение в течение 3 мин способствует повышению содержания гидроперекисей липидов, диеновых конъюгатов, малонового диальдегида на фоне снижения активности основных компонентов антиоксидантной системы.

Ключевые слова: настоя травы, звездчатка, окислительный стресс, ультрафиолетовое облучение, перекисное окисление, липиды, биологические мембранны, антиоксидантная система.

A.P. Lashin, N.P. Simonova, N.V. Simonova

NATURAL ANTIOXIDANT EFFICIENCY IN THE OXIDATIVE STRESS

The possibility of correcting the free radical oxidation of the rat organism membrane lipids by the oral introduction of the Chickweed herb infusion containing a complex of natural antioxidants is researched in the article. It is established that the daily UV irradiation for 3 min promotes the content increase of the lipid hydroperoxide, diene conjugates, malonic dialdehyde on the background of the decrease in the activity of the antioxidant system basic components.

Key words: herbinfusion, chickweed, oxidative stress, ultraviolet irradiation, peroxidation, lipids, biological membranes, antioxidant system.

Введение. В настоящее время уже не вызывает сомнений, что процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) представляют собой универсальное, широко распространенное явление, постоянно протекающее с большей или меньшей скоростью в мембранах клеток и липопротеиновых структурах аэробных организмов [2]. Активация процессов свободнорадикального окисления в результате действия экзогенных прооксидантных факторов (ультрафиолетовая радиация, гипо- и гипертермия, загрязнители воздуха и др.) или активация эндогенных механизмов генерирования радикалов приводят к нарушению физико-химической структуры и свойств мембран, ингибированию мембрально-связанных и цитоплазматических ферментов, нарушению биоэнергетических процессов, что способствует формированию окислительного стресса, являющегося важным патогенетическим фактором развития многих заболеваний и патологических процессов, таких, как воспаление, канцерогенез, ишемическое поражение тканей, бронхолегочные и нейродегенеративные патологии и др. [3]. Это делает актуальным поиск средств профилактики и коррекции окислительного стресса и, прежде всего, природных антиоксидантов. Особенно перспективным, на наш взгляд, является экспериментальное обоснование возможности коррекции процессов ПОЛ биомембран в условиях воздействия неблагоприятных факторов с помощью невостребованного фармацевтической промышленностью растительного сырья, в частности, травы звездчатки (мокрицы). Звездчатка – однолетнее травянистое растение семейства гвоздичных, широко распространена на территории России, содержит большой спектр биологически активных веществ (флавоноиды, тритерпеновые сапонины, высшие алифатические спирты, дубильные вещества, витамины С, Е, К, каротин) [5]. В связи с этим исследование эффективности настоя травы звездчатки в условиях окислительного стресса, индуцированного воздействием ультрафиолетовых лучей, вызывает интерес, поскольку сырье, используемое для приготовления настоя, доступно, технология получения рентабельна.

Цель исследований. Изучение актопротекторной и антиоксидантной активности настоя травы звездчатки при окислительном стрессе в условиях ультрафиолетового облучения (УФО).

Материалы и методы исследований. Работа выполнена на кафедре патологии, морфологии и физиологии Дальневосточного государственного аграрного университета, а также на кафедре фармакологии Амурской государственной медицинской академии. Эксперимент проводился на 30 белых беспородных крысах-самцах массой 180–200 г в течение 21 дня. Ультрафиолетовое облучение проводили ежедневно в условиях ультрафиолетовой установки [1]. Животные были разделены на 3 группы, в каждой по 10 крыс: 1-я группа – интактные крысы, которые содержались в стандартных условиях вивария; 2-я группа – контрольная, в которой

животные подвергались воздействию УФО в течение 3 мин ежедневно; 3-я группа – экспериментальная, в которой животным перед облучением вводили перорально настой травы звездчатки в дозе 5 мл/кг.

Приготовление настоя. Траву звездчатки, заготовленную в августе, измельчали, заливали кипящей водой из расчета 8 г на 200 мл воды, настаивали 60 мин, процеживали, осадок удаляли, настой охлаждали. Свежеприготовленный настой хранили в холодильнике (при температуре от 0° до +2° С) в течение 3–4 дней.

Устойчивость к физической нагрузке определяли по длительности плавания крыс в воде на 7-, 14-, 21-е сут от начала эксперимента. Забой животных путем декапитации проводили на 21 сут. Интенсивность процессов ПОЛ оценивали, исследуя содержание в крови животных гидроперекисей липидов (ГП), диеновых конъюгатов (ДК), малонового диальдегида (МДА) и компонентов АОС – церулоплазмина, витамина Е, глюко-з-6-фосфатдегидрогеназы (Гл-6-ФДГ), каталазы по методикам, изложенным в ранее опубликованной нами работе [4]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием критерия Стьюдента (t) с помощью программы Statistica v.6.0. Результаты считали достоверными при $p<0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты проведенных исследований показали (табл. 1), что продолжительность плавания животных, получавших на фоне УФО настой травы звездчатки, достоверно выше на 7-й день эксперимента относительно контрольных (облучаемых) крыс на 31,5 % и выше, чем в группе интактных животных, на 12 %, на 14-й день – на 32 % выше, чем в контроле ($p<0,05$), и на 14 % выше, чем у интактных крыс, на 21-й день – на 37,5 % выше относительно контроля ($p<0,05$) и на 12 % выше, чем в группе интактных животных. Таким образом, использование настоя травы звездчатки в эксперименте свидетельствует о наличии у настоя выраженного актопротекторного эффекта.

Таблица 1
Продолжительность плавания крыс, подвергнутых УФО на фоне введения настоя травы звездчатки, мин

Группа животных	7-й день	14-й день	21-й день
Интактная группа	126±7,5	134±7,6	141±8,0
Контрольная группа (УФО)	98±6,5*	106±6,2*	100±6,8*
Экспериментальная группа (УФО и введение настоя травы звездчатки)	143±6,6**	156±8,4**	160±9,6**

*Достоверность различия показателей по сравнению с группой интактных животных ($p<0,05$).
**Достоверность различия показателей по сравнению с контрольной группой ($p<0,05$).

Воздействие на крыс УФО сопровождается активацией процессов ПОЛ и накоплением продуктов пероксидации в крови контрольных животных (табл. 2) – увеличением содержания ГП на 48 % в сравнении с аналогичным показателем в группе интактных крыс, ДК – на 49, МДА – на 63 %.

Таблица 2
Содержание продуктов ПОЛ в крови экспериментальных животных, М±m (n=10)

Группа животных	ГП, нмоль/мл	ДК, нмоль/мл	МДА, нмоль/мл
Интактная группа	23,8±2,0	30,5±3,5	4,0±0,3
Контрольная группа (УФО)	35,3±0,8*	45,5±2,6*	6,5±0,3*
Экспериментальная группа (УФО и введение настоя травы звездчатки)	30,0±0,7**	36,3±0,7**	5,3±0,3**

*Достоверность различия показателей по сравнению с группой интактных животных ($p<0,05$).
**Достоверность различия показателей по сравнению с контрольной группой ($p<0,05$).

В свою очередь введение настоя травы звездчатки в условиях окислительного стресса, индуцированного воздействием ультрафиолетовых лучей, сопровождалось достоверным снижением содержания продуктов ПОЛ в сравнении с показателями в контрольной группе: содержание ГП снизилось на 15 %, ДК – на 20, МДА – на 19 %.

Как правило, активация процессов ПОЛ при воздействии прооксидантных факторов на организм сопровождается напряжением и истощением АОС, что в очередной раз было подтверждено результатами наших исследований (табл. 3): содержание церулоплазмина в крови контрольных крыс в сравнении с интактными животными снизилось на 26 %, витамина Е – на 37, Гл-6-ФДГ – на 16, каталазы – на 33 %.

Таблица 3

Содержание компонентов АОС в крови экспериментальных животных, $M \pm m$ (n=10)

Показатель	Интактная группа	Контрольная группа (УФО)	Экспериментальная группа (УФО и введение настоя травы звездчатки)
Церулоплазмин, мкг/мл	27,2±2,0	20,2±1,0*	25,7±1,1**
Витамин Е, мкг/мл	51,9±3,6	32,8±2,2*	40,5±1,5**
Гл-6-ФДГ, мкмоль НАДФН л ⁻¹ с ⁻¹	7,0±0,2	5,9±0,3*	6,8±0,1**
Каталаза, мкмоль H ₂ O ₂ г ⁻¹ с ⁻¹	100,4±4,1	67,7±6,5*	103,8±4,5**

*Достоверность различия показателей по сравнению с группой интактных животных ($p<0,05$).

**Достоверность различия показателей по сравнению с контрольной группой ($p<0,05$).

Использование настоя травы звездчатки для коррекции процессов пероксидации в условиях воздействия ультрафиолетовых лучей способствовало повышению активности АОС в крови подопытных животных: содержание церулоплазмина выросло на 27 % по сравнению с аналогичным показателем в группе контрольных крыс, уровень витамина Е – на 23, активность Гл-6-ФДГ – на 15, каталазы – на 53 %.

В целом, как показали проведенные исследования, введение настоя травы звездчатки способствует стабилизации процессов пероксидации при окислительном стрессе в условиях УФО. Объяснение этому лежит, на наш взгляд, в наличии совокупности биологически активных веществ, в частности, ключевым моментом является наличие в составе флавоноидов сочетания с аскорбиновой кислотой и витамином Е. Во-первых, в биологических системах флавоноиды взаимодействуют с другими антиоксидантами, такими, как аскорбиновая кислота, глутатион или мочевая кислота. Ввиду низкой липофильности аскорбата его защитные свойства при окислении в липосомах или клеточных мембранных слабо выражены, введение флавоноидов значительно усиливает антиоксидантное действие, что имеет важное значение для сохранения мембрально-связанных цитохромов в присутствии гидроперекисей. Во-вторых, многие флавоноиды действуют как хелаторы ионов металлов переменной валентности и способны таким образом ингибиривать процессы ПОЛ на стадии разветвления цепей. Для связывания ионов металлов важно наличие в молекулах гидроксильной структуры в В-кольце (предпочтительна структура с OH-группой в C4'-положении). Такую структуру имеют молекулы флавонов, преимущественно содержащихся в исследуемой нами звездчатке, поэтому хелатирование ионов металлов переменной валентности представляет собой важный механизм антиоксидантного действия в различных модельных системах природных флавоноидов. В-третьих, помимо того, что флавоноиды обладают антирадикальной активностью и могут связывать ионы металлов переменной валентности, они аналогично α-токоферолу и холестерину стабилизируют мембранны и выступают в качестве структурных антиоксидантов. Проникая в гидрофобную область мембран, молекулы флавоноидов значительно снижают подвижность липидов, что в свою очередь снижает эффективность взаимодействия пероксильных радикалов с новыми липидными молекулами ($\text{RO}_2^\bullet + \text{RH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{R}^\bullet$) [2]. Так как в большинстве биологических мембран данная стадия цепных процессов ПОЛ является лимитирующей, то соответственно снижается скорость всего процесса окисления. Таким образом, экспериментально подтверждена и обоснована возможность коррекции процессов пероксидации, индуцированных воздействием ультрафиолетовых лучей, введением настоя травы звездчатки.

Выходы

1. Ультрафиолетовое облучение животных приводит к снижению устойчивости к физической нагрузке и формированию окислительного стресса, что подтверждается накоплением продуктов ПОЛ и снижением активности основных компонентов АОС в крови контрольных животных.

2. Введение настоя травы звездчатки на фоне ультрафиолетового облучения способствует достоверному увеличению длительности плавания крыс к концу первой, второй и третьей недель эксперимента.

3. Установлена возможность коррекции процессов пероксидации в условиях воздействия ультрафиолетовых лучей введением настоя травы звездчатки, основанная на снижении уровня первичных и вторичных продуктов ПОЛ в крови животных на фоне повышения содержания церулоплазмина, витамина Е и ферментной активности АОС теплокровного организма.

Литература

- Пат. №2348079 Российская Федерация. Способ и устройство для экспериментального моделирования активации процессов перекисного окисления липидов биологических мембран / В.А. Доровских, Н.В. Симонова; опубл. 27.02.2009 г., Бюл. № 6.

-
2. Фенольные биоантиоксиданты / Н.К. Зенков, Н.В. Кандалинцева, В.З. Ланкин [и др.]. – Новосибирск: СО РАМН, 2003. – 328 с.
 3. Симонова Н.В., Доровских В.А., Симонова Н.П. Ультрафиолетовое облучение и окислительный стресс. Возможности фитокоррекции. – Благовещенск: АГМА, 2014. – 140 с.
 4. Симонова Н.В., Лашин А.П., Симонова Н.П. Эффективность фитопрепаратов в коррекции процессов ПОЛ биомембран на фоне УФО // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 95–99.
 5. Соколов С.Я. Фитотерапия и фитофармакология: Руководство для врачей. – М., 2000. – 976 с.
-

УДК 616-056.3

K.A. Надеин

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕЛЯ С ТРЕКРЕЗАНОМ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ГНОЙНЫХ РАН НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ

В статье приведены результаты исследований перекисного окисления липидов при лечении гнойных ран в области тarsального сустава гелем с трекрезаном. Данный процесс приводит к нормализации мышечного тонуса, тканевого дыхания и электрической стабильности липидного бислоя мембран у животных.

Ключевые слова: гнойное воспаление, перекисное окисление липидов, тarsальный сустав, трекрезан.

K.A. Nadein

THE INFLUENCE OF THE USE OF GEL WITH TREKREZAN IN THE PURULENT WOUND TREATMENT ON THE INDICATORS OF THE LIPID PEROXIDATION INDICES

The research results of the lipid peroxidation in the purulent wound treatment of the tarsus joint by gel with trekrezan are given in the article. This process leads to the normalization of muscle tone, tissue respiration and electrical stability of the lipid membrane bilayer of animals.

Key words: purulent inflammation, lipid peroxidation, tarsus joint, trekrezan.

Введение. Необходимым звеном жизнедеятельности любой клетки является пероксидное окисление липидов (ПОЛ). Данный механизм лежит в основе обновления и перестройки биологических мембран, регуляции их состава, проницаемости и активности мембраносвязывающих ферментов [5]. ПОЛ – это физиологический процесс, обеспечивающий в организме фаго- и пиноцитоз, синтез простагландинов, лейкотриенов, холестерина, прогестерона [11]. Усиление этого процесса ведет к образованию избыточного количества свободных радикалов, что нарушает состояние клеточных мембран и коллоидное состояние протоплазмы. Ведущую роль в запуске перекисного окисления липидов играют первичные свободные радикалы (кислород и его активированные формы). При перекисном окислении липидов окислительным превращениям подвергаются полиненасыщенные жирнокислотные фосфолипиды, нейтральные жиры и холестерин, которые являются основными компонентами клеточных мембран. Их повреждение снижает эффективность окислительно-го фосфорилирования (тканевого дыхания) [1]. При этом активные формы кислорода повреждают структуру ДНК, белков и различные мембранные структуры клеток. В результате появления в гидрофобном слое мембран гидрофильных зон за счёт образования гидропероксидов жирных кислот в клетки могут проникать вода, ионы натрия, кальция, что приводит к набуханию клеток, органелл и их разрушению [12]. Такие патологические изменения часто встречаются в гнойных воспалениях в области суставов животных и человека.

Основными принципами медикаментозного лечения гнойного воспаления соединительной ткани являются этиотропная терапия, действующая антибиотиками на возбудителей заболевания, и патогенетическая терапия, направленная на предупреждение интоксикации, резистентности организма, а также симптоматическая терапия [2, 9, 18].

Иммунопатогенетические механизмы гнойного воспаления соединительной ткани требуют поиска новых эффективных средств коррекции нарушений иммунного статуса. Считается, что для активации иммунитета наиболее целесообразным является применение иммуномодуляторов, действующих на клетки моноцитарно-макрофагальной системы, вызывая быструю активацию естественного хода развития иммунного

ответа. Кроме того, элиминация большинства патогенных клеток из организма в конечном итоге осуществляется клетками фагоцитарной системы [10, 15, 19].

В настоящее время одним из перспективных иммуномодуляторов с широкой фармакологической активностью является трекрезан. Этот препарат разработан в Иркутском институте органической химии РАН, его доклинические и клинические испытания проходили в Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и Институте гриппа (Санкт-Петербург). Он обладает выраженным адаптогенным и иммуностимулирующим действием, а также антиоксидантной активностью [6, 7, 8, 16, 20].

Цель исследований. Изучение системы ПОЛ при лечении гнойного воспаления в области тarsально-го сустава коров гелем с 10 %-м трекрезаном.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в условиях сельскохозяйственного акционерного общества закрытого типа (САОЗТ) «Всеволожский» в период июня-июля 2014 года. Материалом исследований являлась сыворотка крови крупного рогатого скота (коров).

Контрольной группой служили коровы с гнойными ранами в области тarsального сустава, которых лечили мазью «Левомеколь» (n=19), подопытная группа – животные с лечением аналогичной патологии гелем с 10 %-м трекрезаном (n=24).

Салфетки с гелем накладывали на рану, первые три дня в гель ежедневно добавляли 10 %-й водный раствор трекрезана, в дальнейшем 1 раз в три дня с целью поддержания объема лекарственной формы. Контролем служили коровы, больные гнойным бурситом, которых лечили наложением компресса с мазью «Левомеколь» (препарат сравнения) на пораженный сустав (меняли 1 раз в два дня). Контрольные исследования крови проводили через 15 дней от начала лечения.

ПОЛ оценивали по содержанию в крови конъюгированных диенов и кетодиенов, малонового диальдегида, интенсивности синтеза оксида азота, в сыворотке крови – по уровню флуоресцирующих оснований Шиффа на спектролориметре «Spekol-210» (Германия).

Статистическую обработку полученных данных проводили в рамках программы Statistica for Windows 6.0. Результаты исследования анализировали путем вычисления средней арифметической (M), ошибки средней арифметической (m), достоверности различий (P).

Результаты исследований и обсуждение. Результаты исследования показателей перекисного окисления липидов больных коров и животных контрольной и подопытных групп приведены в таблице.

Концентрация продуктов ПОЛ в плазме крови больных коров и животных при лечении гнойных ран гелем с 10 %-м трекрезаном

Продукты ПОЛ	Коровы без лечения, n = 28	Контрольная группа (мазь «Левомеколь»), n=19	Подопытная группа (трекрезан), n=24
Диеновые конъюгаты, ед. оп.пл/мл	0,91±0,01	0,83±0,005	0,68±0,007*
Кетодиены, ед. оп.пл/мл	0,83±0,009	0,76±0,008	0,80±0,007
Малоновый диальдегид, мкМ/л	5,28±0,06	4,83±0,08	2,71±0,07*
Основания Шиффа, усл. ед/мл	0,46±0,04	0,39±0,03*	0,32±0,01*

* P<0,002 по отношению к больным животным.

По данным таблицы, у животных групп с лечение мазью «Левомеколь» и гелем с 10 %-м трекрезаном выявлено достоверное снижение оснований Шиффа с 0,46±0,04 до 0,39±0,03 и 0,32±0,01 усл. ед/мл соответственно. Одновременно у коров под действием геля с 10 %-м трекрезаном достоверно снижался уровень диеновых конъюгатов (с 0,91±0,01 до 0,68±0,007 ед. оп.пл/мл) и малонового альдегида (с 5,28±0,06 до 2,71±0,07 мкМ/л). При применении мази «Левомеколь» исследованные показатели достоверно не изменялись.

Усиление ПОЛ вызывает комплекс патологических явлений, называемых «окислительным стрессом», который считается основным компонентом в развитии ряда заболеваний и естественном старении организма. Действию системы свободнорадикального окисления противостоит мощная многокомпонентная АОС. Она выполняет защитную функцию, надежно ограничивая ПОЛ на всех этапах. Ослабление любого ее звена активирует ПОЛ [3, 17].

В результате окисления липидов в эритроцитах формируется малоновый диальдегид (МДА), содержание которого коррелирует с уровнем ПОЛ. Образующийся в процессе перекисного окисления липидов малоновый диальдегид является мутагеном и обладает выраженной цитотоксичностью.

Окисление липидных молекул под действием активных форм кислорода приводит к необратимому повреждению мембранных структур, нарушению их проницаемости и гибели клеток. В зонах наибольшей ак-

тивности перекисного окисления мембранных фосфолипидов возникают каналы пассивной проницаемости, через которые свободно проходят ионы и вода [3, 12].

Диеновые конъюгаты, являющиеся первичными продуктами ПОЛ, относятся к токсическим метаболитам, которые оказывают повреждающее действие на липопротеиды, белки, ферменты и нуклеиновые кислоты. Дальнейшими продуктами ПОЛ являются альдегиды и кетоны (малоновый диальдегид и др.), которым принадлежит важная роль в синтезе простагландинов, прогестерона и других стероидов. Взаимодействием диальдегидов со свободными группами мембранных соединений образуются конечные продукты ПОЛ (основание Шиффа и др.), непрерывное накопление которых дестабилизирует мембранны и способствует деструкции клеток [5].

Согласно существующим сегодня представлениям [14], в механизме ПОЛ радикал кислорода атакует двойные связи ненасыщенных жирных кислот мембранных липидов, что способствует формированию гидроперекисей жирных кислот, которые оказывают токсическое воздействие на структурные и каталитические белки, нарушая ионтранспортные процессы и рецепторы клетки. Результаты этих исследований свидетельствуют о том, что при развитии ДБСТ возникает цепь патохимических процессов ПОЛ, и появляющиеся биологически активные липидные метаболиты нарушают транспорт ионов, особенно Ca^{2+} [4]. В настоящее время повышенную активность физиологической антиоксидантной системы и интенсификацию процессов ПОЛ рассматривают как естественный адаптационно-компенсаторный процесс, поскольку гидроперекиси являются активаторами синтеза простагландинов, в частности, простациклин тромбоксиновой системы, столь важной в поддержании тромбоцитарно-сосудистого гемостаза.

Считают, что усиление процессов ПОЛ происходит в основном за счет пероксидации липидов мембран и липопротеидов плазмы [17]. Увеличением концентрации МДА как конечного продукта ПОЛ указывают на его участие в гнойной воспалительной реакции.

Образующиеся свободные радикалы кислорода ответственны за развитие воспалительного процесса с последующим жировым перерождением и замещением фиброзной тканью. Свободные радикалы способны повреждать ДНК клеток соединительной ткани, вызывая прогрессирование деструктивного процесса [13].

Повышение ПОЛ в крови при гнойном воспалении сопряжено с усилением данных процессов, о чем свидетельствует их значительное повышение в крови. Усиление ПОЛ может являться дополнительным патофизиологическим фактором, приводящим к повреждению ткани тarsального сустава.

Заключение. Полученные данные указывают на включение обеих звеньев – снижение перекисного окисления липидов и возрастание активности ферментов антиоксидантной защиты. Это приводит к нормализации мышечного тонуса, тканевого дыхания и электрической стабильности липидного бислоя мембран. Данные процессы более активно происходят при применения геля с трекрезаном с целью лечения гнойных ран в области тarsального сустава коров, что свидетельствует об его эффективности при данной патологии у животных.

Литература

1. Биохимические основы патологических процессов / Л.В. Авдеева, Т.Л. Алейникова, Н.Н. Белушкина [и др.]; под ред. Е.С. Северина. – М., 2000. – 304 с.
2. Баженов А.Н. Профилактика болезней и лечение коров в хозяйствах промышленного типа. – Л.: Знание, 1982. – 36 с.
3. Спектрофотометрический метод определения метаболитов оксида азота / Г.Н. Близнецова, Н.В. Ермакова, З.Д. Мухаммед [и др.] // Вестн. ВГУ. – 2002. – № 1. – С. 56–60.
4. Виноградов В.В. Системные реакции соединительной ткани в процессе индивидуальных и видовых адаптаций // Физиология и патология соединительной ткани: тез. докл. – Новосибирск, 1980. – Т. 1. – С. 9–11.
5. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов. – М., 1972. – 252 с.
6. Воронков М.Г., Мухитдинова Х.Н., Нурбеко М.К. Эффективность добавки трекрезана в рацион цыплят // Докл. РАСХН. – 2003. – № 2. – С. 39–41.
7. Фармакологические свойства и клинические эффекты трекрезана /М.Г. Воронков, О.П. Колесникова, М.М. Расулов [и др.] // Хим.-фарм. журн. – 2007. – № 5. – С. 13–17.
8. Воронков М.Г., Расулов М.М. Трекрезан – родоначальник нового класса адаптогенов и иммуномодуляторов // Хим.-фармацевт. журн. – 2007. – Т. 41. – № 1. – С. 3–7.
9. Журомский И.В., Якубовский Ф.П., Самсонюк В.Г. Заболевание опорно-двигательного аппарата у бычков на откорме // Болезни парнокопытных животных в условиях Украины. – Киев, 1987. – С. 34–36.
10. Зарубина И.В., Шабанов П.Д. Молекулярная фармакология антигипоксантов. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2004. – 368 с.

11. Каган В.Е., Ритов В.Б., Котелевцев С.В. Перекисное окисление липидов как фактор модификации мембранных структур клетки // Физико-химические основы функционирования мембранных структур клетки. – М., 1974. – С. 89–93.
12. Кожевников Ю.Н. О перекисном окислении липидов в норме и патологии // Вопр. мед. химии. – 1985. – № 5.– С. 2–6.
13. Козлов Ю.П. Свободнорадикальное окисление липидов в биомембранах в норме и патологии // Биоантокислители. – М., 1975. – С. 5–15.
14. Метельская В.А., Гуманова Н.Г. Оксид азота: роль в регуляции биологических функций, методы определения в крови человека // Лаб. медицина. – 2005. – № 7. – С. 19–24.
15. Трекрезан как активатор м-РНК аминоацил-тРНК-синтетазы /М.М. Расулов, М.К. Нурабеков, С.Н. Бобкова [и др.] // Хим.-фармацевт. журн. – 2011. – № 7. – С. 3–6.
16. Трекрезан – ингибитор синтеза кислой холестеролэстеразы тромбоцитов и мононуклеаров /М.М. Расулов, С.Н. Бобкова, О.А. Беликова [и др.] // Хим.-фармацевт. журн. – 2012. – № 9. – С. 3–5.
17. Возрастная динамика образования оксида азота в организме крупного рогатого скота / М.И. Рецкий, А.Г. Шахов, Г.Н. Близнецова [и др.] // Докл. РАСХН. – 2004. – № 4. – С. 58–60.
18. Семёнов Б.С., Лебедев А.В., Елисеев А.Н. Частная ветеринарная хирургия. – М.: КолосС, 2003. – 496 с.
19. Иммуномодулятор трекрезан: профиль общей и иммунотропной активности /П.Д. Шабанов, И.В. Зарубина, А.В. Болехан [и др.] // Лечащий врач. – 2005. – № 11. – С. 50–51.
20. Трекрезан как метаболический активатор, обладающий свойствами метеоадаптогена, психоэнергизатора и иммуномодулятора (теоретическое и экспериментальное обоснование) / П.Д. Шабанов [и др.] // Вестн. Ростов. воен.-мед. академии. – 2006. – № 1. – С. 53–57.



УДК 619:616.995.1

И.И. Григорьев

ГЕЛЬМИНТЫ И ГЕЛЬМИНТОЗЫ ДОМАШНИХ ОЛЕНЕЙ ГОРНО-ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЯКУТИИ

В статье рассматриваются гельминты и гельминтозы домашних оленей в горно-таежной зоне Якутии. Сделаны выводы о благоприятных условиях зоны для представителей гельминтов и их многочисленных видов паразитирующих у домашних северных оленей.

Ключевые слова: олени, гельминты, гельминтозы, горно-таежная зона, Якутия.

I.I. Grigoriev

HELMINTHS AND HELMINTHOSES OF THE DOMESTIC DEER IN THE YAKUTIA MOUNTAIN AND TAIGA ZONE

Helminths and helminthosis of the domestic deer in the Yakutia mountain and taiga zone are considered in the article. The conclusions on the zone favorable conditions for the representatives of helminths and their numerous types parasitizing in the domestic reindeers are drawn.

Key words: deer, helminths, helminthosis, mountain and taiga zone, Yakutia.

Введение. До середины 80-х гг. прошлого столетия оленеводство Якутии развивалось хорошими темпами, на 1981 г. пришелся пик общей численности оленей в количестве 380 тыс. гол. Тогда Якутия была одним из крупнейших оленеводческих регионов России и по производственно-экономическим показателям находилась на передовых рубежах. Однако со временем положение в оленеводстве стало ухудшаться, наметился спад производства продуктов оленеводства. Резкое сокращение поголовья оленей было связано с аграрной реформой, которая привела к распаду крупных оленеводческих совхозов. По состоянию 1 января 1997 г. поголовье оленей составляло всего 217,6 тыс. гол., оленеводство с высокорентабельной отрасли превратилась в убыточную [1]. К концу 90-х гг. поголовье оленей уменьшилось в 2 раза. Ежегодно наблюдается падеж оленей от истощения, травли хищниками (волками), потерь и угона домашних оленей с дикими оленями. В оленеводческих хозяйствах не хватает опытных пастухов-оленеводов, не обеспечивается как раньше круглосуточное дежурство и смотр оленей в стадах, что способствует их падежу от болезней органов

дыхания, желудочно-кишечного тракта, инфекционных и паразитарных болезней. Ранее инвазионные болезни домашних оленей и видов гельминтов, паразитирующих у северных оленей в Якутии, были исследованы М.Г. Сафоновым [2], С.И. Исаковым [3], Л.М. Коколовой [4].

Цель исследований. Изучение гельминтов и гельминтозов северных оленей в горно-таежной зоне Якутии.

Материалы и методы исследований. Материалом для исследований послужили оригинальные гельминтологические коллекции. Основной материал был собран в течение 3 лет специальными гельминтологическими исследованиями в горно-таежной зоне Якутии. Кроме таких сборов, часть материалов (тушки и отдельные органы промысловых животных) мы получали от охотников и сотрудников ИПБК СО РАСХН. В результате гельминтологическими исследованиями были охвачены все основные районы горно-таежной зоны Якутии. Полными и неполными гельминтологическими вскрытиями по методу К.И. Скрябина было обследовано 150 гол. домашних оленей в оленеводческих хозяйствах горно-таежной зоны Якутии, исследовано 200 проб фекалий общепринятыми в гельминтологии методами Фюллеборна и Бермана, проведено полное гельминтологическое исследование желудка и кишечника 2 гол. оленят до 6-месячного возраста, 1 гол. 2-летнего молодняка (облакан), 3 оленей старше 3 лет (сырицы).

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ гельминтофауны северного оленя горно-таежной зоны показал, что из 37 видов гельминтов, ранее зарегистрированных у северных оленей на территории Якутии, в горно-таежной зоне паразитируют 27 видов, относящихся к 3 классам: Trematoda (Rudolphi, 1808) – 3 вида, Cestoda (Rudolphi, 1808) – 10, из них 4 вида тениид в личиночной стадии, Nematoda (Rudolphi, 1808) – 14 видов.

Гельминты класса Trematoda (Rudolphi, 1808) представлены тремя видами рода *Paramphistomum* (Fischroeder, 1901): *Paramphistomum cervi* (Zeder, 1790), *Cotylophoron Stiles et Goldberger*, 1910, *Cotylophoron skrjabini* Mizkewitsch, 1958. В Горном, Нерюнгринском, Алданском районах обнаружен 1 вид трематоды *Paramphistomum cervi* (Zeder, 1790), в Момском и Оймяконском районах из представителей *Cotylophoron* обнаружен 1 вид – *Cotylophoron skrjabini* Mizkewitsch, 1958 (рис. 1), в Нюорингринском и Алданском районах 2 вида – *Cotylophoron Stiles et Goldberger*, 1910, *Cotylophoron skrjabini* Mizkewitsch, 1958. Трематод находили на ворсинках в рубце оленей, котилофорон и парамфистом в большом количестве обнаруживали у взрослого поголовья оленей. В рубце одного оленя было до 2150 экз. котилофорон этого вида. В некоторых стадах Оймяконского и Нерюнгринского районов установлена зараженность оленей парамфистомами до 75 % оленей.

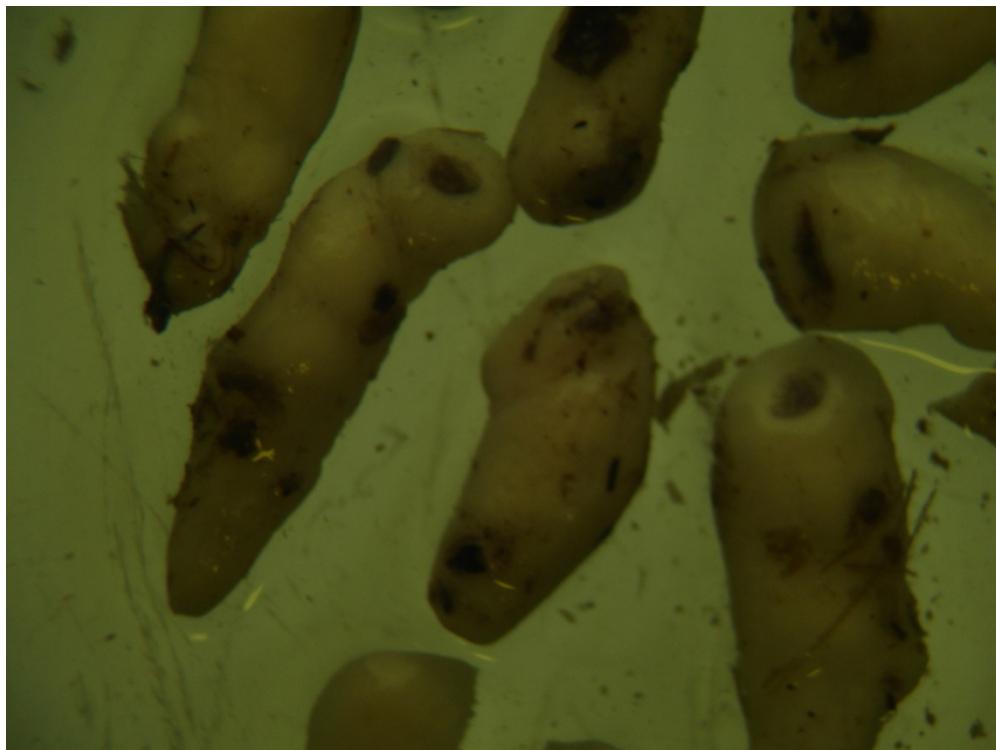


Рис. 1. Трематода – котилофороны от северных оленей

У оленей выявлены гельминты класса Cestoda (Rudolphi, 1808), обнаружены 10 видов цестод, из них 4 вида паразитируют в личиночной стадии. Цестодами рода *Moniezia* – *Moniezia expansa* (Rudolphi, 1810) Blanchard, 1891, *Moniezia* (*Moniezia*) *rangiferina* Kolmakov, 1938, *Moniezia* (*Moniezia*) *benedini* (Moniez, 1879) Blanchard, 1891, *Moniezia* (*Baeriezia*) *baeri* Skrjabin, 1931 – были инвазированы телята оленей текущего года рождения до 95 %, а цестодами рода *Avitellina* Gough, 1911 – *Avitellina centripunctata* (Rivolta, 1874) Gough, 1911, рода *Thysaniezia* Skrjabin, 1926 – *Thysaniezia giardi* (Monez, 1879) – в Алданском и Нерюнгринском районах. У оленей паразитируют 4 вида цестод личиночной стадии. Это *Echinococcus granulosus* (larva) Batsch, 1786 (рис. 2) (зароженность оленей в горно-таежной зоне составляет до 7,5 %) и 3 вида цистицерков *Cysticercus parenchimatosus* (larva) Puschmenkov, 1945 (зарождается преимущественно молодняк до девяти месяцев от 23,6 до 84,6 %, взрослое поголовье от 7,3 до 46,7 %), *Cysticercus tarandi* (larva) Monies, 1879 (зарожение оленей от 2,5 % в мышцах сердце у молодняка до 3 лет и до 5,6 % чаще обнаруживается в скелетной мускулатуре у оленей старше 3 лет, а с возрастом экстенсивность и интенсивность увеличиваются), *Cysticercus tenuicollis* (larva) Pallas, 1766 (личинки обнаруживаются у оленят, начиная с 4-, 6-месячного возраста, максимальная экстенсивность заражения наблюдалась в возрасте 1–2 лет от 0,2 до 2 %). Зароженность оленей цистицерками была зарегистрирована во всех оленеводческих хозяйствах горно-таежной зоны Якутии. Приживленная диагностика цистицерков не разработана. Диагноз эхинококковой и цистицеркозной инвазии ставят только по данным вскрытия и обнаружения эхинококковой цистицерков в мясе и внутренних органах. При проведении нами осмотра отдельных органов и тканей в печени было обнаружено сильное поражение цистицерками. Так, в печени их насчитывалось 101, на языке – 50, на сердце – 174, значительно больше было в мышцах туловища.

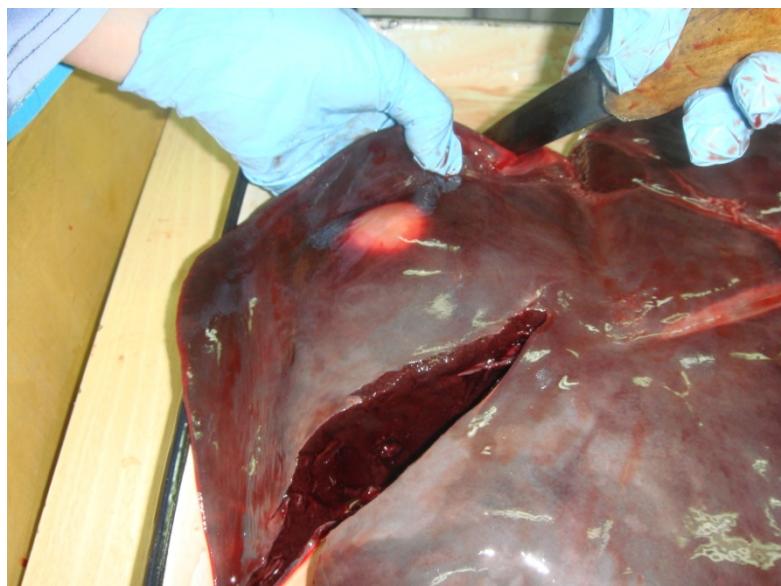


Рис. 2. Эхинококковая циста в печени оленя

Основным источником распространения этих инвазий являются волки, собаки. Половозрелыми эхинококками инвазированы до 44,7 % волков, тениидозами – до 23,4 % оленегонных собак.

Гельминты класса Nematoda (Rudolphi, 1808) представлены 8 родами 23 видами, из них наиболее часто встречается 14 видов нематод: *Skrjabinema* Weretschagin, 1926 – *Skrjabinema tarandi* Skrjabin et Mizkewitsch, 1930, *Strongylata* под *Ostertagia* – *Ostertagia* (*Ostertagia*) gruhneri Skrjabin, 1929, *Ostertagia* (*Ostertagia*) trifurcate Ramsom, 1907, *Ostertagia* (*O.*) *tarandi*, *Ostertagia* (*O.*) *arctica* Mizkewitsch, *Ostertagia* (*O.*) *circumcincta* (Stadelmann, 1894) Ramsom, 1907, *Ostertagia* (*O.*) *antipini* Matshulsky, 1950, под *Trichostrongylus* Loos, 1905 – *Trichostrongylus* *Trichostrongylus* *axei* (Cobbold, 1879) Railliet et Henry, под *Nematodirus* Ramsom, 1907 – *Nematodirus* *skrjabini* Mizkewitsch, 1929, под *Nematodirella* Vorke et Mapstone, 1926 – *Nematodirella longissimespiculata* (Romanowitsch, 1915) Skrjabin et Schikhobalova, 1952, под *Trichocephalus* Schrank, 1788 – *Trichocephalus* *massimo* Mizkewitsch, 1929, *Trichocephalus* *basko* Mizkewitsch, 1929, под *Elaphostrongylus* Cameron, 1931 – *Elaphostrongylus* *rangiferi* Mizkewitsch, 1958, под *Dictyocaulis* Railliet et Henry, 1907 – *Dictyocaulis* *eckerti* Skrjabin, 1931. Самым распространенным из них является нематода *Dictyocaulis* *eckerti*, вызывающая у оленей заболевание диктиокаулеза, которое распространено во всех оленеводческих хозяйствах и протекает в

виде эпизоотии, при сильной инвазированности молодняка диктиокаулюсами. Они плохо переносят зимовку, задерживаются в росте и развитии, у них понижается иммунитет, повышается восприимчивость к другим болезням. Из исследованных нами телят оленей на инвазированность диктиокаулюсами в разных хозяйствах было обнаружено от 20,5 до 50 % оленят, подверженных этому заболеванию. Сезонная динамика заболевания диктиокаулезом изучалась в период сентября текущего года по сентябрь последующего года. Результаты исследований, характеризующих динамику диктиокаулезной инвазии, показали, что у оленят текущего года рождения пик болезни наступает в августе-сентябре, в частности, явные клинические признаки проявлялись в августе, особенно в дождливый год, когда личинки диктиокаул во внешней среде развиваются за короткий промежуток времени, через 5–6 дней они становятся инвазионными (рис. 3). Оптимальной температурой развития личинки диктиокаулюсов во внешней среде является +16–+28 °С. У молодняка прошлого года рождения пик инвазии приходился на март–май, клинические признаки были отмечены, начиная с марта, в момент значительного скопления половозрелых гельминтов в легких.



Рис. 3. Инвазионные личинки диктиокаулюсов

В процессе исследований также были обнаружены личинки лингватул *Linguatula serrata* (рис. 4). В Момском и Оймяконском районах зараженность лингватулезом зарегистрирована у более 50 % оленей.



Рис. 4. Личинка лингватулы

Легочная форма элафостронгилеза была зарегистрирована у домашних оленей тундровой зоны в Оленекском районе, позже ее обнаружили и в горно-таежной зоне Якутии – в Момском и Оймяконском районах. Инвазированность оленей в стадах колеблется от 20 до 80 %. При исследовании слизи из просветов

бронхов и трахеи, а также содержимого паразитарных узелков, обнаружено большое количество энергично двигающихся личинок элафостронгилесов (до 30 экз.). При затяжной форме болезни у оленей наблюдается слизистое гнойное истечение из носовых ходов, а с ними выделяются живые личинки элафостронгилеса. В отдельные годы от элафостронгилеза может погибнуть большое количество молодняка, чем наносится значительный ущерб оленеводческим хозяйствам. Из 14 видов нематод, паразитирующих у северного оленя, 12 видов являются специфичными только для этого вида животных.

Заключение. Таким образом, нами установлено, что гельминтофауна домашних оленей в условиях горно-таежной зоны Якутии достаточно разнообразна и представлена 27 видами гельминтов, 3 классами: Trematoda (Rudolphi, 1808) – 3 вида, Cestoda (Rudolphi, 1808) – 10 (из них 4 вида тениид в личиночной стадии), Nematoda (Rudolphi, 1808) – 14 видов. Подробное изучение видового состава гельминтов дает наиболее полное представление об их ассоциации и эпизоотической ситуации по гельминтозам северных оленей в данном регионе.

Литература

1. Сыроватский Д.И. Перспективы якутского оленеводства // Сб. мат-лов науч.-практ. конф, посвящ. 50-летию Якутского НИИСХ СО РАСХН (Якутск, 25 июля 2006 г.). – Новосибирск, 2007. – С. 250–254.
 2. Исаков С.И. Гельминты и гельминтозы северных оленей Якутии и меры борьбы с ними. – Якутск, 1992. – 37 с.
 3. Сафронов М.Г. Гельминты и гельминтозы животных Якутии. – Новосибирск, 1994. – 102 с.
 4. Коколова Л.М. Распространение гельминтозоонозов у диких млекопитающих животных на территории Якутии // Наука и образование. – 2009. – № 2. – С. 96–98.
-

УДК 578.831.31.083.2:619

А.А. Бычкова, И.Я. Строганова

ДИАГНОСТИКА МИКОПЛАЗМЕННЫХ, ВИРУСНЫХ И ХЛАМИДИОЗНЫХ ИНФЕКЦИЙ СВИНЕЙ МЕТОДОМ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ В ХОЗЯЙСТВАХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В статье представлен анализ исследований биологического материала, полученного от свиней в полимеразной цепной реакции на микоплазменные, вирусные и хламидиозные инфекции животных. Установлено распространение микоплазм и хламидий в хозяйствах, неблагополучных по вирусным болезням свиней.

Ключевые слова: полимеразная цепная реакция, свиньи, вирусы, микоплазмы и хламидии.

A.A. Bychkova, I.Ya. Stroganova

DIAGNOSTICS OF THE PIGMYCOPLASMOSIS, VIRAL AND CLAMIDIOSIS INFECTIONS BY THE METHOD OF POLYMERASE CHAIN REACTION IN THE CENTRAL SIBERIA FARMS

The analysis of the examination of the biological material received from the pigs in the polymerase chain reaction on mycoplasmosis, viral and clamidiosis animal infections is presented in the article. The distribution of mycoplasmas and chlamydiae in the farms disadvantaged in the pigviral diseases is established.

Key words: polymerase chain reaction, pigs, viruses, mycoplasmas and chlamydiae.

Введение. В настоящее время открыты и описаны многие виды микоплазм, которые могут вызывать у животных заболевания различной тяжести от острых форм течения болезни до бессимптомного переболевания. Чаще всего микоплазмы колонизируют у животных слизистые оболочки респираторного или генитального трактов, но отдельные виды способны вызывать септициемию и поражать внутренние органы. Некоторые виды микоплазм вызывают заболевание животных только в ассоциации с вирусами или бактериями [1, 2, 3].

В последние годы среди болезней инфекционной патологии широкое распространение получил микоплазмоз свиней. Патогенными видами микоплазм для свиней являются *M. hyopneumoniae*, *M. hyorhinis*, *M. hyosynoviae*, помимо данных видов микоплазм, выделены штаммы, которые не идентифицированы.

Также у свиней обнаружены и уреаплазмы. В связи с контаминацией спермы хряков и abortированных эмбрионов они обладают патогенными свойствами. При искусственном осеменении свиноматок подоб-

ной спермой отмечают низкую оплодотворяемость и значительное количество мертворожденных поросят. Значение уреаплазм в патологии свиней изучено недостаточно.

Факторами патогенности микоплазм является их способность прикрепляться к респираторному эпителию, оказывать на него деструктивное действие, выделение токсических продуктов метаболизма, конкуренция с клеткой-хозяином за субстраты энергетического и белкового обменов и нарушение иммунологического состояния тканей. По данным [6], от 30 до 80 % поголовья свиней в мире заражены этим видом микоплазм. Зачастую от свиней выделяют возбудителей бактериальных, вирусных и хламидийных инфекций совместно с микоплазмами [7, 8]. Современных данных о распространении бактериальных инфекций свиней в хозяйствах Средней Сибири недостаточно [9].

Такие вирусные болезни, как парвовирусная инфекция свиней (ПВИС), репродуктивный респираторный синдром свиней (РРСС), цирковирусная инфекция свиней (ЦВИС), а также хламидиозы и микоплазмозы свиней, могут протекать со схожей симптоматикой. Это поражение репродуктивных органов у хряков и свиноматок, abortionы в разные сроки супоросности, рождение нежизнеспособного или инфицированного приплода и т.д. [2]. Поэтому одной клинико-эпизоотологической диагностики недостаточно для того, чтобы разобраться в этиологической структуре заболеваний свиней в хозяйствах. Необходима комплексная лабораторная диагностика с использованием современных методов исследования биоматериала, что позволяет более быстро поставить диагноз и на основании этого планировать меры борьбы и профилактики болезней свиней в конкретных хозяйствах.

В последние годы для выявления микоплазменной, вирусной и хламидиозной инфекций свиней применяют полимеразную цепную реакцию, которая позволяет быстро и точно выявить фрагменты генома возбудителей в биологическом материале [2, 10, 11, 12].

Цель исследований. Анализ выявления микоплазм, вирусов и хламидий у свиней из биологического материала методом ПЦР в хозяйствах Средней Сибири.

Материалы и методы исследований. В процессе изучения данной проблемы были проанализированы результаты исследований биоматериала, полученного из свиноводческих хозяйств Средней Сибири в период 2011–2013 гг.

Пробы биологического материала были получены от хряков, свиноматок, поросят, т.е. от животных разных половозрастных групп, подозреваемых в инфицировании, больных, вынуждено убитых, павших, абортированных плодов. Исследования проводили в хозяйствах, благополучных по бруцеллезу, листериозу, лептоспирозу и сальмонеллезу свиней. Исследование биоматериала от свиней на выявление геномов микоплазм, вирусов и хламидий проводили при помощи тест-систем ПЦР:

- на микоплазмоз, хламидиоз и вирус африканской чумы свиней (АЧС) (производитель ФГУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора);
- репродуктивно-респираторный синдром свиней (РРСС), цирковирус свиней (ЦВС), парвовирусную инфекцию свиней (ПВИС) и вирус классической чумы свиней (КЧС) (производитель НПО «Нарвак»).

Применили также набор препаратов для серодиагностики парвовирусной инфекции свиней в реакции торможения гемагглютинации (РТГА) для выявления постvakцинальных или постинфекционных антител в сыворотках крови свиней (производитель РОАО «Росагробиопром»), набор реагентов для выявления антител к цирковирусу свиней второго типа (ЦВС-2) иммуноферментным методом (ИФА) «Циркосеротест» и набор реагентов для выявления антител к вирусу репродуктивно-респираторного синдрома свиней иммуноферментным методом РРСС-Серотест (производитель НПО «Нарвак»).

Количество положительных проб биоматериала от общего количества исследованных проб биоматериала, полученного от свиней по вышеперечисленным инфекциям, рассчитывали в процентах.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2011 г. было исследовано незначительное количество проб биоматериала, полученного от свиней, что не позволило достоверно оценить степень распространения вирусных и микоплазменных инфекций свиней в хозяйствах Средней Сибири.

При исследовании сыворотки крови от абортировавшей свиноматки в ИФА обнаружены антитела ЦВС-2, в РТГА – антитела к ПВИС, а в ПЦР был выявлен геном микоплазмы, что указывает на циркуляцию ЦВС, вирусов ПВИС и микоплазм в свиноводческом хозяйстве.

При исследовании суспензии биоматериала от двух свиноматок в ПЦР геномы вирусов АЧС, КЧС, РРСС и микоплазм не были выявлены. В данной пробе выявлен геном ЦВС, а в другой пробе – геном вируса ПВИС, т.е. в хозяйстве отмечена циркуляция вирусов ПВИС и ЦВС.

В пробах биоматериала, полученного от поросят 13-, 53-, 83-, 85-, 143-дневного возраста, в ПЦР выявлены геномы вирусов РРСС – 80 %, ПВИС – 40, геном хламидий – 20 %. Геном микоплазм не выявлен, т.е. в хозяйстве отмечена циркуляция вирусов РРСС, ПВИС и хламидий.

В 2012 г. анализ исследований биоматериала от свиней показал, что в препуциальных смывах, полученных от хряков-производителей в ПЦР, геном ЦВС выявлен в 85,7 %, микоплазм – 50,0 %. В сперме хряков-производителей в ПЦР выявлены геномы вирусов ЦВС в 33,3 %, РРСС – в 33,3 %. Исследование сыво-

ротки крови свиноматок показало, что в ИФА обнаружены антитела к вирусам ЦВС в 33,3 %, РРСС – в 28,6 %, а в РТГА к вирусу ПВИС – в 33,3 %. Геномы микоплазм и хламидий выявлены в ПЦР – соответственно 85,7 и 16,7 %.

При исследовании абортированных плодов в ПЦР геномы вирусов выявлены в случаях ЦВС (80,0 %), ПВИС (60,0 %), РРСС (60,0 %). Также выявлены геномы хламидий и микоплазм – соответственно 40,0 и 37,5 %. Исследование биоматериала ПЦР от пороссят показало, что геном вирусов выявили ЦВС (56,8 %) и РРСС (43,8 %). Геном микоплазм выявили 55,8 %, хламидий – 32,3 %.

Одновременно из проб биоматериала в ПЦР выделяли геном ЦВС и микоплазм в 10,9 %, а также микоплазм и хламидий в 9,1 %. Реже геномы вируса РРСС и микоплазм в 1,8 %, а также геномы вирусов РРСС, ЦВС, ПВИС и микоплазм в 1,8 %.

Одновременное выделение геномов вирусов в различных сочетаниях и микоплазм подтверждает наличие в свиноводческих хозяйствах вирусно-микоплазменных ассоциаций свиней, а также наличие ассоциации микоплазм и хламидий.

Наличие микоплазмозов свиней в хозяйствах подтверждает высокий процент выявления генома микоплазм в ПЦР в биоматериале, полученном от свиноматок, – 85,7 %, пороссят – 55,8, хряков – 50,0, абортированных плодов – 40,0 %.

Окончательный диагноз на микоплазмоз свиней устанавливают на основании выделения и идентификации возбудителя различными методами.

Предложенная тест-система ПЦР выявляет геном микоплазм, но не позволяет определить видовую принадлежность микоплазм. В данном случае можно использовать микробиологические методы их выделения, что требует длительного времени и навыков в культивировании микоплазм, но позволяет определить видовую принадлежность микоплазм, а у выделенных видов и штаммов определить чувствительность к антибиотикам. Это поможет более эффективно проводить в хозяйстве лечебные мероприятия и в свою очередь определиться с проведением специфической профилактики микоплазменной инфекции.

В 2013 г. в ПЦР геном ЦВС выявлен в 50,0 % от исследованных проб биоматериала, а геномы микоплазм в 28,6 %, хламидий – в 14,3 %. Геномы вирусов ПВИС и РРСС в ПЦР не выявлены.

В 2013 г. отмечено снижение циркуляции вирусов ПВИС, РРСС и ЦВС до 50,0 %, микоплазм – 28,6, хламидий – 14,3 %. Это, вероятно, связано с проведением в хозяйствах специфической вакцинопрофилактики свиней против вирусных болезней РРСС, ПВИС и ЦВС.

Для того чтобы разобраться в истинной этиологической структуре болезней свиней и их ассоциациях в каждом отдельно взятом хозяйстве, необходимо проведение дополнительных диагностических исследований, как вирусологических, так и бактериологических, в сочетании с ПЦР и иммунологическими методами исследований, что позволит установить роль каждого инфекционного агента в возникновении болезней свиней и оптимизировать неспецифическую и специфическую профилактику в свиноводческих хозяйствах.

Заключение. Среди свиноголовья методом ПЦР установлена циркуляция и активная циркуляция вирусов ЦВС, РРСС, ПВИС, а также микоплазм и хламидий в хозяйствах Средней Сибири.

Литература

1. Микоплазмы и их роль в патологии сельскохозяйственных животных / Я.Р. Коваленко, Э.А. Шегидевич, И.Я. Яблонская [и др.] // Тр. ВИЭВ. – 1980. – Т. 51. – С. 24–30.
2. Инфекционная патология животных/ А.Я. Самуilenko, Б.В. Соловьев, Е.А. Непоклонов [и др.] – М.: Академкнига, 2006. – Т. 2. – 807 с.
3. Распространение вирусных и микоплазменных инфекций крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах Средней Сибири/ И.Я. Строганова, А.Г. Хлыстунов, А.А. Трухоненко [и др.] // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – Вып. 8. – С. 41–43.
4. Притулин П.И., Бердник В.П. Роль микоплазм в патологии свиней // Бюл. ВИЭВ. – 1972. – № 13. – С. 37.
5. Коромыслов Г.Ф., Месарош Я., Штикович Л. Микоплазмы в патологии животных. – М.: Агропромиздат, 1987. – 255 с.
6. Enzootic pneumonia: Comparison of cough and lung lesions as predictors of weight gain in swine/ C. Morris [et al.] // Can. J.Vet.Res. – 1995. – Vol. 59. – P. 197–204.
7. Experimental infections of gnotobiotic piglets with *Pasteurella septica* (sero-group A) alone or with *Mycoplasma hyopneumoniae* / J.M. Smith [et al.] // J. Comp. Pathol. – 1973. – Vol. 83. – P. 307–321.
8. Андреев Е.В., Фукс П.П. Смешанная вирусомикоплазменная инфекция // Ветеринария. – 1980. – № 8. – С. 30–32.
9. Лезова А.А., Ковальчук Н.М. Становление микробиоценоза желудочно-кишечного тракта пороссят раннего постнатального периода на фоне применения энтеросорбента сахаптина // Вестн. КрасГАУ. – 2006. – Вып. 12. – С. 188–191.

10. Глотов А.Г., Глотова Т.И., Строганова И.Я. Выявление респираторно-синцитиального вируса крупного рогатого скота при помощи ОТ-ПЦР// Вопросы вирусологии. – 2011. – № 5. – С. 34–37.
11. Caron J., Ouordani M., Dea S. Diagnosis and differentiation of *Mycoplasma hyopneumoniae* and *Mycoplasma hyorhinis* infections in pigs by PCR amplification of the p 36 and p 46 genes // J Clin Microbiol. – 2000. – Vol. 38. – P. 1390–1396.
12. Evaluation and comparison of various PCR methods for detection of *Mycoplasma gallisepticum* infection in chickens/ M. Garsia [et al.] // Avian Dis. 2005. – Vol. 49. – P. 125–157.



УДК 619:549.67:636.085.12

Т.И. Трухина, И.А. Соловьева

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТОВ НА УРОВЕНЬ ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

В статье исследуется эффективность применения цеолитов Вангинского месторождения Амурской области в рационе цыплят-бройлеров в зависимости от содержания протеина. Установлено, что оптимальный уровень содержания сырого протеина в рационе составляет 19,0 %. При низком содержании протеина (16,0 %) цеолитовая добавка малоэффективна.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, цеолиты, рацион, протеин, прирост массы, сохранность, качество мяса.

T.I. Trukhina, I.A. Solovyova

THE INFLUENCE OF ZEOLITES ON THE PROTEIN LEVEL IN THE BROILER-CHICKEN DIET

The use efficiency of zeolites from the Vanginsky field in the Amur region in the broiler-chicken diet depending on the protein content is researched in the article. It is established that the optimum level of the raw protein content in the diet makes 19,0 %. In the low protein content (16,0 %) the zeolitic additive is ineffective.

Key words: broiler-chickens, zeolites, diet, protein, weight gain, safety, quality of meat.

Введение. Цеолиты (гр. – кипящий камень) представляют одну из наиболее распространенных групп минералов с уникальными свойствами, обусловленными их кристаллической структурой. Цеолитовые туфы разных месторождений различаются по цвету, прочности, физико-химическим свойствам. В них содержатся свыше 40 минеральных элементов.

Дополнительное введение в рацион животным и птицы природного цеолита способствует активации обменных процессов в организме, стимулирует общую неспецифическую реактивность, повышает устойчивость к желудочно-кишечным заболеваниям [1].

Цеолиты необходимы для нормальной работы ферментов и симбионтных микроорганизмов [2], регулировки в желудочно-кишечном тракте пищеварительных ферментов [3], профилактики и лечения незаразных болезней животных и птиц, охраны животноводства и окружающей среды [4, 5], повышения прироста живой массы цыплят-бройлеров [6, 7]. В этом плане особый интерес представляют природные цеолитовые туфы, обладающие свойствами нормализовать азотное и минеральное питание животных и повысить коэффициент полезного действия корма.

Зависимость эффективности природных цеолитов от качества кормов сложна и неоднозначна. При низком содержании сырого протеина в корме крупного рогатого скота (11–12 %) и птиц (13–14 %) увеличение продуктивности значительное, однако экономия корма довольно существенна (до 7 %). Скармливание природных цеолитов на фоне более высокого содержания протеина в кормах крупного рогатого скота (14–15 %) и птицы (17–18 %) приводит к значительному увеличению продуктивности. Эта мысль поддерживается в ряде методических рекомендаций (Использование природных цеолитов в птицеводстве: метод. рекомендации. Загорск, 1990; Использование цеолитов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы: метод. рекомендации. Киев, 1988), а также в исследованиях Г.И. Калачнюка [8], В.Н. Николаева [9].

Результаты научно-производственных опытов показали, что цыплята-бройлеры, получавшие 5 % цеолита к основному рациону, интенсивно росли, у них снижался процент заболеваемости и повышалась сохранность. Однако при дальнейшей работе была отмечена неравномерность полученных результатов при одной и той же дозе природных цеолитов в рационе. Специалисты обращают внимание на широкий диапазон

зон колебаний между показателями прироста массы и затратами кормов на единицу продукции. Поэтому с целью более объективной оценки эффективности использования природных цеолитов в кормлении, усовершенствовании способов использования возникла необходимость изучить влияние их применения при использовании комбикормов для бройлеров с разными уровнями сырого протеина. Для решения поставленной задачи был проведен научно-хозяйственный опыт.

Цель исследований. Определить эффективность оптимальной дозы цеолита в рационе цыплят-бройлеров.

Задача исследований. Изучить влияние цеолита в дозе 5 % при различном содержании уровня протеина.

Материалы и методы исследований. Для проведения исследований были подобраны 4 группы цыплят-бройлеров кросса Бройлер-6 пятидневного возраста по 90 гол. в каждой. Первая группа была контрольная, содержание сырого протеина в ее рационе составляло 16,0 %, вторая опытная группа имела сырого протеина 17,0 % и 5 % цеолита, третья группа – 19,0 % сырого протеина и 5 % цеолита, четвертая опытная группа – 21,0 % сырого протеина и 5 % цеолита Вангинского месторождения. Количество протеина в рационах регулировали добавлением мясокостной муки, соевого жмыха и соевой муки. Цыплят размещали в клеточной батарее КБУ-3. Кормление птицы осуществляли вручную 2 раза в сутки. Доступ к корму и воде был без ограничений. Все опытные группы с кормом получали цеолит из расчета 5 % от сухой массы комби-корма. Ежедневно велось наблюдение за поедаемостью кормов, учитывались заболеваемость и падеж молодняка. Павших цыплят исследовали патолого-анатомически и устанавливали причины падежа. Убой животных проводили с 57-дневного возраста.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты выращивания бройлеров с 5 %-й добавкой цеолита в зависимости от концентрации протеина в рационе

Показатель	Концентрация протеина, %			
	16,0	17,0	19,0	21,0
Срок опыта, дн.	56	56	56	56
Принято цыплят, гол.	90	90	90	90
Пало цыплят, гол.	9	6	4	3
Сохранность, %	90	93,3	95,6	96,7
Средняя масса 1 гол., г	1121	1148	1373	1585
Среднесуточный прирост, г	18,0	18,3	20,5	21,7
Расход кормов на 1 кг прироста	3,51	3,44	3,12	2,98
Выход тушек, %:				
I категории	82,4	84,5	93,0	95,4
II категории	13,4	14,3	6,9	4,5
III категории	2,5	1,2	-	-

Из данных табл. 1 видно, что у цыплят-бройлеров во всех группах, где добавляли в корм цеолиты, исследуемые показатели были высокие. Однако при содержании протеина 19,0 и 21,0 % эти показатели выгодно отличались от показателей в опытных группах с содержанием протеина в рационе 17,0 и 16,0 %. Например, если в опытных группах, содержащих 16,0 % протеина, разница по приросту живой массы составляла 24,8 и 38,9 %, то в группах, содержащих протеина 17,0 %, она была на уровне 19,6 и 38,1 %. По среднесуточному приросту показатели составляли 13,8 и 20,5 % и 12,0 и 18,5 %, по выходу тушек первой категории различие было в пределах 10,6 и 13,0 % и 8,5 и 10,9 % соответственно. Расход кормов на 1 кг прироста у первых был выше соответственно на 10,2 и 14,9 %, что свидетельствует о высоком уровне переваримости кормов у цыплят, получавших цеолит с уровнем протеина 19 и 21 %.

Результаты ветеринарно-санитарной экспертизы показали, что мясо цыплят-бройлеров, получавших с основным рационом цеолиты, по органолептическим (степень обескровливания туш, проба варкой), физико-химическим (РН, реакция на пероксидазу, формалиновая проба) и бактериологическим показателям соответствуют требованиям ГОСТов для свежего доброкачественного мяса (табл. 2).

Таблица 2

Влияние качества рациона на заболеваемость цыплят-бройлеров ($M \pm m$; $n=10$)

Группа, % протеина	Группа	
	контрольная	опытная
I (16)	2,25±0,542	1,75±0,345
II (17)	2,00±0,424	1,50±0,350
III (19)	2,75±0,221	1,00±0,377**
IV (21)	1,50±0,238	0,50±0,249*

* $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$.

Из данных табл. 2 следует, что в третьей и четвертой опытных группах заболеваемость цыплят достоверно отличается от цыплят двух первых групп. Во всех подопытных группах наблюдались болезни неинфекционного характера. Число болезней травматического характера как в контрольных, так и в опытных группах, оказалось одинаковым.

Анализ сохранности показывает, что причиной падежа цыплят в первой и второй группах были болезни обмена веществ. Добавка природных цеолитов в комбикорма для цыплят-бройлеров увеличила сохранность на 4–7 % и составила в опытных группах соответственно 94, 96 и 97 %.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что использование природных цеолитов Вангинского месторождения в кормлении цыплят-бройлеров эффективно в тех случаях, если в кормлении бройлеров применяют комбикорма, содержащие 19,0 % и более сырого протеина в период выращивания. Как видно из полученных данных, использование в кормлении цыплят-бройлеров комбикормов, содержащих сырой протеин ниже вышеуказанного уровня, малоэффективно. Незначительный экономический эффект при этом проявляется за счет экономии кормов, снижения заболеваемости, улучшения качества продукции.

Литература

1. Вразгула Л.И., Братко П., Козач Й. Использование цеолитов в животноводстве // Междунар. с.-х. журн. – 1982. – № 6. – С. 84.
2. Паничев А.М., Полов А.П. Взаимодействие природных ионообменников с искусственными электролитами-аналогами биологических секретов // Физико-химические и медико-биологические свойства природных цеолитов. – Новосибирск, 1990. – С. 47–49.
3. Использование цеолита при лечении гастроэнтеритов собак и их влияние на функции пищеварительного аппарата / П.П. Бердников, М.Г. Гамидов, И.П. Диких [и др.] // Здоровье, разведение и защита мелких домашних животных: мат-лы 1-й Междунар. конф. – Уфа: Байер, 2000. – С. 31–35.
4. Шадрин А.М. Природные цеолиты Сибири в животноводстве, ветеринарии и охране окружающей среды. – Новосибирск, 1998. – 114 с.
5. Грабовенский И.И., Калачнюк Г.И. Цеолиты и бентониты в животноводстве. – Ужгород, 1984. – С. 18–44.
6. Использование клиноптилолитовой породы Сокирницкого участка Закарпатской области Украины в кормлении цыплят-бройлеров / С.А. Водолажченко, А.П. Коптева, В.В. Батраков [и др.] // Тр. конф. и симпоз. по применению природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве. – Тбилиси: Мецниебера, 1984. – С. 131–174.
7. Шадрин А.М. Цеолиты Сибири в рационах животных и птицы // Теоретические и прикладные проблемы внедрения природных цеолитов в народном хозяйстве РСФСР: тез. Республ. конф. (Кемерово, 27–28 окт., 1988). – Кемерово, 1988. – С. 68–70.
8. Калачнюк Г.И. Физиолого-биохимическое и практическое обоснование скармливания цеолитов // Вестн. с.-х. науки. – 1990. – № 3. – С. 55–56.
9. Николаев В.Н. Биологические проблемы воздействия природных цеолитов на сельскохозяйственных животных // Использование цеолитов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. – Новосибирск, 1988. – С. 8–15.

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ МЯСНОГО ПОДКОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

В статье представлен факторный анализ основных показателей развития мясного подкомплекса Республики Марий Эл. Рассмотрены приоритетные направления маркетинговой политики региона.

Ключевые слова: факторный анализ, продукция, маркетинговая политика, Республики Марий Эл.

O.A. Danilova

THE INDICATOR ANALYSIS OF THE MEAT SUBCOMPLEX DEVELOPMENT IN THE MARI EL REPUBLIC

The factor analysis of the development main indicators of the meat subcomplex in the Mari El Republic is presented in the article. The priority directions of the region marketing policy are considered.

Key words: factor analysis, production, marketing policy, Mari El Republic.

Введение. К числу проблем мясного подкомплекса Марий Эл можно отнести отсутствие финансовых ресурсов для расширения производственных мощностей и дальнейшего развития, низкий уровень маркетинговых исследований [1–11]. При этом предприятия имеют высококвалифицированный управленческий и производственный персонал с многолетним опытом работы, что гарантирует грамотную реализацию разработанных стратегий.

Цель исследований. Разработка комплекса теоретических положений и практических рекомендаций по формированию и реализации стратегии развития мясопродуктового подкомплекса АПК Республики Марий Эл.

Методика и результаты исследований. Объем рынка мясной продукции республики зависит от ряда факторов, таких, как среднедушевые доходы, потребительские расходы, численность и среднемесячная заработная плата населения, средняя суммарная потребительская цены мяса и мясопродуктов. Исходные факторы для проведения множественного регрессионного анализа представлены в табл. 1. На основании ее данных составим табл. 2 для анализа зависимости переменных.

Таблица 1
Анализ множественного регрессионного анализа мяса и мясопродуктов

Показатель	Год					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Объем рынка мясной продукции, т	60400	66200	74300	93900	114400	143800
Денежные доходы в расчете на душу населения, руб/мес.	8050,4	8939,8	10266,6	11139,8	12139	14649,2
Потребительские расходы в расчете на душу населения руб/мес.	5834,2	6515,6	7149,3	8266,2	9253,4	10424,9
Численность постоянного населения, чел.	703220	700118	698176	695380	692435	690349
Среднемесячная заработная плата, руб.	10614,6	11357,1	12669,4	14128,4	16075,4	18558,3
Средняя суммарная потребительская цена мяса и мясопродуктов, руб/кг	154,26	164,45	175,19	189,1	203,47	225,3

Таблица 2

Исходные данные для анализа

Год	Объем рынка мясной продукции, т (Y)	Денежные доходы в расчете на душу населения, руб/мес. (X1)	Потребительские расходы в расчете на душу населения, руб/мес. (X2)	Численность постоянного населения, чел. (X3)	Среднемесячная заработная плата, руб. (X4)	Средняя суммарная потребительская цена мяса и мясопродуктов, руб/кг (X5)
2008	60400,00	8050,40	5834,20	703220,00	10614,60	154,26
2009	66200,00	8939,80	6515,60	700118,00	11357,10	164,45
2010	74300,00	10266,60	7149,30	698176,00	12669,40	175,19
2011	93900,00	11139,80	8266,20	695380,00	14128,40	189,10
2012	114400,00	12139,00	9253,40	692435,00	16075,40	203,47
2013	143800,00	14649,20	10424,90	690349,00	18558,30	225,30

Для определения степени тесноты линейной связи между переменными используем парные и частные коэффициенты корреляции и представим их в табл. 3.

Таблица 3

Парные и частные коэффициенты корреляции

Показатель	Денежные доходы в расчете на душу населения, руб/мес. (X1)	Потребительские расходы в расчете на душу населения, руб/мес. (X2)	Численность постоянного населения, чел. (X3)	Среднемесячная заработка плата, руб. (X4)	Средняя суммарная потребительская цена мяса и мясопродуктов, руб/кг (X5)
Объем рынка мясной продукции, т (Y)	0,98	0,99	-0,96	1,00	0,99

Из указанных факторов (табл. 3) можно отбросить фактор денежных доходов в расчете на душу населения (X1) и численность постоянного населения (X3), так как эти показатели имеют наименьшую степень тесноты связи между переменными. Очевидно, что уменьшение численности населения не может оказывать положительного влияния на рост рынка. Результаты регрессионного анализа представлены на рис. 1.

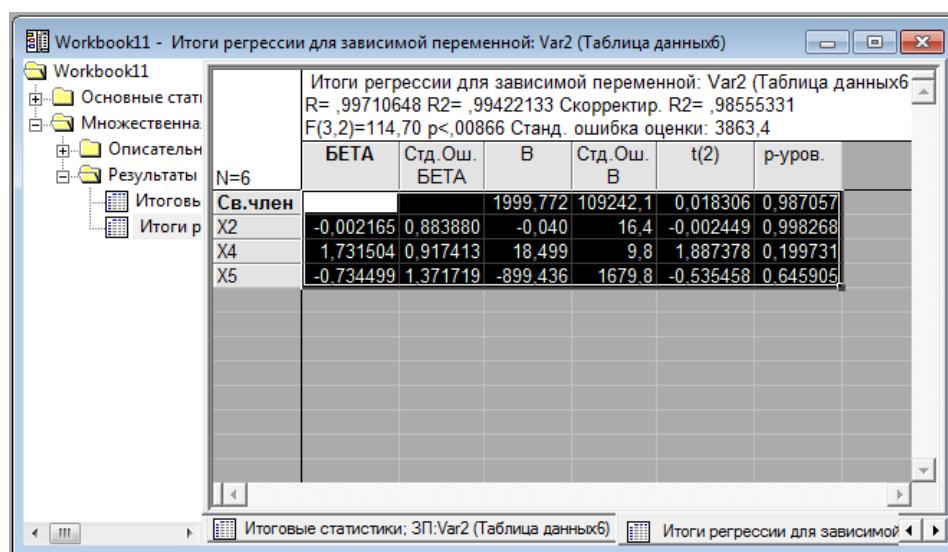


Рис. 1. Результаты регрессионного анализа

Таким образом, уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y = 1999,77 - 0,04 x_2 + 18,5 x_4 - 899,44 x_5.$$

Квадрат коэффициента множественной корреляции R² (коэффициент детерминации) является чрезвычайно важной характеристикой, он показывает долю общего разброса относительно выборочного среднего зависимой переменной, которая объясняется построенной регрессией. Значения коэффициента детерминации лежат в пределах от 0 до 1.

В нашем случае коэффициент детерминации равен 0,99, что является очень хорошим значением и означает, что построенная регрессия объясняет более 99 % разброса значения зависимой переменной Y (объем рынка мясной продукции) относительно среднего.

Распределение остатков (случайное, без каких-либо закономерностей) показывает, что регрессионная модель адекватна результатам наблюдений и может быть использована для оценки влияния роста потребительских расходов, средней суммарной потребительской цены мяса и мясопродуктов, а также роста среднемесячной заработной платы на рост объема рынка мясной продукции (рис. 2).

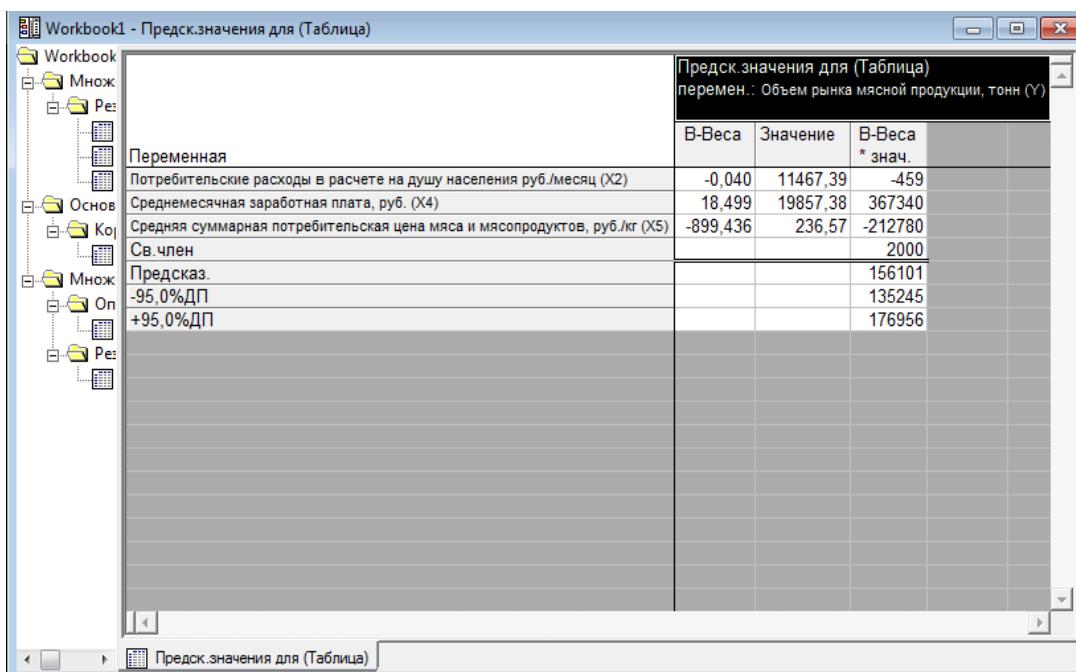


Рис. 2. Результаты прогнозирования

Таким образом, при увеличении уровня расходов, например, на 10 %, а средней цены на 5 % и размера среднемесячной заработной платы на 7 %, объем рынка мясной продукции составит 156101 т. То есть влияние указанных факторов приведет к росту рынка мясной продукции Республики на 8,55 %.

При поддержке и участии правительства Республики Марий Эл следует организовать работу по заключению соглашения между потенциальными участниками кластера об экономическом взаимодействии, а также постоянно действующими рабочими органами по координации работы сельскохозяйственных кластеров (координационные советы); разработать мероприятия по привлечению в аграрный сектор квалифицированных инвесторов; стимулировать формирование в системе АПК интегрированных структур различных организационно-правовых форм и видов деятельности; сформировать современную систему сбыта и продвижения конечной продукции через глобальные торговые сети региональных брендов [12].

Заключение. На основе проведенного анализа можно сделать выводы о том, что животноводство остаётся наиболее убыточной отраслью сельского хозяйства Республики Марий Эл. В последние годы себестоимость всех видов мяса росла более быстрыми темпами, чем фактическая цена реализации, из-за чего данная отрасль является убыточной. В 2013 г. прибыль получена лишь от реализации мяса птицы, а наиболее убыточным является производство мяса овец и коз.

Общие объемы производства продукции мясного подкомплекса республики ежегодно растут наряду с ценами на данную продукцию. При этом ежегодный рост цен на говядину опережает рост цен на все остальные виды мяса на фоне снижения объемом ее производства.

Наиболее динамично развивающимися направлениями мясного подкомплекса республики являются свиноводство и птицеводство. При этом объем ввоза мясной продукции в Республику Марий Эл с каждым годом растет, что ведет к вытеснению республиканских товаропроизводителей с внутреннего продовольственного рынка.

Основными причинами, сдерживающими развитие основных отраслей животноводства, являются недостаточная эффективность принимаемых мер по защите животноводческой продукции отечественных производителей от экспансии импортных продуктов животного происхождения на российский рынок продовольствия; диспаритет цен на продукцию животноводства и все виды ресурсов для воспроизводства скота; отсутствие оптимальной инфраструктуры предприятий.

В связи с этим объективная необходимость повышения конкурентоспособности производства и переработки мяса в республике очевидна. По итогам проведенного исследования предлагаются мероприятия по регулированию цен на мясную продукцию: определяется совокупная прибыль всех участников; на основе взаимного соглашения устанавливаются коэффициенты распределения совокупной прибыли между участниками. Использование полученного соотношения будет стимулировать производство продукции, в процессе которого создается прибавочная стоимость.

В настоящее время одним из условий успешного функционирования для мясоперерабатывающих предприятий становится маркетинг, экономический смысл которого заключается в создании конкурентоспособной продукции, успешном продвижении продукции на рынки, удовлетворении потребностей покупателей, ускорении отдачи инвестиций, обеспечении прибыльности производства и реализации продукции.

Литература

1. Данилова О.А. Формирование мясного конгломерата – основа повышения конкурентоспособности производимой мясной продукции в Республике Марий Эл // Вестн. Казан. гос. аграр. ун-та. – 2012. – Т. 24. – № 2. – С. 10–14.
2. Дуденкова Е.Н. Формирование инновационно-промышленных кластеров развития региона: дис. канд. экон. наук. – М., 2005. – 247 с.
3. Журавлёв В.И. Развитие пищевой промышленности России. – М.: МСХА, 2010. – 292 с.
4. За 10 лет производство мяса птицы в Марий Эл выросло в три раза [Электронный ресурс] // <http://news.vmariel.ru/5787-za-10-let-proizvodstvo-myasa-pticy-v-marij-yel-vyroslo-v-tri-raza.html>.
5. Забулина В.А. Свиноводство в мясном подкомплексе. – Кишенёв, 2008. – 230 с.
6. ЗАО «Марийское» как генофондное хозяйство по разведению цесарок [Электронный ресурс] // <http://www.fermer.ru/forum/tsesarki/110105>.
7. Козловская О.В. Конкурентоспособность как основа управления развитием региона: дис. д-ра экон. наук. – Томск, 2006. – 169 с.
8. Лисицын А.Б. Проблема научного и инженерного обеспечения мясной промышленности Российской Федерации. – М.: АгриПресс, 2009. – 327 с.
9. Мониторинг закупочных цен на мясо в живом весе по ПФО по состоянию на 19 ноября 2010 года [Электронный ресурс] // <http://gov.cap.ru/hierarhy.asp?page=/136908/179845/764499/764505/924204>.
10. Петрова М. Вложения в птицеводство дают реальные результаты // Марийская правда. – 2011. – 13 авг.
11. Попова О.Г. Конкурентоспособность агрофирмы и качество продукции. – Краснодар: Куб. гос. аграр. ун-т, 2010. – 230 с.
12. Постановление Правительства Республики Марий Эл от 28 апреля 2009 г. (ред. от 19 июля 2010 г.) №102 «О мероприятиях по реализации Стратегии долгосрочного социально-экономического развития Республики Марий Эл» // С3 РФ. – 2009. – № 5. – Ст. 264.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 911.9 (571.61)

E.G. Мурашова, С.А. Родоманская

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В РЕГИОНАЛЬНЫХ ТИПАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье исследуются эколого-геологические проблемы, связанные с использованием и освоенностью территории в сформировавшихся региональных типах землепользования.

Ключевые слова: типы землепользования, ртутное загрязнение, геоэкологические исследования.

E.G. Murashova, S.A. Rodomanskaya

ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL PROBLEMS IN THE REGIONAL LAND USE TYPES OF THE AMUR REGION

The ecological and geological problems associated with the territory use and development in the formed regional land use types.

Key words: land use types, mercury contamination, geo-ecological research.

Введение. Одним из главных направлений оценки воздействия любого источника на окружающую среду и население является определение конкретного источника трансформации ландшафта, ареала загрязнения, площадь воздействия. Степень риска изменённости в ландшафтах во многом зависит от типа землепользования, на территорию которого влияют данные антропогенные факторы. На различные типы ландшафтов, определяющих потенциал устойчивости к конкретным видам воздействия, влекущим за собой отличие динамики изменений в природе и приводящие к формированию пространственной дифференциации экологических ситуаций, территориальный аспект оценки воздействия имеет важное значение.

Цель исследований. Районирование Амурской области с учетом формирования землепользования в условиях высокой концентрации природных, экономических, организационно-хозяйственных и социальных факторов с определением конкретного источника трансформации ландшафта, ареала загрязнения и антропогенной нагрузки.

Методы исследований. Логический, системный, экономико-статистический анализ, камеральная обработка результатов, районирование.

Результаты исследований и их обсуждение. В Амурской области ведущими отраслями являются золотодобыча и сельское хозяйство. При проведении геологоразведочных работ, разработке россыпных и коренных месторождений полезных ископаемых разрушается микрорельеф долин рек и ручьев, активизируются эрозионные процессы, происходит загрязнение среды ртутью, нефтепродуктами и техногенными илами. В настоящее время опасность загрязнения нарастает в связи с повторным вовлечением в эксплуатацию техногенных россыпей, что приводит к активизации захоронений металлической ртути и применению технологии извлечения золота с применением цианидов. Рекультивация земель после окончания добычи практически не проводится. В пределах горнодобывающих ландшафтов леса вырублены полностью [4]. Сформировались антропогенные геосистемы при трансформации литогенной основы, формируя новые виды геосистем: ландшафтно-техногенные и ландшафтно-инженерные на основе техногенных объектов.

При ведении сельского хозяйства наблюдаются нарушения при проведении агротехнических мероприятий, снижение общей культуры земледелия, отсутствие действенного контроля за почвенным плодородием [1], повсеместно присутствуют пестициды в чрезвычайно опасных концентрациях и другие ядохимикаты [6].

По результатам геоэкологических исследований и картографирования территории Амурской области выделены следующие районы типов землепользования [1] (рис.): лесохозяйственный, сочетающийся с горнoprомышленным землепользованием; лесопромышленный в сочетании с горнoprомышленным и сельскохозяйственным землепользованием; агропромышленный в сочетании с промышленным землепользованием; тип землепользования, основанный на традиционном природопользовании коренных народов Дальнего

Востока и горнопромышленным; сельскохозяйственный с лесопромышленным и горнопромышленным землепользованием.

Формирование лесохозяйственного типа землепользования обусловлено наличием топливно-энергетических, лесных ресурсов промышленного значения и транспортными магистралями (АЯМ, БАМ) (Верхне-Амурский горно-таёжный район).

Техногенные лito-, геохимические и гидрохимические аномалии связаны преимущественно с добычей полезных ископаемых, с местами аварий на БАМе, реже приурочены к селитебным ландшафтам. Напряженная эколого-геологическая обстановка сложилась в северной части территории, пораженной многочисленными горными выработками при добывче золота. Очаги загрязнения, связанные с авариями, характеризуются высоким и повышенным содержанием ряда химических элементов. В пределах посёлков отмечается незначительное загрязнение нефтепродуктами и бытовыми отходами. Донные осадки с повышенной концентрацией Ba, Be, As Sc и Hg установлены в нижнем течении р. Иликан, в долинах рек Кумак, Малая Тында, Малая Эракингра. Особо отмечается загрязнение Дамбукинского золоторудного узла металлической ртутью [5].



Карта-схема экологической обстановки в региональных типах землепользования Амурской области

Лесопромышленный тип землепользования в сочетании с горнорудным и сельскохозяйственным сформировался наличием на территории топливно-энергетических и лесных ресурсов промышленного значения и транспортной магистрали (ТранСиб) (Амурско-Зейская равнина – Магдагачинский район).

Техногенные лito- и гидрохимические аномалии связаны с местами аварий на Транссибирской магистрали, реже с селитебными ландшафтами. Выявленные природные аномалии удалены от населённых пунктов и связаны в основном с мезозойскими вулканитами [5].

Формирование агропромышленного типа землепользования способствуют относительно развитая производственная, транспортная и мелиоративная инфраструктуры, многоцелевое назначение и относи-

тельно высокий агроэкологический потенциал мелиорированных и окультуренных земель, равномерное, в том числе агломерационное, расселение. Загрязнение при сельскохозяйственном производстве связано с агротехнической обработкой земель, применением удобрений и ядохимикатов. Основными загрязняющими элементами почвенного горизонта являются пестициды, ртуть, кадмий, бериллий, фосфор, барий.

Практически все фации южной и юго-западной части имеют либо вторичный характер, либо они представлены сообществами, сильно изменёнными антропогенным воздействием [2].

Традиционный тип землепользования коренных народов Дальнего Востока с горнопромышленным сформировался в горных районах области и богат минерально-сыревыми и охотничье-промышленными ресурсами. В пределах горнодобывающих ландшафтов леса вырублены полностью. В местах, прилегающих к районам добычи, отмечается наиболее высокая суммарная концентрация загрязнителей в природных аномалиях.

Так, на территории эвенкийского села Ивановское ртуть обнаружена в грунтовых водах и в питьевой воде артезианской скважины №2617 с содержанием, превышающим ПДК в 1,4 раза [5].

Формирование сельскохозяйственного типа в сочетании с лесопромышленным и горнопромышленным землепользованием (Амурско-Зейская равнина – Шимановский, Свободненский районы) обусловлено наличием топливно-энергетических и лесных ресурсов промышленного значения относительно развитой производственной, транспортной (ТрансСиб), социально-экономической инфраструктурой, а также оборонного значения (космодром «Восточный»). Загрязнение вызвано применением удобрений и ядохимикатов, объектами военно-промышленного комплекса и космической инфраструктуры. Поверхностные воды загрязнены фенолами, нефтепродуктами, нитратами, соединениями азота [3].

Заключение. В Амурской области выделяются пять районов по типам землепользования. Наиболее подверглись загрязнению агропромышленный район и район традиционного типа землепользования коренных народов Дальнего Востока в сочетании с горнопромышленным. В первом из них, самом обжитом в области, интенсивное сельскохозяйственное производство обуславливает применение удобрений и ядохимикатов, загрязняющих почвенные горизонты. Горнодобывающая промышленность (добыча, главным образом, золота и угля) приводит к необратимым изменениям в природных ландшафтах, трансформируя их в техногенные с наиболее высокими суммарными концентрациями загрязнителей. Освоение природных ресурсов и новых территорий без учёта экологических требований приводит к необратимым преобразованиям ландшафтов в антропогенные с изменением всех ландшафтных компонентов. Улучшение геоэкологической обстановки имеет обратимый характер и возможно только при соблюдении элементарных природоохранных норм и правил.

Литература

1. Донцов А.В., Родоманская С.А., Широков В.А. Региональные аспекты эрозии сельскохозяйственных земель и землепользования Амурской области. – Благовещенск: ДальГАУ, 2010. – 267 с.
2. Мурашова Е.Г. Рельеф и пространственная дифференциация ландшафтов Зейско-Буреинской равнины. – Благовещенск: ДальГАУ, 2013. – 228 с.
3. Мурашова Е.Г., Родоманская С.А. Региональные типы землепользования Амурской области и их геоэкологическое состояние // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 6. – Ч. 2. – С. 55–57.
4. Мурашова Е.Г. Эколого-геологические проблемы в ландшафтах зоны горно-таёжных лесов // Строительство и природообустройство: сб. науч. тр. ДальГАУ. – Благовещенск, 2014. – Вып. 1. – С. 91–95.
5. Геологический отчёт о результатах работ / Н.Н. Петрук, М.Н. Шилова, С.А. Козлов [и др.]. – Благовещенск, 2006.
6. Родоманская С.А., Мурашова Е.Г. Дегумификация сельскохозяйственных земель Амурской области // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО. – Волгоград, 2014. – Т. 2. – С.105–109.



ИЗМЕНЧИВОСТЬ МАКРОСТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ, ВЫРАЩЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

В статье приведены результаты многолетних исследований автора о влиянии внесения удобрений в различных концентрациях и составах на качество сосновых искусственного происхождения. Установлены закономерности роста и развития сосновых насаждений, а также срок действия удобрений на растение. Определены оптимальные нормы расхода удобрений для выращивания качественного леса.

Ключевые слова: удобрение, сосна, лесные культуры, азот, фосфор, калий, макроструктура древесины.

A.M. Antonov

THE WOOD MACROSTRUCTURE VARIABILITY OF THE PINE GROWN WITH THE FERTILIZER USE

The results of the author's long-term research about the influence of the fertilizer introduction in various concentrations and compositions on the quality of the artificial origin pine forests are given in the article. The regularities of the pine planting growth and development, and the period of the fertilizer impact on the plant are determined. The optimum consumption rates of fertilizers for the qualitative wood cultivation are defined.

Key words: fertilizer, pine, forest cultures, nitrogen, phosphorus, potassium, wood macrostructure.

Введение. Объектами применения минеральных удобрений являются естественные и искусственные насаждения, начиная с момента их создания и заканчивая возрастом рубки, лесосеменные участки и плантации, насаждения на осушенных болотах и т.д. Цели использования удобрений разнообразные: повышение приживаемости и сохранности лесных культур, ускорение сроков смыкания их полога, повышение устойчивости насаждения в стадии жердняка, увеличение выхода крупных сортиментов при рубках ухода, повышение общего запаса древесины к возрасту главной рубки, повышение урожая семян у древесных пород на селекционных участках и плантациях. Если соблюдать основные требования (четко поставленную конечную цель, выбор объектов, установление оптимальных доз и сочетание удобрений, технологию внесения минеральных удобрений) при применении минеральных удобрений, можно получить большой лесоводственный (биологический) эффект.

В настоящее время в практике лесного хозяйства минеральные удобрения в основном используются для получения дополнительного прироста древесины в средневозрастных, приспевающих и спелых хвойных насаждениях и стимулирования плодоношения на лесосеменных плантациях и участках. Опыт применения удобрений на этих объектах указывает на лесоводственную и экономическую эффективность, хотя все зависит от ареала произрастания и агротехники создания. Изучение сосновок весьма актуально в современное время, что отражено в работах ряда ученых [Изучение роста ..., 2013], исследования которых показали, что с помощью удобрений можно получить дополнительно 20 м³/га и более древесины. Лесоводственный эффект от удобрений усиливается, если подкормку насаждений сочетать с рубками ухода [Серый, Бахвалов, 1979; Клинов, 1981; Шумаков, Федорова, 1970].

Экономическая эффективность не всегда совпадает с лесоводственным (биологическим) эффектом, особенно когда применяют удобрения при посадке лесных культур, а также в первые годы их роста, для повышения приживаемости растений.

Внесение дополнительных питательных веществ в культуру старшего возраста необходимо для улучшения роста и получения дополнительного прироста древесины. Исследования показывают, что в молодняках внесение удобрений одновременно с проведением рубок ухода экономически эффективно. Это мероприятие может увеличить продукцию промежуточного пользования лесом и несколько сократить сроки выращивания крупномерной древесины, что относится также и к средневозрастным насаждениям.

Цель исследований. Изучить влияние внесения удобрений на таксационные показатели сосновка искусственного происхождения и на качество древесины через макроструктурные показатели.

Методика и результаты исследований. Влияние внесения удобрений на показатели макростроения древесины было исследовано нами на 39-летнем сосновке черничнике на территории Емцовского учебно-

опытного лесхоза (САФУ) на участке «Новая земля». Таксационная характеристика культур и варианты опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты исследования 39-летних культур в сосняке черничнике на опытном участке «Новая земля»

№ п/п	Вариант опыта	Дата поста- новки опыта	Элемент леса	Средние		Класс бонитета	Коли- чество деревьев, шт/га	Запас, м ³ /га
				D, см	H, м			
Возраст 15 лет (до закладки опыта в 1982 г.)								
23	100N	28.05.1982	Сосна	2,5±0,03	2,75	IV	6740	-
A	75P	22.06.1983	Сосна	2,4±0,03	2,7	IV	5735	-
Б	100N75P 75K	29.05.1983	Сосна	2,5±0,03	2,7	IV	7564	-
Г	Вырублена вся береза	13.06.1982	Сосна Береза	2,4±0,03 1,3±0,04	2,6 1,8	IV	8350 9150	-
Возраст 19 лет (июнь 1986 г.)								
23	100N	28.05.1982	Сосна Береза	3,7±0,1 2,0±0,04	4,2 3,3	IV	7735 3835	25,6
A	75P	22.06.1983	Сосна Береза	3,2±0,04 1,7±0,03	3,6 2,6	IV	8364 3717	19,6
Б	100N75P 75K	29.05.1983	Сосна Береза	3,3±0,04 2,0±0,05	3,5 3,0	IV	10250 5291	25,3
Г	Вырублена вся береза	13.06.1982	Сосна Береза	3,2±0,04 1,0±0,04	3,3 1,9	IV	9360 426	19,3
Д	Контроль	-	Сосна Береза	3,0±0,05 2,2±0,06	3,3 3,5	IV	7336 6284	13,8
Возраст 25 лет (июнь 1992 г.)								
23	100N	28.05.1982	Сосна Береза	5,8 3,5	6,3 4,3	III	3552 1164	64,7
A	75P	22.06.1983	Сосна Береза	5,7 3,7	6,3 4,5	III	2882 2470	43,2
Б	100N75P 75K	29.05.1983	Сосна Береза	3,9 3,8	4,8 4,5	IV	4708 2083	48,3
Г	Вырублена вся береза	13.06.1982	Сосна Береза	4,9 1,1	5,7 2,3	III	5740 720	63,5
Д	Контроль	-	Сосна Береза	4,5 3,3	5,3 4,2	III	4969 3886	42,1
Возраст 39 лет (июль 2006 г.)								
23	100N	28.05.1982	Сосна Береза	9,1± 0,4 5,3± 0,4	13,0 8,5	II	2450 1053	120,0
A	75P	22.06.1983	Сосна Береза	8,2±0,2 5,0±0,3	12,5 8,3	III	3150 1457	140,0
Б	100N75P 75K	29.05.1983	Сосна Береза	7,8±0,4 5,2±0,3	12,2 8,4	III	3008 1789	111,0
Г	Вырублена вся береза	13.06.1982	Сосна Береза	7,2±0,4 3,1±0,2	11,8 6,0	III	2675 417	98,0
Д	Контроль	-	Сосна Береза	7,4±0,4 5,2±0,3	12,0 8,4	III	1800 3526	63,0

Данные табл. 1 показывают, что действительно внесение удобрений эффективно сказывается на изменчивости основных таксационных показателей. Отношение текущего диаметра к диаметрам предыдущих лет отражено в табл. 2

Таблица 2

Таблица эффективности действия удобрений, выраженная через отношение текущего диаметра к диаметру предыдущих лет

Пробная площадь (п.п)	Отношение текущего диаметра к диаметру предыдущих лет									
	Диаметр в 1982 г.	Диаметр в 1986 г.	Отношение к 1982 г.	Диаметр в 1992 г.	Отношение к 1982 г.	Отношение к 1986 г.	Диаметр в 2006 г.	Отношение к 1982 г.	Отношение к 1986 г.	Отношение к 1992 г.
23	2,5	3,7	1,2 48	5,8	3,3 132	2,1 57	9,1	6,6 264	5,4 146	3,3 57
23А	2,4	3,2	0,8 33	5,7	3,3 132	2,5 78	8,2	5,8 242	5,0 156	2,5 44
23Б	-	3,3	-	3,9	-	0,6 19	7,8	-	4,5 136	3,9 100
23Г	2,4	3,2	0,8 33	4,9	2,5 104	1,7 53	7,2	4,8 200	4,0 125	2,3 47
23Д	-	3,0	-	4,5	-	1,5 50	7,4	-	4,4 147	2,9 64

Примечание. В числителе – численное значение, в знаменателе – в процентах.

Данные табл. 2 показывают, что на контроле (п.п. 23Д) по отношению к 1982 г. в 1986 г. диаметр сосны увеличился на 1,5 см (50 %), в 1992 г. – на 4,4 см, или 147 %, тогда как на участка с удобрениями эти показатели намного больше. И это действие длится лишь 10 лет, что объясняется сроками действия удобрений. Сроки действия удобрений на ширину годичного слоя приведены на рис. 1–5. Для выявления данной закономерности были построены графики изменчивости ширины годичного слоя по годам по усредненным данным и выровнены методом средней скользящей.

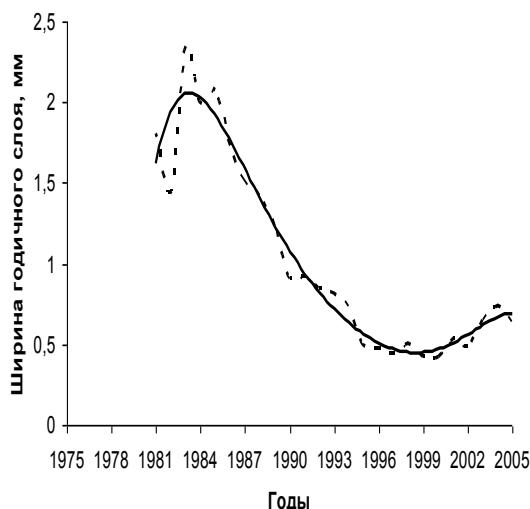


Рис. 1. Влияние внесения удобрения (100 Н кг/га д.в.) на ширину годичного слоя (п.п. 23): (---) – изменение ширины годичного слоя по годам; (—) – выровненное изменение ширины годичного слоя методом средней скользящей

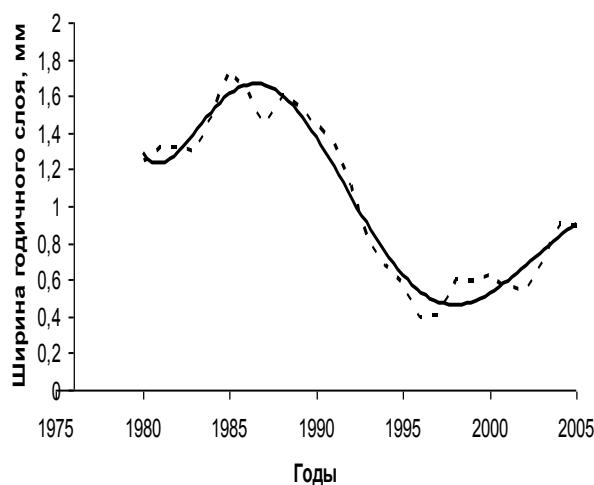


Рис. 2. Влияние внесения удобрения (75 Н кг/га д.в.) на ширину годичного слоя (п.п. А): (---) – изменение ширины годичного слоя по годам; (—) – выровненное изменение ширины годичного слоя методом средней скользящей

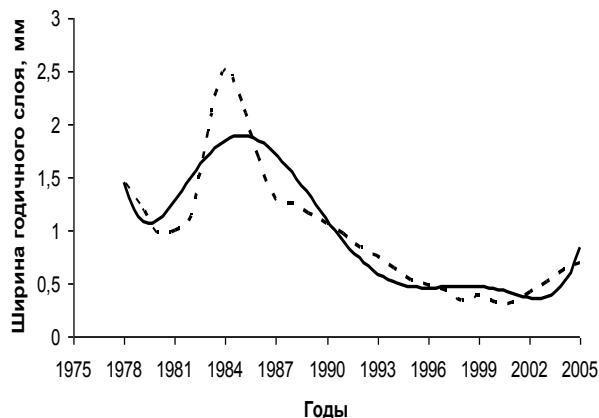


Рис. 3. Влияние внесения удобрения (100 N75P75K кг/га д.в.) на ширину годичного слоя (п.п. Б): (---) – изменение ширины годичного слоя по годам; (—) – выровненное изменение ширины годичного слоя методом средней скользящей

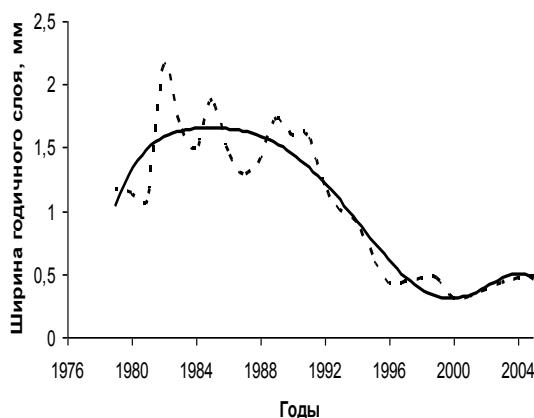


Рис. 4. Влияние лесоводственного ухода (вырублена вся береза) на ширину годичного слоя (п.п. Г): (---) – изменение ширины годичного слоя по годам; (—) – выровненное изменение ширины годичного слоя методом средней скользящей

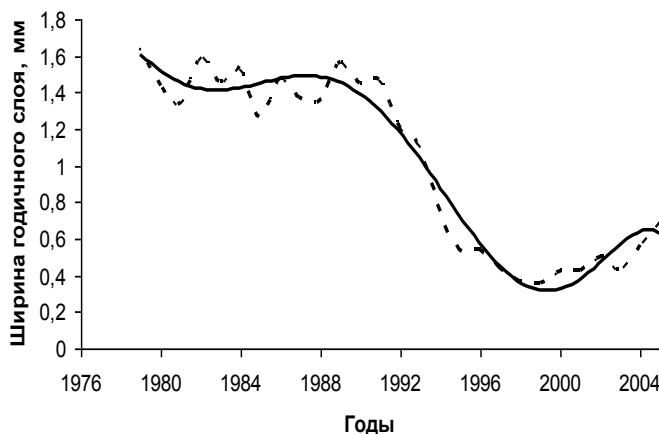


Рис. 5. Изменение ширины годичного слоя на контроле (п.п. Д): (---) – изменение ширины годичного слоя по годам; (—) – выровненное изменение ширины годичного слоя методом средней скользящей

Анализируя данные по срокам действия удобрений на ширину годичного кольца, мы можем утверждать, что при внесении удобрений ширина годичного кольца увеличивается, причем действие удобрений начинается уже на следующий год после внесения в 1983 и 1984 гг. и продолжается до 1988–1990 гг., таким образом, действие удобрений длится 5–6 лет (см. рис. 1–3), что подтверждается исследованиями ученых [Серый, Бахвалов, 1979; Победов, Лебедев, Булавин 1980]. Влияние лесоводственного ухода (вырубка всей березы на участке) начинает действовать в этот же год и длится 2–3 года (см. рис. 4.), тогда как на контроле (рис. 5.) ширина годичного кольца на протяжении всех этих лет остается практически постоянной, а с 1992 по 1993 г. на всех участках опыта происходит снижение ширины годичного слоя, что может быть обусловлено возрастными изменениями.

По поводу изменения макроскопических показателей древесины на фоне контроля (табл. 3) можно отметить, что проведение лесоводственных уходов (вырубка всей березы) и внесение минеральных удобрений с различными нормами по действующему веществу повлекло за собой уменьшение содержания процента поздней древесины, что непосредственно отражается на физико-механических свойствах и на анатомическом строении. Изучение макроструктуры проводилось нами с помощью оптико-дигитальной установки [Дигитальный метод ..., 2007]. Таксация пробных площадей осуществлялась согласно общепринятым методикам.

Таблица 3

Изменчивость показателей макростроения при внесении удобрений (кг/га по д.в.) и лесоводственном уходе

Показатель	Номер пробной площади				
	23	А	Б	Г	Д
100 N, кг/га д.в.	75Р, кг/га д.в.	100 N75Р 75К, кг/га д.в.	Вырублена вся береза		Контроль
Процент поздней древесины, %	27,71±0,84	28,82±0,94	29,34±0,61	31,83±0,68	32,51±0,91
Ширина годичного слоя, мм	1,21±0,04	1,08±0,02	1,11±0,04	1,06±0,03	1,02±0,03
Число годичных слоев в 1 см, шт.	8,38±0,23	9,39±0,21	9,21±0,33	9,46±0,21	9,92±0,32

Из данных табл. 3 следует, что внесение только одного азотного удобрения 100 кг/га по д.в. уменьшает содержание процента поздней древесины на 4,8, или 17,3 %, увеличивает ширину годичного слоя на 0,19 мм, или 15,7 %, а также уменьшает число годичных слоев в 1 см на 1,54 шт., или 15,5 %. По содержанию поздней древесины различие данных достоверно ($t>3$). Значения показателей макроструктуры при внесении других видов удобрений и вырубке всей березы также снижаются по сравнению с контролем (п.п. Д). Подобная закономерность выявлена Ю.М. Бахваловым при исследовании естественных еловых древостоев, В.И. Мелеховым, Н.А. Бабичем и С.А. Корчаговым при исследовании искусственных насаждений сосны [Бахвалов, 1978; Мелехов, Бабич, Корчагов, 2003].

Заключение. Изменчивость показателей макростроения также отражается и на изменении элементов анатомического строения. Установлено, что в результате применения удобрений толщина стенок ранних трахеид уменьшается на 5–20 %. Однако это уменьшение наблюдается только у тех деревьев, которые характеризовались средним или быстрым ростом до применения удобрений. В отдельных случаях значительный прирост по радиусу происходит за счет увеличения числа рядов трахеид в годичном слое. Однако рубки ухода и внесение удобрений и комплексное проведение этих мероприятий в конечном итоге вызывают уменьшение содержания поздней древесины в годичном слое, что напрямую влияет на плотность древесины, а следовательно, и на ее качество.

Литература

1. Дигитальный метод изучения строения древесины /А.М. Антонов, Н.А. Бабич, Д.Ю. Коновалов [и др.] // Лесной журнал. – 2007. – № 2. – С. 53–58.
2. Бахвалов Ю.М. Влияние минеральных удобрений на анатомическое строение древесины ели // Материалы отчета сессии по итогам НИР за 1977 г./ АИЛХ. – Архангельск, 1978. – С. 55–56.
3. Клинов М.А. Влияние азотных удобрений на рост средневозрастных сосновых насаждений Карелии, пройденных рубками ухода // Система рубок в лесах Северо-Запада РСФСР. – Л., 1981. – С. 52–58.
4. Изучение роста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) в чистых и смешанных фитоценозах на супесчаной почве в условиях сухой степи / О.П. Ковылина, Н.В. Ковылин, Н.Н. Сычев [и др.] // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 6. – С.171–177.
5. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качество древесины сосны в культурах. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. – 110 с.
6. Победов В.С., Лебедев Е.А., Булавин И.М. Удобрение леса и охрана природы // ЦБНТИ Гослесхоза СССР. – М., 1980. – 44 с.
7. Серый В.С., Бахвалов Ю.М. Эффективность минеральных удобрений в сосняке брусничном, пройденном рубками ухода // Материалы годичной сессии по итогам науч.-исслед. работ за 1978 г. – Архангельск, 1979. – С. 52–54.
8. Чубисов Г.А., Москалева С.А. Влияние комплексных уходов на анатомические свойства древесины сосны // Лесоводственно-экономические вопросы воспроизводства лесных ресурсов Европейского Севера: сб. науч. тр. СевНИИЛХ. – Архангельск, 2000. – С. 74–82.
9. Шумаков В.С., Федорова Е.Л. Применение минеральных удобрений в лесу. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 89 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) КАК БИОИНДИКАТОРА СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ХАКАССКО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В статье приводится качественный анализ состояния окружающей среды с использованием лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в качестве биоиндикатора. Выявлены различия морфометрических показателей листового аппарата, согласованности радиального прироста и климатического отклика городской среды от природной.

Ключевые слова: лиственница сибирская, хвоя, климатический отклик, дендроиндикация, реперные годы.

O.V. Abramenko

THE USE OF SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) AS THE BIOINDICATOR OF THE URBAN PLANTING STATE IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE IN THE KHAKASS-MINUSINSK HOLLOW

The qualitative analysis of the environment condition using the Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) as a bio-indicator is given in the article. The differences of the leaf apparatus morphometric parameters, consistency of radial growth and urban environment climate response from natural environment is revealed.

Key words: Siberian larch, needles, climate response, dendroindication, reference years.

Введение. Выявление видов-индикаторов, отражающих изменения в экологической обстановке, до сих пор остается приоритетным направлением в исследованиях, касающихся установления качественных связей между видами и определяющим фактором воздействия. Одним из направлений в данной области является дендроиндикация [1]. Наиболее удобными биоиндикаторами атмосферного загрязнения среды остаются хвойные деревья, так как они отличаются высокой чувствительностью к повышенным концентрациям токсических веществ в окружающей среде [2, 3]. В городских условиях хвойным деревьям необходимы дополнительные затраты для компенсации воздействия стрессовых факторов, что снижает интенсивность роста и репродукцию биомассы [4, 5].

Республика Хакасия расположена в зоне повышенного природного потенциала загрязнения атмосферы, который характеризуется частой повторяемостью штилей и приземных инверсий, что затрудняет рассеивание вредных веществ и способствует их накоплению в атмосфере. Анализ проб атмосферного воздуха на содержание вредных веществ свидетельствует о неблагополучии экологической обстановки в г. Абакане [6].

В качестве биоиндикатора состояния природной среды в г. Абакане выбрали лиственницу сибирскую (*Larix sibirica* Ledeb.), обладающую высокой чувствительностью к стрессовым воздействиям городской среды [7].

Цель исследований. Выявить возможность использования для качественной оценки состояния окружающей среды лиственницу сибирскую в качестве биоиндикатора в условиях лесостепной зоны Хакасско-Минусинской котловины.

Материалы и методы исследований. Материалом для исследований послужили данные дендрохронологической станции в черте города Абакана и дендростанции «Биджа» (контрольный вариант), находящейся в 53 км к северо-западу от г. Абакана (с наветренной стороны от основных промышленных центров) в лесостепной зоне Усть-Абаканского района Хакасии. Анализ природно-климатических условий дендростанций показал их сходство. Исследуемый район относится к Алтае-Саянской области умеренного пояса с резко континентальным и засушливым климатом. Для оценки влияния климата на динамику прироста деревьев использованы ежемесячные данные ближайшей метеостанции «Хакасская» (#29862, 53°46' с.ш. 91°19' в.д.) за период 1959–2012 гг. На климатограмме (рис. 1) показано распределение осадков и температуры в течение года.

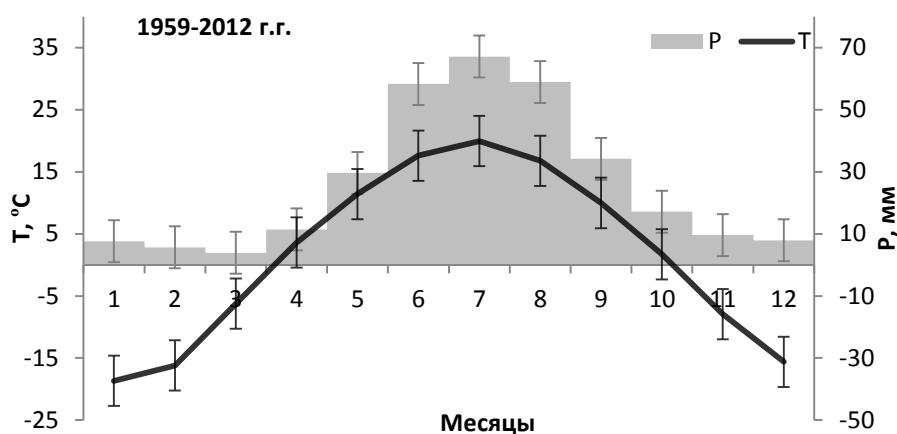


Рис. 1. Климатограмма исследуемого района в период 1959–2012 гг. (планками погрешностей показаны стандартные отклонения температуры и осадков)

Для исследования изменчивости радиального прироста и морфологических характеристик хвои в зависимости от степени загрязненности воздуха были выбраны по 15 модельных деревьев на каждой дендростанции, с каждого дерева взяты по 15 кернов и по 15 образцов хвои. Сбор, транспортировка, обработка кернов, измерение и стандартизация ширины годичных колец проводились по стандартным методикам, используемым в дендрохронологии [8]. Морфометрические показатели хвои измеряли на установке LINTAB-5 «RINNTECH» (Германия). Ширина хвоинок была измерена в пятикратной повторности (равномерно по длине хвоинки) и затем усреднена. Длину измеряли с учетом изгиба хвоинки.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ индивидуальных древесно-кольцевых хронологий показал, что процент выпавших колец на дендростанции в Абакане больше, чем на дендростанции «Биджа» (1,7 и 1,1 % соответственно). Поскольку природно-климатические условия на исследуемых дендростанциях однородны, можно сделать вывод, что количество выпавших колец увеличивается при антропогенной нагрузке и может служить одним из показателей качества среды, тем более, что на дендростанции «Биджа» выпавшие кольца могут быть обусловлены не только неблагоприятными погодными условиями, но и пирогенным фактором (лесными пожарами), который в Абакане практически исключен.

Значения коэффициента чувствительности и выраженного сигнала популяции для обеих хронологий достаточно высоки (около 0,3 и более 0,85 соответственно), следовательно, хронологии пригодны для дендроклиматического анализа (табл. 1).

Таблица 1
Статистические характеристики локальных индексированных хронологий в период 1951–2012 гг.

Показатель	Дендростанция г. Абакан	Дендростанция «Биджа»
Стандартное отклонение, SD	0,32	0,23
Коэффициент чувствительности, Kr	0,34	0,29
Средний межсерийный коэффициент корреляции, R	0,28	0,45
Отношение сигнала к шуму, SNR	5,79	12,34
Выраженный сигнал популяции, EPS	0,85	0,93

Стандартное отклонение и коэффициент чувствительности индексов радиального прироста в Абакане выше, что указывает на большую изменчивость, вызванную внешними факторами, в том числе и антропогенными. Однако межсерийные коэффициенты корреляции, отношение сигнала к шуму и выраженный сигнал популяции в городских насаждениях ниже, что может быть вызвано неоднородностью антропогенной нагрузки в различных частях города. Между индексированными локальными хронологиями двух дендростанций существует положительная корреляционная связь ($R = 0,34$), что объясняется наличием сходного климатического сигнала.

При сравнении индивидуальных хронологий были выделены годы минимального и максимального прироста у большей части деревьев – реперные годы. На дендростанции «Биджа» за период 1951–2012 гг. количество реперных лет больше, чем в Абакане, что объясняется согласованностью приро-

ста в отсутствие антропогенной нагрузки. Тем не менее значительная часть реперных лет совпадает для обеих станций (около 55 % от общего количества в Абакане как для максимумов, так и для минимумов прироста) и, следовательно, имеет климатическую природу.

Расчет коэффициентов корреляции остаточных хронологий со среднемесячными климатическими переменными показал, что в лесостепной природной зоне на погодичную изменчивость радиального прироста влияют температуры и осадки нескольких периодов (рис. 2). В целом для обеих дендростанций наблюдается значимое положительное влияние осадков и отрицательное влияние температур первой половины сезона роста, именно это влияние обуславливает корреляции между хронологиями дендростанций г. Абакана и «Биджа». Однако наблюдаются и индивидуальные климатические реакции, обусловленные как более северным расположением дендростанции «Биджа», так и микроклиматическими различиями, характерными для городской среды в г. Абакане.

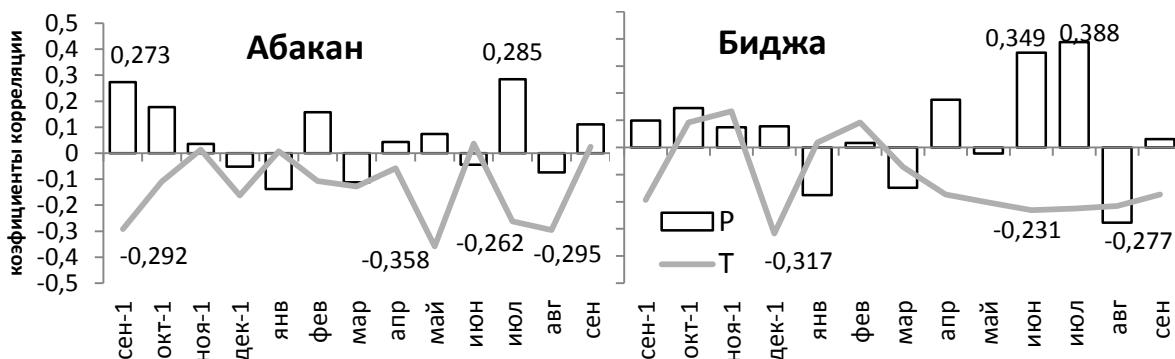


Рис. 2. Коэффициенты корреляции индексированных хронологий с климатическими факторами за 1959–2012 гг. (подписаны коэффициенты, значимые на уровне $p \leq 0,10$)

На дендростанции «Биджа» погодные условия в мае не оказывают значимого влияния, так как формирование древесины начинается несколько позже, чем в г. Абакане. Сочетание положительного воздействия осадков и отрицательного (иссушающего) температур в июне–июле характерно для лесостепной зоны при континентальном климате. В августе наблюдается отрицательное воздействие осадков, которое можно объяснить тем, что в отдельные годы осадки августа достигают 120–150 мм, что является избыточным для древостоя, адаптированного к умеренному увлажнению, и угнетает процессы роста; при исключении же этих экстремальных лет взаимосвязи радиального прироста лиственницы с осадками не наблюдаются. Угнетение радиального прироста после зим с высокой температурой декабря (выше -10°C) может быть вызвано стаиванием большей части снежного покрова во время оттепелей, которое впоследствии приводит к промерзанию почвы и повреждению поверхностной корневой системы лиственницы.

В Абакане, как видно по наличию значимого влияния погодных условий в мае и сентябре, формирование древесины лиственницы начинается раньше, а заканчивается позднее. Это связано с повышением температуры, характерным для городского микроклимата [9]. Кроме того, в городе почвы более бедные, чем в природных условиях, что приводит к необходимости накопления ассимилятов в конце вегетационного сезона (сентябрь) и к повышению значимости климата в этот период. Отсутствие негативного влияния избытка осадков в сентябре может быть связано с наличием в городе ливневой канализации, а таяние снегового покрова при оттепелях в начале зимы компенсируется позднее распространенной в городе практикой складирования снега, убранного с дорожного полотна, а также в зоне зеленых насаждений.

При осмотре хвои исследованных деревьев было замечено, что на дендростанции в г. Абакане на 30–40 % хвоинок присутствуют однотипные точечные повреждения — хлорозы (осветленные или поменявшие цвет участки ткани, образующиеся при нарушениях биосинтеза хлорофилла и пластидного аппарата), появление которых связано с повышенной запыленностью от интенсивного дорожного движения в городе и печного отопления частного сектора, где непосредственно находится дендростанция. На дендростанции «Биджа» повреждения хвои не наблюдаются. Данные морфологические изменения наряду с размерами хвои могут быть использованы для биоиндикации, так как длина хвои варьирует от индивидуальных и возрастных особенностей того или иного дерева [10]. Многие исследования показывают, что значительно снижены ростовые процессы побегов хвойных пород, подвергающихся действию атмосферного загрязнения. Так, под действием нитратов хвоя удлиняется, под действием SO_2 — укорачивается, соединения серы отрицательно влияют на размеры хвои [3, 7]. По результатам наших исследований видно, что воздействие городской сре-

ды отрицательно сказывается на ростовых процессах в хвое лиственницы: в среднем длина и площадь хвои в Абакане меньше, чем в контрольной зоне, при тех же значениях ширины хвоинки (табл. 2).

Таблица 2
Средние значения и стандартные отклонения морфометрических показателей хвои

Показатель	Дендростанция г. Абакан	Дендростанция «Биджа»
Длина хвоинки, мм	$29,4 \pm 5,3$	$31,7 \pm 7,8$
Ширина хвоинки, мм	$0,69 \pm 0,12$	$0,68 \pm 0,13$
Max длина хвоинки, мм	44,61	50,00
Min длина хвоинки, мм	18,73	18,46
Max ширина хвоинки, мм	1,07	1,04
Min ширина хвоинки, мм	0,39	0,35
Площадь поверхности хвоинки, мм^2	$20,8 \pm 7,4$	$22,7 \pm 9,8$

Показатель точности для обеих выборок меньше 5 % [11]. Значит, можно сделать вывод о достаточно высокой точности полученных данных. Уровень достоверности различий данных выборок рассматривался по критерию Колмогорова-Смирнова (наблюданное значение статистики равно 0,896 при уровне значимости $\alpha = 0,05$) [12]. Расчеты показали, что нет оснований для заключения о наличии существенных различий в длине хвои на двух изученных дендростанциях.

Известно, что в однородных условиях у более молодых деревьев наблюдаются большие размеры ассимиляционного аппарата [3], однако в данном случае наблюдается обратная картина. Эта тенденция хорошо просматривается на графике зависимости длины от ширины хвои. Такую разницу можно объяснить действием загрязняющих веществ, например, действием бенз(а)пирена и взвешенных веществ от прилегающей автотрассы, а также действием соединений серы от печного отопления жилого сектора (рис. 3).

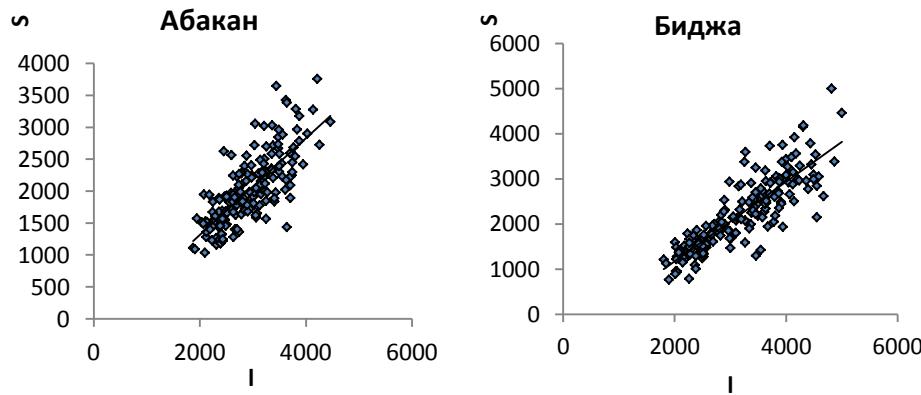


Рис. 3. Зависимость длины хвои от ее площади

Рассматривая изменчивость морфометрических показателей хвои лиственницы в зависимости от антропогенной нагрузки, можно отметить, что в городских условиях среднестатистические морфометрические показатели хвои меньше за счет влияния загрязняющих веществ.

Заключение. Для качественной оценки состояния окружающей среды возможно использовать лиственницу сибирскую в качестве биоиндикатора в условиях лесостепной зоны Хакасско-Минусинской котловины. Это подтвердили такие показатели, как морфометрические показатели листового аппарата хвойных, а также тот факт, что в городских условиях согласованность радиального прироста различных деревьев уменьшается, как и сами значения ШГК, за счет влияния загрязняющих веществ. Климатический отклик изменяется вследствие микроклиматических отличий городской среды от природной, когда как основными лимитирующими климатическими факторами, действующими на двух дендростанциях, являются избыточная и недостаточная увлажненность в отдельные месяцы года, малоснежные зимы, высокая температура в начале вегетации.

Литература

1. Трансформация климатического отклика в радиальном приросте деревьев в зависимости от топологических условий их произрастания / Е.А. Бабушкина, А.А. Кнорре, Е.А. Ваганов [и др.] // География и природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 159–166.
2. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных. – Новосибирск: Наука, 2000. – 232 с.
3. Dässler H.G. Reaktionen von Gehölzen auf Immissionen und Schlußfolgerungen für den Anbau // Begründung in Industriegebieten: Ref. d. VII. Detrol. Kongr. soz. Länder 29. Jun ibis 3. Juli 1979 in Dresden. – 1981. – Р. 31–36.
4. Кузьмичев В.В., Авдеева Е.В. Реакция лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb) на техногенные воздействия городской среды // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – № 1. – С. 36–42.
5. Матвеев С.М. Дендроиндикация состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи: монография. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. – 272 с.
6. О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2011 году: докл. – Абакан, 2012. – 126 с.
7. Собчак Р.О. Диагностика состояния видов хвойных в зонах техногенного загрязнения Республики Алтай // Вестн. ТГУ. – 2009. – № 325. – С. 185–190.
8. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособие / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, А.В. Кирдянов [и др.]. – Красноярск, 2000. – 80 с.
9. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект: монография. – Ижевск, 2012. – 206 с.
10. Абраменко О.В., Бабушкина Е.А., Кропачёва Ю.А. Индикация состояния городских насаждений на юге Сибири по морфометрическим показателям хвои лиственницы сибирской // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2013. – Вып. 35. – С. 31–34.
11. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
12. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 543 с.



УДК 630.3:002/764:002

Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.С. Болотова

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ОСВОЕНИЯ ЛЕСОВ С ПОЗИЦИИ ЛОГИСТИКИ

В статье рассматривается необходимость системного подхода при решении задач, возникающих на пути материального потока от лесозаготовок до конечного потребителя.

Ключевые слова: оптимизация освоения лесов, расчетная лесосека, тип дорожного покрытия, грузосборочный участок, схема доставки, выбор транспортных средств.

Yu.M. Eldeshtejn, O.V. Bolotov, A.S. Bolotova

**THE SOLUTION TO THE OPTIMIZATION PROBLEM OF THE FOREST DEVELOPMENT
IN THE VIEW OF LOGISTICS**

The necessity for the system approach in the solution of the tasks arising on the material stream way from logging to the end user is considered in the article.

Key words: optimization of forest development, rated cutting area, road surface type, cargo assembly site, scheme of delivery, choice of vehicles.

Основная цель логистики состоит в минимизации затрат ресурсов и времени путем оптимального сквозного управления материальными и информационными потоками на пути от первичного источника до конечного потребителя. Принцип системности предполагает формирование интегрированной системы управления материальными потоками в рамках производственно-сбытовой системы. Системный подход в логистике предполагает рассмотрение хозяйствующих субъектов как комплекса взаимосвязанных подсистем. В этих усло-

виях принятие частных решений без учета общих целей функционирования системы и предъявляемых к ней требований может оказаться недостаточным, а возможно и ошибочным. На рис. 1 приведен пример логистической цепи мультимедийной доставки лесопродукции конечным потребителям.

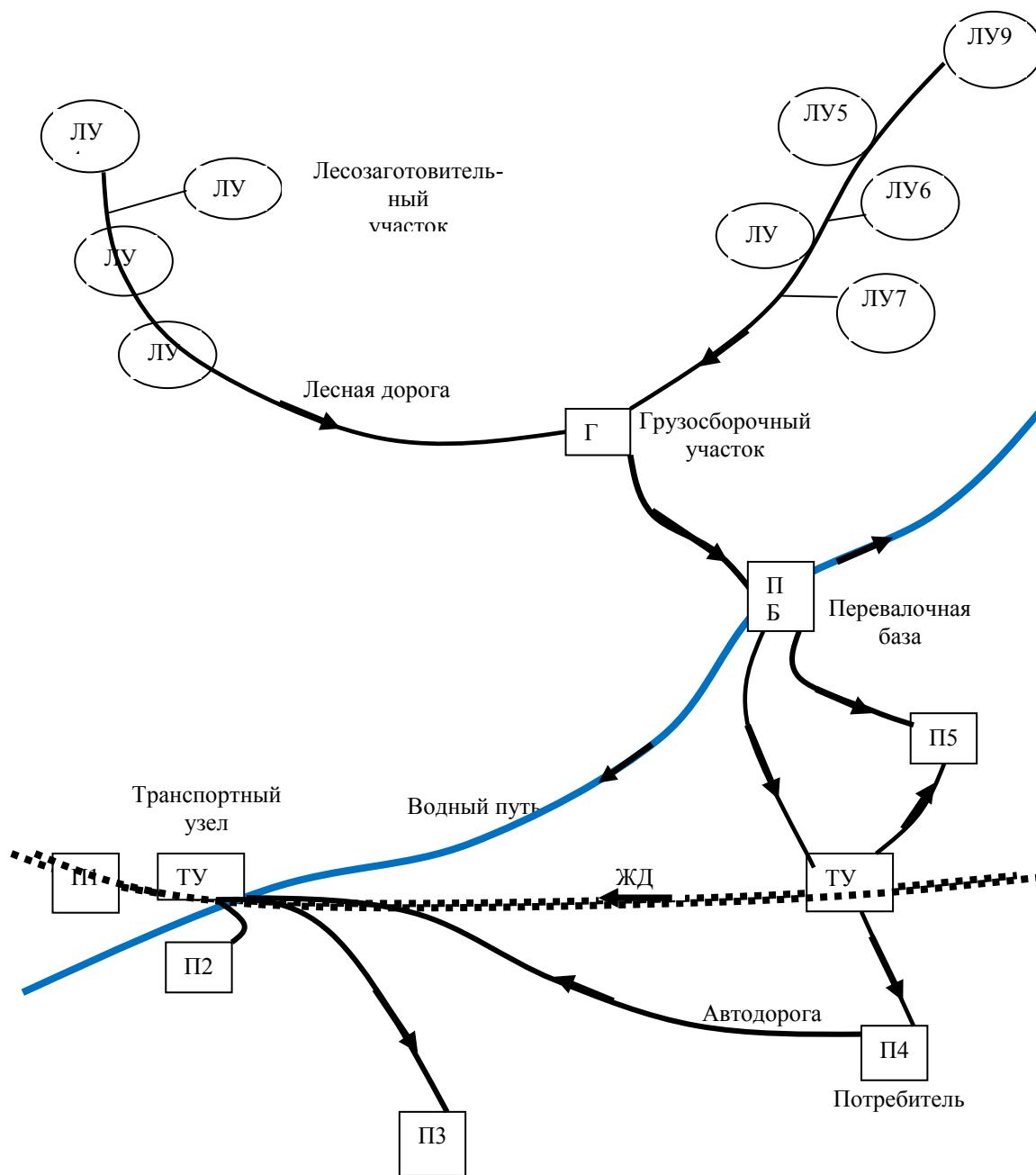


Рис. 1. Пример логистической цепи доставки лесных грузов потребителям

Современные требования лесного законодательства России и сертификация лесоуправления и лесопользования требуют организацию экологически и экономически сбалансированного, устойчивого лесопользования. По сути это та же система прослеживания и оценки всей цепочки движения лесной продукции от лесозаготовителя к потребителю, как и в системе транспортной логистики, но с точки зрения законодательной базы, экологии и охраны окружающей среды. При этом оцениваются и леса и лесная продукция на соответствие всем принципам и критериям устойчивого лесопользования.

Поэтому, прежде всего, нами была разработана, испытана и внедрена в проектную практику математическая модель [1, 2, 3, 4, 5, 7, 11] и соответствующее программное обеспечение [10] оптимизации величины расчетной лесосеки.

$$\sum_{p=1}^P X_{m+1;p} - \sum_{p=1}^P X_{m;p} \geq 0, \quad (m = \overline{1, d}; p = \overline{1, P}); \quad (1)$$

$$X_{m+1;p} - X_{m;p} \geq 0, \quad (m = \overline{1, d}; p = \overline{1, P}); \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^m X_{k;p} \leq \sum_{k=1}^m \eta_{g-k+1;p} \mu_{g-k+1;p} S_{g-k+1;p}^1 + \alpha \eta_{g-k+1;p} \mu_{g-k+1;p} S_{g-m;p}^1 \\ (m = \overline{1, d-1}, d < g; p = \overline{1, P}); \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{i;p} - \alpha_p \beta_p X_{d-g+1;p} - \beta_p \sum_{j=1}^{m-g} X_{j;p} \leq \sum_{i=1}^g \eta_{g-k+1;p} \mu_{g-k+1;p} S_{i;p}^1; \quad (m = \overline{g, d}; d \geq g; p = \overline{1, P}); \quad (4)$$

$$(1 - \alpha) \beta_p X_{p;d-g} \geq S_p^{\min}; \quad (5)$$

$$\sum Z_p X_p \leq R, \quad (6)$$

$$F = \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^d X_{p;k} C_p \rightarrow MAX, \quad (7)$$

где p – номер хозяйственной секции; P – число хозяйственных секций; $X_{i;p}$ – расчетная лесосека i -го десятилетия p -й хозяйственной секции; $S_{i;p}$ – площадь лесосеки i -й возрастной градации p -й хозсекции; S_p^{\min} – минимально допустимая с экологической точки зрения площадь спелых лесов p -й хозяйственной секции; C_p – товарная продукция, которая может быть получена с 1 га p -й хозяйственной секции; α – коэффициент, характеризующий интенсивность перехода лесов из одной возрастной градации в другую; β – коэффициент лесовосстановления; γ и μ – коэффициенты, учитывающие вероятность риска потерь, связанных с пожарами и потерей от лесных вредителей; Z_p – затраты на 1 га лесосеки в j -м десятилетии; R – финансовые возможности предприятия.

Здесь ограничение (1) характеризует требование неубывания лесопользования, а ограничение (2) применяется только к лесосекам с хозяйственными ценными породами древесины, неубываемость которых с экономической и экологической точки зрения является весьма актуальной.

Для соблюдения требований о сохранении разнообразия видов необходимо исключить всякую возможность исчезновения некоторых пород в результате естественной или искусственной их смены, поэтому модель дополнена системой ограничений (5). В полученной модели в качестве целевой функции (7) принято требование не максимизации суммарной площади рубок, характерное для экстенсивного способа освоения природных ресурсов, а требование максимизации товарной продукции, более соответствующее интенсивному развитию и современным экономическим условиям.

Эта модель обеспечивает выполнение принципов непрерывного, неистощительного и неубывающего лесопользования. Однако, как показали наши исследования, ее использование без учета экономической и транспортной доступности ресурсов отдельных участков леса может дать неверные результаты при лесном планировании.

Анализ динамики лесовосстановления после рубок в нашей модели характеризуется коэффициентом β и основывается на результатах статистических исследований таких параметров, как что, где, когда и

сколько вырублено и, как что, где, когда и сколько восстановилось после рубок. Кроме того, в модели учитываются возможные потери лесных ресурсов от различных негативных факторов – коэффициенты δ и μ .

На этих данных основывается начальный этап прогнозирования динамики лесного фонда, что должно являться необходимой составляющей математической модели.

Такой подход является одним из основных факторов, определяющих экономическую доступность ресурсов отдельных участков леса. Поэтому решение задачи прогнозирования запасов весьма актуально и является непременным условием реального соблюдения принципа непрерывного неистощительного лесопользования [6, 12, 13].

Для решения этой задачи экспериментально-аналитическими методами нами выведены специальные формулы:

- для хвойных:

$$Z = (Z_t t_m^2) / (2t_m t_i - t_i^2) - (38,06 - 0,539t + 0,0189t^2) - 5,55 \cdot 10^{-3} \exp N - 20,6 / N + 7,21; \quad (8)$$

- для лиственных:

$$Z = (Z_t t_m^2) / (2t_m t_i^2) - 1 / (25,89 \cdot 10^{-6} t^2 + 20,63 \cdot 10^{-3}) - (5,55 \cdot 10^{-3} \exp N - 20,6 / N + 7,21), \quad (9)$$

где Z – прогнозируемый запас древесины на момент рубки; Z_t – запас древесины на лесоучастке по таксационным данным; t_m – возраст рубки; t – возраст древостоя на лесоучастке; N – ранг породы.

Они позволяют для любого участка леса при известном исходном возрасте древостоев только по одному измерению среднего фактического запаса древесины (при любом породном его составе и бонитете) прогнозировать этот запас к моменту рубки. Испытание этой формулы по таблицам хода роста дали положительные результаты. Величина расчетной лесосеки, на наш взгляд, должна определяться с учетом экономической доступности лесных ресурсов, а не их наличия как такового, существующих и проектируемых транспортных путей, что практически отсутствует в современной практике. Определение расчетной лесосеки [2, 3, 4, 6, 8, 9, 14, 15] без учета экономической доступности участков лесного фонда приводит к получению значительно завышенных результатов. В частности, по некоторым оценкам, около половины эксплуатационных лесов Сибири являются недоступными по экономическим показателям. По Красноярскому краю доступными являются только около 30–50 %.

С другой стороны, оптимизация величины расчетной лесосеки должна производиться в тесной взаимосвязи с (определением) задачей экономической доступности и оптимизации транспортной схемы сети лесных дорог, с учетом очередности введения в эксплуатацию отдельных ее участков. В то же время интенсивность строительства дорог определяется финансовыми возможностями арендатора, напрямую зависящими от величины прибыли, которая может быть получена от реализации лесопродукции.

Нами разработана графоаналитическая модель и программное обеспечение [19, 20] автоматизированного проектирования оптимальной транспортной схемы лесных дорог, основанная на теории графов. Каждый участок леса представлен в виде вершины графа, а все возможные дороги, соединяющие эти участки леса, – ребра графа.

В основу этой модели положен алгоритм построения минимального покрывающего дерева. Данная модель позволяет учитывать наличие имеющихся дорог, топографические особенности местности (наличие рек, озер, болот, гор и пр.), экономическую доступность отдельных лесных участков. Для реализации данной модели было разработано соответствующее программное обеспечение, прошедшее апробацию и государственную регистрацию [8, 9].

На рис. 2 приведен упрощенный пример оптимальной транспортной схемы, полученной на базе вышеуказанной графоаналитической модели, где кружками с цифрами указаны условные участки леса. 11-й и 23-й участки леса не связаны с другими дорогой, так как в силу ряда причин (большая удаленность, небольшие запасы древесины, ее низкое качество и пр.) их разработка экономически нецелесообразна.

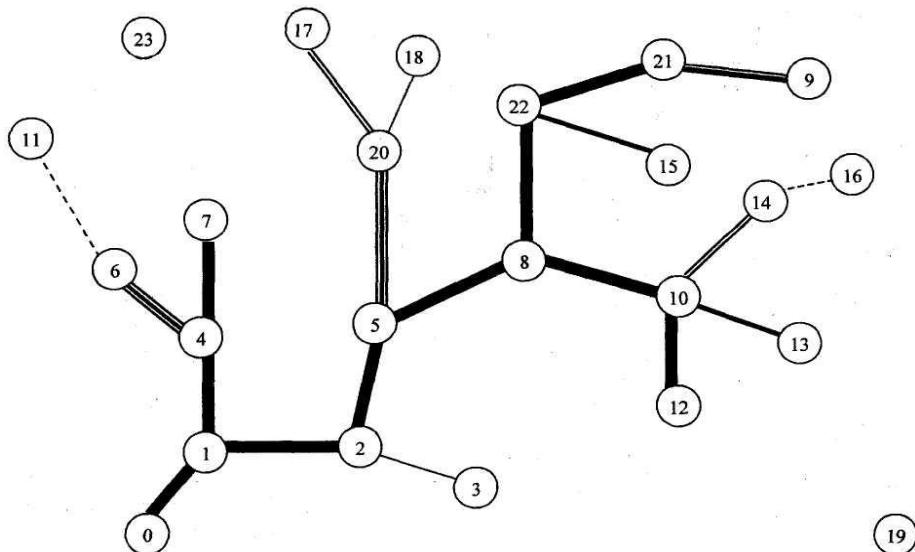


Рис. 2. Пример оптимальной транспортной схемы сети:

- дороги, ведущие к спелым и перестойным лесам (ввод в эксплуатацию этих дорог может понадобиться в первом расчетном периоде);
- дороги, ведущие к приспевающим лесам (ввод в эксплуатацию этих дорог может понадобиться во втором расчетном периоде);
- дороги, ведущие к средневозрастным лесам второй группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в третьем расчетном периоде);
- дороги, ведущие к средневозрастным лесам первой группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в четвертом расчетном периоде);
- дороги, ведущие к молоднякам второй группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в пятом расчетном периоде);
- дороги, ведущие к молоднякам первой группы

Эта схема составлена только с учетом распределения насаждений по возрастным градациям, без учета величины расчетной лесосеки. В данном примере условно преобладают спелые и перестойные леса. Для простоты будем считать, что все лесосеки, охваченные транспортной схемой, равнозначны по своему количественному и качественному составу. Пусть, например, расчетная лесосека позволяет освоить в первое двадцатилетие не более четырех участков леса. Естественно предположить, что с экономической точки зрения осваивать следует в первую очередь ближайшие участки леса 1, 2, 4, 7, или 1, 2, 5, 8. Таким образом, даже в таком простом примере уже на первом этапе появляется два альтернативных варианта.

Критерием оптимальности этой подзадачи должно являться требование получения максимальной прибыли, т.е. строить нужно ту дорогу, которая принесет больший экономический эффект, так как это в следующий временной промежуток позволит интенсифицировать процесс создания необходимой транспортной сети. Однако при этом необходимо учитывать и перспективность выбиравшего направления. В данном примере дорога 1-2-5-8 совершенно необходима для дальнейшего освоения больших лесных массивов, в то время как дорога 1-4 позволит освоить только участки леса 6, 7 и 11, причем 11 понадобится только в весьма отдаленном будущем, так как хвойные насаждения на нем достигнут возраста рубки только через 100–120 лет.

Следует отметить, что экономическая недоступность отдельных лесосек может быть временной (рис. 2, участок 11), так как при увеличении возраста древостоя за пределы возраста рубки процесс увеличения запасов древесины продолжается, хотя прирост и замедляется. Это в свою очередь невозможно без решения задачи прогнозирования динамики лесного фонда. Следовательно, если при первоначальном расчете разработка некоторых лесосек оказывается нерентабельной, то это не означает, что они должны быть исключены из дальнейших расчетов. Очевидно их следует перевести в категорию "резервных" лесов. Совершенно очевидно, что уменьшение в результате этого реальных запасов лесного фонда на величину экономически недоступных участков леса требует перерасчета величины годичной лесосеки.

В некоторых случаях экономически целесообразным бывает устройство грузосборочных участков. Оптимизация их месторасположения определяется методом "условного центра масс" [16, 17, 18]:

$$\left. \begin{aligned} X_{opt} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i Z_i K_m}{\sum_{i=1}^n Z_i}; \\ Y_{opt} &= \frac{\sum_{i=1}^n Y_i Z_i K_m}{\sum_{i=1}^n Z_i}, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где X_{opt} и Y_{opt} – координаты грузосборочного участка; X_i и Y_i – координаты исходных пунктов; Z_i – запасы древесины на i -м лесоучастке; i – номер лесоучастка; n – число лесоучастков.

$$K_m = \frac{R_\phi}{R_h}, \quad (11)$$

где R_ϕ – фактический расход топлива на участке; R_h – нормативный расход.

При этом оптимизация транспортной схемы должна сопровождаться выбором мест расположения грузосборочных участков в местах смены транспортных средств.

Схема сети лесовозных дорог состоит из магистралей, веток и усов, отличающихся друг от друга величиной грузопотока, длительностью использования, а следовательно, качеством дорожного покрытия.

Очевидно, что чем выше качество дорожного покрытия, тем меньше затраты на вывозку. В то же время улучшение качества дорожного покрытия возможно только при существенном увеличении затрат на строительство дороги (рис. 3).

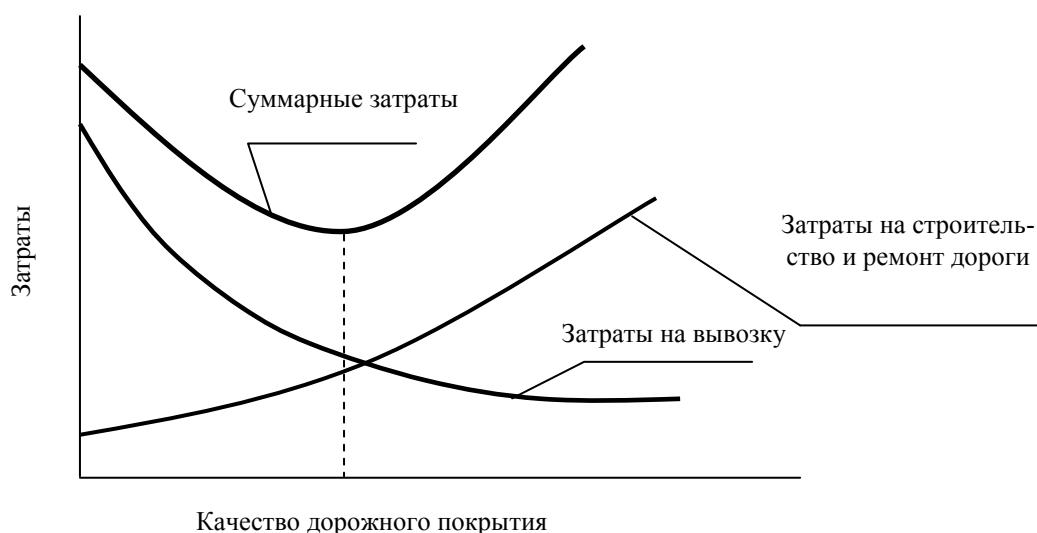


Рис. 3. Зависимость затрат от качества дорожного покрытия

Зависимость затрат на строительство и ремонт дороги от заданного ее качества видимо может быть описана уравнением (12):

$$Z_{np} = b + \exp(-a \cdot k), \quad (12)$$

где k – качество дорожного покрытия (качество дорожного покрытия количественно можно оценить, например, средней величиной сопротивления качению колес лесовоза или расходом топлива на 1 км пути); b – первоначальный минимум капитальных вложений на прокладку дороги, например, затраты на завоз техники к начальному пункту дороги; a – коэффициент, характеризующий эффективность капиталовложений.

Зависимость затрат на вывозку древесины от качества дороги можно описать функцией вида (13):

$$Z_{выв} = b + \exp(k \cdot d), \quad (13)$$

где d – коэффициент пропорциональности, определяемый эффективностью применяемой технологии.

Оптимальный уровень качества дорожного покрытия может быть определен из условия

$$\frac{dZ}{dp} = \frac{d(Z_{\text{пп}} + Z_{\text{выв}})}{dp} = 0, \quad (14)$$

где Z – суммарные затраты на прокладку дороги и вывозку древесины; p – количественная оценка качества дорожного покрытия.

Очевидно, что в точке, соответствующей минимуму суммарных затрат, необходимо изменить технологию прокладки пути, а в точке, соответствующей этому минимуму суммарных затрат, необходимо изменить технологию строительства дороги в сторону улучшения ее качества. На рис. 4 это изображено пунктирными линиями.

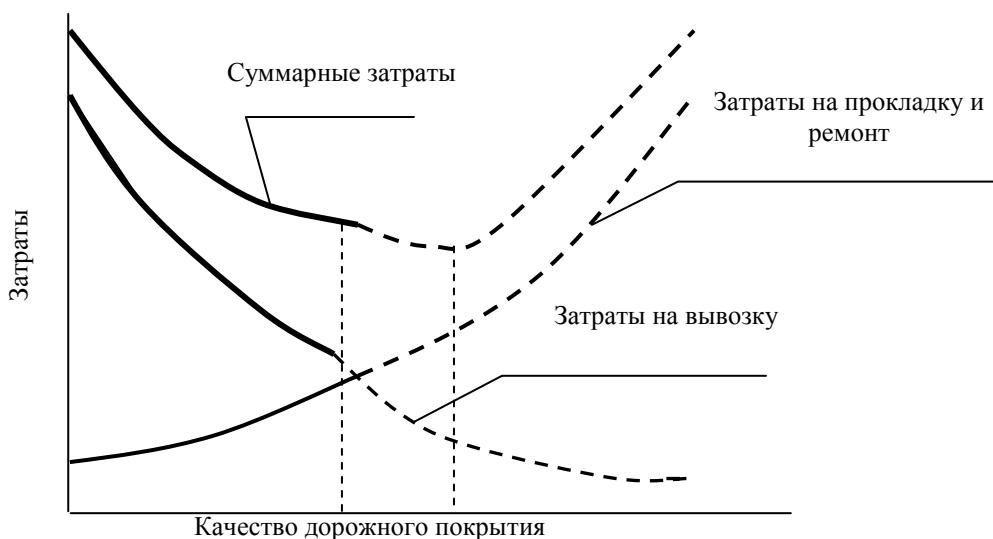


Рис. 4. Изменение затрат при изменении технологии строительства дороги

Качество дорожного покрытия определяется технологией (грейдерование, отсыпка, укладка бетонных блоков, асфальтирование), применяемой техникой и материалами (гравий, щебенка, асфальт и пр.) и, строго говоря, его зависимость от соответствующих затрат характеризуется прерывистыми линиями.

Однако при этом резко возрастает сложность решения задачи определения оптимального уровня качества дорожного покрытия и в первом приближении представляется вполне возможным и достаточным применение формул (13)–(14).

Таким образом, как было показано выше, решение задач прогнозирования запасов древесины на участках леса, оптимизации величины расчетной лесосеки и оптимизации транспортной схемы освоения лесов необходимо производить комплексно, т.е. в тесной связи друг с другом.

После построения схемы сети в соответствии с прогнозируемым грузопотоком необходимо определить качество дорожного покрытия [2, 15]. На последнем этапе данной логистической цепи производится выбор вида транспортных средств и транспортной схемы сети доставки лесопродукции потребителям [15].

Решения должны охватывать весь комплекс проблем ведения лесного хозяйства и лесопользования: законодательных, социально-экономических, технико-технологических, управленических и других аспектов планирования и организации устойчивого управления лесным комплексом России. Это характерно для современного этапа развития логистики в развитых странах. Этот этап называется концепцией общей ответственности.

На рис. 5 приведена структурная схема организации системного подхода к решению задачи оптимизации лесопользования. Сложность и разветвленность этой схемы отражает сложность и многогранность поставленной задачи. Комплексные испытания полученных моделей были произведены на целом ряде конкретных арендных участков Ангаро-Енисейского региона и дали положительные результаты.

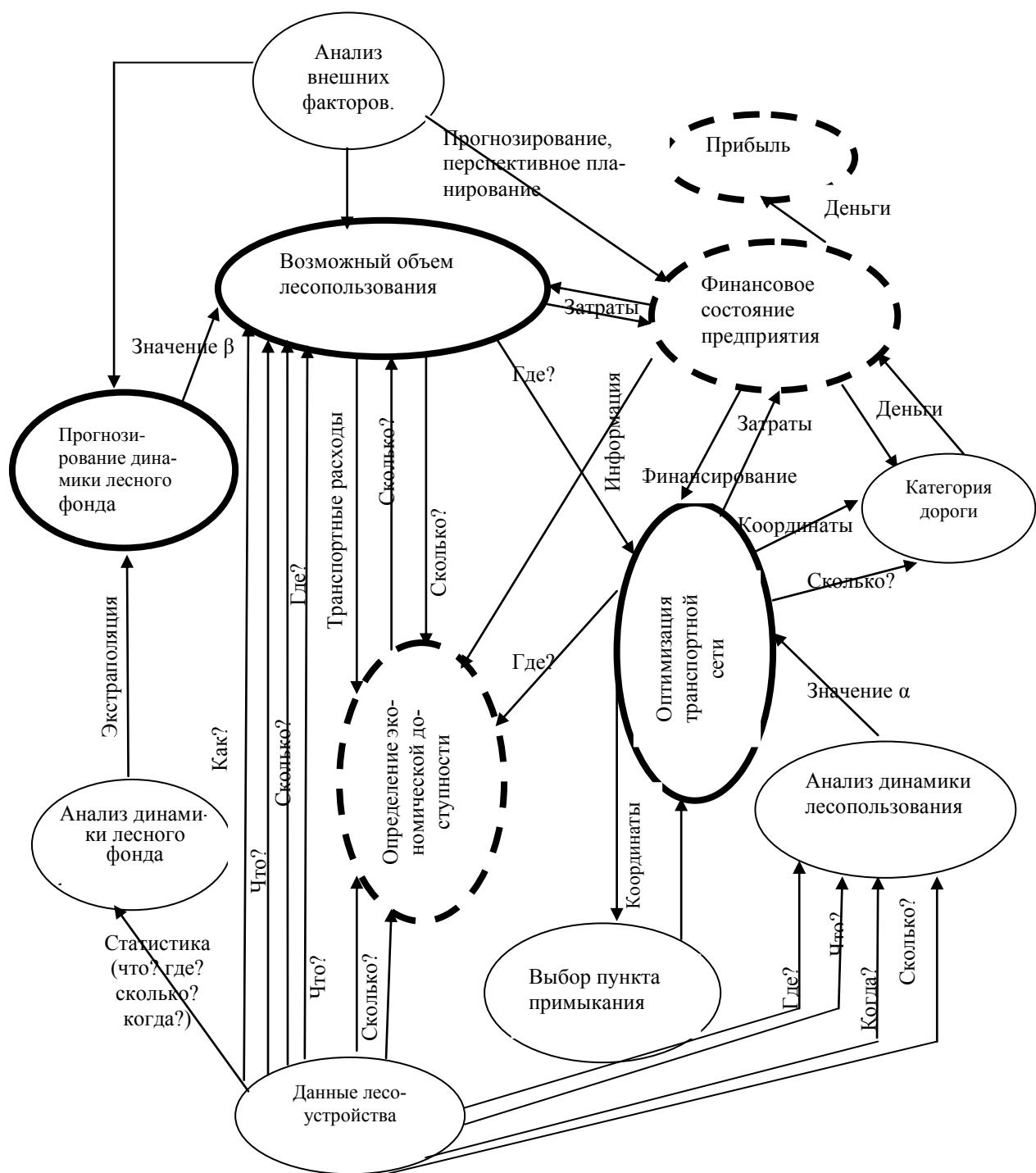


Рис. 5. Структурная схема системного подхода к решению задачи оптимизации освоения лесов

Динамика лесопользования определяется стабильностью финансового состояния лесозаготовительного предприятия, а также оказывает весьма существенное влияние на фактические возможности освоения лесосырьевой базы в каждом конкретных условиях, на каждом временном интервале. Только объективная научно обоснованная и всесторонняя оценка сложившейся ситуации, определение стратегии и тактики развития лесного сектора на основе системного анализа и перспективных прогнозов позволят решать конкретные задачи, связанные с принятием оптимальных управлеченческих решений.

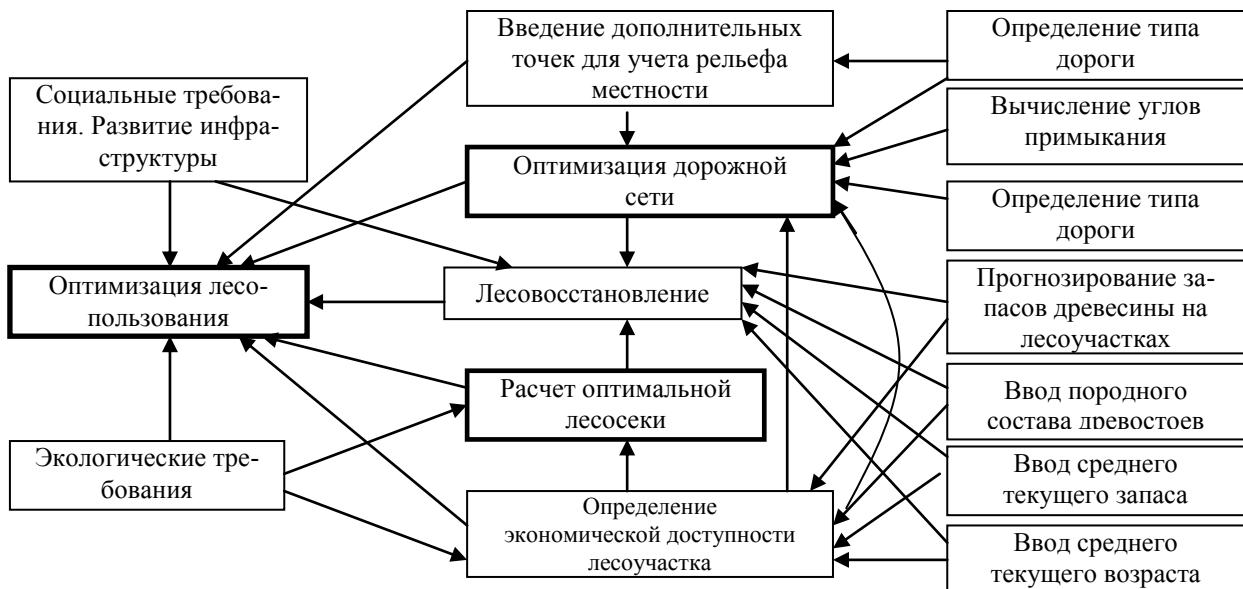


Рис. 6. Дерево целей решения задачи оптимизации освоения лесов

На рис. 6 приведено дерево целей, четко увязывающих все поставленные задачи в единое целое.

Литература

1. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Болотова А.С. Моделирование и оптимизация размеров главного пользования лесом: монография. – Лесосибирск: ЛФ СибГТУ, 2004. – 80 с.
2. Основы расчета и планирования устойчивого управления лесопользованием: монография / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.С. Болотова [и др.]. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – 183 с.
3. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Привалихин А.И. Оптимизация лесопользования Нижнего Приангарья // Тр. 1-й науч.-практ. конф. по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья. – Красноярск, 1997. – С. 178–180.
4. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Колесник А.А. Математическое моделирование динамики лесного фонда и оптимизация лесопользования // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – С. 27–31.
5. Оптимизация величины расчетной лесосеки для группы хозяйственных секций / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.И. Привалихин [и др.] // Лесоэксплуатация: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск, 1998. – С. 33–38.
6. Ельдештейн Ю.М., Болотов О.В., Болотова А.С. Комплексное решение задач прогнозирования запасов древесины, оптимизации величины расчетной лесосеки и дорожно-транспортной сети // Вестн. СибГТУ. – 2001. – С. 52–57.
7. Ельдештейн Ю.М., Болотов О.В., Колесник А.А. Математическое моделирование динамики лесного фонда и оптимизация величины расчетной лесосеки с учетом требования непрерывного и неистощительного лесопользования // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – С. 27–31.
8. Болотов О.В., Мохирев А.П. Экономическая доступность лесных древесных ресурсов // Вестн. КГУ. Естественные науки. – 2006. – № 5. – С. 5–9.
9. Болотов О.В. Оценка эколого-экономического потенциала и доступности лесных ресурсов // Вестн. КрасГАУ. – 2006. – № 8. – С. 79–82.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613237 «Расчет оптимальной величины расчетной лесосеки по прогнозируемым запасам древесины» / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.А. Пашинов; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2009612084; заявл. 04.05.2009.; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23.06.2009.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009614357 «Расчет оптимальной величины расчетной лесосеки по площадям» / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.А. Пашинов; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2009612085; заявл. 04.05.2009; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.07.2009.
12. Ельдештейн Ю.М., Болотова А.С., Двойцова И.Н. Задачи прогнозирования запасов древесины, оптимизации величины расчетной лесосеки и дорожно-транспортной сети // Экономика природопользования и природоохраны: мат-лы Междунар. конф. – Пенза, 1999. – С. 34–35.

13. Ельдештейн Ю.М., Двойцова И.Н., Шароглазова Е.Н. Повышение точности прогнозирования запасов древесины на лесоучастках // Лесной комплекс – проблемы и решения: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: СибГТУ, 1999. – С. 25–29.
14. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Черных Р.А. Зависимость затрат на строительство лесовозных дорог от объемов вывозки // Вестн. КрасГАУ. – 2008. – № 4. – С. 5–7.
15. Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е. Выбор качества дорожного покрытия лесовозных дорог // Логистика – Евразийский мост: мат-лы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2012. – Ч. 1. – С. 289–292.
16. Определение оптимального местоположения грузосборочных участков на лесозаготовках/ Ю.М. Ельдештейн, Г.В. Батлук, Н.В. Хатулева [и др.] // Проблемы химико-лесного комплекса. – Красноярск, 2000. – С.159–160.
17. Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е. Оптимизация места расположения узлов транспортной схемы // Логистика – Евразийский мост: мат-лы VI Междунар. науч.- практ. конф. – Красноярск, 2012. – Ч. 1. – С. 123–127.
18. Ельдештейн Ю.М. «Логистика с иллюстрациями. – Красноярск, 2011. – 272 с.
19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008614147 «Проектирование рациональной схемы сети лесовозных автодорог» / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, Р.А. Черных; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2008612990; заявл. 02.07.2008; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 29.08.2008.
20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009610561 «Проектирование рациональной схемы сети лесовозных автодорог» / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, Р.А. Черных; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2008615673; заявл. 03.12.2008; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23.01.2009.



УДК 581.6:582.47:674.8

А.В. Семенович, С.Р. Лоскутов

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОРБЦИИ КАТИОНОВ МЕТАЛЛОВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОРОЙ ХВОЙНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД СИБИРИ

В статье рассматриваются сорбционные свойства модифицированной коры хвойных древесных пород, произрастающих на территории Сибири. Предложен способ утилизации отхода деревообработки (коры), позволяющий получать эффективные сорбенты.

Ключевые слова: утилизация коры, модификация, сорбция катионов металлов.

A.V. Semenovich, S.R. Loskutov

THE REGULARITY OF THE METAL CATION SORPTION BY THE MODIFIED BARK OF SIBERIAN CONIFEROUS TREE SPECIES

The sorption properties of the modified bark of the coniferous tree species growing in the territory of Siberia are considered in the article. The way of the utilization of the woodworking waste(bark) allowing to receive the effective sorbents is offered.

Key words: barkutilization, modification, metal cationsorption.

Введение. Перспективным направлением утилизации отходов окорки древесины (коры) является получение сорбентов, способных улавливать из сточных вод загрязняющие вещества. Использование необработанной коры нецелесообразно: водорастворимые вещества вызывают вторичное загрязнение очищаемого раствора и снижают сорбционную емкость материала по отношению к целевым компонентам. Способы химического модифицирования коры разрабатываются в Японии, США, Франции и других странах [1, 2, 3]. В России подобные исследования не проводились. Однако известно, что свойства сорбента зависят от фракционного состава луб-корка-древесина, анатомо-морфологического строения, химического состава сырья, которые определяются не только принадлежностью к той или иной породе, но и ботанико-географическими условиями произрастания деревьев.

Цель исследований. Изучение сорбционных свойств модифицированной коры хвойных древесных пород, произрастающих и заготавливаемых на территории Сибири по отношению к катионам металлов.

Задачи исследований. Провести поисковые исследования приемлемых для практического использования способов модифицирования коры с учетом специфики регионального сырья; изучить механизм сорбции катионов металлов из водных растворов модифицированной корой в статических условиях.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований послужила кора лиственницы сибирской, сосны обыкновенной, пихты сибирской, которую высушивали на воздухе, измельчали, фракционировали, выделяли фракцию 0,5–1,0 мм. Модифицирование осуществлялось методом фенолформальдегидной конденсации [4]. Способы различались продолжительностью обработки и типом катализатора (табл. 1).

Таблица 1
Способы модифицирования коры

Номер способа	Особенности модифицирования	Образец
1	Продолжительность 15 мин, катализатор 0,2 N H ₂ SO ₄ , температура 50°C	МКЛ №1, МКС №1, МКП № 1
2	Продолжительность 2 ч, катализатор 0,2 N H ₂ SO ₄ , температура 50°C	МКЛ №2, МКС №2, МКП №2
3	Продолжительность 15 мин, катализатор 3 % HNO ₃ , температура 50°C	МКЛ №3, МКС №3, МКП №3
4	Продолжительность 2 ч, катализатор 3 % HNO ₃ , температура 50°C	МКЛ №4, МКС №4, МКП №4

Примечание. МКЛ, МКС, МКП – соответственно модифицированная кора лиственницы, сосны и пихты.

Изучение сорбентов проводилось с помощью растровой электронной микроскопии, рентгенофлуоресцентной спектрометрии, инфракрасной спектроскопии, потенциометрического титрования. Равновесную концентрацию катионов в растворах определяли фотометрическим методом анализа.

Результаты исследований и их обсуждение. Сорбционная способность модифицированной коры по отношению к катионам Cu²⁺, Zn²⁺, Co²⁺, Ca²⁺ в статических условиях при исходной концентрации катионов в водных растворах 100 и 200 мг/дм³ и отношении «масса сорбента:объем раствора» 1:77, г:см³ варьирует от 1,70 до 21,30 мг/г, степень извлечения достигает 100 % (табл. 2).

Таблица 2
Величина сорбции и степень извлечения катионов металла сорбентами из водно-солевых растворов¹

Образец	S _e ² , мг/г	Q, %	S _e , мг/г	Q, %	S _e , мг/г	Q, %	S _e , мг/г	Q, %
	Zn (CH ₃ COO) ₂	Ca(CH ₃ COO) ₂ ·H ₂ O	CuSO ₄	CoSO ₄ ·7H ₂ O				
Модифицированная кора лиственницы								
МКЛ №1	13,4	87,1	4,2	27,3	2,2	14,3	3,7	24,0
МКЛ №2	8,4	54,6	5,1	33,1	4,1	26,6	2,6	16,9
МКЛ №3	5,8	37,7	4,4	28,6	2,7	17,5	3,2	20,8
МКЛ №4	7,7	50,0	5,3	34,4	3,1	20,1	2,7	17,5
Модифицированная кора сосны								
МКС №1	10,1	65,5	5,3	34,4	4,2	27,3	4,3	27,9
МКС №2	11,8	76,7	6,9	44,8	4,7	30,5	3,6	23,4
МКС №3	10,7	69,5	3,4	22,1	4,9	31,8	4,9	31,8
МКС №4	11,3	73,4	4,6	29,9	3,9	25,3	4,4	28,6
Модифицированная кора пихты								
МКП №1	14,7	100,0	7,9	51,3	8,0	52,0	5,3	34,4
МКП №2	21,3	100,0	7,5	48,7	8,2	53,3	4,2	27,3
МКП №3	14,1	100,0	7,9	51,3	9,9	64,3	5,6	36,4
МКП №4	20,4	100,0	4,9	31,8	6,5	42,2	5,5	35,7

¹Приведены результаты, полученные при концентрации катионов металла (Me²⁺) в растворе 200 мг/дм³, отношении «масса сорбента:объем раствора» 1:77, г:см³;

²S_e – количество Me²⁺, поглощенного препаратом при равновесии, мг/г; Q – степень извлечения катионов Me²⁺ из раствора, %.

Из анализа экспериментальных данных установлено следующее. Модифицированная кора пихты извлекает из водного раствора солей катионы металлов в больших количествах по сравнению с модифицированной корой сосны и лиственницы.

Свойства поверхности коры изменяются и в зависимости от характера обработки. Увеличение продолжительности химического воздействия и последующая термообработка образцов приводят к разным изменениям в структуре сорбентов, что объясняется неоднородностью поверхности модифицированной коры. По влиянию продолжительности модифицирования полученные сорбенты можно разделить на две группы. К первой группе относятся образцы, для которых с увеличением продолжительности модифицирования при использовании одного типа катализатора сорбционная способность возрастает. При сорбции препаратами этой группы катионы сорбируются на активных центрах сорбента, расположенных как на гладких участках, вершинах, так и в порах и углублениях различной формы и размеров. Вторую группу образуют препараты, для которых с увеличением продолжительности модифицирования при использовании одного типа катализатора сорбционная способность, напротив, снижается. При сорбции катионов препаратами данной группы, участки, находящиеся в углублениях поверхности сорбентов, становятся неактивными в отношении сорбции, доступ катионов в глубь материала затрудняется, сорбционная способность сорбентов снижается.

По влиянию типа катализатора, используемого при модифицировании коры на сорбционную способность, сорбенты можно разделить на две группы. В первую группу входят препараты, сорбционная способность которых возрастает при использовании в качестве катализатора азотной кислоты по сравнению с сорбционной способностью препаратов, полученных в присутствии серной кислоты. Во вторую группу входят сорбенты, сорбционная способность которых, напротив, снижается при применении азотной кислоты в качестве катализатора. Мнение зарубежных исследователей по данному вопросу также разделились: использование азотной кислоты приводит к повышению сорбционной способности сорбентов [4] или к ее снижению [1]. Повышенная сорбционная способность модифицированной в присутствии азотной кислоты коры связана с увеличением содержания карбоксильных групп в составе коры после ее модифицирования [5]. Снижение сорбционной способности сорбентов объясняют особенностями взаимодействия серной кислоты с лигнином [6].

Отмечены различия в сорбционной способности сорбентов в зависимости от типа катиона металла. Из водных растворов ацетатов модифицированной корой лучше извлекаются катионы Zn^{2+} , чем катионы Ca^{2+} , из сульфатов – катионы Cu^{2+} , чем катионы Co^{2+} , что объясняется физико-химическими характеристиками катионов [7–9].

Изотермы сорбции катионов Cu^{2+} образцами МКЛ №2 и МКС №2 относятся к изотермам *L*-типа [10] (рис. 1), что позволяет сделать заключение о неспецифическом характере взаимодействия «сорбат-сорбент». Изотерма сорбции образцом МКП №2 имеет S-форму, что указывает на поверхностную адсорбцию катионов в виде цепей и агрегатов.

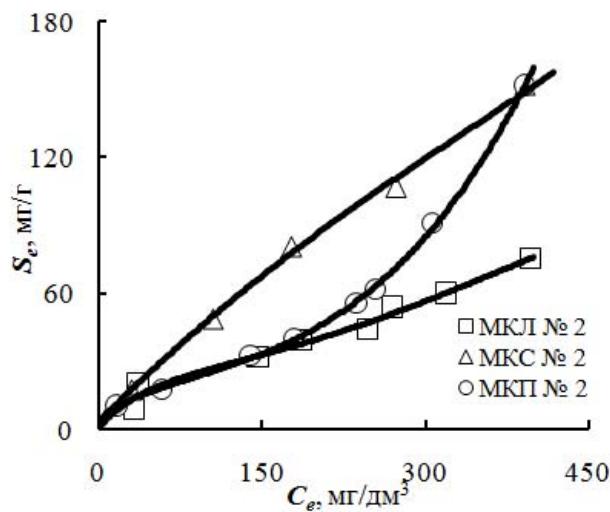


Рис. 1. Изотермы сорбции катионов Cu^{2+} из раствора модифицированной корой (отношение «масса сорбента:объем раствора» 1:250, г:см³)

Описание изотерм сорбции уравнениями, которым соответствуют модели сорбции, позволило получить информацию о межмолекулярных взаимодействиях «сорбат-сорбент», термодинамических характеристиках сорбционного равновесия, геометрических параметрах сорбента. Оценка пригодности моделей для описания изотерм сорбции и значения сорбционных параметров приведена в табл. 3.

Таблица 3
Параметры сорбции катионов Cu^{2+} модифицированной корой

Уравнение	Параметр	МКЛ №2	МКС №2	МКП №2
Уравнение	S_e , мг/г	53,74	106,70	61,53
	$S_{y\theta}$, m^2/g	280,68	557,28	321,36
	S_{max} , мг/г	55,25	370,37	74,62
Ленгмюра	b , dm^3/mg	0,01	0,001	0,009
	$-\Delta G$, кДж/моль	10,78	16,83	11,48
	R^2	0,93	0,99	0,91
	R	0,98	0,96	0,71
	ARS	0,06	0,28	0,35
	n	1,43	1,18	1,26
Фрейндлиха	K_F , мг/г	1,06	0,96	0,83
	R^2	0,89	0,99	0,90
	R	0,99	0,99	0,90
	ARS	0,05	0,11	0,27
	S_D , мг/г	53,68	144,21	59,96
Дубинина-Радушкевича	E , кДж/моль	3,60	3,18	4,67
	β_D , моль 2 кДж $^{-2}$	0,04	0,05	0,03
	X , нм	2,78	3,14	2,14
	R^2	0,83	0,78	0,59
	R	0,84	0,88	0,56
	ARS	0,23	0,41	0,48
	A_T , dm^3/mg	0,05	0,02	0,04
Темкина	RT/b_T , кДж/моль	20,99	69,17	33,56
	R^2	0,86	0,87	0,58
	R	0,95	0,94	0,93
	ARS	0,59	0,59	0,56

Примечание. S_e – при концентрации Cu^{2+} в водном растворе 700 мг/дм 3 и отношении «масса сорбента:объём раствора» 1:250, г:см 3 ; $S_{y\theta}$ – удельная поверхность; R^2 – коэффициент детерминации; R – коэффициент корреляции; ARS – относительная стандартная ошибка среднего; S_{max} – предельная величина адсорбции, мг/г; b – константа равновесия, дм 3 /мг; ΔG – энергия Гиббса, кДж/моль [11]; n – коэффициент, отражающий интенсивность адсорбции; K_F – константа, представляющая величину адсорбции при $C_e=1$ мг/дм 3 , мг/г; S_D – предельная адсорбция, мг/г; E – характеристическая энергия адсорбции, кДж/моль; β_D – потенциал взаимодействия с адсорбированными катионами, моль 2 кДж $^{-2}$; X – полуширина щелевидной микропоры, нм [12]; A_T – константа, дм 3 /мг; RT/b_T – константа, отвечающая максимальной теплоте адсорбции, кДж/моль.

Уравнение Ленгмюра хорошо применимо в области малых и средних степеней заполнения поверхности сорбентов катионами, что позволило вычислить значения предельной адсорбции образцов. Применимость уравнений к приведенным адсорбционным системам снижается в ряду уравнений: Ленгмюра>Фрейндлиха>Темкина>Д-Р. На основании значений параметра b , характеризующего энергию

взаимодействия сорбата с поверхностью сорбента получен ряд, показывающий снижение устойчивости сформированных комплексов в зависимости от породы дерева: МКЛ №2 > МКП №2 > МКС №2.

Согласно данным литературы [13], в структуре модифицированной коры (например, в таких соединениях, как флавоноиды, катехины, танины, антоцианы) присутствуют полидентантные центры сорбции, способные связывать Cu^{2+} с образованием устойчивых хелатных комплексов. Относительно слабая устойчивость комплексов может быть обусловлена преимущественным взаимодействием катионов с монодентантными лигандами сорбента. Подобный тип взаимодействия возможен с карбоксильнокислыми группами уроновых кислот, входящих в состав полисахаридов.

Значения параметра n уравнения Фрейндлиха ($n>1$) при сорбции катионов Cu^{2+} образцами свидетельствуют о том, что условия для адсорбции более благоприятны при высоких концентрациях катионов Cu^{2+} в растворе и о слабом взаимодействии между сорбатом и сорбентами. Сравнение величин констант Фрейндлиха K_F позволило установить наибольшее сродство катионов Cu^{2+} к поверхности МКЛ №2.

Удельная поверхность сорбентов $S_{\text{y}\partial}$ для монослоистого заполнения катионами Cu^{2+} , рассчитанная с учетом гидратации Cu^{2+} , свидетельствует о развитой поверхности сорбентов. Отрицательные значения энергии Гиббса для всех систем говорят о самопроизвольности протекания извлечения катионов Cu^{2+} модифицированной корой из водного раствора.

Проверка соответствия изотерм сорбции уравнению Д-Р показала, что в области высоких степеней заполнения сорбентов уравнение хорошо применимо, что свидетельствует о том, что процесс сорбции может протекать в объеме доступных микропор. Отклонение от линейности изотерм сорбции в области малых и средних заполнений может быть обусловлено влиянием малых размеров микропор сорбентов на конкурентную сорбцию Cu^{2+} и молекул воды.

Механизм взаимодействия катионов Cu^{2+} с поверхностными группами сорбентов сложен. Результаты определения pH раствора в зависимости от продолжительности контактирования сорбента с сорбатом (рис. 2) свидетельствуют о преобладании ионообменного механизма сорбции в статических условиях.

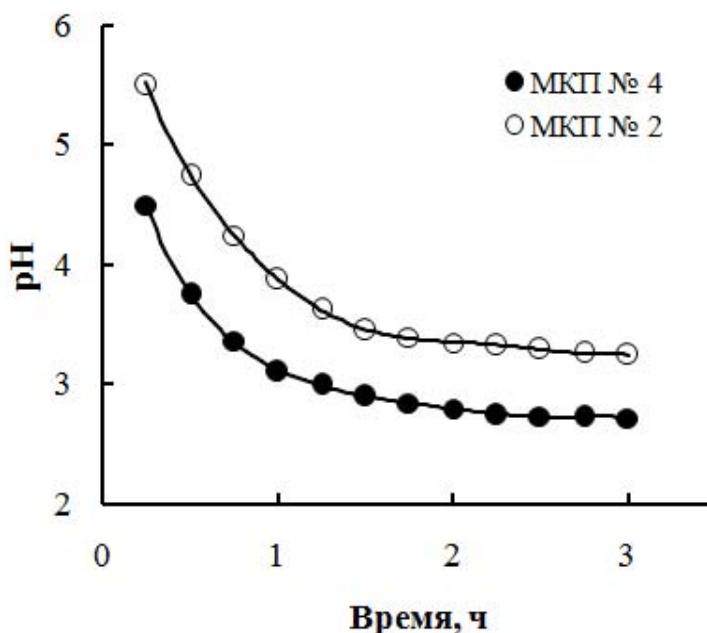


Рис. 2. Изменение pH раствора в процессе сорбции катионов Cu^{2+} модифицированной корой (концентрация катионов Cu^{2+} в водном растворе 100 мг/дм³)

Анализ значений теплоты адсорбции, рассчитанной по уравнениям (E , RT/b_T , ΔG), свидетельствует о влиянии на ионный обмен физической адсорбции катионов на поверхности сорбентов, специфического меж-

молекулярного взаимодействия за счет образования водородных и ионных связей и неспецифического межмолекулярного взаимодействия.

Заключение. Модифицированная кора лиственницы сибирской, сосны обыкновенной и пихты сибирской – эффективный сорбент для извлечения катионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ca^{2+} из водных растворов. Степень извлечения катионов металлов модифицированной корой может достигать 100 %. Существенное влияние на сорбционную способность сорбентов оказывают продолжительность химического воздействия, тип катализатора, физико-химические характеристики катиона металла, концентрация катионов в растворе, отношение «масса сорбента:объем раствора». Максимальная сорбционная способность сорбента по отношению к катионам Zn^{2+} (до 21,30 мг/г) проявляется при применении к коре способа обработки №2, по отношению к катионам Cu^{2+} , Co^{2+} , Ca^{2+} – № 3 (до 9,90 мг/г).

Механизм взаимодействия Cu^{2+} с поверхностными группами сорбентов включает ионный обмен, физическую адсорбцию на поверхности сорбентов, специфическое межмолекулярное взаимодействие за счет образования водородных, ионных связей и неспецифического межмолекулярного взаимодействия. Выявленные закономерности сорбции катионов металлов модифицированной корой хвойных пород Сибири могут служить основой для разработки технологических процессов очистки сточных вод от катионов металлов при помощи полученных сорбентов.

Литература

1. Aoyama M., Tsuda M. Removal of Cr(VI) from aqueous solutions by larch bark // Wood Science and Technology. – 2001. – Vol. 35. – № 5. – P. 425–434.
2. Oh M., Tshabalala M.A. Pelletized ponderosa pine bark for toxic heavy metals from water // Bioresources. – 2007. – Vol. 2. – № 1. – P. 66–81.
3. Gaballah I., Kibertus G. Recovery of heavy metal ions through decontamination of synthetic solution and industrial effluents using modified barks // J. of Geochemical Exploration. – 1998. – Vol. 62. – № 1–3. – P. 241–286.
4. Fujii M., Shioya, S., Ito A. Chemically modified coniferous wood barks as scavengers of uranium from sea water // Holzforschung. – 1988. – Vol. 4 – № 5. – P. 295–298.
5. Sarkanen K.V., Ludwig C.H. Lignins: Occurrence, Formation, Structure and Reactions. – New York: Wiley-Interscience Publishers, 1971. – 916 p.
6. Зарубин М.Я., Крутов С.М. Основы органической химии лигнинов. – СПб.: СПбГЛТА, 2010. – 272 с.
7. Allred A.L. Electronegativity values from thermochemical data // J. of Inorganic and Nuclear Chemistry. – 1961. – Vol. 17. – P. 215–221.
8. Ohtaki H., Radnai T. Structure and dynamics of hydrated ions // Chemical Reviews. – 1993. – Vol. 93. – № 3. – P. 1157–1204.
9. Shannon R.D., Prewitt C.T. Revised values of effective ionic radii // Acta Crystallogr. Sect. B Struct. Sci. – 1970. – Vol. 2. – P. 1046–1048.
10. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел: пер. с англ / под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. – М.: Мир, 1986. – 488 с.
11. Kinetic and equilibrium study for the sorption of cadmium (II) ions from aqueous phase by eucalyptus bark / I. Ghodbane, L. Nouri, O. Hamadaoui [et al.] // J. of Hazardous Materials. – 2008. – Vol. 152. – № 1. – P. 148–158.
12. Dubinin M.M., Polykov N.S., Kataeva L.I. Basic properties of aquations for physical vapor adsorption in micropores of carbon adsorbents assuming a normal micropore distribution // Carbon. – 1991. – Vol. 29. – № 4/5. – P. 481–488.
13. Study of the Chemical Interaction between Barks and Heavy Metal Cations in the Sorption Process / F. Martin-Dupont, V. Gloaguen, M. Guilloton [et al.] // J. Environmental Science and Health, Part A. – 2006. – Vol. 41. – № 2. – P. 149–160.





ТРИБУНА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 330.32

А.В. Панченко

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНВЕСТИЦИОННОГО ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

В статье рассматриваются основные аспекты экологической оценки инвестиционного проекта, позволяющие практически оценить не только экологические, но и социальные риски.

Ключевые слова: инвестиционный проект, экологический и социальный риск, инвестиции, общественное мнение.

A.V. Panchenko

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE INNOVATIVE INVESTMENT PROJECT

The main aspects of the investment project ecological assessment allowing to estimate practically not only the ecological, but also social risks are considered in the article.

Key words: *investment project, ecological and social risk, investments, public opinion.*

В настоящее время в мире идет постоянное ужесточение экологических стандартов. С учетом данной тенденции большинство инвесторов и банков развития, таких, как Всемирный банк (World Bank), все больше внимания уделяют защите окружающей среды [9].

Некоторые проекты Всемирного банка по строительству плотин привели к критике со стороны защитников окружающей среды и прав человека, поскольку эти проекты нанесли значительный ущерб окружающей среде в непосредственной зоне затопления плотины. В связи с этим в 1999 г. Всемирный банк принял операционное руководство по защите окружающей среды [8].

Существует финансовая инициатива Программы ООН по окружающей среде (UNEP FI) – добровольная инициатива, созданная Программой ООН по окружающей среде и мировым сообществом финансовых институтов в целях содействия интеграции принципов устойчивого развития и охраны окружающей среды в деятельности организаций финансового сектора [10].

В современной России ряд инновационных проектов уже был скорректирован, отложен или перенесен из-за экологических требований (строительство Кремниевого завода в г. Абакан, Енисейского ферросплавного завода, строительство трассы через Химкинский лес, строительство трубопровода "Восточная Сибирь – Тихий океан" (ВСТО) в обход Байкала).

Нормативная база по экологическому праву России, можно сказать, объективно сформировалась как в части законодательства [1, 2], так и в части подзаконного нормотворчества [3, 4, 5, 7]. При этом многие учреждения пользуются внутренними локальными актами, так как эти документы всегда подробно разъясняют порядок действия работников.

Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк), следуя примеру мировых банков развития, используя в качестве основы лучшие мировые практики, разработал внутренний нормативный документ «Политика ответственного финансирования», который в настоящее время находится в стадии принятия [6].

Помимо экологических аспектов, данные документы затрагивают и социальные аспекты. Они включают условия труда и найма, обеспечение здоровья и безопасности на производстве, вопросы дискrimинации, детского и принудительного труда, последствия и риски для населения от реализации проекта, в том числе обеспечение здоровья и безопасности населения, воздействие на коренные народы, объекты культурного наследия, вопросы, связанные с изъятием земель и переселением.

Устойчивое развитие – это развитие, при котором удовлетворение потребностей нынешних поколений не будет создавать проблемы развития и удовлетворения своих потребностей для будущих поколений. Рассмотрим на примере Всемирного банка алгоритм анализа экологических и социальных аспектов устойчивого развития инвестиционного проекта. В отношении всех инвестиционных проектов Всемирный банк проводит экологическую и социальную оценку с целью определения соответствия или возможности соответствия требованиям национального экологического законодательства, а также справочника Всемирного банка по предотвращению и сокращению загрязнения, намечаемой или осуществляющейся деятельностью проекта [11].

С учетом международных стандартов Всемирный банк выделяет следующие категории проектов [8].

1. К категории А относятся проекты, которые могут неблагоприятно воздействовать на окружающую среду, что будет ощутимо, многообразно или беспрецедентно. При этом неблагоприятное воздействие может охватывать территорию большую, чем участки или объекты, где будет осуществляться проект. Для проектов этой категории обязательно используется ряд механизмов: оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), региональная или отраслевая оценка, экологический аудит, оценка степени опасности или степени риска, а также план управления мероприятиями по охране окружающей среды. Для проектов этой категории должны быть разработаны альтернативные варианты, рекомендуются меры предотвращения, минимизации, смягчения или компенсации неблагоприятного воздействия на окружающую среду и более рационального ее использования.

2. К категории В относится проект, если его возможное воздействие на окружающую среду наносит меньший ущерб, чем проекты категории А. Необратимых последствий от реализации проектов В мало или нет вообще, в большинстве случаев мероприятия по смягчению неблагоприятного воздействия легче поддаются разработке, чем по проектам категории А. Для данных проектов в банк предоставляется документация, соответствующая национальному законодательству, а при необходимости по требованию банка может быть сделан специальный отчет.

3. Категории С соответствует проект, если вероятность его неблагоприятного воздействия на окружающую среду минимальна или равна нулю. Для данных проектов не требуется никаких экспертиз, кроме предварительной оценки.

В зависимости от присвоенной проекту экологической и социальной категории банк определяет требуемую степень проработки экологических и социальных аспектов и применяемые к проекту экологические и социальные требования.

Минимальным требованием Внешэкономбанка к инвестиционному проекту является обеспечение соответствия проекта требованиям законодательства страны реализации проекта в области охраны окружающей среды и в отношении социальных аспектов, а также требованиям международных конвенций, соглашений, обязательных для исполнения на территории реализации проекта.

Можно сказать, что целью проведения этапа экологической оценки является предоставление инвестору всей необходимой информации о проекте, ее систематизация, обработка в таком виде, который позволит сделать однозначный вывод о том, что процесс реализации проекта не несет в себе какую-либо экологическую угрозу и является экологически приемлемым для страны и региона, в котором он реализуется. То есть результаты проведения экологической оценки должны наглядно показывать, что реализация проекта не приведет к ухудшению экологической ситуации, а если есть какие-то угрозы со стороны экологии, то они должны быть выявлены заранее.

Масштабы проведения экологической оценки могут быть разными для различных видов проекта. Информация, которая используется для проведения экологической оценки, предоставляется инвестору от инициатора проекта и собирается на всех этапах его реализации, начиная от стадии формирования концепции проекта и заканчивая этапом подведения итогов реализации. На данный момент не существует единой системы проведения экологической оценки проекта, так как ее масштабы зависят от многих факторов, таких, как классификация проекта, оценка общей экологической ситуации в регионе реализации проекта, оценка степени влияния проекта на окружающую среду и т.д.

Однако все равно можно попытаться выделить основные этапы работы с проектом при проведении экологической оценки вне зависимости от вида проекта, сложности его реализации, масштабов проекта и т.д.:

1) проведение анализа соответствия деятельности в компании экологическим требованиям, установленным законодательством страны и региона;

2) поиск доступной информации об экологическом состоянии окружающей среды, которая может оказаться важной в процессе реализации проекта;

3) определение условий экологической безопасности для формирования и реализации проекта.

Многие инвесторы и финансовые институты последнее время много времени и внимания уделяют экологической оценке проекта, при этом такая оценка проводится как отдельный этап при проведении экспертизы проекта на соответствие тем или иным требованиям финансового института. При этом внимание уделяется определению и оценке экологических проблем, которые могут возникнуть на всех этапах реализации проекта, а также необходимым мероприятиям для качественного улучшения условий окружающей среды на всех этапах реализации проекта, позволяющим минимизировать потери от негативного влияния на окружающую среду.

Проведение экологического анализа в полном объеме подразумевает решение следующих задач:

- классификация проектов по степени воздействия на окружающую среду;
- согласование технического задания (ТЗ) на проведение ОВОС;
- контроль за ходом выполнения ОВОС;
- контроль за учетом рекомендаций ОВОС в подготавливаемых решениях по проекту;
- экологическая экспертиза обосновывающей документации;
- согласование экологических условий реализации проекта;
- контроль за выполнением экологических условий на стадии реализации проекта [12].

Экологическая оценка позволяет участниками проекта увидеть все экологические аспекты проекта и дает некоторые преимущества в дальнейшей его реализации, а именно: 1) заранее выявить все экологические проблемы, которые могут возникнуть на всех этапах; 2) спланировать необходимые мероприятия по экологической безопасности и в целом экологические условия, которые обязательно должны быть прописаны в договоре при реализации проекта; 3) оценить масштаб и провести финансовую оценку всех мероприятий, которые бы позволили избежать ненужных рисков при дальнейшей реализации проекта.

Отдельно отметим, что экологический анализ затрагивает все стадии реализации проекта, его результаты должны соответствовать целям и потребностям как инициатора, так и инвестора проекта. При этом сам процесс экологического анализа не имеет жесткой структуры и позволяет комплексно подойти к оценке экологических условий проекта, но требует координации между действиями инициатора/инвестора проекта с органами муниципальной власти. В табл. 1 представлены возможные действия экологического анализа в зависимости от стадии реализации проекта.

Таблица 1

Действия экологического анализа на различных стадиях реализации проекта

Этап реализации проекта	Экологическая процедура	Результат проведения экологической процедуры
Формирование концепции проекта	Сбор информации об экологическом состоянии, влияющей на реализацию проекта	Определение экологических критериев, классификация проекта
Составление бизнес-плана	Первоначальный экологический анализ	Доклад/отчет о первоначальном экологическом анализе
Финансовая оценка результатов реализации проекта	Определение экологических условий для реализации проекта	Отчет о финансовой оценке экологических условий проекта
Представление проекта инвесторам	Определение и согласование экологических параметров проекта, мероприятий по экологическим аспектам проекта	Внесение всех экологических условий и мероприятий в контракт о реализации проекта
Реализация проекта	Контроль экологических параметров проекта, а также экологических мероприятий в ходе реализации проекта	Отчет по контрольным мероприятиям в ходе реализации проекта
Завершение проекта, оценка результатов реализации проекта	Оценка результатов экологических мероприятий проекта, проведение экологического анализа	Отчет о результатах реализации проекта

В целом экологический анализ начинается со сбора информации о проекте и его классификации. После сбора необходимой информации определяется круг данных, по которым и будет проведена оценка проекта. Обоснование принятия каких-либо значений и характеристик для проведения экологического анализа проводится на первоначальной стадии формирования концепции проекта.

Конечно, при подведении итогов проведения экологической оценки ее результаты обсуждаются инициатором и инвестором проекта на каждой стадии реализации проекта. При этом обсуждаются не только изменения экологических аспектов проекта, но и финансирование, необходимое для проведения мероприятий по соблюдению экологических условий проекта. Условия и объемы финансирования обычно обговариваются заранее и включаются в контракт.

В ходе реализации проекта осуществляется контроль за соблюдением экологических условий. Такая проверка проводится с определенной периодичностью, но чаще после завершения каждого этапа реализации проекта. При этом отчет за проверкой соблюдения экологических условий включает в себя не только результаты воздействия инновационно-инвестиционной деятельности на экологию, но и результаты проведения экологических мероприятий по улучшению экологической ситуации.

При оценке результатов экологического воздействия на окружающую среду выполняется соответствующий анализ о возможном влиянии проекта на окружающую среду в регионе. При этом изучается вся доступная информация об экологическом состоянии и потенциале региона и программы, которые реализуются на его территории, направленные на улучшение условий окружающей среды. Особое внимание уделяется возможному улучшению или ухудшению экологической ситуации, характеру потенциальной опасности или потенциального положительного эффекта, которые могут возникнуть после реализации проекта.

Результаты экологической оценки будут иметь огромное значение при выборе для реализации того или иного проекта, однако принятие решения о реализации проекта только на основании этих данных будет неправильным, так как процесс оценки проекта зависит от многих показателей и факторов.

При этом отметим, что оценка проекта по экологическим критериям будет еще более необъективной, если его результаты ухудшают экологическую ситуацию в регионе или не соответствуют каким-либо нормам законодательства. Но не будем забывать, что приоритетными для реализации окажутся проекты, которые отвечают всем необходимым экологическим нормам. Чем больше проект будет направлен на экологически чистое производство, тем больше шансов он будет иметь для реализации, при этом результаты реализации проекта должны отвечать таким критериям, как снижение негативного воздействия на окружающую среду, полное или частичное устранение источников негативного воздействия, минимизация источников негативного воздействия, утилизация отходов негативного воздействия на окружающую среду.

В целом, если говорить о принятии того или иного проекта к реализации, то инновационный инвестиционный проект будет считаться приемлемым к реализации при условии, если:

- 1) результат реализации проекта ставит перед собой задачу снижения загрязнения окружающей среды (в различных компонентах – воздух, земля, почва и т.д.);
- 2) результаты деятельности не приведут к ухудшению экологической ситуации в регионе, нерациональному использованию природных ресурсов;
- 3) технологии, используемые при реализации, могут применяться на всей территории Российской Федерации (РФ) в промышленных масштабах.

В зависимости от намечаемых в проекте решений по изменению экологической ситуации на территории реализации проекта, масштаба и вида предотвращаемого воздействия на окружающую среду, а также объектов, подвергающихся воздействию в результате текущей хозяйственной деятельности (до реализации проекта), устанавливается приоритетность проекта для любого инвестора (табл. 2) [12].

Если говорить про экологические критерии отбора и классификации проектов, то отметим, что почти все финансовые институты имеют свою систему таких критериев. Важность систематизации критериев экологической оценки можно определить несколькими аспектами, например, при рассмотрении проекта, результаты реализации которого наносят вред окружающей среде, нужно обратить внимание, что даже при планировании и проведении мероприятий устранению негативных последствий результаты деятельности могут иметь негативное воздействие в будущем, что окажется неприемлемым для социальной безопасности населения.

Таблица 2

Показатели приоритетности инвестиционных проектов [12]

Критерий приоритетности	Градация оценок
Масштаб воздействия на окружающую среду	<i>Национальный</i> : охватывает экономические регионы или территорию субъекта РФ
	<i>Региональный</i> : крупный город, регион (например, г. Москва, европейский регион, Северо-Запад, низовье Волги, Средний Урал и т.д.)
	<i>Местный</i> : район, село, муниципалитет
	<i>Локальный</i> : промышленная зона предприятия
Объект воздействия	<i>Безопасность населения</i> : многолетнее загрязнение окружающей среды, вызывающее статистически зарегистрированные показатели ухудшения состояния здоровья населения, угроза жизнедеятельности
	<i>Здоровье населения</i> : загрязнение окружающей среды, в результате которого возможно ухудшение состояния здоровья населения
	<i>Отдельные природные компоненты</i> : водные объекты, атмосферный воздух, почвы, леса, биота и др.
	<i>Природные ресурсы</i> : полезные ископаемые, подземные и поверхностные воды, растительный и животный мир
Экологическая ситуация на территории строительства объекта	<i>Крайне неблагоприятная</i> : состояние природной среды по данным многолетних наблюдений оценивается природоохранными органами как чрезвычайное
	<i>Неблагоприятная</i> : показатели состояния природной среды или ее отдельных компонентов многократно превышают предельно допустимые величины
	<i>В целом благоприятная</i> , но существуют отдельные источники загрязнения
Вид предотвращаемого воздействия на окружающую среду	Загрязнение поверхностных вод
	Загрязнение подземных вод
	Загрязнение атмосферного воздуха
	Загрязнение опасными промышленными отходами
	Загрязнение почв
	Шум, вибрация, запахи
Суммарный балл	-
Приоритет ИП	-

Также результаты реализации проекта могут распространяться на особо охраняемые зоны (парки, заповедники), что составляет некоторые трудности при реализации проекта, а также усложняет задачи соответствия результатов проекта нормативно-правовым актам того или иного региона страны. И, наконец, может возникнуть ситуация, когда положительное влияние на экологическую ситуацию может негативно отразиться на финансовых показателях реализации проекта (то есть положительное экологическое воздействие оказывает общую экономическую неэффективность проекта).

Любые критерии экологической оценки инновационного-инвестиционного проекта будут считаться приемлемыми, если они не противоречат общегосударственным принципам экологической безопасности, а именно: 1) реализация проекта приводит к улучшению экологической ситуации регионе в соответствии нормам международного права и законодательства РФ; 2) общий эффект от реализации проекта должен быть положительным; 3) в ходе реализации проекта используются отечественные технологии или зарубежные аналоги, но по результатам их использования технология либо модернизируется или улучшается, либо находится применение технологии в других сферах деятельности.

Помимо объективного экологического анализа, необходимо осуществлять опросы общественного мнения по всем проектам, имеющим экологические и социальные риски, так как все проекты, которые имели экологические проблемы (строительство Кремниевого завода в г. Абакан, строительство Енисейского фер-

рославного завода, строительство трассы через Химкинский лес, строительство ВСТО в обход Байкала) соответствовали законодательству России, а их перенос был связан именно с негативным общественным мнением по данным проектам.

Здесь опять показателен опыт Всемирного банка, который по всем проектам категорий А и В обязывает заемщика проводить консультации с группами населения и местными неправительственными организациями по экологическим аспектам проекта и учитывает их мнение. Консультации по проектам категории А организуются на возможно более ранних стадиях [8] и как минимум два раза: после проведения предварительной экологической проверки и до окончательного определения технического задания экологической оценки, после подготовки отчета об экологической оценке [8].

Литература

1. Федеральный закон от 23.11.1995. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
2. Федеральный закон от 10.01.2002. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.06.1996. № 698 «Об утверждении положения о порядке проведения государственной экологической экспертизы» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30.10.2008. № 283 «Об утверждении Административного регламента по исполнению Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по организации и проведению государственной экологической экспертизы федерального уровня» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
5. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 09.07.2003. № 575 «Об утверждении методических рекомендаций по подготовке материалов, представляемых на государственную экологическую экспертизу» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
6. Положение о проведении экспертизы инвестиционных проектов: утв. Правлением Внешэкономбанка (протокол заседания № 167 от 04.09.2008). – М., 2008.
7. Проект Положения «Политика ответственного финансирования» [Электронный ресурс] // www.veb.ru.
8. OP 4.01 Environmental Assessment (Операционное руководство Всемирного банка [Электронный ресурс] // http://siteresources.worldbank.org/OPSMANUAL/Resources/210384-1170795590012/OP4.01_rus.pdf.
9. Michael B. Connolly. International Business // Finance. Taylor&FrancisGroup. – 2007. – P. 20.
10. Официальный сайт UNEP FI [Электронный ресурс] // <http://www.unepfi.org>.
11. Справочник Всемирного банка по предотвращению и сокращению загрязнения (Pollution Prevention and Abatement Handbook) [Электронный ресурс] // http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1999/06/03/000094946_99040905052283/Rendere d/PDF/multi0page.pdf.
12. Экологическая оценка инвестиционных проектов: метод. пособие. – М., 2000.



ПРАКТИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В статье рассматриваются теоретические и практические положения формирования цепей производственных предприятий, специализирующихся на выпуске индивидуализированной продукции.

Ключевые слова: цепи поставок, индивидуализированная продукция, оборачиваемость запасов, «вытягивающее» производство, потребности заказчика, управление цепями поставок.

D.S. Malygin

PRACTICE OF THE SUPPLY CHAIN FORMATION IN THE MANUFACTURING OF THE INDIVIDUALIZED INDUSTRIAL PRODUCTION

The theoretical and practical provisions of the chain formation of the manufacturing enterprises specializing in the individualized production manufacturing are considered in the article.

Key words: supply chains, individualized production, inventory turnover, "extracting" production, customer's needs, supply chain management.

Управление цепями поставок (англ. – *Supply Chain Management, SCM*) – это основная концепция управления поставками в современной экономике. Джеймс Сток и Дуглас Ламберт в [Сток, Ламберт, 2005, с. 51] дают следующее определение: «Управление цепочками поставок – это интегрирование ключевых бизнес-процессов, начинающихся от конечного пользователя и охватывающих всех поставщиков товаров, услуг и информации, добавляющих ценность для потребителей и других заинтересованных лиц».

«Цепь поставок состоит из ряда видов деятельности и организаций, через которые материалы проходят во время своего перемещения от поставщиков начального уровня до конечных потребителей» [Уотерс, 2003, с. 19].

Цель данной статьи состоит в исследовании практики формирования цепей поставок производственных предприятий, специализирующихся на производстве индивидуализированной продукции. Поэтому со средоточим наше внимание на производственном звене цепи поставок.

С.А. Уваров в статье «Логистика снабжения в системе управления цепями поставок» отмечает, что «Производственную фирму как промышленного покупателя отличают: 1) производный (от последующего потребления) характер спроса; 2) корпоративный характер спроса; 3) профессиональный уровень спроса и компетентности специалистов, осуществляющих закупки [Уваров, 2010, с. 36]. Предприятия, производящие индивидуализированную продукцию, такую, как окна, встраиваемая мебель, являются производственными фирмами, для которых крайне важен характер спроса, под который формируется и производственный цикл, и цепь поставок.

Об ориентации на спрос конечного потребителя говорят и Хендфилд с Николсом: «Цель SCM – создание ценности для организаций, являющихся участниками цепи поставок, с особым акцентом на конечном потребителе в этой цепи поставок» [Хендфилд, Николс, 2003, с. 23].

О. Проценко в статье «Развитие системы управления цепями поставок» отмечает, что формирование и управление цепями поставок учитывает следующие особенности:

- 1) длина цепи поставок: от источника сырья до конечного потребителя (либо отдельные звенья);
- 2) вертикальная структура: определяется числом поставщиков и соответственно потребителей [Проценко, 2013, с. 31].

Каждый продукт имеет свою собственную уникальную цепь поставок. Скажем, цепь поставок у компании «Современные окна» (г. Красноярск) начинается с поливинилхlorидного порошка, получаемого как продукт переработки нефти, а заканчивается установкой окон потребителям. «Цепь поставок описывает весь путь материалов, которые они проходят с самого начала до самого конца. На этом пути материалы могут проходить через поставщиков сырья, производителей, операции по доводке, лингвистические центры, склады, операторов-посредников, транспортные компании, оптовиков, ритейлеров и множество других операций и участников. Иногда цепь поставок не заканчивается на конечном потребителе, а дополнительно охватывает этап переработки и повторного использования материалов» [Уотерс, 2003, с. 19].

При организации движения материального потока в цепи поставок с точки зрения производственного предприятия, как правило, выделяют два вида систем: «выталкивающие» и «вытягивающие» системы. Оба вида систем находят широкое использование на различных предприятиях. Для производства индивидуализированной продукции более характерным является применение «вытягивающей системы». Под «вытягивающей» логистической системой на уровне организации и управления производством понимается ситуа-

ция, когда план работы, составленный только для одного производственного подразделения, автоматически порождает планы работ для всех остальных участков, включенных в технологическую цепочку. «Выталкивающая» логистическая система в условиях рыночной экономики используется в основном на предприятиях с массовым типом производства, производящих стандартизированную продукцию широкого назначения. В условиях плановой экономики доминирует «выталкивающая» система. Сравним «вытягивающие» и «выталкивающие» производственные системы (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение «вытягивающих» и «выталкивающих» производственных систем

«Вытягивающая» система	«Выталкивающая» система
1. Стратегия закупок	
Небольшое количество поставщиков. Поставки осуществляются часто, небольшими партиями, по запросу	Значительное количество поставщиков. Поставки осуществляются крупными партиями, нерегулярно
2. Производственная стратегия	
Производство ориентировано на изменение спроса, осуществление концепции гибкого производства	Производство ориентировано на максимальную загрузку производственных мощностей, осуществление концепции «непрерывного» производства
3. Оперативное управление производством	
Производственные графики децентрализованы, выставляются на производственных участках	Все производственные процессы централизованы. Контроль за исполнением осуществляют специальные службы
4. Производственное оборудование и его размещение	
Универсальное оборудование, размещенное по линейному или кольцевому признаку	Специализированное оборудование, размещенное по участкам. Универсальное оборудование, размещенное по линейному признаку
5. Планирование	
Начинается со стадии распределения	Начинается со стадии закупок
6. Стратегия управления запасами	
Операционные запасы минимальны, обеспечивают синхронизированное производство	Операционные запасы зависят от пропускной способности оборудования
Буферные запасы минимальны	Буферные запасы нормируются, обязательны
Запасы готовой продукции минимальны	Запасы готовой продукции могут быть значительны
7. Стратегия дистрибуции	
Ориентация на конкретного потребителя	Ориентация на «усредненного» потребителя
Продукция изготавливается с учетом специфических требований заказчиков	Продукция «стандартизированная»
Организация послепродажного сервиса	Организация послепродажного сервиса

Сравнивая «вытягивающую» и «выталкивающую» логистические системы в контексте организации цепи поставок производственного предприятия, мы видим, что:

- 1) цепь поставок вытягивающей системы значительно короче (а это ведет к сокращению производственных затрат);
- 2) склады готовой продукции и материалов значительно меньше по объему хранимой продукции (а это ведет к сокращению затрат на складирование и хранение);
- 3) склад брака не накапливается по участкам, а собирается централизованно для утилизации или переработки.

Очевидно, что с точки зрения экономии финансовых ресурсов предприятия и времени, затрачиваемого на производство, цепь поставок «вытягивающего» типа является более предпочтительной. Именно по этим причинам такие цепи поставок находят все большее применение на предприятиях, производящих индивидуализированную продукцию. Е.Б. Фролов выделяет пять базовых типов «вытягивающих» логистических систем [Фролов, 2010, с. 72]:

- 1) восполнение «супермаркета» (supermarket replenishment);
- 2) лимитированные очереди fifo (capped fifo lanes);

- 3) метод «барабан-буфер-веревка» (drum buffer rope);
- 4) лимит незавершенного производства (wip cap);
- 5) метод вычисляемых приоритетов (Priority Sequenced Lanes).

По нашим наблюдениям, все пять типов «вытягивающих» логистических систем получили распространение в цепях поставок при производстве индивидуализированной промышленной продукции.

Рассмотрим цепь поставок типичного предприятия, производящего индивидуализированную продукцию. Предприятие по производству пластиковых окон «Современные окна» (<http://www.modernwin.ru>) имеет производственную площадку в г. Красноярск, офисы продаж в Красноярске, Лесосибирске, Абакане, Ачинске, Канске. Работает оно на 2 системах фурнитуры, 9 профильных системах, имеет отдельных поставщиков по стеклопакетам, металлу, плене, подоконникам и другим комплектующим. Цепь поставок предприятия выглядит следующим образом. Например, клиент из г. Ачинска выбирает окно из профиля КБЕ, фурнитуры РОТО, энергосберегающий стеклопакет с монтажом «под ключ». На объект отправляется замерщик, который замеряет оконные проемы, после чего размеры и другие параметры заказа попадают в программу оптимизации производства, такие, как Klaes (для средних и крупных предприятий) или Fensterwelt (для небольших и малых производителей) [8].

Программный комплекс KLAES содержит не только мощную программу для расчёта окон, но и дополнительные модули по планированию производства, ведению складского учёта и связи с ERP-системами (1С, SAP и др.). Геометрический модуль позволяет создавать практически любые оконные конструкции, включая зимние сады и пространственное остекление. Модуль оптимизации подбирает наилучший раскрой профиля и тем самым повышает рентабельность предприятия. Рассчитанные изделия KLAES передаёт непосредственно на станки и обрабатывающие центры. Благодаря этому, возможно построение автоматизированных производственных линий по принципу безбумажной технологии. Это решение разработано совместно с ведущими производителями оборудования и с успехом работает на многих оконных предприятиях России и Европы. Кроме того, эта технология позволяет руководителю предприятия отслеживать через Интернет состояние всех производственных процессов практически из любой точки мира [9].

В числе прочего такие программные комплексы дают задание на производство (количество материалов и раскрой заготовок) и задание складу на выдачу материала. Аккумулирование нескольких различных заявок даёт задание на производство на день и потребность в материалах для обеспечения производства.

Заявка на материалы через отдел снабжения отправляется поставщику-дистрибутору материалов, которые производят отгрузку с регионального склада в Красноярске и далее по всей цепи поставок. Изобразим схематически цепь поставок индивидуализированной продукции (металлопластиковые окна) (рис. 1).

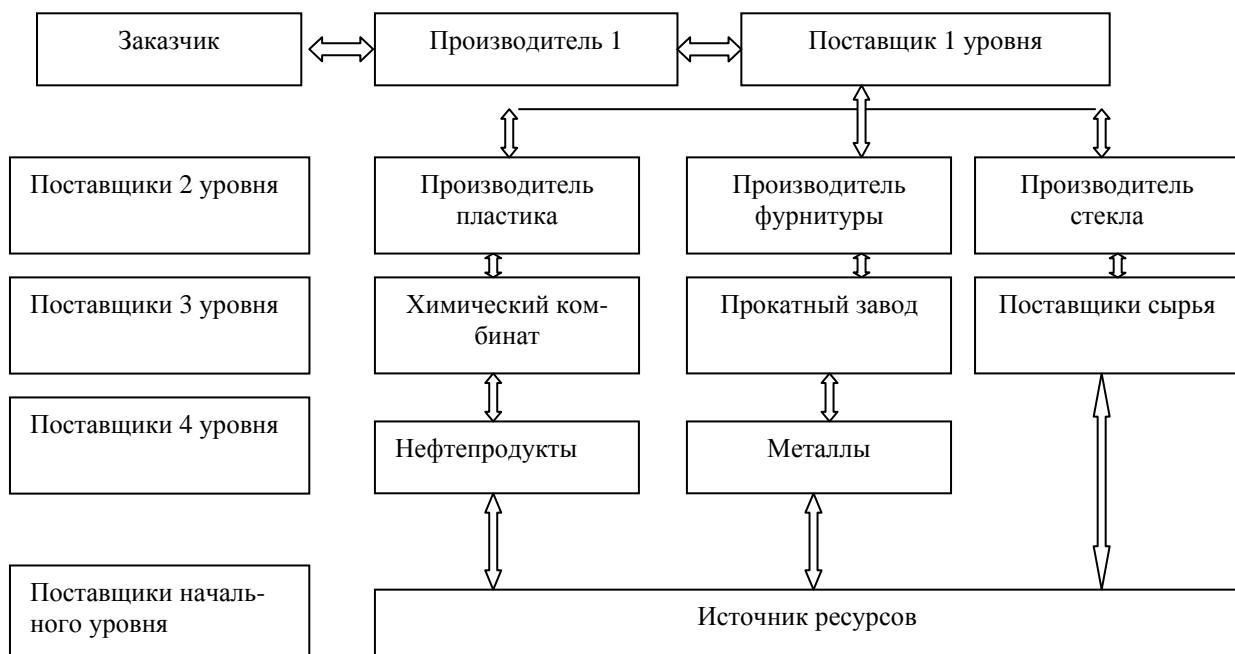


Рис. 1. Цепь поставок предприятия, производящего окна по индивидуальному заказу

На рис. 1 видно, что только звено «Производитель 1» в цепи поставок производит индивидуализированную продукцию, т.е. тот производитель, который работает непосредственно с конечным заказчиком. Сле-

дующие участники цепи поставок производят специализированную продукцию (поставщики 2-го уровня) для производителя индивидуализированной продукции. А поставщики 3-го уровня – это уже крупные промышленные предприятия, производящие металлический прокат из специальных сталей или поливинилхлоридный (ПВХ) порошок в больших масштабах для разных групп промышленных потребителей.

Таким образом, получение заявки от конечного пользователя на конкретное изделие приводит в движение всю цепь поставок предприятия, производящего индивидуализированную продукцию. Выявлено, что предприятие, производящее индивидуализированную продукцию, имеет признаки «вытягивающей» системы, описанной ранее. Описанная нами схема движения товаров и материалов подходит под тип «вытягивающей» системы «Восполнение «Супермаркета» (Supermarket Replenishment)».

Под производственную «вытягивающую» систему типа «Лимитированные очереди FIFO (Capped FIFO Lanes)» подходит производство воротных систем.

В качестве примера взято предприятие ДорХан (www.doorhan.ru), которое имеет завод в Московской области по выпуску комплектующих, и производственно-складские представительства в крупных городах России, Белоруссии, Казахстана и Украины. В контексте предприятий, производящих индивидуализированную продукцию, рассматриваются сборочные предприятия компании ДорХан в регионах и производственно-сборочные предприятия других компаний, осуществляющих производство и сборку ворот из комплектующих.

В начале цепи поставок находится заказчик со своими индивидуальными запросами к размерам, цвету, фактуре и комплектации ворот. Потребность конечного клиента трансформируется в заказ на изготовление ворот по индивидуальным требованиям на сборочном предприятии. Заготовки ворот изготавливаются из комплектующих, ворота доставляются на объект в разобранном виде, где их собирают монтажные бригады.

Отличие сборочного предприятия, производящего такую индивидуализированную продукцию, от рассмотренного ранее предприятия по производству окон в системе дистрибуции (продукция отпускается потребителям 1-го уровня) состоит в системе закупок (поставщик 1-го уровня – головная компания, поставляющая заготовки для сборки изделий в регионах). Схема цепи поставок такого предприятия представлена на рис. 2.

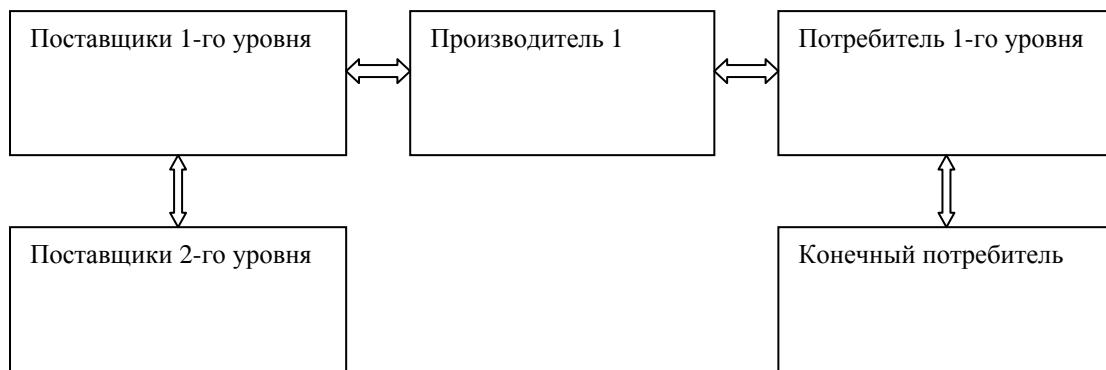


Рис. 2. Цепь поставок предприятия, осуществляющего сборку секционных ворот

Представленная схема цепи поставок предприятия, производящего сборку ворот (рис. 2), очень похожа на цепь поставок предприятия, производящего пластиковые окна (рис. 1). Движение по цепи поставок начинается от конечного потребителя. Производство построено по принципу «вытягивающего» производства. Однако есть и различия, связанные с особенностями производственных процессов.

Оконное производство во многих крупных компаниях производится на автоматизированных производственных линиях, что позволяет выпускать 100–300 различных изделий в смену, достигая экономии на масштабах производства и уменьшая потери за счет оптимизации раскрай. Кроме того, массовое производство приводит к большим движениям товарных запасов, что позволяет пополнять их по принципу «восполнение супермаркета».

Сборочное производство ворот представляет, по сути, ручную сборку, потому что заготовки крупные, направляющие соединяются вручную, полотна неоднородные по составу (метал + полиуретановая пена). Как следствие, производительность такого предприятия 10–20 ворот в смену. При такой динамике производства лучше подходит схема лимитированной очереди ФИФО (Capped FIFO Lanes).

Для более полного взгляда на практику формирования цепей поставок индивидуализированных предприятий рассмотрим еще предприятие по производству встроенных кухонных гарнитуров.

Поскольку габариты комнат в домах и квартирах имеют разные размеры и конфигурации, а люди имеют разные вкусы и стремятся максимально эффективно использовать площади своих помещений, то такое производство подходит под наше определение индивидуализированной продукции.

Процесс производства кухонной мебели рассмотрим на примере предприятия «Кухни Место» [11]. Офисы продаж принимают заказы от конечных заказчиков на основании каталогов и пожеланий клиентов, размеры и спецификация поступают на производственный участок, где пилятся заготовки, обрабатываются, комплектуются. Сборка изделия осуществляется монтажниками на объекте либо самостоятельно. В цепи поставок такого предприятия есть поставщики фурнитуры, панелей, фасадов, упаковочных материалов, оборудования. Цепь поставок производителя встроенной кухонной мебели имеет сходство с цепью поставок производителя пластиковых окон (см. рис. 1). Отличия состоят в поставщиках, оборудовании, сервисном обслуживании клиентов.

Рассмотрим сходные черты и различия выбранных нами предприятий, производящих индивидуализированную продукцию (табл. 2).

Таблица 2
Анализ индивидуализированных предприятий

Оконное производство	Производство ворот	Производство кухонь
Ориентация на конечного клиента	Ориентация на конечного клиента	Ориентация на конечного клиента
Гибкое производство	Гибкое производство	Гибкое производство
Производство вытягивающего типа	Производство вытягивающего типа	Производство вытягивающего типа
Первое производственное звено выполняет роль супермаркета для конечного заказчика	Первое производственное звено выполняет роль супермаркета для конечного заказчика	Первое производственное звено выполняет роль супермаркета для конечного заказчика
Второе звено «классическое» промышленное предприятие, выпускающее специализированную продукцию	Второе звено «классическое» промышленное предприятие, выпускающее специализированную продукцию	Второе звено «классическое» промышленное предприятие, выпускающее специализированную продукцию
Договорные отношения участников цепи	Вертикальная интеграция	Договорные отношения участников цепи
Уровень запасов средний	Уровень запасов средний	Уровень запасов средний
Нет единой базы по запасам с поставщиками	Внутри вертикальной интеграции единая база	Нет единой базы по запасам с поставщиками

Анализ индивидуализированных предприятий в разных сегментах рынка показывает как сходные, так и различные черты в цепях поставок этих предприятий. Сходства обусловлены индивидуальным подходом к клиентам и стремлением к гибкости под меняющиеся запросы рынка. Различия обусловлены в разных стратегиях компаний, доли на рынке, технологическому оснащению и корпоративной культуре.

При анализе цепей поставок индивидуализированных предприятий обнаружены признаки предприятий «вытягивающего» типа во всех рыночных нишах, что, на наш взгляд, обусловлено ориентацией на клиента и началом цепи поставок от формирования потребностей заказчика в сторону производства индивидуализированной продукции. Вместе с тем имеется и потенциал «вытягивающей» цепи поставок в части, касающейся сокращения запасов. Потому что применение «вытягивающего» типа производства и цепи поставок обусловлено снижением товарных остатков, согласованием страхового уровня запасов между участниками цепи. Во всех проанализированных нами предприятиях выявлены значительные товарные запасы, причем это касается и вертикально интегрированных цепей поставок внутри одного холдинга, так и независимых компаний, имеющих оптовые склады и производственные площадки в одном городе.

Для планирования производственно-логистической цепи промышленных предприятий используют мастер-план, так называемые системы мастер-планирования (MPS – Master Planner System). «Такие системы позволяют учитывать при планировании все значимые элементы цепочки, включая производственные

мощности, поставщиков, возможности транспортной сети, сырье, материалы, полуфабрикаты и готовую продукцию, склады» [Карпачев, 2005, с. 12].

Обобщая материалы, изложенные в данной статье, заметим, что формирование цепей поставок предприятий производящих индивидуализированную продукцию, призвано решить такие задачи, как:

- сокращение цикла планирования и увеличение горизонта планирования за счет получения надежной и своевременной информации;

- оптимизация расходов за счет возможности определения стратегических контрагентов, оптимального выбора закупаемых изделий и их поставщиков, поддержки взаимодействия с ними в режиме реального времени;

- снижение производственных издержек через оптимизацию потоков продукции и оперативную организацию обмена информацией между контрагентами. Коммуникация в режиме реального времени между различными участниками цепочки поставок позволяет предотвратить образование «узких мест» в производственном процессе;

- снижение складских издержек за счет приведения объемов производства в соответствии со спросом (эта задача отвечает концепции управления снабжением Just-In-Time («точно вовремя»);

- повышение качества обслуживания потребителей, которое достигается за счет оперативности и гибкости процесса поставки.

Литература

1. Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт. Стратегическое управление логистикой: пер. с англ. – М., 2005. – 797 с.
2. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: пер. с англ. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
3. Уваров С.А. Логистика снабжения в системе управления цепями поставок // Логистика и управление цепями поставок. – 2010. – № 3. – С. 36.
4. Хэндфилд Роберт Б., Николос мл. Эрнест Л. Реорганизация цепей поставок. Создание интегрированных систем формирования ценности: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 416 с.
5. Проценко О. Развитие системы управления цепями поставок // Логистика. – 2013. – № 4. – С. 31.
6. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: пер. с англ. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
7. Фролов Е.Б. Производственная логистика, или что такое «вытягивающее планирование?» // Логистика и управление цепями поставок. – 2010. – № 1. – С. 72.
8. Карпачев И. Обзор функциональности передовых SCM решений // Логистика и управление цепями поставок. – 2005. – № 116. – С. 12.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абдуразакова А.С.* – канд. биол. наук, зав. каф. биологии и методики ее преподавания Чеченского государственного педагогического института, г. Грозный. E-mail: anna-grozny@mail.ru
- Абраменко О.В.* – асп. каф. зоологии и биоэкологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан. E-mail: olia-di@mail.ru
- Агапов В.Н.* – дир. Ялуторовского аграрного колледжа, г. Ялуторовск. E-mail: surd1985@mail.ru
- Алексеева А.А.* – асп. каф. ландшафтной архитектуры и агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: natvalf@mail.ru
- Андрюшкова Е.А.* – асп. каф. технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: eidos-92mail.ru
- Антипова Е.М.* – д-р биол. наук, проф. каф. биологии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: katusha05@bk.ru
- Антонов А.М.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск. E-mail: aantonov@narfu.ru
- Астамирова М.М.-А.* – канд. биол. наук, доц. каф. биологии и методики ее преподавания Чеченского государственного педагогического института, г. Грозный. E-mail: astamirova@bk.ru
- Базаров С.М.* – д-р техн. наук, проф. каф. технологий лесозаготовительных производств Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, г. Санкт-Петербург. E-mail: spb.soloviev@mail.ru
- Беляков А.А.* – канд. тех. наук, доц., директор Научно-исследовательского института аналитического мониторинга и моделирования Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: icc@kgau.ru
- Болотов О.В.* – канд. техн. наук, доц. каф. использования водных ресурсов Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: bolotova.adel2012@yandex.ru
- Болотова А.С.* – канд с.-х. наук, доц. каф. лесной таксации, лесоустройства и геодезии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: bolo-tova.adel2012@yandex.ru
- Бородулин Д.М.* – д-р техн. наук, зав. каф. технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: eidos-92mail.ru
- Братилова Н.П.* – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: lhf@sibstu.kts.ru
- Бураков Д.А.* – д-р геогр. наук, проф., зав. каф. природообустройства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: Daburakov@yandex.ru
- Бырдин П.В.* – канд. техн. наук, доц. каф. машин и оборудования лесного комплекса Братского государственного университета, г. Братск. E-mail: byrdin_pavel@mail.ru
- Бычкова А.А.* – асп. каф. эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau
- Величко Н.А.* – д-р техн. наук, проф., директор Института пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fppp@kgau.ru
- Войнаш А.С.* – доц. каф. наземных транспортных систем Рубцовского индустриального института – филиала Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Рубцовск. E-mail: aleksstok@yandex.ru
- Войнаш С.А.* – инж. каф. наземных транспортных систем Рубцовского индустриального института – филиала Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Рубцовск. E-mail: sergey_voi@mail.ru
- Гельд Т.А.* – канд. биол. наук, доц. каф. зоологии и биоэкологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан. E-mail: t.geld@mail.ru

- Гомбожапов С.Д.* – инж. каф. технологических машин и оборудования Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, г. Улан-Удэ. E-mail: onkhonova47@mail.ru
- Григорьев И.И.* – асп. лаборатории гельминтологии Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства, г. Якутск. E-mail: kokolova_lm@mail.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
- Гуськов С.Ю.* – канд. техн. наук, доц. каф. технологий и машин природообустройства Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: poletaikin_vf@mail.ru
- Данилова О.А.* – канд. экон. наук, доц. каф. анализа и учета Марийского государственного университета, г. Йошкар-Ола. E-mail: oks34053870@yandex.ru
- Ельдештейн Ю.М.* – канд. техн. наук, доц., проф. каф. менеджмента и административного управления Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: Eldeshtejn@yahoo.ru
- Емельянов Р.Т.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерных систем зданий и сооружений Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: ert-44@yandex.ru
- Енуленко О.В.* – асп. каф. биологии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: enolga@mail.ru
- Жарова Т.Ф.* – ст. науч. сотр. отдела кормопроизводства и земледелия Тувинского научно-исследовательского института сельского хозяйства СО Россельхозакадемии, г. Кызыл. E-mail: zhvf@mail.ru
- Жихарь А.А.* – асп. каф. лесных культур Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: ak-747@mail.ru
- Жулanova B.N.* – д-р биол. наук, проф. каф. агрономии Тувинского государственного университета, г. Кызыл. E-mail: zhvf@mail.ru
- Запрудский В.Н.* – канд. техн. наук, доц. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau
- Злотникова Т.В.* – канд. биол. наук, доц., зав. каф. зоологии и биоэкологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан. E-mail: tama-ra.zlotnikova@mail.ru
- Иксанов Ш.С.* – асп. каф. уборочных машин Челябинской государственной агронженерной академии, г. Челябинск. E-mail: snn.89@bk.ru
- Какпо Р.С.К.* – асп. каф. почвоведения, земледелия и земельного кадастра аграрного факультета Российского университета дружбы народов, г. Москва. E-mail: role-mair@yahoo.fr
- Киселев Д.И.* – асп. каф. технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: eidos-92mail.ru
- Климов А.С.* – канд. техн. наук, доц. каф. инженерных систем зданий и сооружений Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: klimovas_2011@mail.ru
- Климова О.Л.* – асп. каф. инженерных систем зданий и сооружений Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: klimovas_2011@mail.ru
- Ковылин Н.В.* – д-р с.-х. наук, зав. каф. лесных культур Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: ak-747@mail.ru
- Ковылина О.П.* – канд. биол. наук, доц. каф. лесных культур Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: ak-747@mail.ru
- Козымаев А.С.* – асп. каф. технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: eidos-92mail.ru
- Колотова Ю.И.* – асп. каф. природообустройства и водопользования Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: kolotova.yuliya@mail.ru
- Лашин А.П.* – ассист. каф. патологии, морфологии и физиологии Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: laschina@mail.ru
- Ловчиков А.П.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. уборочных машин Челябинской государственной агронженерной академии, г. Челябинск. E-mail: alovchikov@mail.ru

- Ловчиков В.П.* – канд. техн. наук, доц. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Челябинской государственной агроинженерной академии, г. Челябинск. E-mail: lovcikov74@mail.ru
- Лоскутов С.Р.* – д-р хим. наук, зам. дир. Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, г. Красноярск. E-mail: lsr@ksc.krasn.ru
- Макеева Ю.Н.* – асп., ст. преп. каф. агротехники Ачинского филиала Красноярского государственного аграрного университета, г. Ачинск. E-mail: info@kgau
- Мальгин Д.С.* – асп. каф. логистики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: amican2008@yandex.ru
- Матюшев В.В.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии хранения и переработки зерна Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: matyushe@yandex.ru
- Мацкевич И.В.* – асп. каф. технологии, оборудования бродильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau
- Мельник О.Н.* – канд. биол. наук, доц. каф. биологии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: Larus-23@yandex.ru
- Мурашова Е.Г.* – канд. геогр. наук, доц. каф. строительного производства и инженерных конструкций Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: supermutter1@rambler.ru
- Надеин К.А.* – канд. вет. наук, вет. врач ЗАО «Ириновское торгово-производственное предприятие», Ленинградская область, Всеволожский район, пос. Рахья. E-mail: Nka1975@mail.ru
- Невзоров В.Н.* – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. технологии, оборудования бродильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau
- Онхонова Л.О.* – д-р техн. наук, проф. каф. технологических машин и оборудования Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, г. Улан-Удэ. E-mail: onkhonova47@mail.ru
- Павлова П.А.* – науч. сотр. лаборатории Якутского ботанического сада Института биологических проблем криопитозоны СО РАН, г. Якутск. E-mail: vvsemenova-8@yandex.ru
- Пак С.Б.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. природообустройства и водопользования Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: sb_pak@mail.ru
- Панченко А.В.* – асп. каф. экономики и агробизнеса Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: 780163@mail.ru
- Полетайкин В.Ф.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологий и машин природообустройства Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: poletaikin_vf@mail.ru
- Попова Н.Н.* – асп. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: mrepyah@yandex.ru
- Путинцев Л.А.* – гидролог ФГБУ «Среднесибирское УГМС», г. Красноярск. E-mail: Leo77789@mail.ru
- Ратников С.А.* – канд. техн. наук, доц. каф. технологического проектирования пищевых производств Кемеровского технологического института пищевой промышленности, г. Кемерово. E-mail: eidos-92mail.ru
- Репях М.В.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: mrepyah@yandex.ru
- Родоманская С.А.* – канд. геогр. наук, доц. каф. геодезии и землеустройства Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: svetlana_1902@mail.ru
- Рыгалова Е.А.* – асп. Института пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fprr@kgau.ru
- Селиванов Н.И.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau

- Семенович А.В.* – канд. хим. наук, мл. науч. сотр. лаборатории физико-химической биологии древесных растений Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, г. Красноярск. E-mail: semenovich_a@ksc.krasn.ru
- Силин В.Е.* – асп., науч. сотр. НИИ аналитического мониторинга и моделирования Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: amm@kgau.ru
- Симонова Н.В.* – д-р биол. наук, доц. каф. фармакологии Амурской государственной медицинской академии, г. Благовещенск. E-mail: simonova.agma@yandex.ru
- Симонова Н.П.* – д-р с.-х. наук, проф. каф. медико-социальной работы Амурского государственного университета, г. Благовещенск. E-mail: simonova.agma@yandex.ru
- Смолин Н.И.* – канд. техн. наук, доц., зав. каф. общетехнических дисциплин Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: surd1985@mail.ru
- Смольникова Я.В.* – доц. каф. технологий жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fppp@kgau.ru
- Соболевская Л.А.* – асп. каф. экологии, ресурсопользования и безопасности жизнедеятельности Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск. E-mail: zolotoy_mex@mail.ru
- Соловьев А.Н.* – канд. техн. наук, зав. каф. геодезии и строительного дела Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, г. Санкт-Петербург. E-mail: spb.soloviev@mail.ru
- Соловьева И.А.* – канд. биол. наук, зав. отделом паразитологии и зоэкологии Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института Россельхозакадемии, г. Благовещенск. E-mail: Sia-storm@mail.ru
- Строганова И.Я.* – д-р биол. наук, проф. каф. эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau
- Суринский Д.О.* – канд. техн. наук, доц. каф. энергообеспечения сельского хозяйства Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: surd1985@mail.ru
- Тайсумов М.А.* – д-р биол. наук, проф., зав. сектором флоры отдела биологии и экологии Академии наук Чеченской Республики, г. Грозный. E-mail: musa_taisumov@mail.ru
- Типсина Н.Н.* – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии хлебопекарного, кондитерского и малярного производства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fppp@kgau.ru
- Трухина Т.И.* – науч. сотр. отдела паразитологии и зоэкологии Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института Россельхозакадемии, г. Благовещенск. E-mail: toma.trukhina@mail.ru
- Турыгина О.В.* – канд. биол. наук, доц. каф. теории и методики медико-биологических наук и безопасности жизнедеятельности Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: turygina.1967@mail.ru
- Турышева Е.С.* – канд. техн. наук, доц. каф. инженерных систем зданий и сооружений Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: E.Turisheva@mail.ru
- Умаров М.У.* – д-р биол. наук, проф., зав. отделом биологии и экологии Академии наук Чеченской Республики, г. Грозный. E-mail: musa_taisumov@mail.ru
- Усова Е.А.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. селекции и озеленения Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: EAUssova79@mail.ru
- Фомина Н.В.* – канд. биол. наук, доц. каф. ландшафтной архитектуры и агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: natvalf@mail.ru
- Халидова Х.Л.* – асп. каф. экологии и безопасности жизнедеятельности Чеченского государственного педагогического института, г. Грозный. E-mail: musa_taisumov@mail.ru
- Хаптухаева Н.Н.* – канд. биол. наук, науч. сотр. Института общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ. E-mail: khapt@biol.bscnet.ru

- Ходжаева М.М.* – студ. 3 курса отделения строительства инженерной инфраструктуры и дорог Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: marina_khodjaeva@mail.ru
- Шапорова З.Е.* – канд. экон. наук, доц. каф. менеджмента и административного управления Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: Eldeshtejn@yandex.ru
- Шильникова Т.И.* – канд. с.-х. наук, доц. каф. природообустройства и водопользования Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: Tata.1950@list.ru.
- Шмидт В.К.* – доц. каф. инженерных систем зданий и сооружений Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: Smidt.51@bk.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Фомина Н.В. Микробиологическая оценка агропочв лесных питомников лесостепной зоны.....	3
Хаптухаева Н.Н. Интенсивность эрозионных процессов в межгорных котловинах Селенгинского среднегорья.....	9
Турыгина О.В. Экологический мониторинг состояния палеопочв Татышевского педокомплекса.....	13
Жуланова В.Н., Жарова Т.Ф. Влияние севооборотов на плодородие почв и продуктивность яровой пшеницы.....	18
Какло Р.С.К. Применение интегрированной модели «DSSAT-SIG» для определения доз удобрений под кукурузу в южной и центральной части Бенина.....	22
Усова Е.А. Изменчивость семенного потомства ореха маньчжурского в дендрарии Сибирского технологического университета.....	26
Репях М.В., Попова Н.Н. Отбор маточных растений яблони по фенологии на нижней террасе Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского.....	29
Алексеева А.А., Фомина Н.В. Анализ активности редуцирующих ферментов агрогенно измененных почв лесных питомников лесостепной зоны Красноярского края.....	32
Антипова Е.М., Енуленко О.В. Экологические группы видов щебнистых, каменистых и песчаных местообитаний Сылдинской предгорной и Прибайтайской луговой степей (Красноярский край).....	35
Ковылина О.П., Ковылин Н.В., Жихарь А.А. Особенности роста березы повислой (<i>Betula pendula</i> Roth.) в чистых и смешанных фитоценозах на южном черноземе в условиях степи.....	40
Мельник О.Н., Гельд Т.А., Злотникова Т.В. Динамика численности колониальных видов птиц урочища «Трёхозерки» (Минусинская котловина).....	45
Соболеевская Л.А. Оптимизация парофазных методик определения массовой концентрации хлорбензола в пробах природных и сточных вод газохроматографическим методом.....	50
Бураков Д.А., Путинцев Л.А. Методы расчета и прогноза ежедневного бокового притока в Богучанское водохранилище.....	54

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Процессы и машины агроинженерных систем

Онхонова Л.О., Гомбожалов С.Д. О методике расчета основных параметров универсальных аэроежелобов.....	59
Климов А.С., Климова О.Л. Совершенствование установки для автоматического управления процессом очистки грунтов от нефтяных загрязнений.....	62
Невзоров В.Н., Бырдин П.В. Исследование устройства для обработки сеянцев с использованием переохлажденного пара.....	66
Войнаш А.С., Войнаш С.А. Тягово-динамический расчет малогабаритного колесного автотрактора....	71
Мацкевич И.В., Невзоров В.Н., Братилова Н.П. Определение технологических параметров тестомесильной машины с объемно-винтовым рабочим органом.....	76
Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Моделирование скоростных режимов агрегатов и удельных показателей колесных тракторов на основной обработке почвы.....	81
Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Иксанов Ш.С. Методический подход к разработке процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей.....	89
Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е. Задача оптимизации транспортной схемы.....	94
Полетайкин В.Ф., Гуськов С.Ю. Математические модели работы перекидного лесопогрузчика с учетом наклона корпуса при наборе груза.....	97
Бородулин Д.М., Ратников С.А., Козымаев А.С., Андрюшкова Е.А., Киселев Д.И. Моделирование движения материальных потоков в центробежно-шнековом смесителе.....	102
Базаров С.М., Соловьев А.Н. Лесозаготовительная логистика.....	108
Суринский Д.О., Агалов В.Н., Смолин Н.И. Электрофизические методы борьбы при дератизации сельскохозяйственных помещений.....	113

<i>Емельянов Р.Т., Турышева Е.С., Шмидт В.К., Ходжаева М.М.</i> Влияние фазовых переходов на показатели вакуумного литиево-бромидного радиатора.....	117
Технология продовольственных продуктов	
<i>Силин В.Е.</i> Исследование кинетики и обоснование технологических параметров процессов извлечения пектиновых веществ из выжимок красной смородины.....	120
<i>Типсина Н.Н., Матюшев В.В., Беляков А.А.</i> Использование нетрадиционного сырья в пищевых производствах.....	125
<i>Величко Н.А., Смольникова Я.В., Рыгалова Е.А.</i> Разработка рецептуры и оценка качества мармелада из костяники каменистой (<i>Rubus Saxatilis</i> L.).....	132
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ	
Агрономия	
<i>Колотова Ю.И., Шильникова Т.И., Пак С.Б.</i> Водопотребление и режим орошения гречихи на лугово-черноземовидных почвах юга Приамурья.....	137
<i>Павлова П.А.</i> Интродукция видов рода <i>Polemonium</i> L. (синюхи) в Центральной Якутии.....	142
<i>Губанов М.В.</i> Продуктивность и качество зерна сортобразцов голозерного ячменя в северной лесостепи Тюменской области.....	145
<i>Тайсумов М.А., Умаров М.У., Астамирова М.М.-А., Абдуразакова А.С., Халидова Х.Л.</i> Видовой потенциал полезных растений горных районов Чеченской Республики.....	149
Ветеринария и зоотехния	
<i>Лашин А.П., Симонова Н.П., Симонова Н.В.</i> Эффективность природных антиоксидантов при окислительном стрессе.....	156
<i>Надеин К.А.</i> Влияние применения геля с трекрезаном при лечении гнойных ран на показатели перекисного окисления липидов.....	159
<i>Григорьев И.И.</i> Гельминты и гельминтозы домашних оленей горно-таежной зоны Якутии.....	162
<i>Бычкова А.А., Строганова И.Я.</i> Диагностика микоплазменных, вирусных и хламидиозных инфекций свиней методом полимеразной цепной реакции в хозяйствах Средней Сибири.....	166
<i>Трухина Т.И., Соловьева И.А.</i> Влияние цеолитов на уровень протеина в рационе цыплят-бройлеров.....	169
<i>Данилова О.А.</i> Анализ показателей развития мясного подкомплекса Республики Марий Эл.....	172
Лесное хозяйство	
<i>Мурашова Е.Г., Родоманская С.А.</i> Эколого-геологические проблемы в региональных типах землепользования Амурской области.....	176
<i>Антонов А.М.</i> Изменчивость макростроения древесины сосны, выращенной с применением удобрений....	179
<i>Абраменко О.В.</i> Использование лиственницы сибирской (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.) как биоиндикатора состояния городских насаждений в условиях лесостепной зоны Хакасско-Минусинской котловины.....	184
<i>Ельдештейн Ю.М., Болотов О.В., Болотова А.С.</i> Решение задачи оптимизации освоения лесов с позиции логистики.....	188
<i>Семенович А.В., Лоскутов С.Р.</i> Закономерности сорбции катионов металлов модифицированной корой хвойных древесных пород Сибири.....	197
ТРИБУНА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ	
<i>Панченко А.В.</i> Экологические аспекты инвестиционного инновационного проекта	203
<i>Малыгин Д.С.</i> Практика формирования цепей поставок при производстве индивидуализированной промышленной продукции.....	209
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	
	215