ISSN 1819-4036

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Красноярский государственный аграрный университет

В Е С Т Н И К КрасГАУ

Выпуск 8

Красноярск 2015

Редакционный совет

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

Редакционная коллегия

А.Н. Антамошкин, д-р техн. наук, проф.
С.С. Бакшеева, д-р биол. наук, доц.
Г.С. Вараксин, д-р с.-х. наук, проф.
Н.Г. Ведров, д-р с.-х. наук, проф.
Н.А. Величко, д-р техн. наук, проф.
Г.А. Демиденко, д-р биол. наук, проф.
Т.Ф. Лефлер, д-р с.-х. наук, проф.
А.Е. 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 *Т.М. Мастрич*
Компьютерная верстка *А.А. Иванов*

Подписано в печать 19.08.2015 Формат 60x84/8
Тираж 250 экз. Заказ № 363
Усл. п.л. 23,75

Подписной индекс 46810 в Каталоге «Газеты. Журналы» ОАО Агентство «Роспечать»
Издается с 2002 г.
Вестник КрасГАУ. – 2015. – №8 (107).
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-14267 от 06.12.2002 г.
ISSN 1819-4036

© Красноярский государственный аграрный университет, 2015

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 504.064.2:546 (470.13)

Е.Н. Северьянова

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ВБЛИЗИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «КОМСОМОЛЬСКАЯ» ГОРОДА ВОРКУТЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

В статье исследован почвенный и растительный покров Большеземельской тундры в окрестности шахты «Комсомольская» на содержание тяжелых металлов.

Ключевые слова: *угольная шахта, тяжелые металлы, почвенный и растительный покров.*

E.N. Severyanova

HEAVY METALS IN SOILS AND PLANTS NEAR COAL MINES ON THE EXAMPLE OF THE MINE "KOMSOMOLSKAYA" OF VORKUTA CITY IN THE KOMI REPUBLIC

The soil and plant cover of the Bolshezemelskaya tundra in the vicinity of the mine "Komsomolskaya" on the heavy metal content is researched in the article.

Key words: *coal mine, heavy metals, soil and plant cover.*

Введение. Республика Коми развивалась с самого начала как топливно-энергетический регион. Топливно-энергетические ресурсы республики представлены промышленными запасами коксующихся и энергетических углей Печорского угольного бассейна [1]. Для Российской Федерации этот регион имеет особое значение как крупная сырьевая база для промышленности. Кроме этого, топливно-энергетический комплекс региона является ведущей отраслью народного хозяйства [2].

Но, как известно, любая хозяйственная деятельность является источником загрязнения в результате производства, использования, хранения, утилизации, обращения различных машин, оборудования и химических веществ. Характерные загрязнители свойственны определенным видам производственных территорий [3].

Наиболее существенные нарушения природной среды в Печорском угольном бассейне наблюдаются вокруг шахт. По данным Н.Б. Какунова, зона максимального нарушения составляет 30–35 км^2 [4]. Основным фактором, влияющим на пространственное распределение выбросов относительно источника эмиссии, следует считать ветровой режим [5].

В Воркутинском промышленном районе большинство угледобывающих предприятий расположено вблизи жилых поселков (шахта «Комсомольская» расположена на расстоянии менее километра от одноименного поселка). Кроме этого, природный почвенный покров на территории поселков Воркутинского промышленного района практически отсутствует. Поверхностный слой в них сложен нарушенными грунтами с примесью углисто-аргеллитовых и горелых пород. Поэтому поверхностные отложения являются техногенными почвогрунтами. Эколого-геохимическими исследованиями установлено, что практически вся их площадь представляет собой комплексные техногенные аномалии сходного геохимического спектра, являющиеся источником загрязнения связанных

природных сред. Основными элементами-загрязнителями являются Sr, Ba, Hg, Cu, Zn, Sn, Mo, Mn, Cr, Pb [6].

Таким образом, можно согласиться с утверждением, что важной частью стратегии развития угольной отрасли является обеспечение экологической безопасности и благоприятных жизненных условий для людей, проживающих в угольных регионах [7].

Цель исследования. Определение содержания тяжелых металлов в почвенном и растительном покрове в зоне деятельности шахты «Комсомольская» в городе Воркута Республики Коми.

Объекты и методы исследования. Для осуществления поставленной в данной работе цели были отобраны образцы естественного почвенного покрова Большеземельской тундры, техногенного почво-грунта с глубин 0–5 и 5–20 см и угольной породы с породных угольных отвалов в окрестности шахты «Комсомольская». Был отобран и исследован растительный материал с каждой точки отбора почвенных образцов на содержание тяжелых металлов. Для проведения исследования были взяты листья, ветки и корни популярных для Воркутинской тундры кустарников березы карликовой (лат. Betula nana) и полярной ивы (лат. Salix polaris), листья, стебли и корни лекарственного травянистого растения иван-чая (лат. Chamaenerion).

Таблица 1

Места отбора почвенных образцов в окрестности шахты «Комсомольская»

Номер участка	Направление от шахтного ствола	Расстояние от шахты, м	Участок отбора почвенного образца
1	Север	300	Техногенный почвогрунт
2	Север	400	Техногенный почвогрунт
3	Север	500	Техногенный почвогрунт
4	Юг	150	Техногенный почвогрунт
5	Юг	600	Техногенный почвогрунт
6	Юг	700	Естественный почвенный покров
7	Юг	800	Естественный почвенный покров
8	Юг	1000	Естественный почвенный покров
9	Восток	400	Естественный почвенный покров
10	Восток	500	Естественный почвенный покров
11	Восток	10000	Естественный почвенный покров
12	Восток	10100	Отвал угольной породы
13	Запад	350	Техногенный почвогрунт
14	Запад	400	Техногенный почвогрунт
15	Запад	1000	Техногенный почвогрунт
16	Северо-Запад	300	Техногенный почвогрунт
17	Северо-Запад	400	Техногенный почвогрунт
18	Северо-Запад	500	Техногенный почвогрунт
19	Северо-Восток	3000	Естественный почвенный покров
20	Северо-Восток	3100	Отвал угольной породы

В почвенных образцах были изучены гранулометрический состав, физико-химические свойства, а именно: pH потенциометрическим методом, содержание органического углерода методом мокрого сжигания по Тюрину, содержание обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} комплексонометрическим методом [8]. В почвах и растениях определялись концентрации тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Mn) в вытяжках методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Результаты и их обсуждение. При анализе степени загрязнения определенной территории необходимым условием является исследование почвенного покрова, поскольку почва является

долговременным депонентом опасных химических веществ. Для определения степени и закономерности загрязнения почвенного покрова на данной территории необходимо знание его геохимических свойств. Исследуемый в данной работе естественный почвенный покров имеет реакцию среды (pH) от сильнокислой (3,0) до слабокислой (5,9), что характерно для почвенного покрова Большеземельской тундры. Техногенные почвогрунты, угольная порода с отвалов имеют значения pH от слабокислой (5,7) до близкой к нейтральной (6,7), это объясняется щелочной реакцией угольной породы, которая присутствует в профиле техногенных почвогрунтов. Значение pH с глубиной от 0–5 см до 5–20 см изменяется незначительно. Содержание гумуса в естественном почвенном покрове вне торфяного горизонта небольшое – от 1,1 до 3,0 %, в пределах торфяного горизонта – до 12,0 %, вниз по профилю содержание гумуса снижается. В техногенных почвогрунтах содержание гумуса также меньше – 3,0 %, на данных участках почвенные частицы перемешаны с угольной породой, и здесь, как и на отвалах угольных пород, идет процесс почвообразования и формирования растительного покрова. Почвенно-поглощающий комплекс естественного почвенного покрова и техногенных почвогрунтов не насыщен обменными Ca^{2+}, Mg^{2+}, что связано с суровыми климатическими условиями, легким гранулометрическим составом и кислой реакцией почвенного раствора.

По результатам геохимического анализа, естественный почвенный покров в окрестности шахты «Комсомольская» соответствует тундровым почвам, то есть химические свойства почв незначительно изменились под воздействием угледобывающего предприятия.

С целью определения наличия или отсутствия в исследуемом районе загрязнения почв тяжелыми металлами был отобран почвенный материал с фонового участка в 15 км на юго-восток от Воркутинского промышленного района в открытой тундре, где нет прямого антропогенного воздействия на окружающую среду; поллютанты, если и могут попадать на данный участок, то воздушными потоками и лишь в ничтожных количествах.

Почвенные образцы были исследованы на содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов (ТМ), что дает возможность судить о степени техногенного загрязнения почв (табл. 2).

Таблица 2

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах

Номер точки отбора	Тяжелые металлы, мг/кг сухой массы						Участок отбора почвенных образцов
	Cu	Pb	Mn	Ni	Cd	Zn	
1	2	3	4	5	6	7	8
1 (С)	**15,5** **15,8**	9,1 9,0	**105,3** **107,5**	**31,4** **32,5**	**0,65** **0,67**	**30,5** **30,8**	Техногенный почвогрунт
2 (С)	**14,2** **28,0**	10,3 10,6	**118,0** **119,9**	**33,2** **30,4**	**0,66** **0,64**	**31,7** **30,8**	Техногенный почвогрунт
3(С)	**14,0** **12,2**	10,8 10,0	**114,4** 94,6	**32,4** **30,9**	**0,63** **0,66**	**31,8** **30,0**	Техногенный почвогрунт
4 (Ю)	**23,2** **15,0**	11,3 11,8	**136,4** **109,5**	**26,5** **27,3**	**0,70** **0,80**	**36,5** **34,7**	Техногенный почвогрунт
5 (Ю)	**21,9** **22,5**	**17,5** 12,3	**129,0** **124,8**	**25,1** **22,9**	**0,75** **0,74**	**35,2** **31,6**	Техногенный почвогрунт
6 (Ю)	**15,2** **8,7**	11,5 9,8	**115,5** **107,4**	**25,8** **20,8**	**0,68** 0,55	**30,3** **26,9**	Естественный почвенный покров
7 (Ю)	**11,4** **8,3**	10,5 9,4	**136,2** **141,2**	**23,7** **23,5**	**0,73** **0,61**	**37,0** **35,0**	Естественный почвенный покров
8 (Ю)	5,8 **9,8**	7,4 9,8	28,0 **113,2**	**14,9** **23,9**	0,52 **0,72**	22,0 **31,5**	Естественный почвенный покров

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
9 (В)	**11,6** **10,2**	9,8 9,9	**129,3** **112,2**	**23,6** **22,3**	**2,77** **0,64**	**29,8** **28,7**	Естественный почвенный покров
10 (В)	**14,8** **11,0**	11,6 9,9	**135,6** **107,6**	**21,8** **22,5**	**1,44** 0,52	**54,0** **29,7**	Естественный почвенный покров
11 (В)	**23,8** **24,1**	**15,6** **15,7**	**132,9** **130,8**	**74,3** **70,6**	**0,64** 0,60	**60,7** **61,2**	Естественный почвенный покров
12 (В)	**9,9** **8,1**	**13,3** 9,7	**132,8** **134,9**	**23,0** **22,0**	**1,22** **1,20**	**30,0** 26,3	Отвал угольной породы
13 (З)	**51,6** **52,5**	**47,5** **49,8**	**120,7** **119,4**	**50,6** **51,0**	**1,08** **1,6**	**80,2** **76,8**	Техногенный почвогрунт
14 (З)	**36,9** **37,1**	**43,9** **42,6**	**101,7** **100,3**	**49,2** **45,4**	**0,8** **1,0**	**76,6** **74,9**	Техногенный почвогрунт
15 (З)	**26,5** **26,4**	**16,6** **16,9**	**120,5** **126,4**	**33,9** **46,7**	**1,25** **1,65**	**37,5** **33,4**	Техногенный почвогрунт
16 (С-З)	**50,5** **51,2**	**17,3** **16,9**	**131,1** **134,5**	**58,5** **57,6**	**1,26** **1,30**	**64,0** **61,4**	Техногенный почвогрунт
17 (С-З)	**48,3** **49,0**	**20,1** **22,3**	**127,3** **116,9**	**59,1** **60,3**	**2,0** **2,3**	**57,2** **54,3**	Техногенный почвогрунт
18 (С-З)	**43,9** **42,8**	**16,7** **18,5**	**118,6** **114,9**	**56,8** **57,7**	**1,8** **2,1**	**61,8** **60,2**	Отвал угольной породы
19 (С-В)	**64,2** **60,9**	**21,6** **22,4**	**134,7** **140,1**	**81,1** **79,4**	**0,67** 0,45	**37,3** **36,5**	Отвал угольной породы
20 (С-В)	**15,3** 5,4	**14,3** 8,6	**119,5** **116,6**	**23,6** **16,3**	**1,37** **1,5**	**29,8** 25,3	Естественный почвенный покров
ПДК [150]	66	65	1500	40	1,0	110	Техногенный почвогрунт
Фон	6,6	12,2	96,0	14,2	0,60	27,6	Техногенный почвогрунт

Примечание. В числителе указаны значения для глубины 0,5 см, в знаменателе – для глубины 5–20 см, жирным выделены концентрации, превышающие фон, подчеркиванием – ПДК.

По результатам, представленным в таблице 2, видно, что в естественном почвенном покрове на участках, расположенных в непосредственной близости от шахты «Комсомольская» и золоотвала, в угольной породе на породных отвалах и техногенных почвогрунтах выявлено превышение ПДК по Ni и Cd в 1,5–3 раза. Кроме этого, по всем исследуемым металлам было установлено превышение их концентраций относительно фона (в раз): Cu – до 9,7; Pb – до 4; Mn – до 1,5; Ni – до 5,7; Cd – до 4,6; Zn – до 2,9. Что касается распределения между горизонтами 0–5 м и 5–20 м, то значительных колебаний в концентрациях не установлено.

Большие значения концентраций тяжелых металлов в почвах окрестности шахты «Комсомольская» объясняются тем, что данные элементы характерны для угольной породы, добываемой на шахте [9]. Концентрации Cd и Ni в естественном почвенном покрове на участках 10, 11 и 20 превышают ПДК, что связано с высоким содержанием гумуса в торфянистом горизонте (7,4–12 %).

По результатам валового анализа, почвенный покров в окрестности шахты «Комсомольская» можно отнести к техногенно-загрязненным. Чтобы дать характеристику миграции металлов из почвы в растение, мы провели исследование на содержание в почвенном покрове подвижных форм тяжелых металлов (табл. 3).

Таблица 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах

Номер участка отбора	Тяжелые металлы, мг/кг сухой массы						Участок отбора почвенных образцов
	Cu	Pb	Mn	Ni	Cd	Zn	
1 (С)	**0,55** **0,50**	0,90 **1,25**	**39,0** **21,5**	**1,05** **1,15**	**0,175** **0,13**	1,0 0,48	Техногенный почвогрунт
2 (С)	**0,25** **1,95**	0,85 **1,15**	**59,0** **54,5**	**0,85** **1,0**	**0,10** **0,12**	0,40 0,41	Техногенный почвогрунт
3 (С)	**0,55** **0,45**	0,40 0,50	17,6 14,9	**1,15** **0,85**	**0,125** **0,130**	0,54 0,47	Техногенный почвогрунт
4 (Ю)	**2,40** **2,50**	**2,2** 4,2	**59,3** **43,8**	**1,70** **4,5**	**0,21** **0,22**	0,60 **7,90**	Техногенный почвогрунт
5 (Ю)	**0,87** **0,76**	0,98 0,67	**54,5** **50,3**	**0,68** **0,76**	**0,81** **0,5**	1,79 1,90	Техногенный почвогрунт
6 (Ю)	**0,65** **0,25**	0,80 0,65	**42,8** **12,5**	**0,70** **0,40**	**0,11** **0,12**	1,27 0,45	Естественный почвенный покров
7 (Ю)	**0,39** **0,25**	**1,0** 0,65	**62,5** **23,0**	**0,80** 0,25	**0,11** 0,09	**3,90** 0,72	Естественный почвенный покров
8 (Ю)	**0,30** **0,49**	0,55 0,55	1,5 5,1	0,20 **0,70**	0,085 0,065	0,35 0,49	Естественный почвенный покров
9 (В)	**0,25** **0,30**	0,80 **1,0**	**59,1** **41,5**	**1,25** **1,10**	**0,76** **0,10**	**5,1** 0,74	Естественный почвенный покров
10 (В)	**0,40** **0,30**	**1,8** 0,6	**62,0** **29,9**	**0,8** **1,05**	**0,17** **0,13**	**21,0** 0,6	Естественный почвенный покров
11 (В)	0,21 0,20	**1,85** **1,76**	**49,0** **49,5**	**1,0** **1,2**	0,07 **0,10**	**2,55** 2,30	Естественный почвенный покров
12 (В)	**0,28** 0,20	0,90 0,80	**68,4** **28,3**	**0,95** **0,80**	**0,11** 0,08	**3,25** 1,50	Отвал угольной породы
13 (З)	**2,4** **2,9**	**2,40** **2,56**	**55,2** **56,8**	**2,70** **2,80**	**0,28** **0,20**	**34,30** **35,61**	Техногенный почвогрунт
14 (З)	**1,8** **2,0**	**2,1** **2,3**	**50,4** **51,2**	**3,1** **3,4**	**0,31** **0,87**	**32,4** **34,6**	Техногенный почвогрунт
15 (З)	**0,58** **0,65**	0,90 0,70	**41,7** **34,3**	**0,90** **1,10**	**0,25** **0,22**	**6,60** **4,70**	Техногенный почвогрунт
16 (С-З)	**5,10** **5,6**	0,85 **1,3**	**57,5** **50,6**	**3,50** **3,67**	**0,24** **0,50**	**8,05** **8,10**	Техногенный почвогрунт
17 (С-З)	**5,13** **5,0**	0,95 **1,2**	**56,5** **50,9**	**3,60** **3,07**	**0,33** **0,45**	**8,2** **9,0**	Техногенный почвогрунт
18 (С-З)	**4,94** **4,50**	0,96 0,50	**55,7** **60,8**	**3,30** **2,78**	**0,27** **0,70**	**7,93** **9,60**	Отвал угольной породы
19 (С-В)	**6,85** **6,90**	**1,20** **1,01**	**47,2** **50,7**	**4,0** **4,3**	**0,15** **0,13**	**6,0** **5,6**	Отвал угольной породы
20 (С-В)	**0,43** **0,28**	**1,0** 0,60	**62,8** **24,5**	**1,5** 0,30	**0,10,** **0,10**	**4,75** 0,95	Естественный почвенный покров
ПДК (155) [150]	3,0	6	600	4,0	0,5	23,0	
Фон	0,22	0,9	19,0	0,35	0,09	2,3	Естественный почвенный покров

Примечание. В числителе указаны значения для глубины 0,5 см, в знаменателе – для глубины 5–20 см, жирным выделены концентрации, превышающие фон, подчеркиванием – ПДК.

В результате проведенного исследования выявлено превышение значений концентрации тяжелых металлов относительно фоновых значений (в раз): Cu – до 8; Pb – до 2,8; Mn – 3,6; Ni – 12,8; Cd – 9,6; Zn – 15,4. При этом наибольшие значения концентраций тяжелых металлов выявлены в естественном почвенном покрове на исследуемых участках в непосредственной близости от шахты «Комсомольская», а именно на участках 9 (300 м) и 10 (500 м), также в техногенных почвогрунтах и породных отвалах.

Превышения ПДК по исследуемым металлам не установлено, кроме никеля – до 1,1 ПДК и кадмия – до 1,6 ПДК. Данные результаты были получены на участках с естественным почвенным покровом на расстоянии 300 и 500 м в восточном направлении от шахты. Повышенное содержание кадмия определяется тем, что элемент наиболее активен в почвах с реакцией почвенного раствора менее 5 [10]. На отвалах угольной породы и техногенных почвогрунтах превышение ПДК по кадмию и никелю объясняется наличием данных элементов в породе.

Кроме этого, подвижность микроэлементов в почвенном растворе и их доступность растениям определяются несколькими показателями: pH среды, гранулометрическим составом, насыщенностью почв основаниями, водным и температурным режимом. Исследуемые нами почвы (естественный почвенный покров) имеют кислую реакцию почвенного раствора, легкий гранулометрический состав, ненасыщенные основаниями (Ca и Mg – основные антагонисты тяжелых металлов) и формируются они в условиях постоянного переувлажнения и низких температур. Таким образом, исследуемые тундровые почвы имеют все физико-химические свойства, способствующие фитодоступности микроэлементов.

Для полного представления о загрязнении тяжелыми металлами прилегающей к шахте «Комсомольская» территории был изучен растительный материал. Фитодоступность ТМ – один из основных вопросов в экологии при исследовании влияния промышленных предприятий на окружающую среду. В таблицах 4–6 показаны результаты исследования частей иван-чая (лат. Chamaenerion), ивы полярной (лат. Salix polaris) и березы карликовой (лат. Betula nana) на содержание тяжелых металлов в окрестности шахты «Комсомольская» и сопоставлены с концентрациями данных элементов в растениях на фоновом участке и ПДК. Необходимо пояснить, что для исследования с участков с естественным почвенным покровом были отобраны образцы частей иван-чая, березы карликовой и ивы полярной, с породных угольных отвалов и участков с техногенными почвогрунтами главным образом иван-чая. Исключение составили участки 13–17, где на техногенном почвогрунте произрастает ива полярная, которая была взята нами для проведения исследования.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в частях Chamaenerion

Номер участка	Органы растений	Тяжелые металлы, мг/кг сухой массы						Участок отбора почвенных образцов
		Cu	Pb	Mn	Ni	Cd	Zn	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 (С)	Листья Стебли Корни	**11,6** **8,25** 7,6	**2,9** **1,7** **7,35**	**42,9** **20,7** **118,3**	**10,3** **6,65** **11,3**	0,27 0,27 **0,35**	**45,8** **38,8** **27,5**	Техногенный почвогрунт
2 (С)	Листья Стебли Корни	**1,56** **8,2** 6,7	**2,4** **1,9** **7,1**	**38,1** **20,9** **69,3**	**11,5** **6,1** **11,9**	**0,32** **0,29** **0,31**	**41,5** **32,5** **24,3**	Техногенный почвогрунт

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 (С)	Листья	**6,4**	**3,6**	**28,4**	**6,95**	0,25	**24,3**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**5,4**	1,2	**22,5**	**7,9**	**0,3**	**21,9**	
	Корни	**9,5**	**3,0**	**34,1**	**10,4**	**0,3**	**11,4**	
4 (Ю)	Листья	**6,7**	**4,6**	**34,2**	**10,1**	***1,21***	**61,9**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**6,1**	1,2	**25,5**	**7,2**	0,24	**57,3**	
	Корни	**8,7**	**2,1**	**19,6**	**14,5**	**0,56**	**54,5**	
5 (Ю)	Листья	**6,4**	2,2	**32,3**	**6,3**	0,24	**36,1**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**4,5**	**3,2**	**27,8**	**7,3**	0,22	**21,6**	
	Корни	**13,3**	**3,0**	**16,8**	**16,4**	**0,40**	10,4	
6 (Ю)	Листья	**9,6**	**2,4**	**40,5**	**9,1**	**0,61**	**31,7**	Естественный почвенный покров
	Стебли	**8,3**	**2,2**	**29,0**	**8,7**	**0,34**	19,8	
	Корни	**12,5**	**1,7**	**38,5**	**9,6**	**0,31**	**21,3**	
7 (Ю)	Листья	**5,9**	**4,0**	**120,8**	**10,4**	**0,87**	**61,1**	Естественный почвенный покров
	Стебли	**4,8**	**1,9**	**35,1**	**11,0**	**0,76**	**59,0**	
	Корни	**9,7**	**2,7**	**20,4**	**11,9**	0,21	**25,0**	
8 (Ю)	Листья	**4,0**	1,7	**142,4**	**5,9**	0,28	**54,1**	Естественный почвенный покров
	Стебли	**5,4**	**2,4**	13,2	**5,0**	**0,53**	**27,0**	
	Корни	5,2	**3,2**	**15,0**	9,5	**0,68**	**60,1**	
9 (В)	Листья	**6,1**	**2,9**	**50,2**	**6,8**	**0,4**	**55,0**	Естественный почвенный покров
	Стебли	**6,0**	**3,4**	**56,6**	**8,9**	**0,5**	**31,3**	
	Корни	**9,6**	**1,6**	**23,0**	**12,7**	**0,3**	**60,0**	
10 (В)	Листья	**2,95**	**2,7**	**48,8**	4,6	**0,31**	**53,4**	Естественный почвенный покров
	Стебли	**5,3**	**2,9**	**55,2**	**8,8**	**0,31**	**28,0**	
	Корни	3,3	**1,3**	**21,0**	4,0	0,15	**55,5**	
11 (В)	Листья	**6,95**	**4,3**	**44,1**	**7,9**	0,24	**41,3**	Естественный почвенный покров
	Стебли	**5,4**	**1,8**	**28,9**	**4,9**	**6,08**	**55,0**	
	Корни	**10,6**	**1,6**	**49,9**	**10,4**	**0,76**	**51,0**	
12 (В)	Листья	**7,4**	**3,5**	**32,4**	**6,8**	**0,31**	**22,4**	Отвал угольной породы
	Стебли	**4,9**	1,2	**143,6**	**5,5**	**0,5**	19,1	
	Корни	**12,4**	**1,0**	**30,0**	**12,6**	0,21	**10,6**	
13 (З)	Листья	**6,2**	**2,6**	**28,2**	**6,2**	0,22	**49,7**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**4,5**	1,2	**26,3**	**5,7**	**0,59**	**56,3**	
	Корни	**9,3**	**1,4**	**16,9**	**13,2**	**0,8**	**57,3**	
14 (З)	Листья	**8,2**	2,2	**81,0**	**6,5**	**0,43**	**22,9**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**6,7**	**2,7**	**28,5**	**4,8**	**0,31**	**22,8**	
	Корни	**9,3**	**2,1**	**15,9**	**14,3**	**0,41**	**52,9**	
15 (З)	Листья	**6,6**	**4,9**	**26,5**	**7,2**	**0,36**	**33,0**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**4,9**	**3,9**	**28,5**	**5,1**	**0,43**	**23,7**	
	Корни	**9,1**	**2,5**	**15,4**	**11,2**	**0,23**	**19,05**	
16 (С-З)	Листья	**6,1**	**3,9**	**25,9**	**8,1**	**0,36**	**41,3**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**5,4**	**1,8**	**20,9**	**6,4**	**3,9**	**60,95**	
	Корни	**8,9**	**1,8**	**14,1**	**51,4**	**0,53**	**40,9**	
17 (С-З)	Листья	**7,1**	**5,3**	**30,1**	**8,4**	**1,2**	**24,5**	Техногенный почвогрунт
	Стебли	**5,9**	**3,9**	**25,6**	**10,6**	**0,375**	**36,25**	
	Корни	**9,1**	**1,6**	**18,5**	**12,8**	**1,4**	**53,9**	
18 (С-З)	Листья	**6,2**	**3,0**	**44,2**	**6,1**	**0,26**	**50,0**	Отвал угольной породы
	Стебли	**5,7**	**1,6**	**41,2**	**5,25**	**0,31**	**35,0**	
	Корни	**9,1**	**2,0**	**16,0**	**10,7**	**0,28**	**32,5**	

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19 (С-В)	Листья Стебли Корни	**5,8** **4,9** **9,3**	**2,7** **5,1** **2,9**	**46,8** **50,5** **38,3**	**7,3** 4,7 **10,5**	**0,31** **0,31** **0,23**	**41,3** **59,6** **15,3**	Отвал угольной породы
20 (С-В)	Листья Стебли Корни	**6,7** **4,8** 7,0	**2,4** **3,95** **3,5**	**30,7** **21,9** **16,6**	**6,5** **5,4** **11,5**	**0,3** 0,28 **1,2**	**23,5** **52,6** **68,9**	Естественный почвенный покров
Фон: Листья Стебли Корни		5,8 4,3 8,2	2,2 1,2 0,9	24,4 20,6 12,4	5,9 4,5 9,2	0,22 0,22 0,17	21,3 18,9 9,0	Естественный почвенный покров

Примечание. Жирным выделены концентрации, превышающие фон, подчеркиванием – ПДК.

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в частях Salix polaris

Номер участка	Органы растений	Тяжелые металлы, мг/кг сухой массы						Участок отбора почвенных образцов
		Cu	Pb	Mn	Ni	Cd	Zn	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 (С)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
2 (С)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
3 (С)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
4 (Ю)	Листья Ветки Корни	**5,9** **5,8** **4,8**	**5,1** **1,4** **2,4**	**23,1** **23,5** **21,7**	**12,2** **3,1** **4,8**	**1,4** 0,12 **0,62**	**63,5** **61,6** **57,7**	Техногенный почвогрунт
5 (Ю)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
6 (Ю)	Листья Ветки Корни	**5,3** **10,5** **5,6**	**3,3** **2,1** **2,0**	**36,5** **30,4** **28,9**	**7,3** **6,7** **7,6**	**0,4** **0,54** **0,42**	54,9 59,6 54,3	Естественный почвенный покров
7 (Ю)	Листья Ветки Корни	**4,8** **3,8** **3,3**	**4,3** **1,5** 0,85	**111,9** **32,9** **41,4**	**8,1** **10,4** **5,0**	**0,75** **0,55** **0,37**	55,0 58,3 55,0	Естественный почвенный покров
8 (Ю)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Естественный почвенный покров
9 (В)	Листья Ветки Корни	**3,9** **3,3** **4,0**	**3,4** **1,3** **1,6**	**79,0** **21,0** **23,0**	**9,7** **4,0** **5,0**	**2,8** 0,15 **0,3**	**59,1** **55,5** **60,0**	Естественный почвенный покров

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10 (В)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Естественный почвенный покров
11 (В)	Листья Ветки Корни	**7,1** **4,2** **3,2**	**4,1** **2,8** **2,3**	**46,3** **29,9** **52,9**	**8,1** **4,7** **2,9**	**0,43** **6,9** **3,1**	**45,1** **56,9** **53,2**	Естественный почвенный покров
12 (В)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Отвал угольной породы
13 (З)	Листья Ветки Корни	**5,1** **4,9** **4,9**	**2,4** **1,3** **1,3**	**71,4** 17,7 15,0	**6,4** 2,3 **3,1**	**1,14** **0,61** **1,05**	**64,1** **63,3** **58,3**	Техногенный почвогрунт
14 (З)	Листья Ветки Корни	**6,9** **3,5** **5,3**	**3,9** **2,0** **2,3**	**25,4** **21,2** **23,1**	**10,4** **4,0** **2,95**	***2,2*** **1,26** **0,35**	**61,7** **60,7** **58,95**	Техногенный почвогрунт
15 (З)	Листья Ветки Корни	**5,7** **4,8** **4,7**	**5,9** **1,6** **1,7**	**22,3** **21,6** **19,5**	**10,5** **3,8** **5,1**	**1,06** **0,34** **0,42**	**66,4** **58,0** **57,0**	Техногенный почвогрунт
16 (С-З)	Листья Ветки Корни	**3,4** **6,1** **7,0**	**1,8** **2,3** **2,0**	**31,2** **20,1** 19,6	**7,1** **7,4** **53,0**	**6,3** **4,2** **0,49**	**58,9** **61,8** **60,6**	Техногенный почвогрунт
17 (С-З)	Листья Ветки Корни	**6,0** **6,4** **7,4**	**3,9** **1,3** **1,9**	**22,4** **24,7** **19,6**	**12,8** **4,6** **5,7**	**4,4** **3,3** **1,75**	**65,7** **59,4** **55,5**	Техногенный почвогрунт
18 (С-З)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Отвал угольной породы
19 (С-В)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Отвал угольной породы
20 (С-В)	Листья Ветки Корни	**2,8** **3,2** **4,8**	1,2 **4,5** **2,8**	**31,0** **22,3** **25,4**	**4,6** **2,9** **8,4**	**0,44** **0,43** **0,57**	**55,5** **53,1** **54,8**	Естественный почвенный покров
Фон: Листья Стебли Корни		2,1 1,9 1,2	1,2 1 1	21,6 19,4 18,9	3,4 2,7 2,5	0,15 0,12 0,1	36,5 29,8 26,9	Естественный почвенный покров

Примечание. Жирным выделены концентрации, превышающие фон, подчеркиванием – ПДК.

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в частях Betula nana

Номер участка	Органы растений	Тяжелые металлы, мг/кг сухой массы						Участок отбора почвенных образцов
		Cu	Pb	Mn	Ni	Cd	Zn	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 (С)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
2 (С)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
3 (С)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
4 (Ю)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
5 (Ю)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
6 (Ю)	Листья Ветки Корни	**3,8** **9,4** **4,3**	1,9 **1,9** **1,9**	**197,1** **45,3** **37,2**	**8,3** **4,7** **4,9**	0,22 **0,45** 0,24	**52,6** **57,1** **52,9**	Естественный почвенный покров
7 (Ю)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Естественный почвенный покров
8 (Ю)	Листья Ветки Корни	**5,1** **3,8** **2,9**	**2,6** **3,1** 1,3	**113,6** **18,9** **14,3**	**6,3** **3,4** **1,3**	**1,2** **0,82** 0,095	**58,1** **55,2** **41,0**	Естественный почвенный покров
9 (В)	Листья Ветки Корни	**3,9** **3,9** **5,1**	**2,3** **1,9** **2,1**	**82,2** **31,5** **36,6**	**11,1** **5,8** **6,3**	**3,0** **0,32** **0,9**	**60,3** **61,2** **71,2**	Естественный почвенный покров
10 (В)	Листья Стебли Корни	**3,4** **6,7** **4,1**	**2,3** **4,1** **2,5**	**49,6** **62,1** **23,0**	**5,1** **9,4** **4,9**	**0,52** **0,42** **0,29**	**55,3** **30,5** **56,2**	Естественный почвенный покров
11 (В)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Естественный почвенный покров
12 (В)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Отвал угольной породы
13 (З)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14 (3)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
15 (3)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
16 (С-3)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
17 (С-3)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Техногенный почвогрунт
18 (С-3)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Отвал угольной породы
19 (С-В)	Листья Стебли Корни	Не отбирались						Отвал угольной породы
20 (С-В)	Листья Ветки Корни	Не отбирались						Естественный почвенный покров
Фон: Листья Стебли Корни		2,3 1,8 1,5	1,8 1,4 1,2	25,6 11,4 9,8	4,1 2,4 1,7	0,29 0,2 0,18	31,4 24,9 21,3	Естественный почвенный покров

Примечание. Жирным выделены концентрации, превышающие фон, подчеркиванием – ПДК.

По результатам исследования растительного покрова было установлено, что на всех исследуемых участках в окрестности шахты «Комсомольская» концентрации тяжелых металлов в листьях, ветках и корнях Salix polaris, Betula nana и Chamaenerion превышают фоновые их значения, что является главным образом результатом производственной деятельности угледобывающего предприятия, работы железнодорожного транспорта и автомашин с дизельным топливом. Необходимо отметить, что концентрация увеличивается с близостью участка исследования к источнику эмиссии: в корнях растений на техногенном почвенном грунте и породном отвале, в листьях и стеблях на естественном почвенном покрове на расстоянии от 300 до 500 м от ствола шахты.

Полученные нами данные концентраций тяжелых металлов в листьях исследуемых растений относятся к избыточным или токсичным согласно данным сводной таблицы Кабата-Пендиас [11]. А именно – Pb, Ni и Cd в листьях иван-чая, березы и ивы на естественном почвенном покрове и на техногенном почвогрунте на расстоянии от 150 до 600 м от шахтного ствола. Данные показатели объясняются тем, что угольная пыль и частицы породы попадают на поверхность листьев в непосредственной близости от источника эмиссии.

При сравнении с ПДК металлов для растений, представленных многими авторами [12–17], в ветках, стеблях и корнях растений также установлены концентрации Ni и Pb, относящиеся к избыточным. Ива и иван-чай, в корнях которых установлено превышение ПДК по Pb, отобраны на участках с техногенным почвенным грунтом, представленным угольной породой, на расстоянии 300–

500 м, иван-чай, где концентрация Ni в стеблях превышает ПДК, отобран на отвале угольной породы. Кроме этого, необходимо отметить, что Ni, Cd и Pb – легкодоступные элементы для биоаккумуляции из почвенного покрова [17].

Выводы

1. По результатам исследования почвенного покрова окрестности шахты «Комсомольская» было установлено, что концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов превышают их фоновые значения по всем участкам отбора почвенных образцов. Превышение ПДК установлено по Cd и Ni на участках с естественным почвенным покровом вблизи шахты, с техногенным почвогрунтом и отвалах угольной породы.

2. По результатам исследования растительного покрова также установлено превышение концентраций тяжелых металлов относительно их фоновых значений. Превышение ПДК установлено по Cd, Ni и Pb. Наибольшее содержание их в листьях растений установлено на участках в непосредственной близости от шахты, а в корнях и стеблях растений – на техногенных почвогрунтах и отвалах угольной породы.

Литература

1. Минерально-сырьевой комплекс Республики Коми // Статистический сборник. – Сыктывкар, 1999.
2. *Турубанов А.Н.* Топливный комплекс Республики Коми в XX веке. – Сыктывкар, 2007. – 191 с.
3. *Яжлев И.К.* Экологическое восстановление загрязненных производственных территорий // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 48–51.
4. *Какунов Н.Б.* Климат и геологическая среда: особенности и изменения под влиянием освоения // Эколого-экономические и социальные проблемы Воркутинского промышленного района (поиск путей решения и обеспечение стабильности). – Сыктывкар, 2000. – С. 7–13.
5. *Абрамова М.И.* Использование геоинформационных систем при мониторинге снежного покрова как индикатора техногенной нагрузки // Актуальные проблемы биологии и экологии: мат-лы 12-й молодеж. науч. конф. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН (4–7 апреля 2005 г.). – Сыктывкар, 2005. – С. 6–8.
6. *Рубцов А.И.* Состояние воздушной среды г. Воркута по геохимии снежного покрова // Эколого-экономические и социальные проблемы Воркутинского промышленного района (поиск путей решения и обеспечения стабильности). – Сыктывкар, 2000. – С. 27–34.
7. *Стоянова И.А.* Эколого-экономическое обоснование увеличения добычи угля на шахтах России: дис. … канд. экон. наук. – М., 2003. – 125 с.
8. *Завальцева О.А.* Лабораторный практикум по почвоведению. – Ульяновск, 2009. – 35 с.
9. *Волковская С.Г., Грищенко А.Е.* Исследование содержания металлов в продуктах сгорания угля // Тр. XII Междунар. науч.-практ. конф. (Воркута, 8–10 апреля 2009 г.). – Воркута, 2009. – Т. 3. – С. 441–443.
10. *Кабата-Пендиас А.* Проблемы современной биогеохимии микроэлементов // Рос. хим. журн. – 2005. – Т. XLIX. – № 3.
11. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
12. *Ильин В.Б., Степанов М.Д.* Показатели для оценки загрязнения тяжелыми металлами системы почва-растение // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1980. – Вып. XXIV. – С. 3–17.
13. *Verloo M., Cottenie A., Landschoot G Van*. Analytical and biological eriteria with regard to soil pollution // Landwirtschaftliche Forschung. Kongressband. – 1982. – S.-H. 39. – P. 394–403.
14. *Лукин Н.В., Никонов В.В.* Поглощение аэрогенных загрязнений растениями сосняков на северо-западе Кольского полуострова // Лесоведение. – 1993. – № 6. – С. 34–41.

15. Sauerbeckb. Welche Schwermetallgehalte in Pblanzen durben nicht uberschritten warden, um Wachstumsdeeintza chtigungen zu vermeiden? // Landwirtschabtlicher Forschung. Kongressband. – 1982. – S.-H. 16. – P. 59–72.
16. *Cottenie A., Dhaese A., Camerlynck R.* Plant quality response to the uptake of polluting elements // Qual. Plantarum. 1976. – Vol. 26. – № 3. – P. 293–319.
17. *Kabata-Pendias A., Pendias H.* Trace Elements in Soils and plants. – 3-rd ed. –CRC Press, Boca Raton, FL, 2001.

УДК 633.878.32:581.522.5(571.51)

И.С. Коротченко

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА г. КРАСНОЯРСКА НА ВЕЛИЧИНУ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО

Проведена оценка изменений стабильности развития тополя бальзамического, произрастающего в зоне влияния теплоэлектростанций, по величине флуктуирующей асимметрии. Установлена четкая закономерность изменения асимметрии в листьях исследуемого растения в зависимости от удаления объектов от источников загрязнения.

Ключевые слова: *флуктуирующая асимметрия, тополь бальзамический, загрязнение окружающей среды, урбосреда, фитоиндикация.*

I.S. Korotchenko

THE INFLUENCE OF THE KRASNOYARSK HEAT-POWER COMPLEX ON THE SIZE OF THE FLUCTUATING ASYMMETRY OF THE BALSAM POPLAR LEAF PLATE

The assessment of the development stability change of the balsam poplar, growing in the zone of the heat-power plant influence, on the fluctuating asymmetry size is carried out. The accurate regularity of the asymmetry change in leaves of the studied plant depending on the object distance from pollution sources is determined.

Key words: *fluctuating asymmetry, balsam poplar, environmental pollution, urban environment, phyto-indication.*

Введение. Анализ состояния среды города Красноярска показал, что сложившаяся экологическая ситуация оказывает значительную дополнительную нагрузку на природный комплекс и обуславливает антропогенную модификацию сложных естественных факторов, характерных для данного региона, что сказывается на изменении свойств отдельных биотических компонентов и качества среды, которое должно рассматриваться и оцениваться с учетом потребностей всех живых организмов, а оценка отклонения параметров среды от их исходных значений возможна методом биоиндикации.

Экстремальными факторами городской среды Красноярска для древесной растительности выступают абиотические природные стрессоры, такие как природный повышенный уровень запыленности, подтопление, котловинность рельефа, низкая устойчивость ландшафтов в сочетании с техногенными стрессорами, в частности теплоэнергетический комплекс.

В таблице 1 представлены выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от предприятий, где производственный процесс основан на сжигании топлива с целью выработки электрической и тепловой энергии (ТЭЦ, котельные и др.) [2].

Тепловые электростанции и теплоэлектроцентрали, вырабатывающие электрическую и тепловую энергию на базе сжигания органических видов топлива, оказывают значительное отрицательное воздействие на окружающую среду. С дымовыми газами электростанций в воздушный бассейн выбрасывается большое число твердых и газообразных загрязнителей, среди которых такие вредные вещества, как зола, оксиды углерода, серы и азота. Помимо этого в воздушный бассейн попадает огромное количество диоксида углерода и водяных паров

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от сжигания топлива (предприятия энергетики) в 2013 году

Город	Количество предприятий	Загрязняющие вещества:					
		Твердые	Диоксид серы	Оксид углерода	Оксиды азота	Углеводороды (с ЛОС)*	Итого
Красноярск	200	15,21	21,94	15,6	20,23	0,08	73,09

**ЛОС – летучие органические вещества.*

Основными источниками антропогенного воздействия на атмосферный воздух, определяющими уровень загрязнения городов и районов Красноярского края, среди предприятий топливно-энергетического комплекса края являются: ОАО «Назаровская ГРЭС», ОАО «Красноярская ТЭЦ-1» и ОАО «Енисейская ТГК» (ТГК-13) – филиал «Красноярская ТЭЦ-2», филиал ОАО «ЭОН Россия» – Берёзовская ГРЭС, филиал ОАО «ОГК-2» – Красноярская ГРЭС-2. На долю этих предприятий в целом по отрасли приходится 61,6 % выбросов (табл. 2) [2].

Таблица 2

Основные предприятия-загрязнители атмосферного воздуха в отрасли производства и распределения электроэнергии, газа и воды (2011–2013 гг.)

Предприятие	Выбросы в атмосферу, тыс. т			Доля предприятий в выбросах, %					
				отрасли			края		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
ОАО «ОГК-2» – филиал «Красноярская ГРЭС-2»	59,3	65,9	44,8	23,1	23,4	31,6	10,5	10,2	7,7
ОАО «Назаровская ГРЭС»	60,3	55,0	40,9	23,5	19,6	28,8	10,7	8,5	7,0
ОАО «ЭОН Россия» – филиал «Березовская ГРЭС»	29,3	27,8	25,0	11,4	9,9	17,6	5,2	4,3	4,3
ОАО «Красноярская ТЭЦ-1»	20,7	22,5	17,6	8,1	8,0	12,4	3,7	3,5	3,0
ОАО «Енисейская ТГК» (ТГК-13) – филиал «Красноярская ТЭЦ-2»	17,2	17,3	13,6	6,7	6,2	9,6	3,1	2,7	2,3
Итого	186,8	188,5	141,9	72,8	67,0	58,9	33,2	29,3	24,4
Суммарные выбросы по отрасли	256,4	281,8	241,0	100	100	100			
Суммарные выбросы по краю	562,3	644,2	581,7				100	100	100

Оценка природных ресурсов и их рационального использования становится особо актуальной, поэтому широкое распространение получили прикладные исследования в данном направлении. Древесная растительность является объектом интенсивного использования человеком на протяжении многих лет. Особую ценность при этом приобретают наиболее устойчивые к различным химическим, механическим и другим воздействиям древесные растения. Стоит отметить, что именно этими качествами и характеризуется тополь бальзамический. Данный вид отличается быстрым ростом, декоративностью, высокой устойчивостью к действию различных экологических факторов и малотребовательностью к условиям произрастания. Все эти качества тополя обусловили достаточно интенсивное использование данного вида в защитном озеленении промышленных территорий [1].

Растения позволяют оценить весь комплекс воздействий, характерный для данной территории в целом, поскольку они ассимилируют вещества и подвержены прямому воздействию одновременно двух сред: из почвы и из воздуха. В связи с тем, что растения ведут прикреплённый образ жизни, состояние их организма отражает состояние конкретного локального места обитания [4].

Одним из наиболее распространенных способов оценки антропогенного воздействия является метод оценки качества среды по нарушению стабильности развития – флуктуирующая асимметрия (ФА).

Цель исследований. Оценка степени антропогенной нагрузки (влияние теплоэнергетического комплекса) по величине показателей асимметрии листьев тополя бальзамического, произрастающего в г. Красноярске.

Объекты и методы исследований. Определение асимметрии листовой пластинки у тополя бальзамического (см. рис. 5) и оценку стабильности развития проводили по методике В.М. Захарова с соавторами [3]. Интегральный показатель ФА рассчитывали по следующим пяти признакам для левой и правой сторон листа: 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй от основания жилки второго порядка; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Материалом исследования служили растительные образцы. Отбор образцов проводили по радиальной сетке от основного источника выбросов загрязняющих веществ – ТЭЦ на территории основных промышленных зон г. Красноярска (рис. 1).

Сбор материала проводился после завершения интенсивного роста листьев в конце сентября 2014 г. Выборку листьев делали с нескольких близко растущих тополей, примерно одного возраста, по 100 листьев с участков на расстоянии 5 м (№1), 300 м (№2), 1000 м (№3) от ТЭЦ-1 (рис. 2), ТЭЦ-2 (рис. 3), ТЭЦ-3 (рис. 4).

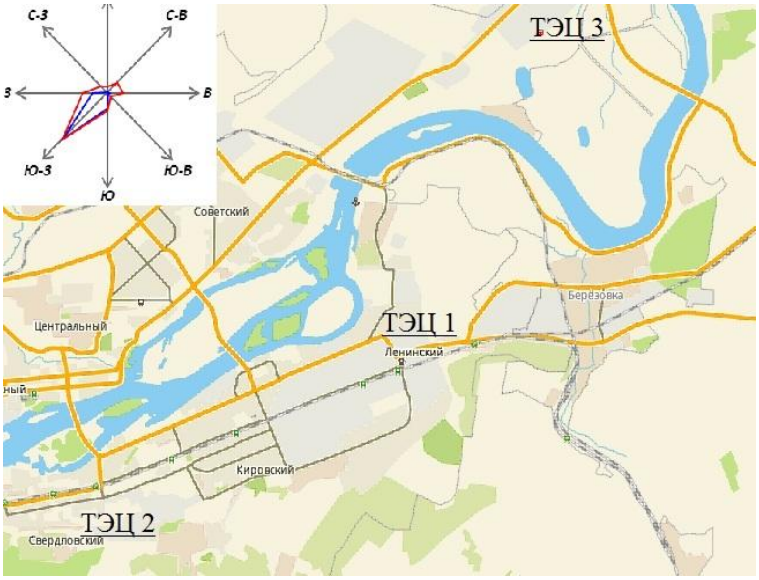


Рис. 1. Точки сбора растительного материала

Рис. 2. Красноярская ТЭЦ-1

Рис. 3. Красноярская ТЭЦ-2

Рис. 4. Красноярская ТЭЦ-3

Рис. 5. Тополь бальзамический (Populus balsamifera)

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований показали, что ФА листа тополя бальзамического в точках отбора образцов варьировала от 0,065 до 0,076 (табл. 3). В исследуемых участках ФА листа Populus balsamifera характеризует состояние окружающей среды как критическое. Наибольшие значения ФА выявлены в зоне влияния ТЭЦ-2, что соответствует 5 баллам по шкале оценки качества среды по величине ФА и характеризуется как критическое состояние среды. В немного лучшей экологической ситуации находятся зоны влияния ТЭЦ-3, средний показатель ФА листьев тополя бальзамического в этом районе составляет 0,067, что соответствует 4 баллам по шкале оценки качества среды по величине ФА и характеризуется как существенное отклонение от нормы.

Таблица 3

Флуктуирующая асимметрия листа *Populus balsamifera* разных промышленных зон г. Красноярска

Участок	Расстояние от ТЭЦ, м	Величина интегрального показателя флуктуирующей асимметрии	Балл [3]
ТЭЦ-1	5	0,075±0,0021	5
	300	0,074±0,0021	5
	1000	0,071±0,0022	5
ТЭЦ-2	5	0,076±0,0021	5
	300	0,075±0,0021	5
	1000	0,072±0,0022	5
ТЭЦ-3	5	0,069±0,0020	4
	300	0,068±0,0021	4
	1000	0,065±0,0021	4

В условиях высокого загрязнения для листьев тополя бальзамического установлена явная закономерность увеличения флуктуирующей асимметрии в зависимости от удаленности от источника загрязнения (рис. 6).

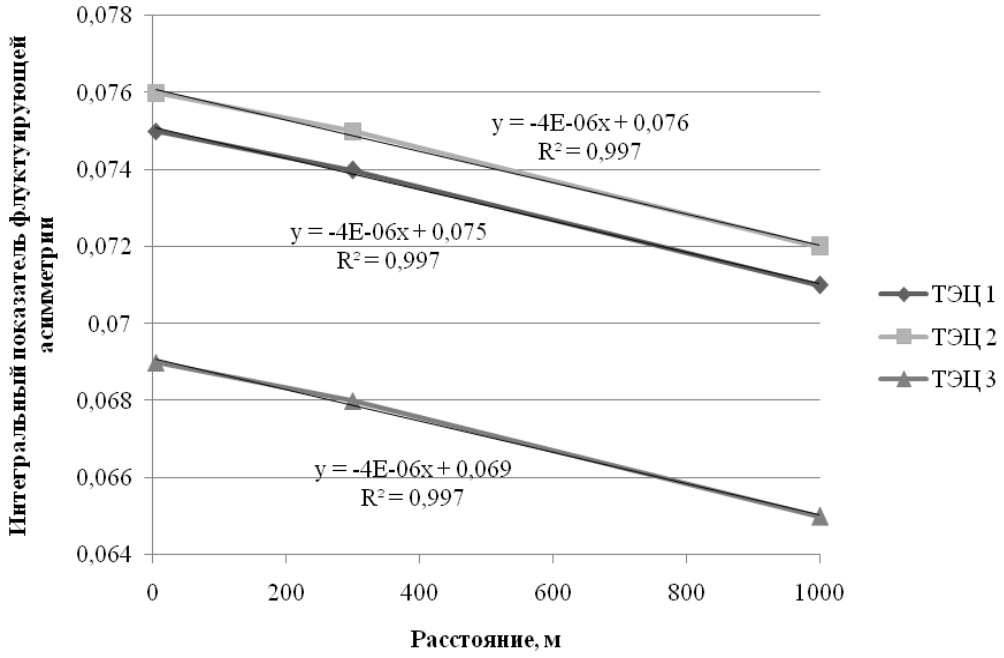


Рис. 6. Зависимость интегрального показателя флуктуирующей асимметрии листьев тополя бальзамического, произрастающего в г. Красноярске, от расстояния относительно ТЭЦ

Полученные данные указывают на нестабильность развития тополя бальзамического под действием антропогенного стресса и подтверждают ранее отмеченные нарушения ФА в исследуемом растении [5, 6].

Выводы. В условиях действия теплоэнергетического комплекса на окружающую среду выявлена низкая стабильность развития в насаждениях тополя бальзамического. Более значительные отклонения в развитии листьев тополя бальзамического выявлены в районе влияния ТЭЦ-2.

Показатель ФА тополя бальзамического может быть использован для оценки состояния деревьев данного вида.

Литература

1. *Бакиев И.Ф.* Анализ состояния насаждений тополя бальзамического (*Populus balsamifera L.*) на территории Республики Башкортостан: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.02.08. – Оренбург, 2012. – 18 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2013 году». – Красноярск, 2014. – 282 с.
3. *Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И.* Здоровье среды: методика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 66 с.
4. *Коротченко И.С.* Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки тополя бальзамического (*Populus balsamifera*) в оценке качества среды города Ачинска // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований – 2014. – № 6. – С. 10.
5. *Коротченко И.С.* Флуктуирующая асимметрия листьев тополя как тест-система в условиях автотранспортного загрязнения // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 6. – С. 56–57.
6. *Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В.* Биоиндикационные показатели стабильности развития насаждений в нарушенных ландшафтах // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 2. – С. 62–72.

УДК 502.72.551.5(571.53/.55)

О.Д. Ермакова

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ КЛИМАТА ПЕРВОЙ ТРЕТИ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ

В статье показано, что отклонения в режиме погоды, произошедшие в Южном Прибайкалье в течение 1974–2013 годов, привели к заметным изменениям режима природных явлений.

***Ключевые слова**: статистический анализ, температура воздуха, первая треть зимнего сезона, режим природных явлений.*

O.D. Ermakova

TO THE DESCRIPTION OF THE CLIMATE OF THE WINTER SEASON FIRST THIRD IN THE SOUTH PRIBAIKALYE

It is shown in the article that the deflections in the weather mode that occurred in the South Pribaikalye during 1974–2013 resulted in the noticeable changes of the natural phenomenon mode.

***Key words**: statistical analysis, air temperature, first third of winter season, natural phenomenon mode.*

Введение. Проблема глобального изменения климата в настоящее время весьма актуальна, поскольку влияние погоды на природные явления неоспоримо. Развитие природного комплекса зависит от особенностей климата, главным образом от температурного режима местности. Первым субсезоном зимнего сезона является «первозимье». На южном побережье оз. Байкал он ограничивается следующими природными явлениями: начало – установление постоянного снежного покрова (дата); окончание – относительно регулярный переход максимальной температуры воздуха ниже -5°С (дата).

Цель исследований. Выявить изменения в режиме температуры воздуха и природных явлений, которые характеризуют субсезон «первозимье», произошедшие за период с 1970 по 2014 год. Рассматриваются статистические характеристики следующих параметров: а) дата начала

и окончания, а также продолжительность субсезона «первозимье»; б) среднесуточная температура (°С) воздуха за октябрь-декабрь – средняя по пятидневкам (пентадам); среднемесячная.

Задачи исследований. Посредством применения статистического анализа оценить вариабельность исследуемых параметров и выявить их временной тренд по пятилетним периодам.

Объекты и методы исследований. Использовались данные метеостанции «Танхой» (472 м над ур.м.). Статистические характеристики получены с применением компьютерной программы Microsoft Excel. При статистической обработке дат наступления фенологических явлений использовался метод перевода календарных дат в непрерывный ряд, предложенный Г.Н. Зайцевым [1], когда началом фенологического года считается первое марта. Изменчивость, выражаемая коэффициентом вариации (V, %), интерпретировалась согласно рекомендациям Г.Ф. Лакина [2]: признаки с V до 10 % – слабая изменчивость, с V от 10 до 25 % – средняя, больше 25 % – сильная.

Результаты исследований и их обсуждение. Как видно по данным, помещённым в таблице 1, начало и окончание субсезона характеризуются слабой изменчивостью, продолжительность же – сильной. Это согласуется с высокой изменчивостью температуры воздуха переходного периода от тёплого к холодному времени года (табл. 2, 3).

Таблица 1

Статистические характеристики параметров субсезона «первозимье» по данным метеостанции «Танхой» (1971– 2014 гг.)

Параметр субсезона	Период, годы	n	$\overline{X}$	X_{min}	X_{max}	σ^2	σ	V,%	$S_{\overline{X}}$
Начало субсезона	1971-1975	5	244	231	264	203,700	14,272	5,8	6,38
	1976–1980	5	241	225	257	166,300	12,896	5,3	5,76
	1981-1985	5	240	224	253	165,300	12,857	5,3	5,75
	1986-1990	5	244	237	253	39,700	6,300	2,6	2,82
	1991-1995	5	254	245	275	145,700	12,070	4,8	5,40
	1996-2000	5	245	231	255	110,300	10,502	4,3	4,70
	2001-2005	5	252	233	267	297,700	17,254	6,9	7,72
	2006-2010	5	254	231	265	194,700	13,954	5,5	6,24
	2011-2014	4	246	226	258	208,250	14,431	5,9	6,45
	1970–2014	45	247	224	275	159,828	12,642	5,1	1,88
Окончание	1976–1980	5	279	252	303	372,5	19,300	6,9	8,63
	1981-1985	5	291	253	308	476,500	21,829	7,5	9,76
	1986-1990	5	288	264	313	310,700	17,627	6,1	7,88
	1991-1995	5	270	257	284	165,800	12,876	4,8	5,76
	1996-2000	5	259	250	268	65,300	8,081	3,1	3,61
	2001-2005	5	274	266	283	38,500	6,205	2,3	2,78
	2006-2010	5	274	251	303	355,000	18,841	6,9	8,43
	2011-2014	4	281	270	298	178,250	13,351	4,7	5,97
	1974–2014	41	276	250	313	282,288	16,801	6,1	2,62
Продолжительность	1976–1980	5	39	18	55	311,300	17,643	45,7	7,89
	1981-1985	5	45	3	70	701,300	26,482	58,1	11,4
	1986-1990	5	45	24	61	209,000	14,457	32,1	6,47
	1991-1995	5	18	7	32	141,300	11,887	67,5	5,32
	1996-2000	5	16	13	20	7,700	2,775	17,6	1,24
	2001-2005	5	23	3	51	448,200	21,170	91,3	9,47
	2006-2010	5	21	6	39	139,200	11,798	56,7	5,28
	2011-2014	4	36	16	46	183,333	13,540	37,6	6,05
	1974–2014	41	30	3	70	350,352	18,718	63,3	2,92

Таблица 2

Статистические характеристики среднесуточной температуры (°С) воздуха за октябрь–декабрь: средняя по пентадам; среднемесячная (1974–2013 гг.; n = 40)

Месяц	Пен-тада	$\overline{X}$	X_{min}	X_{max}	σ^2	σ	V,%	$S_{\overline{X}}$
Октябрь	I	4,75	1,6	8,34	2,583	1,607	33,8	0,25
	II	4,02	-0,92	7,08	3,706	1,925	47,9	0,3
	III	2,69	-1,64	6,82	3,489	1,868	69,4	0,29
	IV	1,47	-4,5	5,2	5,996	2,449	166,6	0,39
	V	0,44	-3,72	5,08	4,036	2,009	450,4	0,32
	VI	-0,71	-6,65	3,58	5,897	2,428	343,4	0,38
Среднемесячная		2,09	-1,1	4,99	1,783	1,335	63,8	0,21
Ноябрь	I	-1,49	-8,2	2,42	6,679	2,584	173,3	0,41
	II	-3,73	-10,74	1,36	10,577	3,252	87,2	0,51
	III	-4,96	-12,18	0,3	9,747	3,122	62,9	0,49
	IV	-4,89	-10,94	1,08	8,089	2,844	58,1	0,45
	V	-6,19	-14,4	0,54	10,029	3,167	51,2	0,5
	VI	-6,90	-13,44	0,4	10,876	3,298	47,8	0,52
Среднемесячная		-4,30	-8,1	8,0	6,865	2,62	61,0	0,41
Декабрь	I	-8,62	-16,08	-0,66	13,453	3,668	42,5	0,58
	II	-8,6	-15,56	-1,96	11,569	3,401	39,6	0,54
	III	-9,53	-19,34	-2,08	11,063	3,326	34,9	0,53
	IV	-10,00	-15,98	-5,28	7,089	2,662	26,6	0,42
	V	-10,44	-19,38	-5,58	13,469	3,67	35,2	0,58
	VI	-11,35	-17,32	-6,32	8,369	2,893	25,5	0,46
Среднемесячная		-9,78	-14,97	-6,46	4,065	2,016	20,6	0,32

Таблица 3

Статистические характеристики среднесуточной температуры (°С) воздуха по пятилетним периодам (средняя по пентадам; среднемесячная) за октябрь–декабрь 1976–2010 гг.

Месяц	Пен-тада	Период (годы) n = 5	$\overline{X}$	X_{min}	X_{max}	σ^2	σ	V,%	$S_{\overline{X}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Октябрь	I	1976–1980	4,47	3,10	6,96	2,291	1,513	33,9	0,68
	I	1981-1985	3,96	1,60	6,30	3,126	1,768	44,7	0,79
	I	1986-1990	4,80	3,64	6,00	1,056	1,028	21,4	0,46
	I	1991-1995	4,51	2,00	6,60	3,288	1,813	40,2	0,81
	I	1996-2000	4,20	3,42	5,06	0,451	0,672	16,0	0,30
	I	2001-2005	5,54	2,80	8,34	6,548	2,559	46,2	1,14
	I	2006-2010	6,03	4,20	7,50	1,594	1,263	20,9	0,56
Октябрь	II	1976–1980	2,61	0,88	5,00	2,769	1,664	63,6	0,74
	II	1981-1985	3,50	1,10	5,28	2,291	1,514	43,2	0,68
	II	1986-1990	4,70	4,40	5,24	0,127	0,356	7,6	0,16
	II	1991-1995	5,46	3,86	6,74	1,282	1,132	20,7	0,51

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	II	1996-2000	4,33	0,92	5,82	3,978	1,994	46,1	0,89
	II	2001-2005	4,29	-0,92	7,08	10,545	3,247	75,6	1,45
	II	2006-2010	3,39	0,42	5,70	3,679	1,918	56,5	0,86
Октябрь	III	1976–1980	2,28	0,90	3,58	0,994	0,997	43,7	0,45
	III	1981-1985	1,96	0,48	5,44	4,263	2,065	105,1	0,92
	III	1986-1990	3,41	1,66	6,82	4,098	2,024	59,4	0,91
	III	1991-1995	3,29	2,44	4,40	0,682	0,826	25,1	0,37
	III	1996-2000	1,81	-1,64	3,86	4,851	2,203	121,5	0,98
	III	2001-2005	2,96	0,84	6,62	5,900	2,429	82,0	1,09
	III	2006-2010	3,96	2,42	4,62	0,793	0,890	22,5	0,40
Октябрь	IV	1976–1980	0,94	-1,48	4,36	5,476	2,340	248,9	1,05
	IV	1981-1985	-0,03	-3,60	1,80	4,766	2,183	6822,3	0,98
	IV	1986-1990	2,76	-0,52	5,16	5,487	2,342	84,7	1,05
	IV	1991-1995	2,58	0,72	4,52	2,499	1,581	61,3	0,71
	IV	1996-2000	2,85	-0,48	5,12	5,117	2,262	79,3	1,01
	IV	2001-2005	2,18	-1,62	5,2	6,939	2,634	120,8	1,18
	IV	2006-2010	0,58	-3,00	2,04	4,316	2,078	358,2	0,93
Октябрь	V	1976–1980	0,04	-2,68	5,08	9,084	3,014	6849,9	1,35
	V	1981-1985	0,41	-2,44	2,00	3,552	1,884	457,4	0,84
	V	1986-1990	1,63	-0,98	2,70	2,341	1,530	93,7	0,68
	V	1991-1995	1,56	0,86	2,70	0,557	0,746	47,7	0,33
	V	1996-2000	-0,98	-3,72	2,86	8,168	2,858	289,3	1,28
	V	2001-2005	0,96	-2,26	3,66	5,703	2,389	247,7	1,07
	V	2006-2010	-0,10	-1,1	1,06	0,982	0,991	952,9	0,44
Октябрь	VI	1976–1980	-1,26	-6,65	0,48	9,220	3,036	241,0	1,36
	VI	1981-1985	-0,36	-4,10	2,43	5,658	2,379	649,9	1,06
	VI	1986-1990	-1,30	-4,16	2,28	7,336	2,708	207,7	1,21
	VI	1991-1995	0,02	-0,75	0,75	0,393	0,627	3135,0	0,28
	VI	1996-2000	-1,56	-4,88	0,75	4,319	2,078	133,2	0,93
	VI	2001-2005	0,43	-3,15	3,58	6,069	2,463	565,0	1,10
	VI	2006-2010	-0,38	-4,5	3,52	11,458	3,385	890,8	1,51
Ср. мес.		1976–1980	1,39	-0,37	3,48	2,169	1,472	105,9	0,66
Ср. мес.		1981-1985	1,56	-0,8	3,29	2,223	1,491	95,7	0,67
Ср. мес.		1986-1990	2,51	0,55	4,06	2,196	1,482	59,1	0,66
Ср. мес.		1991-1995	2,81	2,08	3,1	0,192	0,439	15,6	0,20
Ср. мес.		1996-2000	1,67	0,30	2,79	1,028	1,014	60,8	0,45
Ср. мес.		2001-2005	2,71	0,55	4,99	2,900	1,703	62,9	0,76
Ср. мес.		2006-2010	2,67	2,3	3,04	0,096	0,31	11,6	0,14
Ноябрь	I	1976–1980	-2,83	-7,78	0,46	9,971	3,158	111,5	1,41
	I	1981-1985	-1,91	-8,2	0,36	12,774	3,574	186,9	1,60
	I	1986-1990	-1,44	-2,94	1,78	3,832	1,958	135,6	0,87
	I	1991-1995	-1,43	-7,18	2,42	12,289	3,505	245,4	1,57
	I	1996-2000	-1,47	-4,74	0,8	6,169	2,483	168,7	1,11
	I	2001-2005	-2,17	-4,94	-0,8	3,061	1,749	80,7	0,78
	I	2006-2010	0,58	-1,20	1,98	1,790	1,338	230,7	060
Ноябрь	II	1976–1980	-4,73	-8,28	-1,00	7,853	2,802	59,2	1,25
	II	1981-1985	-3,31	-8,42	-0,5	11,780	3,432	103,8	1,53

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	II	1986-1990	-5,14	-10,32	-1,34	13,575	3,684	71,7	1,65
	II	1991-1995	-2,93	-4,6	-1,88	1,195	1,093	37,2	0,49
	II	1996-2000	-3,90	-10,4	-0,3	21,512	4,638	118,8	2,07
	II	2001-2005	-2,72	-4,22	1,36	5,349	2,313	84,9	1,48
	II	2006-2010	-2,91	-9,84	0,92	19,338	4,397	150,8	1,97
Ноябрь	III	1976–1980	-4,73	-9,96	-0,3	15,141	3,891	82,3	1,74
	III	1981-1985	-5,48	-12,18	-2,62	15,103	3,886	70,9	1,74
	III	1986-1990	-5,04	-7,92	-2,22	7,052	2,656	52,9	1,19
	III	1991-1995	-4,21	-9,94	0,04	18,071	4,251	101,0	1,90
	III	1996-2000	-5,61	-8,88	-3,68	4,586	2,141	38,2	0,96
	III	2001-2005	-4,11	-8,34	-1,94	6,433	2,536	61,7	1,13
	III	2006-2010	-5,27	-9,82	0,3	13,796	3,714	70,4	1,66
Ноябрь	IV	1976–1980	-4,48	-7,78	0,36	9,589	3,096	69,0	1,38
	IV	1981-1985	-5,02	-7,5	-1,32	5,857	2,420	48,2	1,08
	IV	1986-1990	-5,61	-9,90	-1,48	9,044	3,007	53,6	1,34
	IV	1991-1995	-5,23	-10,94	-1,76	12,866	3,587	68,5	160
	IV	1996-2000	-6,26	-10,1	-2,64	11,869	3,445	55,0	1,54
	IV	2001-2005	-2,88	-7,08	1,08	10,560	3,249	112,5	1,45
	IV	2006-2010	-4,27	-7,4	-1,6	5,919	2,433	56,9	1,09
Ноябрь	V	1976–1980	-4,06	-6,82	-2,7	2,659	1,631	40,2	0,73
	V	1981-1985	-6,81	-8,94	-4,52	3,759	1,939	28,5	0,87
	V	1986-1990	-6,35	-14,4	0,54	31,691	5,629	88,6	2,52
	V	1991-1995	-6,32	-9,00	-3,08	5,747	2,398	37,9	1,07
	V	1996-2000	-9,43	-12,5	-5,56	6,893	2,625	27,8	1,17
	V	2001-2005	-6,07	-12,3	-1,74	15,498	3,937	64,8	1,76
	V	2006-2010	-5,18	-8,3	-0,7	8,795	2,966	57,2	1,33
Ноябрь	VI	1976–1980	-5,39	-7,38	-3,9	1,638	1,280	23,7	0,57
	VI	1981-1985	-6,72	-12,3	-2,87	14,088	3,753	55,8	1,68
	VI	1986-1990	-6,82	-12,5	-3,22	13,532	3,678	54,0	1,64
	VI	1991-1995	-4,62	-7,68	-2,72	4,155	2,038	44,0	0,91
	VI	1996-2000	-10,7	-13,4	-6,2	10,598	3,256	30,4	1,46
	VI	2001-2005	-7,46	-9,42	-4,92	4,550	2,133	28,6	0,95
	VI	2006-2010	-5,07	-9,28	0,4	16,516	4,064	80,2	1,82
Ср. мес.		1976–1980	-4,36	-6,42	-2,36	3,556	1,885	43,2	0,84
Ср. мес.		1981-1985	-4,89	-6,40	-2,95	2,74	1,655	33,8	0,74
Ср. мес.		1986-1990	-5,07	-8,10	-2,35	4,175	2,043	40,3	0,91
Ср. мес.		1991-1995	-4,12	-6,29	-1,73	2,798	1,673	40,6	0,75
Ср. мес.		1996-2000	-6,23	-8,04	-4,57	1,794	1,339	21,2	0,60
Ср. мес.		2001-2005	-4,23	-6,65	-2,29	3,683	1,919	45,3	0,86
Ср. мес.		2006-2010	-3,69	-6,3	-2,3	2,371	1,540	41,7	0,69
Декабрь	I	1976–1980	-7,18	-13,5	-0,66	22,597	4,753	66,2	2,13
	I	1981-1985	-8,47	-13,9	-1,64	20,520	4,53	53,5	2,03
	I	1986-1990	-6,27	-9,1	-4,8	3,044	1,745	27,8	0,78
	I	1991-1995	-8,73	-13,6	-5,26	9,474	3,078	35,2	1,38
	I	1996-2000	-9,97	-12,9	-5,26	8,122	2,850	28,6	1,27
	I	2001-2005	-10,3	-14,3	-4,38	16,664	4,082	39,5	1,83
	I	2006-2010	-7,94	-11,3	-3,88	7,183	2,68	33,8	1,20

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Декабрь	II	1976–1980	-6,46	-8,74	-5,02	2,001	1,416	21,9	0,63
	II	1981-1985	-7,76	-14,8	-1,96	23,171	4,813	62,0	2,15
	II	1986-1990	-7,30	-9,04	-5,38	2,479	1,574	21,5	0,70
	II	1991-1995	-9,00	-13,9	-5,26	9,999	3,162	35,2	1,41
	II	1996-2000	-7,88	-12,9	-4,88	13,262	3,642	46,2	1,63
	II	2001-2005	-11,7	-14,6	-8,94	5,947	2,439	20,9	1,09
	II	2006-2010	-8,12	-9,32	-6,58	1,259	1,122	13,8	0,50
Декабрь	III	1976–1980	-8,34	-9,9	-4,24	5,487	2,342	28,1	1,05
	III	1981-1985	-9,42	-16,4	-5,64	20,229	4,498	47,7	2,01
	III	1986-1990	-7,91	-9,84	-6,00	2,750	1,659	21,0	0,74
	III	1991-1995	-11,0	-15,1	-8,94	6,263	2,502	22,8	1,12
	III	1996-2000	-7,37	-10,8	-2,08	11,166	3,342	45,3	1,49
	III	2001-2005	-10,9	-15,1	-7,66	7,765	2,786	25,5	1,25
	III	2006-2010	-10,3	-19,3	-5,86	32,059	5,662	55,1	2,53
Декабрь	IV	1976–1980	-11,1	-13,3	-6,80	8,310	2,882	26,1	1,29
	IV	1981-1985	-8,74	-12,8	-5,28	7,289	2,699	30,9	1,21
	IV	1986-1990	-8,86	-11,4	-6,7	4,717	2,172	24,5	0,97
	IV	1991-1995	-10,1	-13,4	-8,24	4,214	2,053	20,3	0,92
	IV	1996-2000	-8,85	-10,8	-7,24	2,133	1,461	16,5	0,65
	IV	2001-2005	-10,9	-14,5	-8,4	4,984	2,233	20,4	0,99
	IV	2006-2010	-10,3	-14,9	-5,42	18,383	4,287	41,6	1,92
Декабрь	V	1976–1980	-11,8	-15,6	-8,34	12,776	3,574	30,4	1,60
	V	1981-1985	-10,6	-17,8	-6,22	19,539	4,420	41,8	1,98
	V	1986-1990	-9,75	-13,9	-8,04	5,920	2,433	24,9	1,09
	V	1991-1995	-9,49	-13,4	-6,62	6,027	2,455	25,9	1,10
	V	1996-2000	-9,04	-13,9	-6,64	8,940	2,990	33,1	1,34
	V	2001-2005	-9,19	-14,7	-5,58	12,736	3,569	38,8	1,59
	V	2006-2010	-11,0	-18,4	-6,28	28,707	5,358	48,5	2,39
Декабрь	VI	1976–1980	-12,8	-17,3	-10,0	9,677	3,111	24,4	1,39
	VI	1981-1985	-11,0	-15,2	-6,32	16,897	4,111	37,4	1,84
	VI	1986-1990	-11,1	-14,7	-8,53	6,131	2,476	22,4	1,11
	VI	1991-1995	-9,68	-11,7	-8,86	1,376	1,173	12,1	0,52
	VI	1996-2000	-11,5	-12,4	-10,3	0,679	0,824	7,2	0,37
	VI	2001-2005	-11,4	-15,2	-7,98	9,780	3,127	27,5	1,40
	VI	2006-2010	-12,3	-16,3	-9,20	11,647	3,412	27,6	1,53
Ср. мес.		1976–1980	-9,68	-11,6	-7,76	1,919	1,385	14,3	0,62
Ср. мес.		1981-1985	-9,33	-13,1	-6,46	8,101	2,846	30,5	1,27
Ср. мес.		1986-1990	-8,55	-9,91	-7,62	0,780	0,883	10,3	0,39
Ср. мес.		1991-1995	-9,67	-11,9	-8,50	2,104	1,451	15,0	0,65
Ср. мес.		1996-2000	-9,18	-11,6	-7,81	2,379	1,542	16,8	0,69
Ср. мес.		2001-2005	-10,7	-12,7	-9,46	1,771	1,331	12,4	2,97
Ср. мес.		2006-2010	-10,0	-13,2	-6,95	7,934	2,817	28,2	1,26

На рисунках 1–3 представлены параметры среднесуточной температуры (°С) воздуха за октябрь–декабрь и средние за пятилетние периоды параметры субсезона "первозимье", а также – линии их тренда.

Как показано ниже (рис. 1), средняя по пентадам за пятилетние периоды среднесуточная температура воздуха: а) в октябре – существенно растёт с первой по четвёртую пентаду; для пятой пентады отмечается незначительное снижение; для шестой пентады намечается тенденция к возрастанию; б) в ноябре – растёт с первой по четвёртую пентаду; в пятой и шестой пентадах снижается; в) в декабре – понижается с первой по третью пентаду; в пятой пентаде повышается; в четвёртой и шестой пентадах остаётся без изменений.

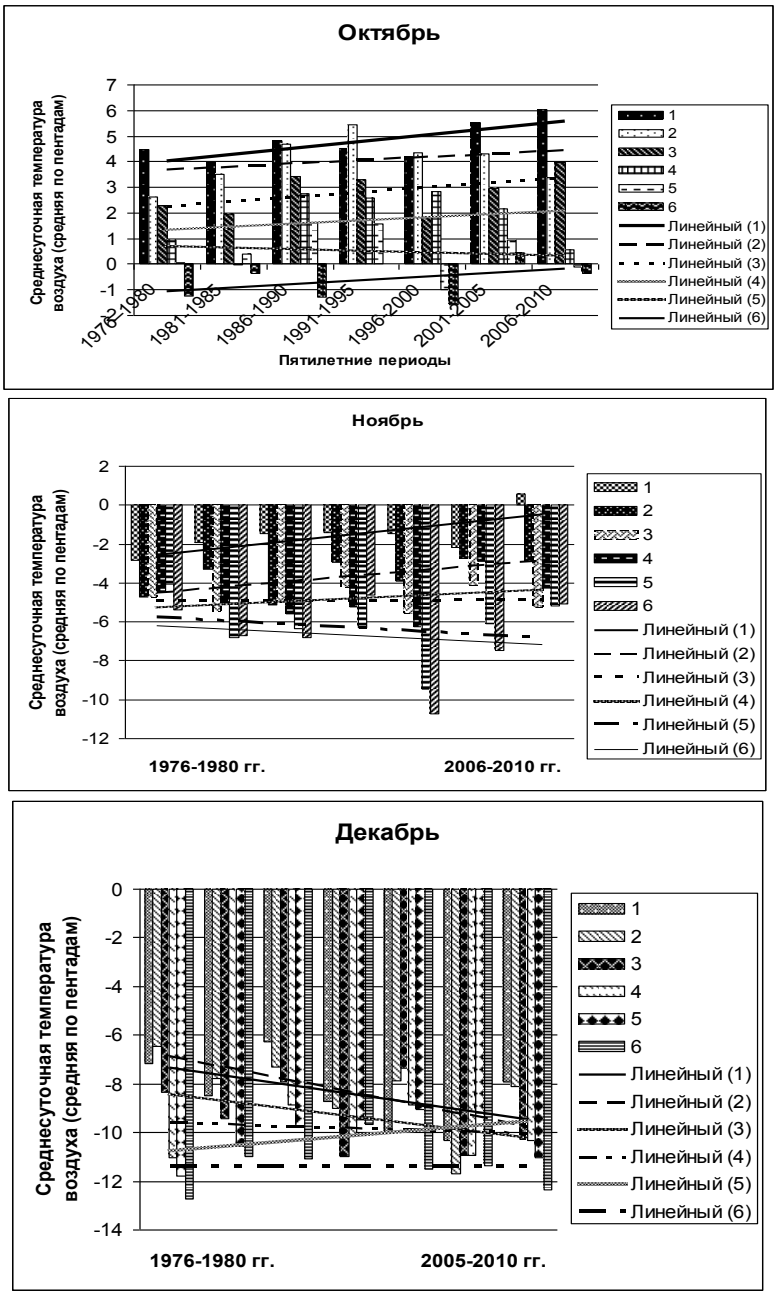


Рис. 1 . Среднесуточная температура (°С) воздуха (средняя по пентадам за пятилетние периоды). Октябрь, ноябрь, декабрь 1976–2010 гг.

В течение тридцати пяти лет температурный режим первого субсезона зимнего периода заметно изменился, что продемонстрировано далее (рис. 2). Среднесуточная среднемесячная температура воздуха к 2010 году: а) в октябре – однозначно повышается; б) в ноябре – однозначно повышается; в) в декабре – однозначно понижается.

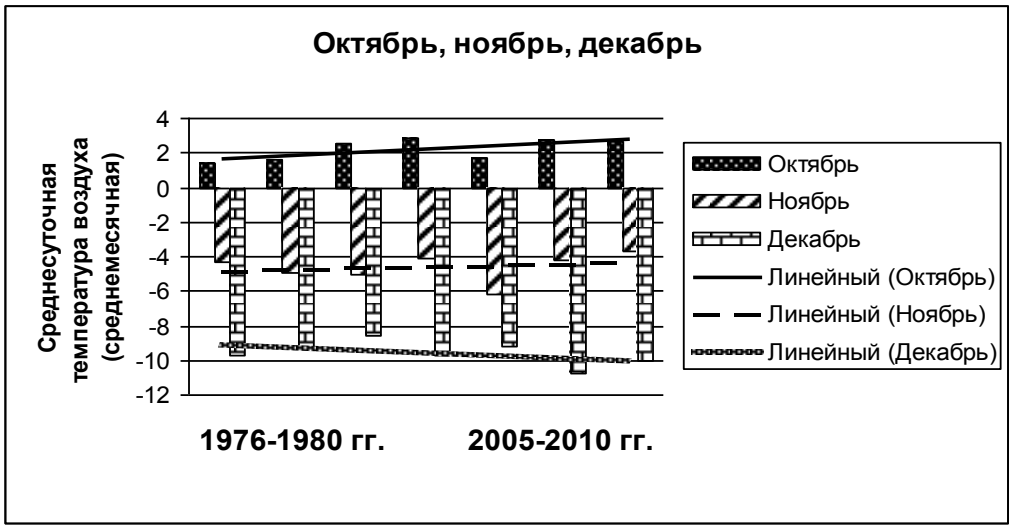


Рис. 2. Среднесуточная температура (°С) воздуха (среднемесячная за пятилетние периоды). Октябрь, ноябрь, декабрь 1976–2010 гг.

Отклонения в режиме погоды привели к заметным изменениям режима природных явлений, характеризующих субсезон «первозимье» (рис. 3).

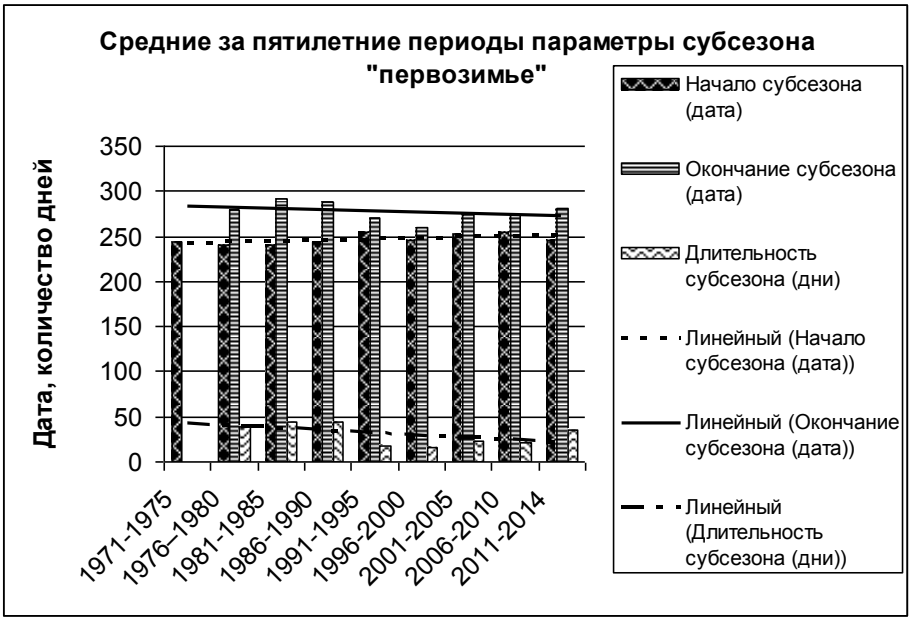


Рис. 3. Средние за пятилетние периоды параметры субсезона "первозимье"

Так, средние за пятилетние периоды параметры субсезона "первозимье" к 2010 году приобрели следующий вид: а) дата начала субсезона – несущественно возросла и переместилась с последней декады октября на первую декаду ноября; б) дата окончания субсезона – незначительно снизилась и переместилась с первой пентады декабря на конец ноября; в) продолжительность субсезона – показывает стойкую тенденцию к понижению.

Заключение. Повышение к 2010 году на южном побережье озера Байкал температуры воздуха в октябре-ноябре привело к смещению даты начала субсезона «первозимье» на более поздние сроки (с последней декады октября на первую декаду ноября). Понижение к 2010 году температуры воздуха в декабре привело к смещению даты окончания субсезона «первозимье» на более ранний период (с первой пентады декабря на конец ноября). С 1976 по 2010 год для южного побе-

режья озера Байкал показательна стойкая тенденция к снижению продолжительности субсезона «первозимье».

Литература

1. *Зайцев Г.Н.* Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. – 184 с.
2. *Романова Н.Г.* Влияние метеоусловий на сезонный ритм развития *Sorbus sibirica* Hedl // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. (21–24 октября 2008 г., Барнаул). – Барнаул, 2008. – С. 278–282.

УДК 58.084.1; 574.24; 631.474; 631.452

Н.В. Пахарькова, С.В. Прудникова, А.С. Гекк, А.Н. Ларькова, Н.С. Коростелева

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА РАСТЕНИЙ ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СИБИРИ*

Для оптимизации методов биоремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, проведен анализ аборигенных видов растений на устойчивость к нефтяному загрязнению. В качестве тест-параметров измерены показатель замедленной флуоресценции хлорофилла и общая численность органотрофных бактерий в ризосфере растений при внесении в почву сырой нефти и продуктов ее переработки. Из ризосферной почвы выделены и идентифицированы углеводородокисляющие бактерии родов Bacillus, Rhodococcus, Pseudomonas.

Ключевые слова: *биоремедиация нефтезагрязненных почв, замедленная флуоресценция хлорофилла, углеводородокисляющие микроорганизмы.*

N.V. Pakharkova, S.V. Prudnikova, A.S. Gekk, A.N. Larkova, N.S. Korosteleva

OPTIMIZATION OF PLANT CHOICE FOR BIOREMEDIATION OF SOILS CONTAMINATED WITH OIL AND OIL PRODUCTS IN THE SOUTH SIBERIA CONDITIONS

In order to optimize the bioremediation methods for soils contaminated with oil and oil products, the analysis of the indigenous plant species on the resistance to the oil contamination is conducted. The indicator of the delayed chlorophyll fluorescence and the total number of organotrophic bacteria in the plant rhizosphere in the introduction into the soil of crude oil and its processing products are measured as the test-parameters. From rhizosphere soil the hydrocarbon-oxidizing bacteria of the Bacillus, Rhodococcus, Pseudomonas genera are isolated and identified.

Key words: *bioremediation of oil-contaminated soils, delayed chlorophyll fluorescence, hydrocarbon-oxidizing microorganisms.*

Введение. Одним из важных факторов загрязнения окружающей среды, в том числе почвы, являются нефть и нефтепродукты. Большинство травянистых растений чувствительны к загрязнению почвы нефтью, но в разной степени [1–4].

Биоремедиация является одним из наиболее действенных, быстрых, экологически безопасных и эффективных с экономической точки зрения методов восстановления загрязненных земель. В процессе своей жизнедеятельности растения входят в сложные взаимоотношения с микроорга-

* Работа выполнена за счет средств государственного задания на проведение фундаментальных исследований РАН (проект № гос. регистрации 01201351505).

низмами, населяющими почву. В естественных условиях обитания микроорганизмы, окружающие растения, влияют на их рост и развитие. В свою очередь, каждая культура, стимулируя рост, накапливает определенную микробиоту, так как ризосфера растений является зоной, в которой происходит адаптация почвенной микробиоты к условиям, создаваемым активно растущими растениями. Из литературных данных известно, что бобовые формируют в ризосфере комплекс микроорганизмов, многие из которых могут разлагать углеводороды нефти и нефтепродуктов до более простых соединений. Но для того, чтобы из множества аборигенных видов растений и микроорганизмов выбрать подходящие для использования в биоремедиационном процессе, необходимо оценить их устойчивость к загрязнению нефтью и нефтепродуктами.

Под воздействием различных концентраций нефти у растений замедляется рост, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, изменяется структура хлоропластов, в значительной мере страдают корневая система, листья, стебли, репродуктивные органы [5].

Некоторые исследователи отмечают, что первоначально нефть может выступать как биологический стимулятор при низких уровнях загрязнения, тогда как высокие дозы приводят к длительно необратимым изменениям микробиологических свойств почв, в дальнейшем к модификации водно-воздушного режима [4, 6].

Таким образом, то, что нефть оказывает значительное негативное воздействие на жизнедеятельность высших растений, едва ли является дискуссионным вопросом. Вместе с тем при более детальном рассмотрении воздействия нефти на конкретные морфологические или биохимические параметры, которые могли бы использоваться в качестве индикационных показателей состояния растений при загрязнении почвы нефтью, трудно сделать однозначные выводы. Необходимо найти метод, позволяющий на ранних стадиях и в достаточно короткий срок определить степень повреждения растений для принятия соответствующих мер. Одним из таких перспективных подходов является метод, основанный на регистрации параметров замедленной флуоресценции хлорофилла [7]. Согласно современным представлениям, флуоресценция хлорофилла, и в первую очередь кинетические характеристики этого процесса, могут служить показателями структурных и функциональных свойств фотосинтетических мембран у растений и использоваться при разработке методов экспресс-анализа влияния различных факторов на фотосинтетическую активность хлоропластов [8–10].

Методы, объекты и район исследования. В качестве объектов исследования были взяты козлятник лекарственный – *Galega officinalis*, лядвенец рогатый – *Lotus corniculatus*, люцерна посевная или синяя – *Medicago sativa*, люцерна серповидная или желтая – *Medicago falcata*. Для выращивания растений использовали серую лесную почву, взятую в лесном массиве в окрестностях города Красноярска. В процессе эксперимента в контейнеры с почвой были добавлены нефть, дизельное топливо, бензин марки АИ-92 в массовой доле 5 %, а также – контрольные образцы. В каждый контейнер посажено по 100 семян растений каждого из исследуемых видов. Растения выращивались в течение двух месяцев, затем были проведены замеры их морфологических показателей и параметров замедленной флуоресценции хлорофилла листьев.

Для измерения показателей замедленной флуоресценции (ЗФ) хлорофилла использовали разработанный на кафедре экологии и природопользования СФУ флуориметр «ФОТОН 10». В качестве относительного показателя замедленной флуоресценции (ОПЗФ) было взято отношение значений интенсивности быстрой и медленной компонент затухания свечения, измеряемых на свету высокой (120 вт/м^2) и низкой (10 вт/м^2) интенсивности соответственно. Данный параметр характеризует активность фотосинтетического аппарата и является хорошим индикатором устойчивости растений к неблагоприятным факторам [11].

С целью оценки устойчивости ризосферной микрофлоры к загрязнению нефтепродуктами анализировали общую численность органотрофных ризосферных бактерий путем высева почвенных разведений (10^6–10^8) на плотный питательный агар в чашки Петри [12]. Посевы инкубировали при 30°С, учет микроорганизмов проводили на 3–7-е сутки. Выделение углеводородокисляющих микроорганизмов из образцов почвы проводили на минеральной среде с добавлением стерильной

сырой нефти в качестве единственного источника углерода и энергии [12]. Идентификацию микроорганизмов производили методом масс-спектрометрии с использованием MALDI-TOF MS. Для анализа масс-спектров использовали программное обеспечение фирмы Bruker Daltonics (Германия): FlexControl 2.4.

Образцы нефти были взяты с месторождения Кумколь (Республика Казахстан) из скважины 1125. Изучение состава и свойств кумкольской нефти весьма важно для понимания ее воздействия на живые организмы. Нефть месторождения Кумколь малосернистая (серы 0,47%), парафинистая (парафина 14,3 % с температурой застывания минус 6,5°С), содержание асфальтено-смолистых компонентов колеблется от 2,85 до 5,45 %, коксуемость 1,64 % [13, 14]. Из нефтепродуктов были взяты бензин марки АИ-92 [15] и дизельное топливо [16].

Результаты и их обсуждение. Наибольшее снижение всхожести семян было отмечено при загрязнении почвы нефтью (табл.). Оценивая видовые различия всхожести семян, нужно отметить, что у семян козлятника лекарственного (*Galega officinalis*) минимально уменьшается всхожесть, а максимальное снижение всхожести семян зарегистрировано у люцерны синей (*Medicago sativa*).

Всхожесть семян и масса растений при загрязнении почвы нефтью и нефтепродуктами

Вариант опыта	Вид растений	Длина, см	Длина, % к контролю	Масса, г	Масса, % к контролю
Почва+ нефть	*Medicago falcata*	2,0±0,10	69,6	2,0±0,11	52,7
	Galega officinalis	1,6±0,08	91,0	1,8±0,09	83,8
	Medicago sativa	1,6±0,08	69,5	2,0±0,10	94,7
	Lotus corniculatus	1,7±0,09	90,9	1,9±0,10	77,4
Почва+ ДТ	*Medicago falcata*	2,1±0,11	75,0	2,7±0,14	70,2
	Galega officinalis	1,4±0,08	80,9	1,9±0,11	88,1
	Medicago sativa	2,2±0,11	92,4	2,7±0,13	130,1
	Lotus corniculatus	2,0±0,10	105,9	2,4±0,12	98,8
Почва+ бензин	*Medicago falcata*	2,2±0,12	78,6	3,2±0,17	84,1
	Galega officinalis	1,5±0,08	83,2	2,7±0,13	129,5
	Medicago sativa	2,2±0,11	94,9	2,1±0,11	102,4
	Lotus corniculatus	1,8±0,08	96,3	2,0±0,12	82,3
Почва, контроль	*Medicago falcata*	2,8±0,13	100,0	3,8±0,18	100,0
	Galega officinalis	1,8±0,10	100,0	2,1±0,11	100,0
	Medicago sativa	2,4±0,11	100,0	2,1±0,10	100,0
	Lotus corniculatus	1,9±0,10	100,0	2,4±0,13	100,0

Результаты, полученные при регистрации параметров замедленной флуоресценции (рис. 1), согласуются с данными по биомассе выращенных растений (табл.). Наибольшее снижение показателей замедленной флуоресценции отмечено у люцерны серповидной, этот вид оказался самым чувствительным к загрязнению нефтью и нефтепродуктами.

Наиболее устойчивые виды – козлятник лекарственный и люцерна посевная, где интенсивность замедленной флуоресценции, а следовательно, и скорость фотосинтеза увеличились. Это свидетельствует, что эти растения, попадая в неблагоприятные условия, увеличивают скорость метаболизма для повышения устойчивости. Таким образом, нефть и нефтепродукты в массовой доле 5 % не наносят ощутимого вреда растениям этих видов.

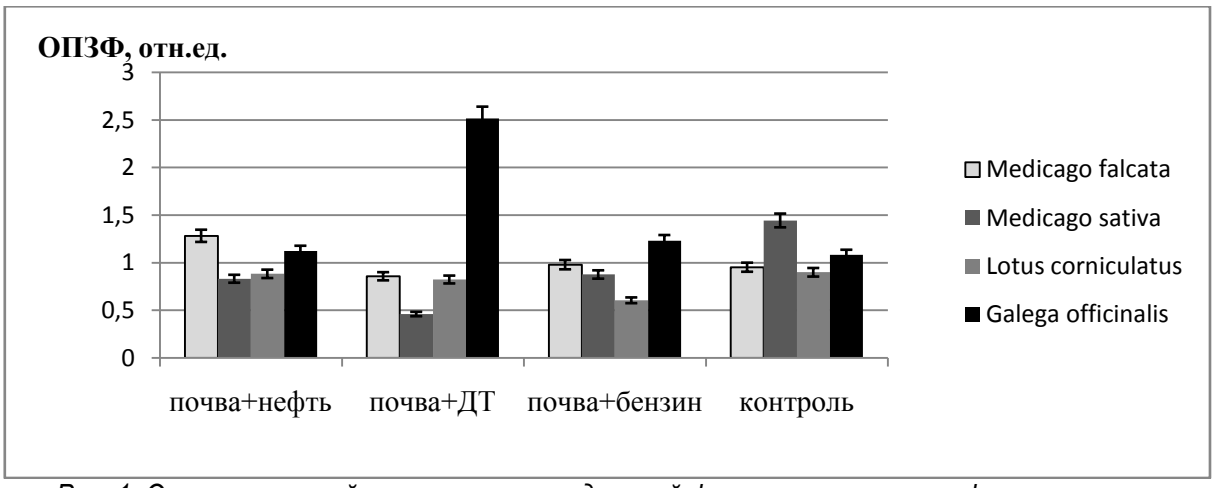


Рис. 1. Относительный показатель замедленной флуоресценции хлорофилла листьев исследуемых растений

Микробиологический анализ прикорневой микробиоты показал отсутствие четкой зависимости нарастания численности прикорневой микрофлоры разных растений от типа вносимого нефтепродукта. Тем не менее можно отметить резко положительную динамику численности органотрофных бактерий при воздействии сырой нефти и бензина в большинстве исследованных образцов растений (рис. 2). Наименьший прирост численности ризосферных микроорганизмов был отмечен при внесении дизельного топлива, а в варианте с *Lotus corniculatus* даже наблюдалось снижение численности бактерий в 2,4 раза по сравнению с контролем. Это может быть связано с пониженной способностью микроорганизмов к биотрансформации углеводородов более тяжелой фракции.

Высокую чувствительность к нефтепродуктам проявили бактерии ризосферы люцерны посевной (*Medicago sativa)*, их численность увеличилась в 10–1000 раз по сравнению с контролем. Наиболее устойчивой к загрязнению нефтепродуктами микрофлорой обладал козлятник лекарственный (*Galega officinalis)*, так как численность бактерий в ризосфере этого вида достоверно не отличалась от контроля.

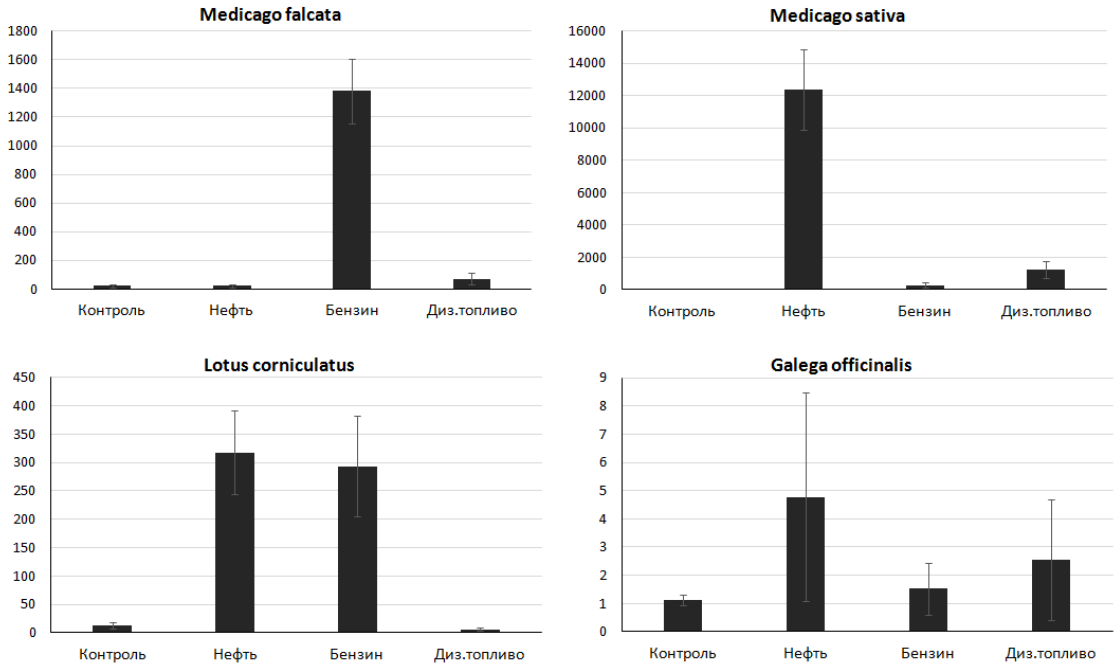


Рис. 2. Численность ризосферных бактерий (млн КОЕ в 1 г почвы) при загрязнении почвы нефтью и нефтепродуктами

Методом масс-спектрометрии идентифицированы виды, входящие в сообщество ризосферных микроорганизмов и использующие углеводороды нефти в качестве субстрата. Выделенные микроорганизмы представлены родами *Bacillus (B.pumilus, B.cereus)*, *Rhodococcus (R.fascians)* и *Pseudomonas (Ps. congelans, Ps. monteilii, Ps. grimontii, Ps. koreensis*). Эти представители, согласно литературным данным [17], являются активными деструкторами углеводородов нефти.

Таким образом, учитывая показания замедленной флуоресценции хлорофилла и данные по накоплению почвенной микробиоты в прикорневой зоне исследуемых растений, в качестве перспективного фиторемедианта почв, загрязненных углеводородами нефти, можно рекомендовать козлятник лекарственный (*Galega officinalis*). Для повышения эффективности очистки почв от нефтезагрязнителей интерес представляет комплексное использование *Galega officinalis* и сообщества выделенных микроорганизмов – деструкторов нефти.

Литература

1. *Калюжин В.А., Рублева С.В.* Сравнительное влияние нефти и нефтепродуктов на всхожесть сельскохозяйственных культур // Контроль и реабилитация окружающей среды: мат-лы Междунар. симп. – Томск, 1998. – С. 167.
2. *Гарипов Т.Т., Хакимов В.Ю., Гарипова С.Р.* Токсичность почв при загрязнении нефтепромысловыми сточными водами // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: мат-лы конф. – Казань, 2000. – С. 105.
3. *Петухова Г.А., Ануфриева В.В., Самсонова Н.А.* Особенности морфо-физиологического развития растений в условиях нефтяного загрязнения среды // Тез. докл. II Междунар. конф. по анатомии и морфологии растений. – СПб.: БИН РАН, 2002. – С. 306.
4. *Киреева Н.А., Тарасенко Е.М., Бакаева М.Д.* Детоксикация нефтезагрязненных почв под посевами люцерны (*Medicago sativa* L.) // Агрохимия. – 2004. – № 10. – С. 68–72.
5. *Хабибуллин Р.А., Коваленко М.В.* Состояние исследований по оценке и ликвидации последствий загрязнения почвы нефтью по фитотоксичности // Рекультивация земель в СССР: тез. докл. Всесоюз. конф. – М., 1982. – Т.2. – С. 149–152.
6. *Пащенко В.Н.* Комплексная устойчивость растений к химическому загрязнению окружающей среды // Экология. – 1984. – № 1. – С. 52–63.
7. *Пахарькова Н.В., Бондарева Л.Г., Калякина О.П.* Флуоресцентная диагностика состояния растений при разливах нефти и нефтепродуктов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 10. – С. 11–16.
8. *Веселовский В.А., Веселова Т.В.* Люминесценция растений. Теоретические и практические аспекты. – М.: Наука, 1990. – 200 с.
9. Simultaneous analysis of prompt and delayed chlorophyll a fluorescence in leaves during the induction period of dark to light adaptation / *V. Goltsev, I. Zaharieva, P. Lambrev* [et al.] // Journal of Theoretical Biology. – 2003. – 225(2). – P. 171–183.
10. Delayed fluorescence in photosynthesis / *V. Goltsev, I. Zaharieva, P. Chernev* [et al.] // Photosynthesis Research. – 2009. – 101. – P. 217–232.
11. Патент № 2069851. Способ определения содержания фитотоксических веществ / *Григорьев Ю.С., Фуряев Е.А., Андреев А.А.* – Бюл. № 33 от 27.11.96.
12. *Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М.* Практикум по микробиологии / под ред. *А.И. Нетрусова.* – М.: Академия, 2005. – 608 с.
13. *Айдарбаев А.С.* Теория и практика разработки нефтяного месторождения Кумколь. – Алматы: Еылым, 1999. – 275 с.
14. *Сейткасымов Б.С.* Повышение эффективности методов борьбы с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями на месторождениях Южно-Тургайского прогиба Республики Казахстан: автореф. дис. … канд. техн. наук: 28.03.06. – М.: Изд-во РГУНиГ, 2006. – 23 с.
15. ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-2004). Бензин неэтилированный. Технические условия. – М.: Изд-во станд., 2012.
16. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. – М.: Изд-во станд., 2012.

17. *Tyagi M., Fonseca M.M.R., Carvalho C.C.R.* Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes // Biodegradation. – 2010. – № 22. – P. 231–241.

УДК 332. 334.4

Т.В. Симакова, Л.Н. Скипин

СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ «НИЖНЕТАВДИНСКИЙ» ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлены современное состояние земель сельскохозяйственного назначения в условиях Тюменской области, разработка научно-методического подхода к выполнению элементов экологического картирования территории и установлению зон с соответствующей степенью состояния и использования земель для их рациональной организации, сохранения, развития и восстановления природно-ресурсного потенциала.

Ключевые слова: *мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, зарастание, эрозия, экономический ущерб, прогноз развития негативных процессов, функционально-экологическое зонирование.*

T.V. Simakova, L.N. Skipin

THE LAND RESOURCE CONDITION IN THE TERRITORY OF THE STATE SOIL MONITORING FEDERAL POLYGON «NIZHNETAVDINSKY» IN TYUMEN REGION

The article presents the current state of the agricultural lands in the Tyumen region conditions, the development of the scientific-methodical approach to the implementation of the territory environmental mapping elements and the establishment of areas with the relevant degree status and use of lands for their efficient organization, preservation, development and restoration of the natural-resource potential.

Key words: *monitoring of agricultural lands, clogging, erosion, economic damage, forecast of negative process development, functional-ecological zoning.*

Введение. Актуальность мониторинга земель сельскохозяйственного назначения обусловлена изменением состояния земель под влиянием негативных процессов, отрицательно влияющих на хозяйственную ценность сельскохозяйственных угодий. Отсутствие мониторинговых обследований, анализа тенденций и прогнозирования развития негативных процессов может привести к тому, что негативные изменения в природных комплексах приобретут необратимый характер. Нарастание распада, деградации агроэкосистем и их компонентов, в том числе и почв, предопределяет экологический кризис [1].

В борьбе с негативными процессами необходимо применять комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий. Основная задача комплекса – приостановить эрозию и восстановить плодородие эродированных почв, а на участках, где эрозия еще не наблюдается, предупредить ее возникновение, то есть устранить причины, которые смогут ее вызвать [4].

Организационно-хозяйственные мероприятия подразумевают использование земель исходя из пригодности для конкретных хозяйственных целей. Они должны обеспечить рациональную структуру посевных площадей и севооборотов и размещение в ландшафтной соподчиненности границ полей и лесополос, что обеспечит наиболее полную оптимизацию использования земель, увеличение производства сельскохозяйственной продукции с 1 га площади, частичное и полное прекращение эрозионных процессов, повышение плодородия почв [4].

Противоэрозионные агротехнические мероприятия считаются наиболее доступным и эффективным средством борьбы с эрозией. Данные мероприятия способствуют повышению поглотительной способности почв, определяя устойчивость к размыву и выдуванию [4].

Комплекс мер по борьбе с негативными процессами должен быть экономически выгодным, то есть давать максимальный эффект при минимальных затратах труда и средств. Все элементы комплекса должны быть взаимно согласованы [2].

Цель работы. Анализ мониторинговых исследований, проведённых на землях федерального полигона «Нижнетавдинский» Тюменской области и разработка комплекса мероприятий по предупреждению и устранению последствий негативных процессов, а также по приостановлению динамики расширения ареалов деградированных участков сельскохозяйственных угодий.

В качестве **объекта исследования** приняты земли федерального полигона государственного мониторинга земель «Нижнетавдинский» Тюменской области.

Предметом исследования выступают мониторинговые наблюдения по изучению динамики изменения состояния земель под влиянием негативных процессов (эрозия, подтопление, опустынивание) как основных факторов, отрицательно влияющих на хозяйственную ценность сельскохозяйственных угодий, а также разработка установления механизма по снижению и устранению степени деградации земель.

При разработке использованы следующие **научные методы**: статистический, монографический, кластерного анализа, графический, конструктивный и метод моделирования.

Методика исследования включала: анализ теории и практики мониторинговых исследований в России и за рубежом; рассмотрение ключевых составляющих системы мониторинга земель, определивших направление исследования; анализ условий и факторов формирования и развития объекта исследования; анализ результатов мониторинговых исследований; экологическое картирование территории и установление зон с соответствующей степенью использования и состояния земель; оценку экономического ущерба, вызванного ухудшением состояния земель; разработку прогноза развития негативных процессов; разработку комплекса мероприятий по предупреждению и устранению последствий негативных процессов, а также по приостановлению динамики расширения ареалов деградированных участков сельскохозяйственных угодий. *Функционально-экологическое зонирование (ФЭЗ)* послужило основой экологической оптимизации использования земель данного полигона посредством выявления массивов земель, пригодных к выполнению хозяйственных, ресурсовоспроизводящих, природоохранных и средостабилизирующих функций. Кроме того, ФЭЗ создаст условия для оптимизации использования земли в сельскохозяйственном производстве и применения функционально-экологического подхода как адаптивного системно-многофакторного подхода, снижения непроизводительных затрат, связанных с использованием земель без учета их функционально-экологических возможностей. Данный вид зонирования направлен на стабилизацию функционально-экологических условий и сглаживание эколого-экономических противоречий. Предлагаемый вид зонирования позволяет оптимизировать сочетание продуктивных и средообразующих процессов экосистем земельных угодий [6].

Основными таксонами ФЭЗ приняты зоны и подзоны. Выделение функционально-экологических зон обеспечило формирование многофункциональной системы использования земель района и регламентацию режимов их использования. Это дает возможность создать экологическую стабильность и повысить экономическую эффективность производства в результате улучшения протекания естественных биологических процессов. В основу выделения зон и подзон положен принцип разделения территории на таксоны с использованием ведущего признака – степени возможного хозяйственного использования с учетом охраны всей совокупности природных условий. Зоны и подзоны включают ареалы земельных угодий, однородные в экологическом отношении или имеющие одинаковый природоохранный режим использования [6].

Результаты исследований. По результатам мониторинговых исследований (2006–2012 гг.), распределение земель сельскохозяйственного назначения по таким признакам, как эродированность, эрозионность, переувлажнение, заболоченность, показывает, что по состоянию на

01.01.2006 г. в Нижнетавдинском районе Тюменской области имелось 123,573 тыс. га, из них эрозионно опасных – 35,2 тыс. га; переувлажненных – 59,779; заболоченных – 12,553 тыс. га. По состоянию на 2012 год, в Нижнетавдинском районе имелось 154,930 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из них эрозионно опасных составило 35,2 тыс. га; переувлажненных – 59,779; заболоченных – 12,553 тыс. га [3].

Анализ состояния мелиорированных земель показал, что на территории района орошаемых земель нет, а общая площадь осушаемых земель составляет 2,602 тыс. га, в том числе осушаемых сельскохозяйственных угодий (кормовые угодья) – 2,013 тыс. га, из них в хорошем состоянии находится только 0,018 тыс. га, в удовлетворительном состоянии – 1,253 тыс. га и в неудовлетворительном – 0,742 тыс. га.

В 1985 году общая площадь заросших сельскохозяйственных угодий составила 30,646 тыс. га. В 2012 году она составила 68,263 тыс. га. В 2012 году произошло увеличение зарастания сельскохозяйственных угодий на 37,62 тыс. га (55,11%) [3].

В результате выполнения работ на территории Нижнетавдинского полигона выявлено значительное увеличение площадей сельскохозяйственных угодий, зарастающих кустарником, мелколесьем, редколесьем и лесом.

За данный период из оборота сельскохозяйственных угодий выбыло только за счёт зарастания кустарниковой растительностью 37,62 тыс. га.

Анализ имеющейся информации позволяет утверждать, что состояние качества земель полигона «Нижнетавдинский» ухудшается. Почвенный покров, особенно сельскохозяйственных угодий, подвержен дальнейшему развитию водной эрозии, заболачиванию, загрязнению тяжелыми металлами, теряет устойчивость к саморегуляции, способность к восстановлению свойств, воспроизводству плодородия вследствие истощительного, потребительского использования земель, недооценки необходимости изучения состояния земель и разработки научно обоснованных комплексных мер по их рациональному использованию, воспроизводству плодородия, предупреждению и устранению негативных процессов.

Из-за равнинного характера местности на ряде полей полигона ГМЗ «Нижнетавдинский» начались процессы зарастания древесно-кустарниковой растительностью, кормовые угодья подвержены закочкариванию. Развитие негативных процессов в землепользовании обусловлено кризисным экономическим состоянием сельскохозяйственного производства, недостатком техники и горюче-смазочных материалов у сельскохозяйственных предприятий. Материально-техническая обеспеченность сельскохозяйственных предприятий не позволяет обрабатывать и содержать в надлежащем состоянии всю площадь сельскохозяйственных угодий. Сократилось внесение минеральных удобрений более чем в десять раз, органических удобрений – почти в 4 раза, практически прекратилось известкование и фосфоритование сельскохозяйственных угодий [5].

Недостаточное применение средств химизации и несоблюдение вследствие плохой технической обеспеченности агротехнических требований обусловливают низкую продуктивность пахотных земель в хозяйствах полигона «Нижнетавдинский».

Установившаяся в последние годы тенденция стихийного перевода пашни в залежь, а затем в кормовые угодья, приводит к регулярному сокращению сельскохозяйственных угодий.

Структура сельскохозяйственных угодий на эродированных землях за 2006 год составила: пашня и залежь – 95,02 %; сенокосы – 2,83; пастбища – 2,15 %. Размер эродированной пашни в 2012 году увеличился на 0,23 %, размер эрозии на сенокосах уменьшился на 0,13, размер пастбищ уменьшился на 0,1 %.

При сравнении данных об эродированности сельскохозяйственных угодий 2006–2012 гг. был составлен прогноз развития данного негативного процесса на 2014 год. В 2025 году площадь эродированных земель увеличится до 34,44 тыс. га.

Зарастание сельскохозяйственных угодий на территории полигона «Нижнетавдинский» увеличилось с 30,646 тыс. га в 1985 г. до 68,263 тыс. га в 2012 году (на 44%). Прогноз, составленный на основе временных трендов, предполагает, что при сохранении существующей тенденции в 2025 го-

ду площадь заросших земель составит 75,763 тыс. га, их площадь увеличится на 49 % по отношению к 2012 году.

По состоянию на 01.01.2013 г. на Нижнетавдинском полигоне были проведены работы по выявлению заболоченных земель. По результатам исследований выявлено, что всего заболочено 12,55 тыс. га, в т.ч. 9,42 тыс.га (75,06 %) в сильной степени; 2,14 тыс.га (17,05 %) в средней степени и 1,00 тыс.га (7,89 %) в слабой степени. В 2006 году эти показатели были ниже: заболоченных земель было 10,39 тыс.га, из них в сильной степени 7,33 тыс.га (70,55 %), в средней степени 3,06 тыс.га (29,45 %).

С экономической точки зрения определяющими условиями снижения продуктивности земель сельскохозяйственного назначения на полигоне «Нижнетавдинский» Тюменской области являются такие негативные процессы, как эрозия почв, заболачивание, зарастание земель, загрязнение почв тяжелыми металлами. На современном этапе ведения сельскохозяйственного производства защита почв от негативных процессов является одной из важнейших проблем рационального природопользования.

Анализ показал, что ущерб от недобора урожайности на эродированных землях составит в стоимостном эквиваленте 7 416,53 руб/га, из них на территории, подверженной средней эрозии, 3 067,57 руб/га; сильной эрозии 4 348,96 руб/га. Ущерб от недобора урожая с одного гектара заросших земель равен 85 814,30 руб.

В целом ежегодный ущерб от проявления эрозии и зарастания на полигоне ГМЗ «Нижнетавдинский» Тюменской области, ориентировочно составит 93 230,83 руб/га. К ущербу от деградационных процессов следует отнести и затраты на проведение противодеградационных мероприятий.

По результатам проведённого функционально-экологического зонирования установлено, что общая площадь земель, входящих в состав шести зон, составляет 3,73 тыс. га, в том числе по пашне – 1,23 тыс. га и 1,45 тыс. га – по кормовым угодьям.

Наряду с данными негативными физико-географическими процессами и антропогенными нагрузками в работе проведён анализ степени загрязнения тяжёлыми металлами земель, прилегающих к автомобильным дорогам. В основу анализа положена методика Л.П. Скипина [7].

Благодаря математическому аппарату кластерного анализа по территориальным оценочным единицам выполняются расчеты комплексных оценок по каждому виду (ландшафтно-экологическому, социально-экономическому, градостроительному, ресурсному) и в целом; определяется значимость факторов в общей оценке; выполняется зонирование территории округов по целевому их использованию на дальнейшую перспективу; разрабатывается опорный целевой каркас; намечается комплекс мероприятий по стабилизации развития города; формируется модель экологического каркаса территории Нижнетавдинского района [6].

Математическая обработка полученных в результате оценок данных и ранжирование исследуемой территории осуществлены с использованием метода кластерного анализа (метода Варда). Ранжирование территории позволило установить уровень благоприятности Нижнетавдинского района для использования сельскохозяйственных угодий на перспективу. Для осуществления дальнейших шагов Нижнетавдинский район был разделен на участки. На территории исследуемого района сформировано 445 оценочных участков.

Для каждого вида оценок в разрезе показателей разработана соответствующая шкала, относительно которой каждому участку присвоен собственный балл оценки.

Математический аппарат кластерного анализа позволил установить степень сходства между участками в многомерном векторном пространстве, сгруппировать их по данному признаку и отразить группировку (ранжирование) в виде дендрограмм (диаграмм) и графиков классификации участков по основным показателям оценки.

В результате кластерного анализа получилось, что в зону неблагоприятной экологической ситуации входит 145,73 тыс. га земель Нижнетавдинского района; в зону экологической ситуации средней благоприятности – 248,03 тыс. га; в зону благоприятной экологической ситуации –

342,24 тыс. га земель исследуемого района. Исходя из проведенного кластерного анализа, был предложен комплекс мероприятий по выявленным зонам [6].

Заключение. В работе дана общая характеристика полигона «Нижнетавдинский» Тюменской области, выявлены основные негативные процессы, осложняющие сельскохозяйственное производство, доминирующими из которых являются эрозия и зарастание древесно-кустарниковой растительностью территории полигона, представлен анализ мониторинговых исследований, функционально-экологического зонирования данной территории, а также представлен анализ результатов с использованием метода многомерной статистики, предложен комплекс мероприятий по предотвращению дальнейшего развития негативных процессов.

Литература

1. *Варламов А.А., Захарова С.Н.* Мониторинг земель. – М.: Изд-во ГУЗ, 2000. – 158 с.
2. *Волков С.Н.* Основные положения концепции современного землеустройства // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – №12. – С. 31–43.
3. Информационный отчет о выполнении работ по этапу 1.1 наряд-заказа № К-05/51-11 от 26 апреля 2012 года «Изучение состояния и использования земель на территории Российской Федерации» на объект: Тюменская область, полигон Нижнетавдинский.
4. *Казьмир П.И.* Противоэрозионная организация территории. – Львов: Изд-во Львов. с.-х. ин-та, 1988. – 125 с.
5. Природно-климатический очерк Нижнетавдинского района Тюменской области. – Тюмень, 1985.
6. *Симакова Т.В., Подковырова М.А., Скипин Л.Н.* Формирование устойчивого развития территории полигона государственного мониторинга земель «Нижнетавдинский» Тюменской области // Современная наука агропромышленному производству: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 135-летию первого среднего учебного заведения Зауралья – Александровского реального училища и 55-летию ГАУ Северного Зауралья (Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 23–24 октября 2014 г.). – Тюмень, 2014. – Т.2. – С. 77–81.
7. *Скипин Л.Н., Ваймер А.А., Квашнина Ю.А.* Загрязнение кадмием и свинцом почв в зоне автомагистрали // Плодородие. – М., 2007. – № 3. – С. 37–38.

УДК 502.7

Т.А. Александрова, О.А. Тимошкина

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗИМНЕЕ РАЗМЕЩЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ ДИКИХ КОПЫТНЫХ ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ» НА ПРИГОРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В статье дан сравнительный анализ и динамика состояния численности, сезонных перемещений диких копытных заповедника «Столбы» и сопредельных территорий под влиянием лимитирующих факторов.

Ключевые слова: *косуля сибирская, марал, динамика численности, сезонные и суточные перемещения копытных, уничтожение среды обитания, хищничество собак, рекреация.*

T.A. Alexandrova, O.A. Timoshkina

THE INFLUENCE OF THE NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE WINTER DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF WILD UNGULATES IN THE NATURE RESERVE "STOLBY" ON THE SUBURBAN AREAS

The comparative analysis and the abundance condition dynamics, the seasonal movement of the wild ungulates in the nature reserve «Stolby» and in the adjacent territories under the limitative factor influence are given in the article.

***Key words**: Siberian roe, Siberian stag, abundance dynamics, seasonal and daily movement of ungulates, habitat annihilation, dog predation, recreation.*

Введение. В окрестностях г. Красноярска по правобережью Енисея в междуречье рек Маны, Большой Слизневой и Базаихи, на границе саянской горной тайги, подтайги и лесостепи, расположен один из старейших государственных природных заповедников России – «Столбы». Охранная зона заповедника по правобережью р. Базаихи является пригородной территорией г. Красноярска. Это водораздельные с Енисеем низкогорья Торгашинского и Кузнецовского плато.

Центральная часть заповедника «Столбы» представлена среднегорной темнохвойной тайгой, периферийная – низкогорными светлохвойными лесами. В поймах рек произрастают прирусловые ельники и смешанные лиственно-хвойные леса, густо заросшие кустарниками. Северная граница заповедника проходит по левобережью р. Базаихи. Сопредельные правобережные территории отличаются наличием скальных обрывов, карстовых полостей, крупноглыбовых каменных осыпей. Рельеф водораздельной части низкогорного Торгашинского плато полого расчленён. Южные лесостепные склоны, обращённые в долину р. Базаихи, более крутые, чем северные лесные.

Пригородные территории Торгашинского и Кузнецовского плато представляют подтаёжные низкогорные светлохвойно-лиственные разнотравные леса. Сочетание горной лесостепи с горнотаёжным рельефом сформировало здесь переходный пояс из обширных участков остепнённых склонов и смешанных лесов, богатство биологического разнообразия животных. Фоновыми видами диких копытных являются марал и косуля.

Неоднородность рельефа, высотная поясность лесных угодий определяют неравномерность распределения осадков и толщину залегания снежного покрова, который в центральной темнохвойной части заповедника достигает 80–90 см, в низкогорных светлохвойных, пойменных и пригородных лесах обычно не превышает 50 см [1, 2].

Близость к заповеднику крупного города, интенсивность освоения пригородных лесов под земли поселения и дачные отводы, развитие здесь индустрии активного отдыха с использованием технических средств высокой проходимости, доступность территории для рекреации при развитой сети лесных дорог создают для диких копытных сильнейший фактор беспокойства и колоссальное антропогенное воздействие на среду их обитания.

Основанием для данной работы послужил недостаток информации по влиянию естественных и антропогенных факторов на состояние и размещение копытных заповедника «Столбы» на сопредельных ему территориях

Цель исследования. Изучить особенности изменения состояния популяций косули и марала в охранной зоне заповедника «Столбы» при воздействии на них естественных и антропогенных лимитирующих факторов.

Задачи:

1. Сравнить многолетнюю динамику численности диких копытных на территориях заповедника «Столбы» и сопредельных.

2. Проследить цикличность сезонных и суточных перемещений копытных из заповедника «Столбы» в охранную зону и обратно.

3. Исследовать влияние природных и антропогенных факторов на состояние диких копытных в охранной зоне.

Материал и методы. Основу работы составили материалы учётных и других полевых работ авторов (2009–2014 гг.), «Летописи природы» заповедника «Столбы» [3], опросов, анкетирования. В ходе сбора материалов изучались активность сезонных и суточных перемещений, причины гибели копытных.

Полевые исследования проводились по следам жизнедеятельности в период устойчивого снежного покрова (с ноября по март) по общим методикам полевых наблюдений [3–5]. Использованы методы учетов диких копытных на пробных площадках и постоянных маршрутах [6, 7]. Было заложено 3 контрольных учётных маршрута (протяжённостью 12, 11 и 9 км), ограничивающие контуры двух различных по размерам и биотопам площадок (рис. 1).

Рис. 1. Встречи копытных и собак на учетных маршрутах: Кс – косуля; Мр – марал; Соб – собака

На этих маршрутах через каждые 10 дней отслеживалось перемещение копытных из заповедника в пойму р. Базаихи, на южные степные, малоснежные её склоны и далее на низкогорный Торгашинский хребет. Регистрировался подход косуль-мигрантов с северо-востока (со стороны Канской лесостепной котловины). По следам, пересекающим маршрут, устанавливалась давность прохождения, видовая принадлежность зверей, направление их перехода, количество особей в группе [5]. Изучалась суточная активность копытных. Устанавливалось количество оленей, пересекших площадку либо оставшихся внутри нее, и особей, вернувшихся в заповедник на дневной отдых.

Исследуемая территория в пределах пробной площади (10 км²) включала:

- пограничную территорию заповедника по левому берегу р. Базаихи, представленную сосново-елово-пихтовыми зеленомошниковыми, смешанными сосново-осиново-берёзовыми разнотравными лесами (площадка №1);
- правый берег поймы р. Базаиха с куртинами ельников зеленомошниковых и густой прирусловой древесно-кустарниковой, разнотравной растительностью (площадка №1);
- территорию охранной зоны по правобережью р. Базаиха, включающую крутые южные степные склоны с выходами скальных пород, изрезанные логами (площадка №2);
- пригородные низкогорные сосновые, сосново-березово-осиновые разнотравные леса Торгашинского хребта (площадка №2).

Кроме того, для более полного представления о сезонном биотопическом размещении диких копытных и хищников в пригородных лесах были заложены два зимних линейных учётных маршрута протяжённостью по 12 км: 1 – по правобережной пойме р. Базаиха от кордона Медвежка до садового общества «Мраморный карьер»; 2 – по Торгашинскому и Кузнецовскому хребтам. от горы Чёрная сопка до садового общества «Загорье».

При подготовке работы использованы материалы «Летописи природы» заповедника «Столбы» за 2010–2014 гг., литературные, опросные данные, интернет-анкетирование населения.

Многолетняя динамика численности марала и косули прослеживалась: в заповеднике – по материалам «Летописи природы», в охранной зоне – по личным наблюдениям авторов.

Обзор исследований

Многолетняя динамика численности. Состояние ресурсов диких копытных заповедника «Столбы» и сопредельных территорий подвержено многолетней цикличности.

Марал. Численность марала в заповеднике «Столбы», благодаря биотехническим мероприятиям, с 1949 по 1985 г. выросла со 180 до 350 особей, превысив кормовую ёмкость пастбищ [1, 2]. С 1989 г. при совокупном воздействии факторов постоянного присутствия в заповеднике волка, сокращения районов зимовок из-за отводов земель под дачную застройку, развития рекреации, особенно снегоходных маршрутов в долинах граничных рек, популяция маралов стала быстро сокращаться: к 1995 г. – до первоначальной (1949 г.) оптимальной численности 180 особей [7] (рис. 2).

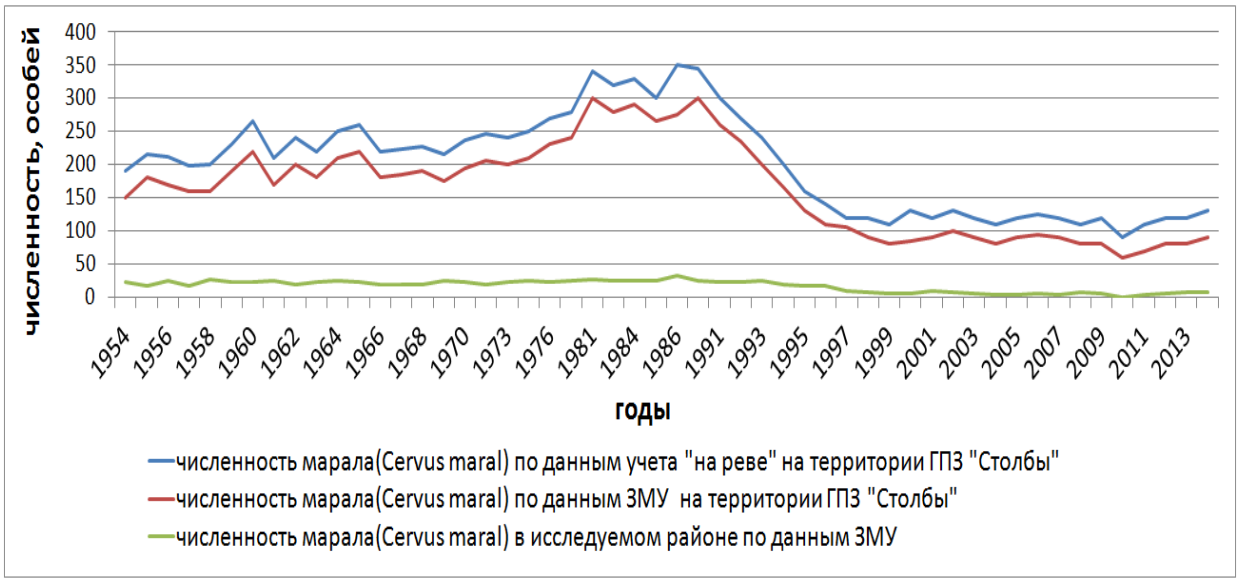


Рис. 2. Динамика численности марала в заповеднике «Столбы» и на сопредельных территориях

При дальнейшей утрате площадей зимних стаций в пригородных лесах и осложнении условий зимовки численность марала до 2010 г. продолжала снижаться. По данным «Летописи природы», осенняя численность марала заповедника в период с 2008 по 2010 г. не превышала 150 особей, зимняя – 90 особей. Примерно 60 маралов (40% от осеннего поголовья) зимовало на сопредельных заповеднику слабо охраняемых территориях Красноярского заказника и в пригородных лесах. В 2011–2012 гг. в динамике зарегистрированы минимальные показатели 110 и 120 особей – осенью, 70 и 80 особей – зимой. Современная осенняя численность марала в заповеднике (в 2013 и 2014 г.) составляла 120 и 130 особей, зимняя – 80 и 90 особей.

Марал на сопредельных заповеднику территориях Кузнецовского и Торгашинского плато обитал постоянно, однако современная численность его здесь не высока, данные о ней отрывочны. По результатам зимних (февральских) учётов животных в 2013–2014 гг., средняя относительная численность марала составила 6 пересечений на 10 км маршрута.

Косуля. Ранее основные места зимовок косули находились в приенисейских и прибазайских сопредельных заповеднику территориях. Здесь плотность населения косули в зимний период (4,0–5,0 особей на тыс. га) всегда была выше, чем в заповеднике. Заметное воздействие на экосистемы, среду и условия обитания диких копытных заповедника «Столбы» и сопредельных территорий после сооружения плотины ГЭС оказало отторжение из охранной зоны заповедника «Столбы» с запада лучших приенисейских зимних стаций диких копытных: сначала под железную дорогу, автомобильную магистраль и высоковольтную линию электропередач, спустя годы – под дачную застройку горожан. Численность косули в заповеднике «Столбы» с 1949 по 1967 г. сократилась с 80 до 60 особей (рис. 3).

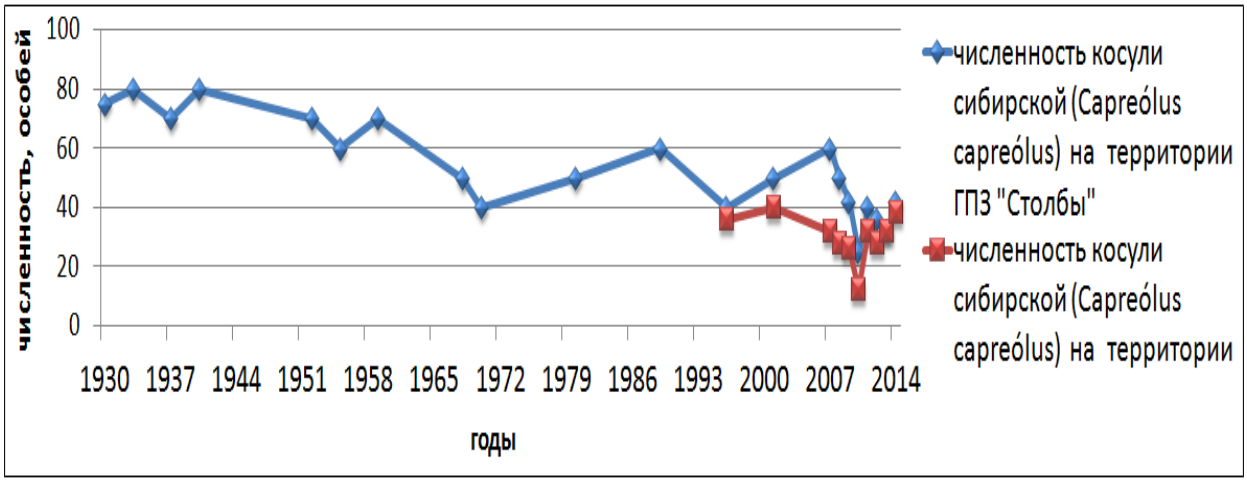


Рис. 3. Динамика численности косули сибирской в заповеднике «Столбы» и на сопредельных территориях

В настоящее время сопредельные территории заповедника – основные места зимней концентрации косули – слабо охвачены учётами. По результатам наших зимних учётов, в феврале 2014 г. средняя относительная численность косули определялась в 18 пересечений на 10 км маршрута.

Основные зимние кормовые стации косули на Торгашинском хребте и в пойме р. Базаихи – охранной зоне заповедника – постепенно сокращаются из-за застройки лесных угодий дачными участками. При воздействии лимитирующих факторов численность зверей на зимних стациях могла сокращаться к весне в 4–5 раз. Например, зимой 2009–2010 гг. численность косули составила около 40–50 голов, весенняя же из-за хищничества собак – не более 10 особей. Осенью поголовье восстановилось, в основном за счёт подхода зверей с прилежащих районов Канской котловины.

Активность перемещений

Высота залегания снежного покрова, крутизна, экспозиция склонов и разнообразие типов угодий обуславливают ежегодные сезонные вертикальные перемещения диких копытных. С ростом высоты снега олени из пояса среднегорной тёмнохвойной тайги центральной части заповедника перемещаются в малоснежные периферийные светлохвойные леса, в пойму р. Базаихи, на пригородные территории охранной зоны. Эти зимние кормовые стации косули и марала в пригородных лесах издавна имели особое значение для благополучия их зимовок [1, 2]. Ниже представлены обобщенные средние многолетние данные (2011–2014 гг.) наших наблюдений за активностью сезонных перемещений копытных на маршрутах и пробных площадках. Активность перемещений копытных многоснежной зимой 2009/2010 гг. в разделе не рассматривается, она была слабой и ограничивалась в основном поймой р. Базаихи, сопровождаясь повышенной смертностью косули.

Ноябрь. С середины до конца ноября преобладающими являлись переходы копытных (особенно косули) из заповедника через долину р. Базаиха в пригородную охранную зону и освоение ими крутых остепененных склонов. Высота снежного покрова составляет 20–30 см, она оптимальна для выпаса и добывания корма косулей. Наблюдались переходы марала из заповедника через реку на малоснежный Торгашинский хребет. Там обычно олени выпасались несколько дней, но затем под воздействием антропогенных факторов возвращались обратно.

При высоте снежного покрова 40 см косуля из заповедника продвигалась в охранную зону, рассредоточиваясь по облесённым логам и скалистым остепнённым склонам. Потревоженные людьми или собаками, косули спасались в заповеднике. В ноябре при высоте снега 30 см в пригородную зону наблюдался подход косули с отдалённых районов Канской котловины.

Декабрь. В этот период косуля в основном концентрировалась в пойме р. Базаихи. Среди недели, когда фактор беспокойства ослабевал, копытные паслись на южных степных склонах, оставаясь на день в крутых, заросших берёзой и кустарником логах. Наблюдались особи, отдыхающие на «днёвках» в ложках в пойме р. Базаихи. Косули в пойме реки обычно затаивались, но при беспокойстве от шума снегоходов или при приближении собак спешно покидали укрытие, устремляясь в заповедник. В выходные дни (суббота-воскресенье) олени с вечера до утра паслись в пойме, утром уходили на день за 500–700 м на северные заповедные склоны. Марал нами замечен в это время крайне редко, являясь консервативным и осторожным видом, скорее всего он не выдерживает антропогенного пресса (беспокойство от собак, браконьеров, снегоходов) и старается крайне редко пересекать пойму, временно концентрируясь на Торгашинском хребте.

Январь. В январе для косули и марала характерны суточные перемещения из заповедника в пойму р. Базаиха на степные склоны, с ночным выпасом, утром животные возвращались в заповедник. Отмечались следы многодневного пребывания одиночек и пар марала на Торгашинском хребте. Потревоженные охотниками или одичавшими собаки, они искали защиту в заповеднике.

Февраль. В феврале косуль по прежнему наблюдали днём в охранной зоне и в самом заповеднике на удалении от поймы реки не более 500–700 м. Регистрировали их ночной выпас в пойме реки и на склонах с утренним возвращением в заповедник. При высоте снега 50 см ослабленные косули оставались на днёвку в прирусловой кустарниковой пойме. Здесь они затаивались при прохождении вблизи лыжников и даже при рёве проходящих по льду реки снегоходов. Однако они становились беспомощными при появлении бродячих и одичавших собак.

Заходы на выпас в пойму реки маралов в этот период и обратно единичны, пара маралов замечена в удаленной части маршрута в охранной зоне обхода Намурт.

Март. В марте, с появлением первых проталин на южных базайских склонах, косули стали постоянно выходить на них для выпаса, почти не задерживаясь в пойме. В утренние часы они уже не возвращались в заповедник, а оставались на днёвках в зарослях кустарников в логах крутых склонов. Отмечались проходы одиночных особей марала через реку в охранную зону без возврата назад (выпас на проталинах). Участились случаи преследования косуль одичавшими собаками через лог Балгаш, скалы и реку до заповедника. К концу марта все южные степные склоны и скалы обычно очищались от снега. В этот период основная часть косули перемещалась сюда из заповедника на выпас. При относительно малоснежной зиме и ранней весне косули оставались в нормальной физической форме. На обширных, освободившихся от снега пастбищах они легко убегали от преследующих их собак.

Выводы. В пригородной территории г. Красноярска, граничащей с заповедником «Столбы», ежегодно наблюдаются перемещения копытных животных: марала и косули. С ростом высоты снега эти виды из среднегорной тайги северной части заповедника перемещаются в малоснежные сопредельные угодья поймы р. Базаихи и пригородные территории. Также наблюдаются суточные перемещения марала и косули из заповедника на южные степные склоны Торгашинского хребта и обратно. При малой глубине снега копытные убегают от преследующих их собак и перемещаются по территории при усиливающейся антропогенной нагрузке в выходные дни.

При глубине снега более 50 см пребывание маралов и косуль на зимних кормовых стациях носит кратковременный характер из-за постоянного беспокойства от собак, браконьеров, шума снегоходов и квадроциклов. Снегоходные дороги являются коридорами для проникновения собак в охранную зону заповедника, основной причиной смертности косули в многоснежные зимы.

Литература

1. *Зырянов А.Н.* Дикие копытные животные заповедника «Столбы» и прилежащих районов // Вопросы экологии: тр. заповед. “Столбы”. – 1975. – № 10. – С. 224–333.
2. *Суворов А.П.* Марал в заповеднике «Столбы» и проблемы его хозяйственного использования в Красноярском крае // Современное состояние компонентов биогеоценозов заповедника

«Столбы». – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1989. – С. 35–66.
3. *Новиков Г.А.* Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. – М.: Сов. наука, 1953. – 502 с.
4. *Суворов А.П., Александрова Т.А.* Полевые наблюдения на маршрутах: метод. указания. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2012. – 43 с.
5. *Кожечкин В.В.* Волки и олени северо-западной части Восточного Саяна // Тр. заповед. «Столбы». – Красноярск, 2001. – Вып. 17. – С. 8–26.
6. *Кожечкин В.В.* Экологические обзоры по отдельным группам животных. Копытные животные // Летопись природы заповедника. – Красноярск, 2014. – С. 56–68.
7. *Водопьянов Б.Г., Свиридов Н.С.* Учёт охотничьих животных: учеб. пособие. – Иркутск, 1976. – Ч. 1. – 39 с.

УДК 582.711.71 (282.256.65)

С.М. Сабарайкина, Е.О. Павлова

ИЗУЧЕНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ШИПОВНИКА ИГЛИСТОГО (*ROSA ACICULARIS*) НА ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ

На территории Хангаласского района Республики Саха (Якутия) изучена морфология, биология, экология, изменчивость шиповника иглистого. На исследуемой территории наиболее распространена одна форма жизненного состояния – эпигеогенно-геоксильного кустарника. Установлено, что под пологом темнохвойных лесов при высокой сомкнутости крон снижается численность ценопопуляций шиповника, уменьшаются размеры растения и снижается количество цветущих и плодоносящих побегов.

***Ключевые слова**: шиповник иглистый, эколого-фитоценотические условия, морфология, биология, экология.*

S.M. Sabaraikina, E.O. Pavlova

THE STUDY OF THE WILD ROSE (*ROSA ACICULARIS*) POPULATIONS IN THE MIDDLE LENA BASIN

On the territory of Khangalassky district in the Republic of Sakha (Yakutia) the morphology, biology, ecology, variability of wild rose (Rosa acicularis) are studied. In the studied area the most common is one form of the life state – epigene-geoxyle shrub. It is established that under the canopy of the dark coniferous forests, with high crown density the wild rose population number reduces, the plant size and the number of flowering and fruit-bearing shoots decreases.

***Key words**: wild rose (Rosa acicularis), ecological phyto-coenotic conditions, morphology, biology, ecology.*

Введение. Шиповник иглистый *(Rosa acicularis* Lindl.) широко распространен на всей территории России, Средней Азии, Сев. Монголии, Сев. Китая, Сев. Америки (Флора Сибири, 1988). В Якутии ареал *Rosa acicularis* охватывает все районы, кроме арктического. Произрастает в светлых сухих лесах и редколесьях, в зарослях кустарников, на склонах речных долин, аласах, каменистых склонах и россыпях [Тимофеев, 2003; Конспект, 2012].

Актуальность темы связана с большим разнообразием естественного генофонда шиповника и огромной ценностью его плодов и вегетативной массы, что диктует необходимость выделения генотипов, обладающих высокими морфо-биологическими свойствами [Пайбердин, 1963].

Среди большого разнообразия кустарников, произрастающих на территории Якутии, шиповник иглистый занимает особое место, так как его виды являются ценными лекарственными растениями. Плоды шиповника богаты большим содержанием биологически активных веществ, в частности витамина С, или аскорбиновой кислоты, и витамина Р, по количеству которых шиповник занимает первое место, а также благодаря высокому содержанию каротиноидов, флавоноидов, витаминов К, В2, Е [Егоров, 1954; Макаров, 2001].

Цель исследования. Изучить распространение, биоразнообразие, продуктивность, хозяйственный ресурс естественных зарослей шиповника на территории Хангаласского района.

Материалы и методы исследований. Сбор материала проводился по общепринятым методикам маршрутных флористических исследований [Корчагин, 1964; Миркин и др., 2001]. В каждом сообществе проводили геоботаническое описание. Видовой состав растительных сообществ определялся в пределах площади выявления. Плотность популяции подсчитывали на учетных площадках размером 10 м^2 каждая. Оценка обилия видов проведена по шкале Друде (доработанная Урановым А.А.), величина урожая – по шкале Формозова [Минин, 2000]. Фенологические наблюдения проводили по общепринятой методике И.Н. Бейдеман (1974), изучение морфологической изменчивости – по шкале Мамаева (1973), жизненной формы – по Мазуренко, Хохрякову (1977). Для оценки степени развития особей, их морфологических показателей и продуктивности в пределах учетных площадок без выбора измеряли по 10–20 растений, у каждого из них определяли возраст, подсчитывали число побегов и проводили все измерения для оценки морфологических показателей. Всего измерено 1300 листьев, 475 побегов, 250 цветков, 620 ягод.

Исследования проводили на правом берегу р. Буотама (в 134 км от г. Якутска), на правом (территория природного парка «Ленские столбы») и левом (вдоль трассы Якутск-Еланка-Булгунняхтах) берегах р. Лена.

Почвы на территории парка дерново-лесные, дерново-лесные палевые и дерново-лесные слабоосолоделые почвы изреженных лиственных лесов.

Климат резко континентальный. Средняя температура января -40°С, июля +19°С. Резкие перепады температуры наблюдаются в течение всего года. За год выпадает от 200 до 350 мм осадков. Продолжительность зимы 6–7 месяцев. Зима продолжительная, холодная и малоснежная.

Результаты и их обсуждение. На территории Хангаласского района вид *Rosa acicularis* предпочитает склоны восточных, юго-восточных, западных экспозиций, с умеренно влажными и влажными почвами. *Rosa acicularis* входит в состав подлеска хвойно-мелколиственных и смешанных лесов, образует кустарниковые заросли.

Сезонный ритм *Rosa acicularis* относится к раннесреднему ритмотипу. Вегетация начинается в первой декаде мая, первый лист появляется в конце мая, цветение начинается в первой декаде июня и продолжается 15–20 дней. Плоды созревают в первой декаде августа. Плоды оранжевого цвета, овальные или округлые, массой 0,8–1,7 г с 10–12 семечками светло-желтого цвета.

Описано 9 ценопопуляций, из них 4 хвойных и 2 лиственных леса, 3 разнотравных луга.

Ценопопуляция (ЦП) 1 шиповника иглистого расположена в средней части юго-западного склона, на правом берегу р. Буотама, в 134 км от г. Якутска. Лиственнично-сосново-еловый брусничный лес. Господствуют *Larix cajanderi* Mayr и *Pinus sylvestris* L. Кустарниковый ярус слабо выражен. Встречаются *Spirea media* Schmidt, *Rosa acicularis* Lindl., *Salix bebbiana* Sarg. Травяно-кустарничковый ярус хорошо развит (ОПП 50%), господствуют *Vassinium vitis-idaea* L., *Geranium pratense* L., *Thalictrum foetidum* L., *Bromopsis inermis* Holub., *Poa pratensis* L., также описаны еще 14 видов. Мохово-лишайниковый ярус не выражен, внеярусной растительности нет.

ЦП 2. Ивняк травяной. Правый берег р. Лена, в 134 км от г. Якутска. Рельеф – высокая пойма, распадок на дне ручья, ровный, каменистый. Древесный ярус в основном представлен *Salix pyrolifolia* Ledeb., *Salix brachypoda* (Trautv et C.A. Mey) Kom. Кустарниковый ярус средне выражен, произрастают *Rosa acicularis*, *Ribes rubrum* L., *Ribes pauciflorum* Turcz. ex Pojark. Высота 1,5 м. Травяной ярус составляет 30 %, средняя высота 30 см, описаны 17 видов. Наиболее обильно встреча-

ются *Geranium pratense*, *Lathyrus humilis*, *Tanacetum vulgare*, *Vicia cracca* L., *Equisetum sylvaticum* L., *E. pratense* Ehrh., *Carex macroura* Meinsh. Мохово-лишайниковый ярус не выражен.

ЦП 3. Ельник шиповниковый бруснично-зеленомошный. Правый берег р. Лена, в 134 км от г. Якутска. Видовое богатство смешанного леса представлено 21 видами. Доминируют *Picea obovata*, *Rosa acicularis*, *Vaccinium vitis-idaea, Ledum palustre* L., *Equisetum pratense, Pyrola rotundifolia* L., *Tanacetum vulgare, Calamagrostis langsdorffii, Bromopsis inermis*. Мохово-лишайниковый ярус развит. Встречаются эпифиты.

ЦП 4. Лиственнично-зеленомошный брусничный лес. Юго-восточный склон, левый берег р. Лены, коренной берег, окрестности с. Булгунняхтах. Описано 18 видов. Произрастают *Larix cajanderi*, *Picea obovata*, *Rosa acicularis, Vaccinium vitis-idaea*, *Pyrola rotundifolia*, *Geranium pratense*, *Delphinium cheilanthum* Fisch., *Calypso bulbosa* (L.) Oakes. Мохово-лишайниковый ярус развит.

ЦП 5. Сосново-лиственничный лес. Северо-восточный склон, левый берег р. Лены, коренной берег, окрестности села Еланка. Описан 21 вид. Наиболее часто встречаются *Larix cajanderi, Rosa acicularis*, *Ribes pauciflorum, Arctostaphylos uva-ursi*, *Anemonastrum sibiricum*, *Euphorbia discolor* auct. non Ledeb., *Vicia multicaulis* Ledeb., *Festuca lenensis* Drob., *Glyceria triflora* (Korsh) Kom. Мохово-лишайниковый ярус слабо развит.

ЦП 6. Разнотравно-кровохлебковый луг на песчаном субстрате. Луг описан на островах р. Лены напротив Еланки. Основные доминанты *Sanguisorba officinalis* L., *Geranium pratense* L., *Trifolium pratense* L., *Tanacetum vulgare* L., *Festuca pratensis* L. На лугу встречаются заросли *Rosa acicularis* и *Pentaphylloides fruticosa* (L.)O. Schwarz. Описаны 18 видов.

ЦП 7. Разнотравный луг, левый берег р. Лена, коренной берег, окрестности села Еланка. Видовой состав полидоминантный: *Salix dasyclados* Winn., *S. viminalis* L., *Rosa acicularis, Equisetum arvense* L., *Iris setosa* Pall. ex Link., *Caltha palustris* L., *Ranunculus repens* L., *Sanguisorba officinalis*, *Euphorbia discolor, Tanacetum vulgare*, *Veronica longifolia* L., *Lathirus pilosus* (Cham.) Ledeb., *Carex acuta*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Bromopsis pumpelliana* (Scribn.) Holub., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Poa pratensis* L.

ЦП 8. Разнотравный луг, левый берег р. Лена, коренной берег, окрестности бизонария.

Сообщество представлено богатым злаково-разнотравным лугом, описано 39 видов. Основное господство занимают виды: *Potentilla arenosa* (Turcz.) Juz., *Agrostis trinii* Turcz., *Geum aleppicum* Jacq., *Aster sibiricus* L., *Rumex thyrsiflorus* Fin gerh., *Vicia amoena* Fisch., *V. cracca* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub., *Calamagrostis langsdorfii* (Link) Trin., *Festuca pratensis* Huds., *Festuca rubra* L., *Poa pratensis* L., *Carex capitata* L., *C. cespitosa* L.

ЦП 9. Березняк разнотравный, левый берег р. Лена, коренной берег, окрестности бизонария. В подлеске участвуют: *Rosa acicularis*, *Spiraea media*, *Populus tremula* L., *Ribes glabellum*, *Salix bebbiana*, *S. taraikensis* Kimura, *S. viminalis*. В травяно-кустарничковом ярусе произрастают 13 видов, среди которых выделяются: *Fragaria orientales* Losinsk, *Equisetum pratense* Ehrh., *Sanguisorba officinalis*, *Poa pratensis* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth s. str. Моховый покров слабо развит.

Изученные ЦП были неполночленными, в них преобладали генеративные особи. Популяции молодые, нормально развитые, левосторонние. Доля особей виргинильного и сенильного периода незначительна. Плотность растений была невысокой и колебалась от 12,0 шт/100м^2 в ЦП 3 до 45 шт/100м^2 в ЦП 7. ЦП 1, 5, 8 характеризовались как левосторонние и двувершинные. Абсолютный максимум встречался на имматурной группе особей (53,27), вторая вершина – на виргинильной (55,18) группе. Индекс восстановления во всех популяциях был незначительным (0,45). Доля генеративных растений из всех исследованных ЦП была выше в ЦП 7, 9 (0,48 и 0,44 % и 0,54 и 0,33 % соответственно). Анализ данных показывает, что условия местопроизрастания ЦП 7, 9 более благоприятные, чем всех остальных ЦП. Это подтверждается относительно высокой плотностью особей, большей численностью ювенильных растений.

В процессе исследований нами было установлено, что во взрослом состоянии шиповник иглистый имеет жизненную форму эпигеогенно-геоксильного кустарника. Особи жизненной формы

эпигеогенно-геоксильного кустарника встречаются повсеместно – на открытых участках вдоль береговой линии, ручьев и низинах, на лесных полянах и вдоль дорог.

У особей, произрастающих в темнохвойных лесах, отмечены меньшие показатели по таким признакам, как численность кустов в популяции, высота куста (0,8 см), длина побегов 1-го и 2-го порядка (11; 23см), количество листьев на побегах (5–12 шт.), количество цветков на кусте (6–9 шт.) и количество ягод (5–7 шт.), размеры листьев (шир. 5,1 см; дл. 6,4 см), размеры и масса плодов (0,8х0,5 см; 0,7 г), по сравнению с образцами открытых мест произрастания.

Во всех изученных популяциях шиповника иглистого наиболее лабильными признаками оказались количественные признаки, такие как длина листового черешка (коэффициент вариации CV–12,6%), ширина (CV–10,28%) и длина листа (CV–9,49%). Форма плода варьировала от круглой до овальной (CV–14,33%). Окраска, форма, структура листа, окраска цветка, плода во всех исследуемых популяциях сходны.

Выводы. На территории Хангаласского района *Rosa acicularis* встречается повсеместно: на лесных опушках, открытых полянах, вдоль берега рек, ручьев.

Имеет средний ритмотип. Вегетация начинается во второй декаде мая, плоды созревают во второй декаде августа. Листопад отмечен в первой декаде сентября.

На основании данных выявлено, что на территории Хангаласского района наиболее часто встречаются жизненные формы эпигеогенно-геоксильных модификаций. Эта жизненная форма приурочена ко всем условиям произрастания. Установлено, что под пологом темнохвойных лесов, при высокой сомкнутости крон снижается численность ценопопуляций шиповника, уменьшаются размеры растения и снижается количество цветущих и плодоносящих побегов.

Изученные популяции шиповника иглистого молодые, нормально развитые, левосторонние. Отличались неполночленностью с преобладанием генеративных особей.

Урожайность средняя, эксплуатационный запас достаточно высок.

Литература

1. *Малышева Л.И., Положий В.А.* Сем. Розоцветные – Rosaceae // Флора Сибири. – Новосибирск: Наука, 1988. – Т.8. – 200 с.
2. *Тимофеев П.А.* Леса Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 2001. – 198 с.
3. Конспект флоры Якутии: сосудистые растения / сост. *Л.В. Кузнецова, В.И. Захарова*. – Новосибирск: Наука, 2012. – 272 с.
4. *Пайбердин М.В.* Шиповник. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 198 с.
5. *Егоров А.Д.* Витамин С и каротин в растительности Якутии. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 248 с.
6. *Макаров А.А*. Лекарственные растения Якутии. – Якутск: Бичик, 2001. – 128 с.
7. *Корчагин А.А., Лавренко Е.М.* Полевая геоботаника. – М.: Изд-во АН СССР, 1964. – 530 с.
8. Ценопопуляции растений. – М.: Наука, 1976. – 217 с.
9. *Минин А.А.* Фенология Русской равнины: материалы и обобщения. – М.: Изд-во АБФ / ABF, 2000. – 160 с.
10. *Бейдеман И.Н.* Методика изучения фенологии растения и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука, 1974. – 155 с.
11. *Мазуренко М.Т., Хохряков А.П.* Структура и морфогенез кустарников. – М.: Наука, 1977. – 160 с.
12. *Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. – М.: Наука, 1972. – 284 с.

УДК 574.21

А.Л. Павленко, В.П. Стариков, А.В. Матковский

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ РЫБ-ИНДИКАТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ ВОДОЁМОВ ГОРОДА СУРГУТА И СУРГУТСКОГО РАЙОНА)

В работе представлены результаты оценки стабильности развития фоновых видов рыб (водоёмы г. Сургута и Сургутского района) по интегральным показателям флуктуирующей асимметрии морфологических признаков. Проведён анализ видового разнообразия.

Ключевые слова: *информационные индексы биоразнообразия, стабильность развития организма, флуктуирующая асимметрия, антропогенное воздействие, рыбы-индикаторы.*

A.L. Pavlenko, V.P. Starikov, A.V. Matkovskiy

COMPLEX ASSESSMENT OF THE WATER OBJECT CONDITION WITH THE HELP OF FISH-INDICATORS (ON THE EXAMPLE OF RESERVOIRS IN SURGUT CITY AND SURGUT DISTRICT)

The results of the development stability assessment of the fish common species (reservoirs of Surgut and Surgut district) on the integral indicators of the morphological characteristics fluctuating asymmetry are presented in the article. The analysis of the species diversity is conducted.

Key words: *information indexes of biodiversity, organism development stability, fluctuating asymmetry, anthropogenic impact, fish-indicators.*

Введение. В настоящее время обширные территории Российской Федерации подвергаются интенсивной трансформации под действием антропогенных факторов, что представляет значительную угрозу для биоразнообразия. Деструктивные воздействия на природную среду особенно остро проявляются в местах усиленного недропользования. Ещё больше усугубляется положение, если такие территории расположены в северных широтах, где биоразнообразие невелико.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра – располагается в особых условиях, где влияние климатических факторов усиливается ускоряющейся урбанизацией и возрастанием техногенных воздействий на естественные экосистемы, что требует усиленного контроля за состоянием качества среды.

Биотестирование водной среды с помощью рыб как тест-объектов позволяет вести относительно простую и доступную систему контроля за состоянием экосистем водоёмов.

Загрязнение водной среды обусловлено различными факторами: сброс сточных вод предприятиями, которые содержат тяжёлые металлы; привнос поллютантов с транзитным стоком. Характерными загрязняющими веществами на территории ХМАО – Югры (2014 г.) являются железо, марганец, медь и органические соединения (ХПК) [1].

Химическое загрязнение может существенно влиять на экосистемы, особенно на водные, вызывая изменения в функциях работы организмов [2].

Известно, что деструктивные воздействия на ихтиофауну водоёмов приводят к изменению основных показателей биоразнообразия: видового богатства, состава доминирующего комплекса и выравненности видов [3]. Реакцией на такие воздействия могут служить изменения показателей стабильности развития организма. На некоторых территориях, подверженных негативным воздействиям, биоразнообразие сохраняется на стабильном уровне, однако состояние организма может значительно изменяться [4]. Отсюда возникает необходимость в комплексном биоиндикационном мониторинге той или иной территории.

Цель исследования. Провести оценку качества водоёмов с помощью фоновых модельных видов рыб.

Задачи: оценка биоразнообразия ихтиосообществ и стабильности развития организма рыб.

Объекты и методы. В качестве объектов экологического мониторинга выбрано 3 вида рыб семейства Карповые (Cyprinidae) (всего 280 экз.): плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), язь *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758) и лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758). Представителей семейства Cyprinidae удобно использовать в качестве тест-объектов, поскольку они распространены повсеместно и являются наиболее массовыми видами в озёрно-речных системах, в том числе на территории ХМАО – Югры.

Отлов рыб проводили в летний период 2013–2014 гг. на трёх различных водоёмах, как естественных (р. Чёрная, старица р. Большой Юган), так и искусственных – водохранилище ГРЭС. Речка Чёрная является правым притоком реки Оби, р. Б. Юган и его притоки являются левобережьем р. Оби, водохранилище ГРЭС сооружено на участке р. Чёрной. Экологический статус выбранных водоёмов оценивали на нескольких створах. Место отлова: створ №1 – р. Чёрная (в черте г. Сургута) – 100 м от восточной объездной дороги; створ №2 – водохранилище ГРЭС (г. Сургут, Сургутский рыбхоз); створ №3 – р. Большой Юган (контроль, 50 км от г. Сургута). Рыб отлавливали одностенными ставными сетями с различным шагом ячеи от 20 до 60 мм, а также активными орудиями ловли – поплавочными удочками. Для отлова молоди использовали мальковый невод из дели с ячеей не более 5 мм. Обработку ихтиологического материала проводили по стандартным общепринятым методикам [5, 6]. Русские и латинские названия видов рыб приведены по Ю.С. Решетникову с соавторами [7].

Для оценки фонового состояния биологических систем использовали наиболее информативные индексы биоразнообразия: информационный индекс Шеннона (*H'*) [8, 9], индекс доминирования Бергера-Паркера (*d*), индекс выравненности экологических сообществ Пиелу (*E*), индекс доминирования Симпсона (*D*), вероятность межвидовых встреч (*PIE*), индекс полидоминантности (S_λ) [3, 10].

Диагностику нарастающего негативного воздействия на морфологические характеристики рыб оценивали с использованием методов флуктуирующей асимметрии (далее – ФА) [11].

Для оценки уровней ФА рыб применяли систему меристических признаков у одновозрастных рыб (трёх- и четырёхлетки). Объём выборки составил 20 (3+) и 10 (2+) особей [12, 13].

Стабильность развития оценивали по четырём билатеральным счётным признакам: число чешуй в боковой линии (1), число лучей в грудных (2) и брюшных плавниках (3), число глоточных зубов (4).

Результаты и их обсуждение. По данным Департамента экологии ХМАО – Югры, состояние качества поверхностных вод водотоков территории за 2008–2011 гг. следующее: уровень загрязненности р. Оби на территории г. Сургута с «грязного» (2008 г.) изменился до «очень загрязнённого» (2010 г.). Поверхностные воды р. Оби на участке 22 км ниже г. Сургута в 2012 г. характеризовались как «очень загрязнённые» [14]. В последнее время наметилась устойчивая тенденция стабилизации уровня загрязнённости воды. Загрязняющими веществами на этом участке являются: трудноокисляемые органические вещества (по ХПК), легкоокисляемые органические вещества (по $БПК_5$), азот нитритный, соединения железа, меди, марганца. На участке г. Сургута критического уровня достигли соединения железа.

Оценка разнообразия рыб в трёх водоёмах с помощью индексов биоразнообразия отражена в таблице 1.

Таблица 1

Значение показателей уровня разнообразия ихтиосообществ водоёмов г. Сургута

Водоём	Значения индексов разнообразия					
	H'/VarH'	*D*	*PIE*	*E*	*d/1/d*	S_λ
р. Чёрная	1,98/1,56	0,17	0,83	1,91	0,32/**3,06**	**5,86**
Водохранилище ГРЭС	1,71/**2,4**	**0,26**	0,74	1,80	0,51/1,95	3,91
Старица р. Б. Юган	1,44/1,74	0,17	0,83	1,52	0,22/**4,46**	**6,05**

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, которые отличаются от других; VarH' – дисперсия индекса Шеннона; D – индекс доминирования Симпсона; d – индекс доминирования Бергера-Паркера; E – индекс выравненности экологических сообществ Пиелу; PIE – вероятность межвидовых встреч; S_λ – индекс полидоминантности.

Доминирующий комплекс исследуемых водоёмов следующий: плотва – доминант, язь и лещ – субдоминанты. По количеству видов наиболее полно представлена р. Чёрная (11 видов), что связано с сообщением этой реки с Обью, в которой разнообразие и обилие рыб выше. Рыбы совершают постоянные миграции из Оби в р. Чёрную для нереста, нагула, развития (ежегодно нами наблюдался массовый выход предличинок в последней декаде апреля – первой декаде мая). Разнообразие рыб старицы р. Б. Юган представлено 9 видами.

Значения индекса Шеннона (*H'*) варьировали в пределах от 1,44 до 1,98, что указывает на незначительные различия видового разнообразия в изучаемых системах. Различия по видовому разнообразию между изученными сообществами рыб (Чёрная/ГРЭС, Чёрная/Б.Юган, ГРЭС/ Б. Юган) не выявлены (табл. 2).

Таблица 2

Значение t-критерия Стьюдента между выборочными совокупностями значений индекса Шеннона для исследуемых водоёмов

Водоём	р. Чёрная	Водохранилище ГРЭС	Старица р. Б. Юган
	t (df)	*t (df)*	*t (df)*
р. Чёрная	❖	0,29 (18)	0,12 (20)
Водохранилище ГРЭС	0,29 (18)	❖	0,33 (17)
Старица р. Б. Юган	0,12 (20)	0,33 (17)	❖

Примечание: (df) – число степеней свободы, при α=0,05 (по Ивантеру, 2010).

Показатель «вероятность межвидовых встреч» варьировал от 0,60 до 0,83 (в норме от 0 до 1) и характеризовался как средний. Значения индекса выравненности Пиелу (*E*) показывают, что особи в сообществах рыб распределены относительно равномерно (1,39–1,91). Высокая величина индекса полидоминантности в р. Чёрной (5,86) и в старице р. Б. Юган (6,05) указывает на преобладание одних видов над другими при относительной выравненности всех видов. Индекс Симпсона выше в водохранилище ГРЭС, что говорит о большем вкладе отдельного вида в структуру данного сообщества.

Значения индекса доминирования Бергера-Паркера (*d*) (в р. Чёрной – 3,06; старице р. Б. Юган – 4,46) подтверждают, что происходит увеличение разнообразия и снижение степени доминирования одного вида в структуре данного сообщества. Хотя по обилию в уловах абсолютными доминантами во всех выбранных водоёмах являются – плотва, язь, речной окунь; субдоминантами – серебряный и золотой, или обыкновенный караси, лещ, обыкновенная щука, елец; рецедентами – обыкновенный ёрш, обыкновенный судак и налим.

ФА билатеральных признаков семейства Cyprinidae имеет незначительные ненаправленные отклонения от билатеральной симметрии (Захаров, 1987) и проявляется либо на правой, либо на левой стороне (табл. 3).

С помощью показателей ЧАПП (частота асимметричного проявления на признак) и ЧАПО (частота асимметрии отдельного признака на особь) оценили отклонения стабильности развития рыб от условно нормального состояния по пятибалльной шкале (табл. 4).

Таблица 3

Билатеральные меристические признаки рыб семейства Cyprinidae

Вид	р. Чёрная				Водохранилище ГРЭС				Старица р. Б. Юган			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
R. rutilus (3+)	41-42 (42)	13-17 (14)	8-10 (9)	5-6(5)	39-42 (41)	11-15 (13)	8-10 (9)	5-6 (5)	42-48 (45)	11-15 (13)	8-10 (9)	5-6 (5)
R. rutilus (2+)	43-54 (43)	13-14 (13)	8-9 (9)	5-6 (5)	42 (42)	13-14 (14)	8-9 (9)	5 (5)	42-46 (44)	17-19 (18)	7-10 (9)	5-6 (5)
A. brama (3+)	47-60 (52)	8-18 (15)	7-12 (8)	5-6 (5)	45-60 (52)	14-17 (16)	8-12 (9)	5-6 (5)				
A. brama (2+)	45-55 (52)	8-15 (15)	7-10 (9)	5 (5)	45-52 (50)	15-16 (15)	7-10 (9)	5 (5)				
L. idus (3+)	45-59 (52)	13-18 (17)	8-9 (9)	5 (5)					52-68 (56)	11-18 (16)	8-10 (9)	5 (5)
L. idus (2+)	52-58 (54)	11-17 (15)	8-10 (9)	5 (5)					52-58 (54)	11-17 (15)	8-10 (9)	5 (5)

Примечание: 1 – число чешуй в боковой линии; 2 – число лучей в грудных плавниках; 3 – число лучей в брюшных плавниках; 4 – число глоточных зубов (среднее значение); в скобках – среднее значение.

Таблица 4

Величина показателя стабильности развития ЧАПП (при p<0,05) в выборках разновозрастных групп водоёмов г. Сургута и Сургутского района

Вид	Водоем	Показатель	Балл
1	2	3	4
***R. rutilus* (3+) (*n* = 20)**	р. Черная	**0,42±0,3**	**IV**
	Водохранилище ГРЭС	0,3±0,2	II
	Старица р. Б. Юган	0,37±0,2	III
***R. rutilus* (2+) (*n* = 10)**	р. Черная	**0,56±0,2**	**V**
	Водохранилище ГРЭС	0,21±0,1	I
	Старица р. Б. Юган	0,11±0,1	I

Окончание табл. 4

1	2	3	4
A. brama **(3+)** **(*n* = 20)**	р. Черная	0,35±0,2	III
	Водохранилище ГРЭС	0,42±0,1	IV
A. brama**(2+)** **(*n* = 10)**	р. Черная	0,17±0,1	I
	Водохранилище ГРЭС	0,1±0,1	I
L. idus **(3+)** **(*n* = 20)**	р. Черная	0,02±0,04	I
	Старица р. Б. Юган	0,26±0,2	I
L. idus **(2+)** **(*n* = 10)**	р. Черная	0,10±0,09	I
	Старица р. Б. Юган	0,06±0,06	I

Примечание: R – правая сторона; L – левая сторона; ЧАПП – отношение числа признаков, проявляющих асимметрию, к общему числу учтённых признаков.

В ранее проведённых биоиндикационных исследованиях старицы р. Б. Юган [15] показано, что состояние среды условно нормальное (t-критерий Стьюдента 0,22).

В р. Чёрной отклонения в стабильности развития обнаружены у *R. rutilus* (0,42±0,3; 0,56±0,2) по шкале IV–V, что характеризовало водоём как «очень грязный». У *A. brama* этот показатель несколько ниже (0,35±0,22), и это указывало на то, что данный водоём «грязный». Показатель ЧАПП *R. rutilus* (3+) и *R. rutilus* (2+) старицы р. Б. Юган различались: 0,37±0,2 и 0,11±0,12. Значения ЧАПП четырёхлеток (3+) рыб р. Чёрной (t(38)=0,13, при p<0.05), водохранилища ГРЭС (t(38)=0,54, при p<0.05), старицы р. Б. Юган (t(38)=0,39, при p<0,05) статистически незначимы. Следовательно, влияние внешних факторов на изменчивость меристических признаков приведёнными выше данными (табл. 4) не доказано. ЧАПП трёхлеток (2+) р. Чёрной (t(18)=1,25, при p<0,05), водохранилища ГРЭС (t (18)=0,78, при p<0.05), старицы р. Б. Юган (t(18)=0,45, при p<0,05) также статистически незначимы.

Асимметрия отмечена у всех изученных видов, кроме плотвы (t_{Md}=2,7) и язя (t_{Md}=2,71), старицы р. Б. Юган (табл. 6), однако статистически значимых различий между показателями асимметрии в разных водоемах не выявлено (табл. 5). Отсутствие различий указывало в первую очередь на одинаковые средовые воздействия, выраженные, в широком смысле, климатическими условиями.

Таблица 5

Значение t-критерия Стьюдента в различии асимметрии рыб между разными водоёмами

Водоёмы	Вид	Возраст	T	df
Чёрная / Б.Юган	Плотва	3+	0,869	38
Чёрная / ГРЭС	Плотва	3+	1,814	38
ГРЭС / Б.Юган	Плотва	3+	0,983	38
Чёрная / ГРЭС	Лещ	3+	1,55	38
ГРЭС / Б.Юган	Плотва	2+	2,14	18
Чёрная / Б.Юган	Язь	2+	1,04	18

Асимметрия у каждого вида, кроме плотвы (t_{Md} = 2,7) и язя (t_{Md} = 2,71), старицы р. Б.Юган (табл. 6) достоверна. Это говорит о том, что хотя асимметрия и присутствовала у данных видов, но она сходная во всех исследуемых водоёмах. Присутствие асимметрии обнаружено во всех изученных водоёмах, но показатели её не отличались.

Таблица 6

Величина интегрального показателя стабильности развития (частота ассиметричного проявления по четырём меристическим признакам) в выборках *R. rutilus*, *A. brama*, *L. idus*

Водоём	Вид	Возраст	M_d	σ	m_d	t_{Md}
р. Чёрная	Плотва	3+	1,7	1,22	0,27	6,24
р. Чёрная	Плотва	1+	2,25	1,07	0,24	9,4
Старица Б.Юган	Плотва	3+	1,5	0,83	0,18	8,11
Водохранилище ГРЭС	Плотва	3+	1,2	1,15	0,26	4,66
р. Чёрная	Лещ	3+	1,4	0,88	0,19	7,09
Старица Б.Юган	Язь	3+	1,05	0,89	0,2	5,29
Водохранилище ГРЭС	Лещ	3+	1,7	0,47	0,11	16,17
р. Чёрная	Лещ	2+	1,7	1,16	0,37	4,64
Водохранилище ГРЭС	Плотва	2+	2,1	1,37	0,43	4,85
Старица Б.Юган	Плотва	2+	1,1	1,29	0,41	2,7
Водохранилище ГРЭС	Лещ	2+	1,1	1,1	0,35	3,16
Старица Б.Юган	Язь	2+	0,6	0,7	0,22	2,71
р. Чёрная	Язь	2+	1	0,94	0,3	3,35
р. Чёрная	Язь	3+	0,55	0,83	0,18	2,97

Значения асимметрии *R. rutilus* (2+) и *L. idus* (2+) старицы р. Б. Юган статистически незначимы (t_{Md} 2,7 и 2,71).

Таким образом, асимметрия у рыб, скорее всего, развивалась под действием сходных средовых факторов.

Выводы. Использование 2 методов для оценки качества среды водных экосистем с помощью рыб позволяет выявить сходные тенденции в отсутствии отличий между показателями биоразнообразия и асимметрии в разных водоемах. Незначительные различия значений индексов видового разнообразия обусловлены связью с другими водными системами, способствующими обогащению видовой структуры сообществ. В целом изученные сообщества характеризуются как выровненные, но самые оптимальные показатели характерны для менее нарушенного водоёма – старицы р. Б. Юган.

Выявленная асимметрия (особенно для *R. rutilus* и *A. brama*) указывает на присутствие лимитирующих факторов в исследуемых водоемах, но, очевидно, в небольших дозах. Отсутствие отличий асимметрии у рыб разных водоёмов определяется сходным комплексом воздействий в данных системах.

Литература

1. Ханты-Мансийский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГ БУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». – URL: http://www.ugrameteo.ru/him.php (дата обращения: 11.05.2015).
2. Some considerations about bioindicators in environmental monitoring / *R. Gadzala-Kopciuch, B. Berecka, J. Bartoszewicz* [et al.] // Polish Journal of Environmental Studies. – 2004. –Vol. 13(5). – P. 453–462.
3. *Терещенко В.Г.* Изменение видового разнообразия сообществ гидробионтов как динамический процесс // Вестник Днепропетровского университета. Сер. Биология. Экология. – 2009. – Вып. 17. – Т. 1. – С. 217–225.
4. *Захаров В.М.* Оценка состояния биоразнообразия и здоровья среды // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 50–59.
5. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.

6. *Зиновьев Е.А., Мандрица С.А.* Методы исследования пресноводных рыб: учеб. пособие – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. – 115 с.
7. Рыбы в заповедниках России: в 2 т. / *Ю. С. Решетников* [и др.]; под ред. *Ю.С. Решетникова*. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. – Т. 1. – 627 с.
8. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
9. *Лебедева Н.В., Криволуцкий Д.А.* Биологическое разнообразие и методы его оценки // География и мониторинг биоразнообразия. – М.: Изд-во науч. метод. центра, 2002. – С. 13–142.
10. *Залепухин В.В.* Теоретические аспекты биоразнообразия: учеб. пособие. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2003. – 192 с.
11. *Захаров В.М., Кларк Д.М.* Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. – М.: Моск. отд-ние Междунар. фонда «Биотест», 1993. – 68 с.
12. Здоровье среды: методика оценки / *В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов* [и др.]. – М.: Центр экол. политики России, 2000. – 68 с.
13. *Захаров В.М., Чубинишвили А.Т.* Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. – М.: Центр экол. политики России, 2001. – 78 с.
14. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2012 году / Департамент экологии Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: ООО «Печатное дело», 2013. – 178 с.
15. *Павленко А.Л.* Распределение рыб в окрестностях деревни Юган // Наука и инновации XXI / Т. II. Биология, экология, медицина, физическая культура, психология и педагогика: мат-лы I Всерос. конф. молодых учёных. – Сургут: Дефис, 2012. – С. 35–38.

УДК 582. 948.2:581.174/.176

Е.В. Бурковская, Ю.А. Хроленко

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА МЕРТЕНЗИИ ПРИМОРСКОЙ *MERTENSIA MARITIMA* (BORAGINACEAE) ИЗ РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛОКАЛЬНОСТЕЙ

В статье представлены результаты изучения характеристик фотосинтетического и устьичного аппаратов листьев растений мертензии приморской из континентальной и островной популяций. Показано, что растения имеют как общие черты строения листа, так и специфические, связанные с географической приуроченностью.

Ключевые слова: *галофиты, мертензия приморская (Mertensia maritima), Приморский край, о. Сахалин, фотосинтетический аппарат, мезоструктура, устьица.*

E.V. Burkovskaya, Yu.A. Khrolenko

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS STRUCTURE OF *MERTENSIA MARITIMA* (BORAGINACEAE) FROM DIFFERENT GEOGRAPHICAL LOCATIONS

The article presents the research results on the leaf photosynthetic and stomatal apparatus of Mertensia maritima plants from the mainland and the island populations. It is shown that plants have both common features of the leaf structure and the specific features associated with the geographical confinement.

Key worlds: *halophytes, Mertensia maritima, Primorsky region, Sakhalin Island, photosynthetic apparatus, mesostructure, stomata.*

Введение. На территории Дальнего Востока Российской Федерации огромную протяженность имеют морские побережья, на которых под влиянием муссонов сформировался уникальный прибрежно-морской флористический комплекс, интереснейшей и наиболее уязвимой частью которого является флора супралиторали [1]. Огромную роль в адаптации растений к нестабильным условиям среды играет фотосинтетический аппарат [2]. Подобные исследования проводились ранее с авторским участием для ряда видов супралиторальной флоры региона [3–6]. Однако в них рассматривались аспекты приспособленности в группах галофитов либо связанные с обитанием на разных широтах. Исследований же мезоструктуры галофитов в популяциях, удаленных друг от друга, но находящихся на одной широте, т.е. в схожих климатических условиях, на Дальнем Востоке России ранее не проводилось.

Цель работы. Изучение характеристик ассимиляционного и устьичного аппаратов листьев широко распространенного на супралиторали морских побережий Дальнего Востока вида сосудистых растений из континентальной и островной популяций.

Объектом наших исследований является мертензия приморская *Mertensia maritima* (L.) S. F. Gray. (*Pulmonaria maritima* L.*, Pneumaria maritima* (L.), *Mertensia simplicissima* (Ledeb.) G. Don fil., *M. maritima* subsp. *asiatica* Takeda*, M. asiatica* (Takeda) Macbr.) из сем Boraginaceae [7]. Мертензия приморская – циркумполярный литоральный вид, единственный представитель из рода *Mertensia* Roth, распространенный на побережьях всех океанов в северном полушарии [8], травянистый многолетник, покрытый сизым восковым налетом, с восходящими и лежачими густооблиственными стеблями и шнуровидным корневищем. Растет на песчаных берегах и галечниках морского берега. Листья до 3 см в длину, лопчато-продолговатые, мясистые, сидячие. Соцветие многоцветковое. Цветки с трубчато-воронковидным венчиком, поникающие, во время цветения меняют окраску от ярко-розовых до ярко-голубых. Плоды гладкие, вздутые орешки. Изучение сборов этого вида в гербариях страны показало, что внешний облик *Mertensia maritima* постоянен, иногда встречаются растения с белой окраской венчика [7]. Декоративна, рекомендуется для оформления в групповых посадках горных садиков [9]. Съедобна и является традиционным растительным компонентом кухни народов севера. Давно известны ее лекарственные свойства: трава использовалась в качестве отхаркивающего средства. В народной медицине отвар корней применяется при болезнях желудка; отвар цветков – как жаропонижающее, потогонное, улучшающее пищеварение, а также при злокачественных опухолях груди [10]. В настоящее время получена каллусная культура с увеличенным по сравнению с нативными растениями содержанием аллантоина, рабдозиина, розмариновой кислоты [11].

Методы исследований. Растительный материал был собран в Приморском крае на песчано-галечной супралиторали континентальной части побережья Японского моря в районе п. Светлая и на о. Сахалин на побережье зал. Терпения в устье р. Найба (разница по долготе составляет 4^0) в августе 2010 года. Расположение на одной широте (около 47^0 с.ш.) обоих местообитаний предопределяет сходные климатические условия существования популяций [12–15]. Листья были отобраны с генеративных особей, находящихся в фазе цветения.

Количественные показатели мезофилла листа определялись согласно модифицированной методике мезоструктурного анализа [2,16]. Толщина листа определялась с двадцатикратной повторностью, а линейные размеры клеток и пластид для вычисления их объемов – с пятидесятикратной. Изучение устьиц проводили методом отпечатков по Полаччи [17]. Слепки эпидермы предварительно просматривали под микроскопом Leica DMLS (Leica Microsystems, Germany), затем фотографировали под микроскопом Axioskop-40 с помощью встроенной видеокамеры AxioCam HRc (Zeiss, Germany). Исследовали два признака: длину замыкающих клеток устьиц и число устьиц на 1см^2 листа. Определение количества устьиц в эпидермисе листа известной площади и длины замыкающих клеток устьиц производили в 20-кратной повторности для каждого образца. Вычисления производились при помощи модулей Statistica версии 10.0 для Windows.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследование анатомического строения листа показало, что листья растений дорзовентральные, амфистоматные, сами устьица анамоцитного типа. Листья имеют характерный восковой налет, за счет чего они кажутся сизыми. У мертензии

ярко выражены приспособления, которые защищают ее листья от иссушающего действия соленой воды, ветра и солнца, – это восковые железки (рис.1). Эти образования расположены только с адаксиальной стороны листа и представляют собой комплексы из вытянутых эпидермальных клеток радиально сходящихся к основанию восковых камер. Эпидерма однослойная, антиклинальные стенки ее клеток с верхней стороны листа прямые или слегка извилистые, а с нижней – сильно извилистые.

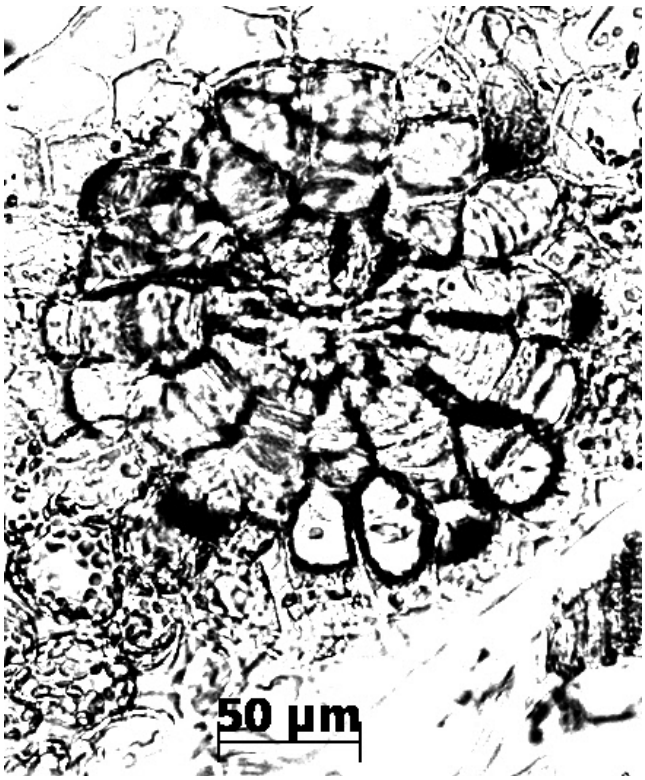


Рис.1. Восковая железка

Мезофилл листа состоит из двух слоев палисадной и 7–8 слоев губчатой паренхимы, что характерно для растений хорошо освещенных местообитаний. Толщина листа растений с о. Сахалин оказалась значительно ниже, что обусловлено двукратным уменьшением размеров клеток мезофилла (табл.).

Количественные показатели ассимиляционного аппарата листа

Параметр	Приморский край	о. Сахалин
Толщина листа, мкм	550, 46 ± 13,26	471, 34 ± 7,71
Объем палисадной клетки, тыс. мкм^3	59, 93 ± 1,4	32, 15 ± 0,86
Объем губчатой клетки, тыс. мкм^3	36,04 ± 1,03	17,83 ± 1,05
Объем хлоропласта, мкм^3	129, 63 ± 2,36	171,42 ± 2,82
Число устьиц, шт/см^2	1,5 ± 0,22	3,25 ± 0,31
Длина замыкающих клеток устьиц, мкм	29,43 ± 0,88	24,89 ± 0,5

Объем хлоропластов в этой популяции более чем в 2 раза ниже, чем в континентальной. В большинстве случаев подобная картина может быть обусловлена различием в освещенности, однако из-за расположения выборок практически на одной долготе наблюдается одинаковый приход солнечной радиации [14, 16]. Еще одной причиной может быть разный хромосомный набор у островных и материковых растений. Подобное явление было описано ранее, например для прибрежно-морского вида *Scrophularia grajana* Maxim. ex Kom. (Scrophularia ceae), у которого известны два

различных числа хромосом, соответствующие разным уровням плоидности: в популяциях с о. Итуруп и о. Монерон 2n=20, а в популяции с юга Приморского края 2n=40 [18]. Наше предположение подкрепляется и наблюдаемой у растений из разных популяций почти двукратной разницей в объемах клеток мезофилла (табл.). Подобные изменения обнаруживались ранее другими авторами при сравнении полиплоидных рядов у разноплоидных форм и сортов в пределах одного вида. Ими показано, что увеличение плоидности, как правило, ведет к закономерному росту объемов клеток, которые увеличиваются почти кратно числу хромосом, от гаплоидного до тетраплоидного (иногда гексаплоидного) уровней [19].

Зачастую в цитологии для быстрого выявления полиплоидных цитотипов используют показатели устьичного аппарата листьев (величина замыкающих клеток устьиц и число устьиц на 1 см^2 листа) [20–22]. Этот подход является методически наиболее доступным и удобным, особенно в отсутствии семенного материала. Хорошо известно, что диплоидные цитотипы в сравнении с тетраплоидными имеют большее число устьиц на единицу листовой поверхности, меньшие размеры клеток эпидермы и мезофилла [20]. В нашем случае при сравнении эпидермы оказалось, что отличие размеров замыкающих клеток устьиц у мертензии из разных географических локальностей достоверно (табл.). Кроме того, нами обнаружена отрицательная корреляция между их частотой расположения и длиной, показанная ранее для различных видов [23]. Замыкающие клетки устьиц листьев мертензии у островной популяции меньше по размерам, чем у континентальной (рис. 2). Подобное явление наблюдалось ранее среди растений *Cypripedium macranthon*, где по размерам эпидермальных клеток выделяется популяция с о. Беринга, которая произрастает у берега моря на песчаных дюнах и отличается от камчатских и приморско-приамурских популяций набором хромосом [24, 25].

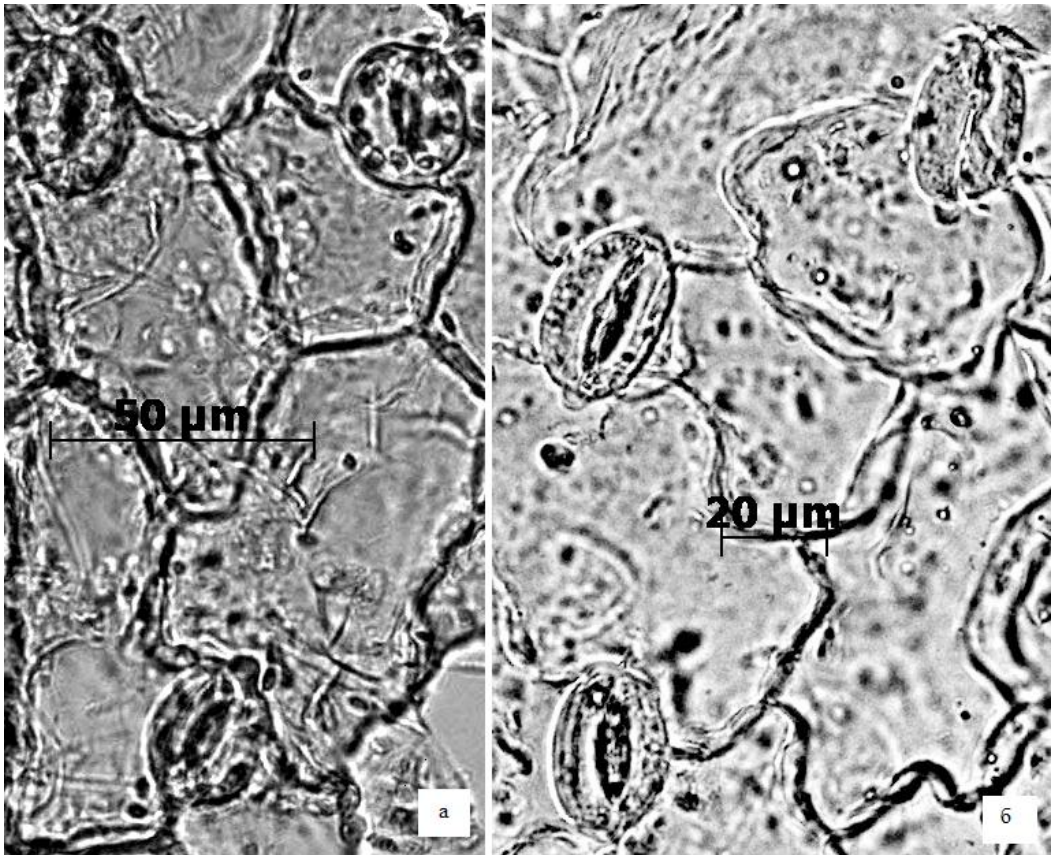


Рис. 2. Устьица с абаксиальной стороны листа у растений разных популяций: а – о. Сахалин; б – Приморский край; при одинаковых условиях съемки

Выводы. Исследование анатомической структуры листа растений из разных популяций показало как наличие общего для них строения мезофилла (дорзовенрального типа), так и определенную его специфику, связанную с географической приуроченностью. Это в совокупности с показателями устьичного аппарата дает основание предположить, что островная популяция *M. maritima* отличается набором хромосом от континентальной. Однако, чтобы это утверждать, нужны дополнительные исследования кариотипов.

Литература

1. *Пробатова Н.С., Селедец В.П.* Сосудистые растения в контактной зоне «континент-океан» // Вестник ДВО РАН . – 1999. – № 3. – С. 80–92.
2. *Горышина Т.К.* Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 203 с.
3. *Бурковская Е.В.* Мезоструктура листа сосудистых растений супралиторали Японского моря // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 2. – С. 107–112.
4. *Бурковская Е.В.* Мезоструктура фотосинтетического аппарата Mertensia maritima (L.) S.F. Gray на разных широтах Дальнего Востока России // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 10. – С. 50–53.
5. *Бурковская Е.В.* Мезоструктура фотосинтетического аппарата Senesio pseudoarnica Less. на разных широтах Дальнего Востока России // Вестник КрасГАУ. – 2011. – №. 1. – С. 104–108.
6. *Воронкова Н.М., Бурковская Е.В., Безделева Т.А.* Морфологические и биологические особенности растений в связи с их адаптацией к условиям морских побережий // Экология. – 2008. – Т. 39. – № 1. – С. 3–9.
7. Сосудистые растения советского Дальнего Востока: в 8 т. / отв. ред. *С.С. Харкевич*. – Л.: Наука, 1991. – Т. 5. – 390 с.
8. Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1953. – 750 с.
9. *Егорова Е.М.* Дикорастущие декоративные растения Сахалина и Курильских островов. – М.: Наука, 1977. – 254 с.
10. *Шретер А.И.* Лекарственная флора советского Дальнего Востока. – М.: Медицина, 1975. – 328 с.
11. *Fedoreev S.A., Inyshkina Y.V., Bulgakov V.P.* Production of allantoin, rabdosiin and rosmarinic acid in callus cultures of the seacoast plant Mertensia maritima (Boraginaceae) // Plant cell Tiss Organ Cult. – 2012. – V. 100. – P. 183–188.
12. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние: справ. по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – Вып. 34. – 62 с.
13. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние: справ. по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – Вып. 26. – 77 с.
14. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров: справ. по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – Вып.34. – 170 с.
15. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – Сер. 3. – Ч.1–6. – Вып. 26. – 416 с.
16. *Мокроносов А.Т., Борзенкова Р.А.* Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов // Тр. по прикладной ботанике, генетике селекции. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1978. – С. 5–30.
17. Практикум по физиологии растений / под ред. *И.И. Гунара*. – М.: Колос, 1972. – 168 с.
18. *Пробатова Н.С., Баркалов В.Ю., Рудыка Э.Г.* Кариология флоры Сахалина и Курильских островов. Числа хромосом, таксономические и фитогеографические комментарии. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 390 с.
19. *Мокроносов А.Т., Федосеева Г.П.* Структурно-функциональные изменения фотосинтетического аппарата при полиплоидии // Популяционно-генетические аспекты продуктивности растений / под ред. *С.И. Малецкого*. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 65–77.

20. *Паушева З.П.* Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1974. – 279 с.
21. *Бакулин В.Т.* Некоторые морфологические и анатомические особенности индуцированных тетраплоидов тополя // Нетрадиционные методы в исследованиях растительности Сибири / под ред. *А.А. Горшковой, В.П. Седельникова*. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 88–104.
22. *Oliveira V.M., Forni-Martins E.R., Magalhães P.M.* Chromosomal and morphological studies of diploid and polyploid cytotypes of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (Eupatorieae, Asteraceae) // Genetics and molecular biology. – 2004. – V. 27. – P. 215–222.
23. *Jones H.G., Farquar G.D., Cowan I.R.* Breeding for stomatal characters // Stomatal function. Stanford (CA): Stanford University Press. – 1987. – P. 431–443.
24. *Волкова С.А., Горовой П.Г., Ткаченко К.Г.* Числа хромосом представителей некоторых семейств флоры Командорских островов // Ботан. журн. – 2003. – Т. 88. – № 8. – С. 115–116.
25. *Салохин А.В., Волкова С.А., Горовой П.Г.* Стоматография листьев короткокорневищных видов *Cypripedium* (Orchidaceae) Восточной Сибири и Дальнего Востока // Turczaninowia. – 2005. – Т. 8. – № 2. – С. 69–74.

УДК 571.511+ 631.48

Л.В. Карпенко

ПОЧВЫ ПЛАТО ПУТОРАНА В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЗЕРА ЛАМА

Приведены результаты обследования горных почв плато Путорана в окрестностях озера Лама, находящихся в зоне слабого воздействия эмиссий предприятий Норильского промышленного района.

Ключевые слова: *плато Путорана, грануземы, подбуры, физико-химические свойства почв, аэротехногенные поллютанты, фоновые почвы.*

L.V. Karpenko

THE PUTORAN PLATEU SOILS IN THE LAMA LAKE VICINITY

The surveying results of the Putoran plateau mountain soils in the Lama lake vicinity that are in the zone of the emission weak impact of Norilsk industrial region enterprises are given.

Key words: *the Putoran plateau, granuzems, podburs, physical and chemical properties of soils, aerotechnogenic pollutants, background soils.*

Введение. Предприятия медно-никелевого производства, являясь источниками аэротехногенных выбросов тяжелых металлов и диоксида серы, вносят значительный дисбаланс в природные циклы массообмена регионов, на которых они расположены [1, 2]. К таким предприятиям относится и компания «Норильский никель», в которой, несмотря на модернизацию производства, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу все еще существенно превышают предельно допустимые нормы, принятые в России и в сопредельных государствах [3, 4].

Несмотря на имеющиеся публикации, посвященные почвам Среднесибирского плоскогорья [5–10 и др.], почвы плато Путорана в окрестностях оз. Лама совершенно не исследованы. Поэтому **целью** нашей работы являлось выявление специфики экологических факторов почвообразования этого района, изучение морфологии и физико-химических свойств почв, определение степени загрязнения их приоритетными поллютантами НПР – медью, никелем, кобальтом, свинцом и серой.

В данной статье приводятся результаты обследования почв западного макросклона плато Путорана на ключевом участке (к.у.) с условным названием «Лама». Он находится на расстоянии

90 км на северо-восток от г. Норильска. Эта территория считается условно фоновой, так как защищена от промышленного центра горными хребтами плато Путорана, окружающими озеро Лама. Аэротехногенные поллютанты проникают сюда по долине р. Рыбной вдоль побережий озер Мелкое и Лама и далее вверх по долинам горных рек лишь при безветренных погодных условиях и относительно короткими периодами.

Объекты и методы исследований. Ключевой участок характеризует юго-западный макросклон плато Путорана, обращенный к оз. Лама, который глубоко рассечен долинами рек, впадающих в озеро. Географические координаты исследований: 69°34` с.ш., 90°32` в.д. Участок расположен в бассейне р. Кыгам, впадающей в оз. Лама, примерно в 3 км выше ее устья.

Изучение почв к.у. «Лама» проводилось маршрутно-ключевым методом. На топоэкологическом профиле почвенные разрезы закладывались с учетом рельефа местности, почвообразующих пород и растительности. Всего было заложено 9 разрезов, в которых было сделано морфологическое описание почвенного профиля. Из них 3 – на первой надпойменной террасе р. Кыгам и 6 – на средних и верхних уровнях плато. В трех почвенных разрезах (№ 15, 19 и 24) по генетическим горизонтам были отобраны образцы почв и исследованы некоторые физико-химические свойства и степень загрязнения их элементами-поллютантами. Ниже приводим детальную характеристику местоположения этих разрезов, результаты анализов которых приводятся и обсуждаются в статье.

Разрез № 15 заложен на низкой надпойменной террасе левого берега р. Кыгам, на расстоянии 102 м от реки. Абсолютная высота над ур. м. – 98 м. Почвообразующая порода – продукты выветривания траппов (гравий, галька, мелкозем). Микрорельеф мелко-бугристо-западинный, водно-эрозионного происхождения. Он представлен промоинами, боковыми оврагами, делювиальными шлейфами. Относительные превышения составляют 0,2–0,4 м. Фитоценоз – ельник с примесью лиственницы травяно-моховый. Покрытие травяным ярусом составляет 60 %. Преобладающая высота – 0,4 м. Напочвенный покров неоднородный, нечетко оформленной структуры. Обилие растительных компонентов меняется в зависимости от мощности почвообразующего слоя. Преобладают осоково-зеленомошные и бруснично-птилидиево-лишайниковые растительные группировки.

Разрез № 19 находится на расстоянии 530 м от р. Кыгам, на восток от предыдущего. Он заложен в средней части пологого склона плато, в сырой слабовогнутой ложбине стока. Абсолютная высота над ур. м. – 126 м. Почвообразующими породами являются крупнообломочные горные породы: глыбы, щебень, хрящ, дресва. Микрорельеф бугристо-увалистый водно-эрозионного (боковые овраги, конусы выноса, делювиальные шлейфы) и литогенного (крупные > 0,2–0,3 м глыбы) происхождения. Относительное превышение – 0,2–0,5 м. Фитоценоз – редкостойный ельник травяно-зеленомошный в сочетании с елово-березовыми лишайниковыми рединами. Покрытие травяно-кустарничковым ярусом составляет 50–60 %, преобладающая высота – 0,4–0,5 м.

Разрез № 24 расположен на слабопокатом террасированном склоне юго-западной экспозиции, в 2150 м от р. Кыгам. Абсолютная высота над ур. м. – 460 м. Подстилающие породы – глыбы, щебень, хрящ. Микрорельеф образуют промоины и круглые провалы глубиной 0,3–0,4 м. Фитоценоз – лиственнично-ерниковое редколесье. Покрытие кустарниковым ярусом (*Betula nana* L., *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar., *Salix lanata* L., *S. hastata* L., *Juniperus sibirica* Burgsd.) составляет 80 %, а его высота варьирует от 0,8 до 2,5 м.

Гранулометрический состав и некоторые физико-химические показатели почв определены по стандартным методикам. Содержание валовых форм основных поллютантов НПР – меди, никеля, кобальта и свинца, а также серы – было выявлено методом атомно-абсорбционной спектрометрии в сертифицированной лаборатории Института биофизики СО РАН (г. Красноярск).

При выделении типов почв, морфологическом описании почвенных профилей и индексации горизонтов использовалась региональная классификация [7, 10]. Коэффициенты радиальной дифференциации (Крд) микроэлементов рассчитаны по [11].

Результаты исследований и их обсуждение. По данным полевого обследования к.у. «Лама» было выявлено, что на левобережной приподнятой надпойменной террасе р. Кыгам (пояс горного шлейфа) преобладают грануземы [Ov–Oms–Bos,m,h–Bos,m–BC–C], (разрез № 15), а в ложбинах стока средневысоких и высоких террас плато распространены подбуры [Ov–Oms–Bh,f–(Bh)–

Bf–BC–C], (разрезы № 19 и 24). Далее приводим морфологическое описание вышеназванных почвенных разрезов.

Почвенный разрез № 15

Ov 0–2 см.	Очес из лишайников и зеленых мхов с примесью хвои и мелких веток лиственницы, густо переплетен корнями.
Oms 2–4 см.	Сухоторфянистая подстилка, темно-бурого цвета, слабой степени разложения, обильно переплетена корнями, хорошо отделяется от нижележащего горизонта
Bos,m,h 4–12 см.	Буровато-коричневый, неоднородно окрашен, с затеками более интенсивной окраски, легкосуглинистый, мелкозернистый (гранулированный), шарообразные микроагрегаты пропитаны органо-минеральными соединениями, свежий, уплотнен, не вскипает, густо пронизан корнями, переход ясный по окраске, граница неровная.
Bos,m 12–56 см.	Неоднородно окрашен, светло-бурый, супесчаный, непрочнокомковатый, на поверхности микроагрегатов видна бурая пленка окислов, влажный, плотный, холодный, включения до 10 %, не вскипает, корней мало, переход заметный по цвету и гранулометрическому составу.
BC 56–73 см.	Буровато-палевый, супесчаный, сырой, плотный, включения гальки и дресвы до 65 %, не вскипает, не оглеен, корней нет, переход слабозаметный по цвету.
C 73–85 см.	Палевый, супесчаный, сырой, холодный, плотный, включения гальки, гравия до 70 %.

Почва: *грануземы типичные легкосуглинистые*.

Как следует из морфологического описания строения профиля гранузема типичного, почвы характеризуются наличием маломощного органогенного и сухоторфянистого горизонтов (O и Oms), легким гранулометрическим составом, высоким содержанием в разрезе скелетной фракции (щебень, дресва и др.), которая в горизонте C достигает 70 %. Иллювиально-метаморфический горизонт Bos,m,h имеет буровато-коричневую окраску и мелкозернистую (гранулированную) структуру, структурные агрегаты иллювиированы органо-минеральными соединениями, горизонт имеет плотное сложение. Нижележащий горизонт Bos,m имеет более светлую окраску, непрочнокомковатую структуру и плотнее предыдущего.

Почвенный разрез № 19

Ov 0–2 см.	Очес из стеблей зеленых мхов, корней плаунов, хвои лиственницы.
Oms 2–6 см.	Сухоторфянистая подстилка с небольшим количеством мелкозема, коричневого цвета, слаборазложившаяся, рыхлая, свежая, густо переплетена корнями.
Bh,f 6–13 см.	Неоднородно окрашен, буровато-яркоохристый, легкосуглинистый, мелкозернистый, влажный, средней плотности, включения дресвы и щебня до 10 %. Поверхность включений покрыта органо-минеральными пленками (кутанами), корней много, не вскипает, переход ясный по цвету и гранулометрическому составу.
B f 13–22 см.	Бурый, супесчаный, мелкокомковато-зернистый, влажный, холодный, плотный, включения угловатого крупнозема до 30 %, не вскипает, корней мало, граница ровная, переход постепенный.
BC 22–30 см.	Буровато-палевый, супесчаный, слабо оструктурен, плотный, сырой, включения угловатого и окатанного крупнозема до 70 %, не вскипает, корни единично, переход постепенный по цвету и гранулометрическому составу.
C 30–35 см.	Палевый, щебнистый (включения грубообломочных пород до 80%), сырой, холодный, плотный, корней нет.

Почва: *подбуры охристые легкосуглинистые*.

Почвенный разрез № 24

Ov 0–1 см.	Очес из лишайников и мхов с примесью листьев, коры и ветвей черника, влажный.

Oms 1–3 см. Сухоторфянистая подстилка темно-коричневого цвета, рыхлая, слаборазложившаяся, густо пронизана корнями. Единично включения щебня. Переход заметный по цвету.

Bh 3–8 см. Темно-бурый, легкосуглинистый, мелкозернистый, сухой, на поверхности минеральных зерен органо-минеральные красновато-коричневые пленки, средней плотности, включения хряща и щебня до 15 %, не вскипает, корней много, переход слабозаметный.

BC 8–15 см. Буровато-палевый, легкосуглинистый, мелкокомковатый, сухой, плотный, включения хряща, щебня, дресвы до 30 %, не вскипает, переход заметный по резкому увеличению в разрезе крупнообломочного материала.

C 15–20 см. Палевый, легкосуглинистый, структура неясная, влажный, очень плотный за счет включений обломков крупнозема разного размера и окатанности (до 70%), корни единично. Ниже – крупные глыбы.

Почва: *подбуры иллювиально-гумусовые легкосуглинистые.*

Как следует из морфологического описания разрезов № 19 и 24, для подбуров обоих подтипов характерно наличие очеса Ov и сухоторфянистой Oms подстилки малой мощности, отчетливая дифференциация профиля на горизонты, буровато-охристая и бурая окраска иллювиально-альфегумусовых горизонтов Bh,f и Bh, которая обусловлена аккумуляцией в них оксидов железа, алюминия и гумуса. Разрезы характеризуются высоким содержанием скелетной фракции разнообразного размера почти по всему профилю почв и значительным (до 70%) ее увеличением в нижних горизонтах, маломощностью почвенных профилей.

Гранулометрический состав грануземов и подбуров охристых (разрезы № 15 и 19) приведен в таблице 1. Из нее следует, что иллювиальный горизонт Bos,m,h грануземa типичного легкосуглинистый, нижние горизонты почвы – супесчаные. В мелкоземе преобладают фракции песка и крупной пыли, в сумме составляющие 78,9–94,5%. Распределение илистой фракции (<0,001) указывает на некоторое ее накопление в горизонте Bos,m,h, далее вниз по профилю ее величина существенно не меняется.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв ключевого участка «Лама»

Номер разреза	Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций, %							Гранулометрический состав
			1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,01 мм	0,01–0,005 мм	0,005–0,001 мм	<0,001 мм	<0,01 мм	
Надпойменная терраса р. Кыгам. Грануземы типичные хрящевато-легкосуглинистые										
15	Bm,h	4–12	7,4	38,4	33,1	6,3	7,2	7,6	21,1	Суглинок легкий
	Bm	12–56	11,9	41,3	31,6	4,0	5,7	5,5	15,2	Супесь
	BC	56–73	27,8	36,6	20,8	4,6	4,8	5,4	14,8	"
	C	73–85	31,4	31,4	21,6	3,9	6,0	5,7	15,6	"
Средняя часть склона плато. Подбуры охристые хрящевато-легкосуглинистые										
19	Bh,f	6–13	9,4	30,7	33,3	5,9	10,7	10,0	26,6	Суглинок легкий
	Bh	13–22	22,5	32,7	27,5	4,2	9,0	4,1	17,3	Супесь
	BC	22–30	21,6	34,6	25,3	6,0	7,7	4,8	18,5	"

Гранулометрический состав подбуров охристых варьирует от легкосуглинистого до супесчаного. Характер распределения отдельных фракций свидетельствует, что в составе мелкозема преобладают фракции среднего и мелкого песка, а также крупной пыли, в сумме составляющих 73,4–85,7 %, что характерно для горных почв. В иллювиальном горизонте Bh,f отмечается высокое содержание фракции ила, а в нижележащих горизонтах эта величина ниже более чем в 2 раза. Как отмечалось ранее, во всех минеральных горизонтах исследованных почв присутствует скелетная фракция, достигающая в нижних горизонтах 70–80 %.

Рассмотрим далее некоторые физико-химические свойства почв (табл. 2). Грануземы типичные к.у. «Лама» характеризуются средним содержанием органического вещества в органоген-

ных горизонтах. Об этом свидетельствует величина потери при прокаливании, составляющая 55,9–37,6 %. Иллювиально-метаморфический горизонт Bos,m,h характеризуется высоким содержанием гумуса (8,0%), вероятно, за счет иллювиирования органики из верхних горизонтов. Ниже – в горизонтах Bm, BC и C – содержание гумуса заметно падает. Почвенные горизонты Ov и Oms обладают сильнокислой и кислой реакцией среды: pHвод. 4,0–4,1, pHсол. 3,7–3,8, для них же характерна высокая гидролитическая кислотность и низкая степень насыщенности основаниями, которая варьирует от 52,8 до 57,7 %. Такая ненасыщенность связана с тем, что почвенно-поглощающий комплекс (ППК) этих горизонтов содержит максимальную в разрезе величину поглощенного водорода и незначительное количество оснований. В горизонтах Bos,m,h и Bm кислотность среды заметно уменьшается по сравнению с органогенными горизонтами и колеблется в пределах: pH вод. – 4,8–5,3, pHсол. – 3,9–4,8, а степень насыщенности основаниями возрастает. В горизонте BC реакция среды приближается к нейтральной, а степень насыщенности основаниями заметно увеличивается и достигает 90,6–92,5 %. Среди поглощенных оснований в грануземах преобладает кальций. В минеральных горизонтах Bm,h и Bm наблюдается его наименьшая концентрация, а далее, вниз по профилю содержание кальция увеличивается. Распределение поглощенного магния слабо дифференцировано по профилю. Обменная кислотность грануземов в основном обусловлена алюминием, а не водородом, содержание которого в почвах имеет малую величину – 0,03–0,02 мг·экв/100 г.

Подбуры характеризуются следующими физико-химическими свойствами. Подбуры охристые имеют довольно высокое содержание органического вещества в органогенных горизонтах, о чем свидетельствуют величины потери при прокаливании – 74,5–48,9 %. Подбуры иллювиально-гумусовые содержат значительно меньше органического вещества – 52,8–20,6 %. Гумус в этих горизонтах почв накапливается в составе неразложившихся и слаборазложившихся растительных остатков и проникает довольно глубоко вниз по профилю (см. табл. 2). Так, в минеральных горизонтах Bh,f и Bh подбуров охристых содержание гумуса – 7,8–6,3 %; в горизонте Bh подбуров иллювиально-гумусовых – 5,8 %. По данным [10], гумус в подбурах мигрирует вниз по профилю совместно с железом и алюминием, что выражено в морфологии почв (органо-минеральные пленки на поверхности включений, ярко-охристая или бурая окраска этих горизонтов). Подбуры обоих подтипов к.у. «Лама» в органогенно-аккумулятивных горизонтах имеют кислую реакцию среды: pHвод. – 4,1–5,0; pHсол. – 3,2–4,4, что связано, по-видимому, с химическим составом растительного опада, образованного зелеными мхами и лишайниками. Вниз по профилю почв величина pH немного увеличивается: pHвод. – 4,5–5,9; pHсол. – 4,0–4,8.

Максимальное содержание кальция и магния в подбурах обоих подтипов отмечается в горизонтах Ov и Oms: от 11,8 до 17,4 % – кальция и от 2,8 до 6,3 % – магния. Их накопление в этих горизонтах, вероятно, связано с активной биологической аккумуляцией и относительно слабым выщелачиванием из органических остатков. В подбурах охристых вниз по профилю отмечается заметное падение этих элементов, а в подбурах иллювиально-гумусовых их содержание и распределение по профилю меняются мало. Минимальная величина степени насыщенности основаниями (52,8–57,5%) и максимальная – гидролитической кислотности (35,6–22,8 мг·экв/100 г) у подбуров обоих подтипов отмечаются в органогенном горизонте Ov, что связано с высоким содержанием в нем обменного водорода – 17,2–13,4 %. В минеральных горизонтах почв величина гидролитической кислотности резко падает, а степень насыщенности основаниями постепенно увеличивается и к материнской породе достигает 77,6–92,3 %. Обменная кислотность подбуров, так же как и грануземов, обусловлена в значительной степени ионами Al^{3+}.

Таблица 2

Некоторые физико-химические показатели почв ключевого участка «Лама»

Горизонт	Глубина отбора образца, см	pH		Гумус, %	Гидролитическая кислотность	Обменные катионы				Обменные катионы, по Соколову			Степень насыщенности, %	Железо, по Тамму, %
		вод.	сол.			Ca^{2+}	Mg^{2+}	H^{+}	Сумма	H^{+}	Al^{3+}	Сумма		
					мг·экв на 100 г почвы									
Разрез № 15. Грануземы типичные хрящевато-легкосуглинистые														
Ov	0–2	4,1	3,8	55,9*	28,4	15,7	2,9	13,2	31,8	0,03	1,2	1,23	53	Не опр.
Oms	2–4	4,0	3,7	37,6*	19,2	11,6	3,4	11,2	26,2	0,02	1,3	1,32	58	-“-
Bm,h	4–12	4,8	3,9	8,0	13,6	10,2	4,1	2,8	17,1	0,03	1,2	1,23	56	2,8
Bm	12–30	5,0	4,6	5,5	10,2	12,8	3,4	1,8	18,0	0,03	0,5	0,53	64	2,0
Bm	30–56	5,3	4,8	4,1	5,7	14,8	3,3	2,4	20,5	0,02	0,9	0,92	78	1,5
BC	56–73	6,2	5,5	3,1	2,3	18,1	3,0	1,1	22,2	0,02	0,8	0,82	91	1,6
C	73–85	6,8	5,8	1,8	1,8	19,1	2,9	0,1	22,1	0,03	0,7	0,73	92	Не опр.
Разрез № 19. Подбуры охристые хрящевато-легкосуглинистые														
Ov	0–2	4,5	3,2	74,5*	35,6	16,4	6,3	17,2	39,9	***Не опр.***			53	Не опр.
Oms	2–6	4,7	3,6	48,9*	24,1	11,8	4,9	15,8	32,5	нет	2,4	2,4	57	2,4
Bh,f	6–13	5,1	4,1	7,8	13,2	6,2	4,0	5,6	15,8	нет	2,8	2,8	54	2,8
Bh	13–22	5,3	4,6	6,3	6,3	7,3	3,6	2,2	13,1	нет	1,6	1,6	67	1,6
BC	22–30	5,9	4,8	2,1	3,0	6,6	3,0	0,8	10,4	нет	1,8	1,8	78	1,8
Разрез № 24. Подбуры иллювиально-гумусовые хрящевато-легкосуглинистые														
Ov	0–1	4,1	3,7	52,8*	22,8	14,0	3,5	13,4	30,9	0,03	1,2	1,23	57	Не опр.
Oms	1–3	5,0	4,4	20,6*	17,1	17,4	2,8	12,3	32,5	нет	0,4	0,45	65	-“-
Bh	3–8	4,5	3,8	5,8	8,7	16,5	3,8	2,2	22,5	0,02	0,4	0,42	72	-“-
BC	8–15	4,9	4,0	3,2	3,2	14,2	3,2	1,9	19,3	0,02	0,4	0,42	72	-“-
C	15–20	5,2	4,6	0,5	1,5	12,8	3,4	1,8	18,0	0,03	0,2	0,23	92	-“-

*Потеря при прокаливании.

Внутрипочвенное распределение аморфных соединений железа (по Тамму) показывает наибольшее накопление их в горизонтах Bos,m,h грануземов и Bh,f подбуров охристых, что связано, вероятно, с почвенным выветриванием [8].

Оценка степени загрязнения почв медью, никелем, кобальтом, свинцом и серой. Общее (валовое) содержание химических элементов является важным показателем и служит для получения первичной оценки экологического состояния почв. Рассмотрим далее количественные уровни концентрации валовых форм Cu, Ni, Co, Pb и S в почвах к.у. «Лама» и их внутрипрофильную миграцию (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты радиальной дифференциации (числитель) и концентрации микроэлементов в почвах к. у. Лама (знаменатель)

Горизонт	Глубина, см	Cu	Ni	Co	Pb	S
Грануземы типичные легкосуглинистые						
Ov	0-2	0,61 / 53,4	1,16 / 64,5	0,27 / 6,2	10,83 / 6,5	3,34 / 1270
Oms	2 -4	0,93 / 81,2	1,26 / 69,7	0,34 / 7,7	23,66 / 14,2	4,52 / 1720
Bos,m,h	4-12	0,65 / 57,4	0,70 / 39,1	0,74 / 16,6	50,55 / 30,2	1,00 / 380
Bm	15-56	0,86 / 75,4	0,88 / 48,9	1,06 / 23,9	2,50 / 1,5	0,50 / 190
BC	56-73	1,00 / 87,2	1,00 / 55,3	1,00 / 22,4	1,00 / 0,6	1,00 / 380
Подбуры охристые легкосуглинистые						
Ov	0-2	0,74 / 69,1	0,80 / 48,9	0,17 / 4,4	16,00 / 9,6	1,25 / 1260
Om,s	2-6	1,35 / 125,8	1,43 / 86,9	0,59 / 14,8	38,16 / 22,9	1,33 / 1340
Bh,f	6-13	0,97 / 90,5	0,91 / 55,4	1,05 / 26,3	3,50 / 2.1	0,57 / 573
Bf	13-22	0,92 / 86,0	0,99 / 59,9	1,07 / 26,8	1,16 / 0,7	1,51 / 1521
BC	22-30	1,00 / 92,9	1,00 / 60,4	1,00 / 25,0	1,00 / 0,6	1,00 / 1004
Подбуры иллювиально-гумусовые легкосуглинистые						
Ov	0-1	0,94 / 75,7	0,95 / 56,0	0,18 / 4,4	6,31 / 12,0	2,25 / 1972
Om,s	1-3	0,95 / 76,7	0,95 / 55,5	0,91 / 22,3	1,95 / 3,7	1,64 / 1265
Bh	3-8	0,98 / 79,0	1,09 / 64,2	1,06 / 26,1	1,00 / 1,9	0,98 / 757
BC	8-15	0,98 / 78,9	1,09 / 63,6	1,12 / 27,5	1,42 / 2,7	2,00 / 1536
C	15-20	1,00 / 79,9	1,00 / 58,5	1,00 / 24,5	1,00 / 1,9	1,00 / 768

Варьирование концентраций микроэлементов в почвенных горизонтах следующее. Так, по Cu она колеблется от 54,4 до 125,8 мг/кг; по Ni – от 39,1 до 86,9; по Co – от 4,4 до 26,8; по Pb – от 0,6 до 30,2; по S – от 380 до 1972 мг/кг. Степень накопления микроэлементов в почве характеризует коэффициент радиальной дифференциации (Крд), который рассчитывается путем сопоставления концентраций элементов в почвообразующей породе (концентрация элемента принята за единицу) и в генетических горизонтах почв. Как следует из таблицы 3, органогенно-аккумулятивные горизонты грануземов типичных характеризуются слабой аккумуляцией Ni (Крд. – 1,16–1,26), довольно высокой S (Крд – 3,34–4,52) и очень высокой Pb (Крд – 10,83–23,66). Эти же горизонты обеднены Cu и Co (Крд > 1). Минеральные горизонты грануземов обеднены всеми исследуемыми элементами, за исключением Pb: его аккумуляция в горизонте Bos,m,h превышает содержание элемента в породе более чем в 50 раз.

Для подбуров обоих подтипов характерна обедненность горизонта Ov всеми элементами, за исключением Pb (Крд= 6,31–16,00) и S (Крд = 1,25–2,25). В сухоторфянистом горизонте Om,s подбуров охристых отмечается слабая аккумуляция Cu (Крд=1,35), Ni (Крд=1,43) и S (Крд=1,33) и очень сильная – Pb (Крд=38,16). В этом же горизонте подбуров иллювиально-гумусовых Крд по Cu, Ni и Co меньше единицы, а содержание Pb почти в 2 раза больше, чем в материнской породе. В минеральных горизонтах подбуров, кроме горизонта Bh,f, концентрация всех исследуемых элементов близка к их значениям в материнской породе. Анализ закономерностей аккумуляции и распределения в исследованных почвах тяжелых металлов и серы, а также хорошее жизненное состояние древесного, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов растительности района исследований дают основание отнести их к фоновым почвам.

Выводы

1. Доминирующими почвами района исследований являются грануземы, залегающие на надпойменной террасе р. Кыгам, и подбуры, распространенные в ложбинах стока средневысоких и высоких террас плато. Почвообразующими породами являются крупнообломочные горные породы: глыбы, щебень, хрящ, дресва. Почвы формируются под елово-лиственничными и лиственничными редкостойными лесами.

2. Грануземы имеют буровато-коричневый почвенный профиль, легкий гранулометрический состав, высокое содержание в профиле скелетной фракции. Подстилочные горизонты Ov и Oms характеризуются высоким содержанием органического вещества, сильнокислой реакцией среды, ненасыщенностью основаниями. Для горизонта Bos,m,h характерна гранулированная (мелкозернистая) структура, высокое содержание гумуса, снижение кислотности и увеличение степени насыщенности основаниями. Среди поглощенных оснований в грануземах преобладает кальций.

3. Подбуры охристые и иллювиально-гумусовые имеют ярко-охристую и бурую окраску почвенного профиля, легкий гранулометрический состав, характеризуются аккумулятивным распределением органического вещества, кислой реакцией среды и уменьшением ее вниз по профилю, ненасыщенностью основаниями. Для иллювиальных горизонтов Bh,f и Bh характерно высокое накопление альфегумусовых соединений и довольно резкое убывание гумуса вниз по профилю.

4. Коэффициенты радиальной дифференциации свидетельствуют, что в органогенных горизонтах исследованных почв отмечается слабая аккумуляция меди, никеля и довольно сильная – свинца. Аккумуляция тяжелых металлов и серы в минеральных горизонтах, за исключением горизонтов Bos,m,h гранузема и Bh,f подбура охристого, мало отличается от их содержания в материнской породе, что позволяет отнести почвы в окрестностях озера «Лама» к фоновым.

Литература

1. Определение пределов устойчивости геосистем на примере окрестностей Мончегорского металлургического комбината / *А.Д. Арманд, В.В. Кайданова, Г.В. Кушнарева* [и др.] // Известия Акад. наук. Сер. геогр. – 1991. – № 1. – С. 93–104.
2. Кислотные дожди / *Ю.А. Израэль, И.М. Назаров, А.Я. Прессман* [и др.] – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 269 с.
3. Air pollution in the border areas Of Norway and Russia / *B. Siversten, T. Makarova, L.O. Hagen* [et al.] // NILU OR. – 1992. – 8/92. – 14 p.
4. URL: http://www.fil_nikel-report-bellona-2010.ru.
5. *Таргульян В.О.* Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. – М.: Наука, 1971. – 268 с.
6. *Соколов И.А., Тонконогов В.Д.* О почвах плато Путорана // Путоранская озерная провинция. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 115–121.
7. *Ершов Ю.И.* Почвенно-географическое районирование Красноярского края // География и природные ресурсы. – 1978. – № 2. – С. 110–118.
8. *Ершов Ю.И.* Мезоморфное почвообразование в таежно-мерзлотном семигумидном секторе Средней Сибири // Почвоведение. – 1994. – № 10. – С. 10–18.
9. *Ершов Ю.И.* Географо-генетическая систематизация и характеристика почв Субарктики Средней Сибири //География и природные ресурсы. – 1994. – № 1. – С. 117–124.
10. *Ершов Ю.И.* Почвы Среднесибирского плоскогорья. – Красноярск, 2004. – 86 с.
11. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. – М.: Астрея- 2000, 1999. – 768 с.

УДК 631.445.4:504 (571.13)

Ю.А. Бауэр, Я.Р. Рейнгард, Т.А. Ивлева

ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЮГА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлены расчеты запасов токсичных солей в лугово-черноземных почвах южных районов Омской области (Омский, Нововаршавский, Шербакульский, Русско-Полянский). Сделаны выводы о влиянии антропогенных факторов на засоление лугово-черноземных почв юга Омской области.

Ключевые слова: *суммарный эффект, токсичные соли, гидроморфизм, генетический горизонт, грунтовые воды.*

Yu.A. Bauer, Ya.R. Reingard, T.A. Ivleva

CHERNOZEM SOIL EVOLUTION IN MODERN ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE OMSK REGION SOUTH

The paper presents the calculations of the toxic salt stocks in the meadow-chernozem soils of the southern districts of the Omsk region (Omsk, Novovarshavsky, Sherbakulsky, Russian-Polyansky). The conclusions about the anthropogenic factor influence on the salinity of the meadow-chernozem soils of the Omsk region south are made.

Key words*: total effect, toxic salts, hydro-morphism, genetic horizon, groundwater.*

Введение. Россия занимает первое место в мире по количеству черноземных почв, включающих черноземы и лугово-черноземные типы. Они являются основными высокопродуктивными почвами и в Западной Сибири, на них в основном базируется земледелие. Поэтому правильный подход к их изучению, учет количества и качества этих почв, разработка рекомендаций по рациональному использованию и охране должны лежать в основе развития сельскохозяйственного производства XXI в.

На протяжении более чем вековой истории исследователи черноземных почв связывали их формирование с гидроморфностью территории, в частности большая роль отводилась уровню грунтовых вод в создании гидроморфного профиля почвы, но этот вопрос не решен и до настоящего времени [1]. Уровень грунтовых вод и их изменение, а также важнейшее практическое значение при разделении типов автоморфных черноземов и полугидроморфных лугово-черноземных почв заставляют исследователей вести постоянный мониторинг динамики уровня грунтовых вод не только в пространстве, но и во времени.

Цель исследований. Изучить условия формирования, строения профиля лугово-черноземных почв, наличие зон аккумуляции солей и установить причины современной их эволюции и роста площадей этого типа на юге Омской области.

Объекты и методы исследований. На первом этапе картографирования почв в Омской области был стихийно распространен метод мелкого исследования почвенного профиля (до 1–1,5 м), в связи с чем допускались ошибки в выделении автоморфных и полугидроморфных почв. При отсутствии четкого классификационного разделения черноземных почв по уровню грунтовых вод крупнейший почвовед К.П. Горшенин [3] выступал против выделения лугово-черноземных почв как самостоятельного типа из-за быстро меняющегося в Западной Сибири уровня грунтовых вод. В настоящее время установлено [1], что сезонное их колебание от весны к осени находится еще в более широком интервале (1–4 м от поверхности), который варьирует по годам в пределах 1,5–3 м. Поэтому К.П. Горшенин [3] включал лугово-чернозёмные почвы в тип луговых почв.

Н.И. Богданов изучал эти почвы более 20 лет и доказал, что лугово-черноземные почвы представляют самостоятельный генетический тип, широко распространенный в Западной Сибири, имеющий свои провинциальные особенности [1].

Еще в 1882 г., подводя итоги обследования почв Западной Сибири, В.В. Докучаев писал, что черноземами в Западной Сибири названы и нечерноземные почвы и пространственно они прерываются солонцами, солончаками, болотными и озерными отложениями [4].

Результаты исследований. Массовое выделение типа лугово-черноземных почв в Западной Сибири началось в 1940 г. в Новосибирской области, а с 1968 г. в Омской, где в настоящее время общая их площадь на картографических материалах составляет 1620 тыс. га.

Постоянные наблюдения за уровнем грунтовых вод, которые проводятся в области А.И. Кузьминым [5], показывают, что уровень этих вод здесь непостоянен, наибольший их подъем отмечается под населенными пунктами, где образуются купола грунтовых вод, доходящие до 0,5–1,8 м от поверхности земли. Причем купола распространяются на окружающую территорию на площади 0,4–1,2 км, растекаясь и вызывая подъем грунтовых вод. Аналогичные явления подъема грунтовых вод отмечаются в Любинском, Омском, Таврическом, Одесском, Русско-Полянском и других районах области и свидетельствуют о значительном росте площадей полугидроморфных почв. В результате такого антропогенного гидроморфизма автоморфные черноземы эволюционируют в полугидроморфные лугово-черноземные почвы [6,10]. Поскольку породы и грунтовые воды, как правило, засолены (табл.), то происходит эволюция черноземов в направлении гидроморфизации и засоления профиля образующейся лугово-черноземной почвы, наиболее часто сульфатно-хлоридного или хлоридно-сульфатного типа [6, 7].

«Суммарный эффект» токсичных солей в лугово-черноземных солончаковатых маломощных, малогумусных, тяжелосуглинистых почвах юга Омской области (в мг-экв Cl^- /100 г почвы)

Глубина образца, см	Районы Омской области							
	Омский		Нововаршавский		Шербакульский		Русско-Полянский	
	Ген. гор.	$C_э$	Ген. гор.	$C_э$	Ген. гор.	$C_э$	Ген. гор.	$C_э$
0-10	$A_{пах}$	0,15	$A_{пах}$	0,19	$A_{пах}$	0,25	$A_{пах}$	0,24
10-20		0,30		0,20		0,21		0,25
20-30	AB	0,20	AB	0,24	AB	0,19	B_1	0,25
30-40		0,19	B_1	0,26	B_1	0,18		0,27
40-50	B_1	0,11		0,39		0,41	B_2	0,35
50-60		0,12	$B_{2Gк}$	0,72	B_2	0,37		0,46
60-70	B_2	0,16		0,84		0,75		0,67
70-80		0,40	$B_{3Gк}$	0,57		0,76	$C_{к1Gg}$	1,01
80-90	B_3	0,78		0,97	B_3	1,36		1,69
90-100		0,96	$C_{кGg}$	1,43	$C_{кGg}$	2,12	$C_{к2Gg}$	2,24
100-120	$C_{кGg}$	2,20		2,43		2,90	G	3,04
120-140		2,32		2,56		2,46		3,51
140-160	G	3,92		2,60	G	3,26		3,58
160-180		3,84	G	3,25		3,23		3,51
180-200		3,12		3,79		3,54		3,69

Примечания: ген. гор. – генетический горизонт; $C_э$ – «суммарный эффект» токсичных солей (в мг-экв Cl^- /100 г почв); $A_{пах}$ – пахотный; $C_{кGg}$ – карбонатный гипсовый глеевый; G – третичные породы.

Расчет токсичных солей, проведенный нами (табл.), показал, что профиль исследуемых почв имеет однонаправленную закономерность: содержание токсичных солей постепенно увеличивается от верхней части профиля к нижней с продвижением от Омского района к Русско-Полянскому, причем в верхних горизонтах Омского и Нововаршавского районов содержание токсичных солей на треть меньше, чем в Шербакульском и Русско-Полянском. Резко увеличивается засоление в лугово-черноземных почвах – до 1,36–2,20 мг-экв/100 г почвы – начиная с горизонтов B_3, при этом максимальное приближение к поверхности «суммарного эффекта» токсичных солей отмечается в Русско-Полянском районе, где повышенный «суммарный эффект» начинается с 60 см, то есть с горизонта B_2. Максимальное содержание токсичных солей наблюдается в Русско-Полянском районе уже на глубине 70–80 см.

Поскольку хлор – особо токсичный элемент (после соды), то он определяет качество поливной воды, условия роста и развития растений, хорошо растворим и не связывается почвой, он может использоваться как экспресс-метод для определения процессов засоления – рассоления [5]. При этом мы не учитывали количество солей, приносимых с атмосферными осадками, но разделяем выводы А.А. Сенькова о их большой роли в засолении почв [9].

Выводы. В настоящее время динамика грунтовых вод затрудняет разработку конкретных рекомендаций в современных хозяйственно-экономических условиях.

В последние 20 лет многие исследователи отмечают подъем грунтовых вод, связанный с хозяйственной деятельностью аграрного сектора. Так, 18-летний опыт орошаемого земледелия показал, что за период орошения грунтовые воды с 4,0–5,5 м поднялись до 2,5–3,0 м [2]. На Ново-Омской оросительной системе грунтовые воды через 20 лет орошения достигли критической отметки, и черноземные почвы эволюционировали в лугово-черноземные и черноземно-луговые, а ло-

кально даже в луговые. Нами установлено, что длительное воздействие засоленных грунтовых вод вызывает ухудшение свойств почвы, и прежде всего в них подщелачивается pH, в составе почвенно-поглощающего комплекса увеличивается доля магния и натрия, ухудшается структурное состояние пахотного слоя.

При длительном орошении возникает вторичное засоление почв, увеличивается общая сумма токсичных ионов, особенно хлора. При этом средне-глубокосолончаковатые разности лугово-черноземных почв эволюционируют в высокосолончаковатые и даже в солончаковые, в которых соли концентрируются в слое до глубины 30 см.

Длительное время освоение почв юга Западной Сибири, в том числе и Омской области, и природопользование в целом осуществлялись без достаточной проработки экологических аспектов, а нередко их просто игнорировали. В итоге произошло нарушение естественной природной обстановки. Активное вмешательство человека в природную среду способствовало ухудшению условий развития природных экосистем. Природные системы лесостепной зоны Омской области на 65–70 % изменены хозяйственной деятельностью человека за короткий период (50–60 лет), а степной на 70–90 %. При этом главный тип использования земель – агроценозы зерновых и пропашных культур, которые слабо восстанавливают плодородие. Они были созданы на месте луговых, остепненных и настоящих степей.

Особый вред экосистемам нанесло крупномасштабное освоение целинных земель, повлекшее за собой развитие дефляционных и эрозионных процессов, что привело к эволюции среднемощных черноземных почв в маломощные, а маломощных в почвы укороченной мощности. В связи с распашкой почвенного покрова практически во всех районах Омской области (особенно в Русско-Полянском, Нововаршавском, Черлакском) до 80–90 % прекратился рост естественного плодородия почв пашни, что вызвало уменьшение запасов гумуса, его процентного содержания, образование резервного гумуса и определило эволюцию среднегумусных видов в малогумусные [8].

Подводя итог вышеизложенному, следует отметить, что современная эволюция почв сильно зависит от воздействия антропогенных факторов, ослабление или усиление которых оставляет глубокий след как в строении профиля, так и в их свойствах. Поэтому современные экологические проблемы почвенного покрова юга Западной Сибири должны рассматриваться своевременно и на региональном уровне [7].

Восстановление автоморфного состояния черноземных почв, эволюционировавших в тип лугово-черноземных, практически невозможно из-за наличия подстилающих и почвообразующих пород тяжелого гранулометрического состава, часто средне- и сильнозасоленных, имеющих плохие фильтрационные свойства. Такие массивы вторично образованных лугово-черноземных почв невозможно промыть от солей и удалить промывные воды с территории. Они должны исключаться из орошаемых земель и подвергаться залужению многолетними травами в севооборотах [2].

Поскольку есть опасность глобального изменения климата, то есть и необходимость разрабатывать новые системы земледелия, учитывая современную эволюцию почв.

В настоящее время нельзя не учитывать усиление климатического гидроморфизма, обусловленного потеплением климата, таянием льдов, подтоплением низинных степных, лесостепных и таежных территорий.

Литература

1. *Богданов Н.И.* Черноземные и лугово-черноземные почвы Западно-Сибирской провинции: дис. … д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1976. – 286 с.
2. *Бойко В.С.* Влияние приемов интенсификации на плодородие орошаемых черноземных почв // Мат-лы Междунар. конф. по экологии (27–28 мая 1997, г. Омск). – Омск, 1997. – 150 с.
3. *Горшенин К.П.* Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 592 с.
4. *Докучаев В.В.* Русский чернозем // Избр. соч. гос. изд-ва с.-х. лит. – М., 1954. – 708 с.

5. *Кузьмин А.И.* Экологические аспекты подтопления населенных мест // Роль России и Сибири в развитии экологии на пороге XXI века: мат-лы Междунар. конф. по экологии (27–28 мая 1997, г. Омск). – Омск, 1997. – 159 с.
6. *Мищенко Л.Н., Рейнгард Я.Р.* Антропогенная трансформация почв Омского района // Стратегические направления регионального развития Российской Федерации: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Омск: ИА «Курьер», 1999. – С.140–142.
7. *Рейнгард Я.Р.* Деградация почв экосистем юга Западной Сибири. – Лодзь, 2009. – 636 с.
8. *Рейнгард Я.Р.* Изменение экологии почвенного покрова территории Омской области // Состояние окружающей природной среды Омской области в 1999 г. – Омск: Гос. комитет по охране окружающей среды Омской области, 2000-а. – С. 121–123.
9. *Сеньков А.А.* Галогенез степных почв. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 152 с.
10. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической обстановки и зон экологического бедствия. – М.: Мин-во охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 1992. – 50 с.

УДК 551.8; 551.79; 631.42

О.В. Турыгина, Г.А. Демиденко

ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ЕНИСЕЙ В ГОЛОЦЕНОВОЕ ВРЕМЯ (НА ПРИМЕРЕ о.ТАТЫШЕВА)

В статье представлены материалы исследования эволюции палеопочв среднего течения р.Енисей в голоценовое время на примере Татышевского педокомплекса.

Ключевые слова: *эволюция, голоцен, Татышевский педокомплекс, палеопочвы, палеопедологический метод исследования, включения.*

O.V. Turygina, G.A. Demidenko

THE SOIL EVOLUTION IN THE YENISEI RIVER MIDDLE REACHES IN THE HOLOCENE (ON THE EXAMPLE OF TATYSHEV ISLAND)

The research results of the paleo-soil evolution of the Yenisei river middle reaches in the Holocene on the example of the Tatyshev pedocomplex are presented in the article.

Key words*: evolution, Holocene, Tatyshev pedocomplex, paleo-soils, paleo-pedological research method, inclusions.*

Введение. В голоцене – современном межледниковье – происходили природные процессы, оказавшие наибольшее влияние на современную природную обстановку [1, 3–8, 10].

Экологический мониторинг позволяет наблюдать за эволюцией пойменных экосистем в голоценовое время. Пойменные экосистемы долины реки Енисей, эволюционирующие в голоцене, содержат комплекс информации о природной среде и служат основой модели для межледниковья. Реконструкция эволюции палеоэкосистем в голоцене соответствует глобальному изменению климата в Приенисейской Сибири.

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 достаточно достоверно реконструировать природную (биоклиматическую и почвообразование) обстановку [2, 3–8, 10].

Район исследования – о. Татышев – осадочного происхождения, расположен в долине среднего течения р. Енисей в черте г.Красноярска.

Образование погребенных гумусовых горизонтов поймы обусловлено блужданием русла Енисея в условиях сформировавшихся островов.

При описании геологии и геоморфологии Енисейской долины С.М. Цейтлин (1979) указывает, что выраженность пойм зависит от террасовидности различных участков. Зато в пределах русла имеются обширные пойменные острова (высотой до 4–5 м) [12].

Остров Татышев имеет осадочное происхождение, и его формирование связано с пойменными и аллювиальными процессами, которые не следует смешивать.

Цель исследования. Исследование эволюции почв среднего течения р.Енисей в голоценовое время на примере Татышевского педокомплекса.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являются палеопочвы Татышевского педокомплекса, расположенного в пойменных отложениях о.Татышева. Почва – ключевой компонент наземной экосистемы, так как многие процессы, имеющее решающее значение, происходят в почве. Широко известен афоризм В. В.Докучаева: «Почва – зеркало ландшафта». Палеопочвы являются реперами в состоянии экосистемы

Основной метод исследования – палеопедологический, являющийся составной частью экологического мониторинга. В основу дедуктивного анализа положен известный докучаевский принцип соответствия почвенных процессов и признаков почвообразования с почвообразующими факторами природной среды. Из большого набора аналитических данных остановимся на наиболее перспективных материалах для определения генезиса голоценовых палеопочв [2, 5] – морфологическом и микромофологическом описании генетических горизонтов палеопочв. Аналитическими методами был исследован гранулометрический состав палеопочв, процентное содержание карбонатов, содержание железа и алюминия (по Тамму), анализ органического вещества голоценовых погребенных почв и др.

Результаты исследования. В современном потеплении – голоцене – биоклиматическая обстановка представлена рядом периодов: предбореальным, бореальным, атлантическим, суббореальным и субатлантическим [9, 11].

Татышевский педокомплекс (геологический разрез 4) представлен восмью погребенными почвами разной степени сохранности. Их гранулометрический состав и аналитическая характеристика представлены в таблицах 1, 2.

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, заметно меньшим, чем в вышележащей толще, содержанием $CaCO_3$.

Таблица 1

Гранулометрический состав Татышевского педокомплекса (геологический разрез 4)

Глубина образца, см	Потеря при обработке HCL	Размер частиц, мм; содержание фракций, %						
		1-0,250	0,25-0,05 0	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-10	3,8	6,0	80,8	7,8	1,5	1,0	3,7	6,2
10-15	3,6	4,0	80,6	6,2	1,4	0,6	3,4	5,4
15-25	3,9	7,5	77,5	5,6	2,2	0,8	6,4	9,4
25-36	4,5	5,7	81,5	3,4	0,4	1,6	2,8	4,8
36-40	4,5	6,4	77,5	5,3	1,6	2,2	7,0	10,8
40-44	5,9	7,3	78,6	1,0	1,0	1,8	4,6	7,4

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
44-54	5,6	6,1	73,9	7,5	3,8	3,1	5,6	12,5
54-65	3,3	7,5	80,7	4,2	1,8	0,4	2,0	4,2
65-80	5,5	5,8	76,5	6,5	3,6	3,5	4,1	11,2
80-105	5,8	8,6	78,4	1,6	0,8	2,9	2,3	6,0
105-115	3,1	4,9	77,7	7,1	3,8	0,9	5,6	10,3
115-120	6,3	6,2	76,4	9,5	1,8	4,0	2,1	7,9
120-135	5,3	7,3	78,5	6,7	1,5	3,4	2,6	7,5
135-149	3,3	7,0	72,4	5,0	1,6	4,9	9,1	15,6
149-155	1.2	4,6	78,0	9,3	1,9	4,0	2,2	8,1
155-180	3,4	4,0	70,6	5,3	11,0	4,9	4,2	20,1
180-195	2,2	9,4	75,6	5,8	2,2	1,3	5,7	9,2
195-225	4,9	1,6	55,6	22,4	3,3	4,2	8,0	15,5
225-240	5,9	6,0	88,0	2,3	0,9	1,0	1,8	3,7
240-270	5,3	6,5	83,8	1,5	0,7	0,5	1,8	3,0

Таблица 2

Аналитическая характеристика Татышевского педокомплекса (геологический разрез 4)

Глубина горизонта, см	Генетический горизонт	pH H_2O	$CaCO_3$, %	Уд. вес, г/см^3	С, % к почве	Вытяжка Тамма, %	
						AL_2O_3	Fe_2O_3
00-10	A1	7,64	0,28	2,69	0,92	0,62	0,38
10-15	B	7,60	0,26	2,64	0,43	0,46	0,24
15-25	Ah1	7,52	0,21	2,72	1,22	0,26	0,22
25-36	BCh1	8,55	3,92	2,80	0,73	0,21	0,25
36-40	ABh2	8,59	2,86	2,09	1,02	0,46	0,38
40-44	Ch2	8,22	2,09	2,80	0,34	0,48	0,94
44-54	Ah3	7,20	0,27	2,74	2,98	0,35	0,28
54-65	BCh3	8,64	4,86	2,78	0,57	0,34	0,29
65-80	Ah4	7,75	0,32	2,60	0,96	0,58	0,59
105-115	Ah5	7,64	0,38	2,66	0,87	0,62	0,64
115-120	BCh5	7,85	2,21	2,35	0,54	0,44	0,33
135-149	Ah6	7,20	0,20	2,75	2,15	0,29	0,25
149-155	BCh6	8,88	3,92	2,78	0,83	0,22	0,27
155-180	Ah7	7,97	0,75	2,80	1,94	0,49	0,54
180-195	BCh7	8,36	4,26	2,64	0,93	0,38	0,26
195-225	Ah8	7,64	1,20	2,65	1,24	0,72	0,64

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 карбонатов свободных и прочно связанных с мелкоземом. В отличие от вышележащей толщи, в органическом веществе аккумулятивного горизонта погребенной почвы низкое содержание негидролизуемого остатка, что свойственно почвам черноземного типа. Высокая опесчаненность этого горизонта, по сравнению с ниже-

лежащим, является следствием пойменных и эоловых процессов, характерных для суббореального 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 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 скоагулирован 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 гранулометрических 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. Палеопочва была образована 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. Формирование почвы происходило 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 отлича-

ется преобладанием прочно связных гуминовых кислот. По сохранности гор. Ah6 и BCh6 можно судить о ее генетическом типе. Можно полагать, что она сформировалась в раннем голоцене (бореальный период) по типу аллювиальных (пойменных) слоистых дренированных почв. На прилегающих террасах р. Енисей в это время формировались дерново-карбонатные почвы.

Седьмая и *восьмая* палеопочвы имеет слабо 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 – 1,94–1,24 %. Органическое вещество генетического гор. Ah7 характеризуется слабой степенью гумификации. Мозаичность горизонтов является следствием процессов промерзания и оттаивания. Выраженная оглееность. Почвы образовались в предбореальный период голоцена и относились к мерзлотно-таежному типу. В начале предбореального периода формировались пойменно-мерзлотные почвы с застойным увлажнением, в конце предбореального периода – пойменно-дерновые почвы.

В Татышевском педокомплексе в генетических горизонтах обнаружены также включения растительного и животного происхождения. Определение костных остатков выполнены канд. биол. наук, палеонтологом Н.Д. Оводовым.

В гор. Ah3 – углистые травянистые включения и костные остатки.

В гор. Ah4 – включения с древесным углем и костями животных. Много костных остатков косули.

В Ah5 – включения корней растений, мелкие углистые остатки, кости животных.

В гор. Ah6 – в буром суглинке с мозаичной гумусированностью редкие углистые включения.

В гор. Ah8 – замытые растительные остатки.

Включения растительного и животного происхождения являются индикаторами определенных особенностей протекания почвообразовательных процессов во времени.

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 исследования дают информацию о флуктуации почвенно-растительных зон во времени. Среди палеопочв выделяются почвы пойменные мерзлотные с застойным увлажнением, затем пойменные дерновые (предбореальный период голоцена), аллювиальные слоистые хорошо дренированные (бореального 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 суббореального и субатлантического периодов голоцена.

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. *Дергачева М.И.* Методы почвообразования в археологических исследованиях: учеб. пособие. – Новосибирск, 2007. – 204 с.
3. *Демиденко Г.А.* Реконструкция динамики взаимоотношения лесных и степных экосистем Приенисейской Сибири в верхнем плейстоцене и голоцене (по данным палеопедологиче-

ского анализа) // Сибирский экологический журнал. – Новосибирск: Изд-во СО РАН,1998. – № 1. – С. 97–103.
4. *Демиденко Г.А.* Почвенный покров Приенисейской Сибири в голоцене // География и природные ресурсы. – Иркутск: Изд-во СО РАН,1998. – № 1. – С. 87–91.
5. *Демиденко Г.А.* Позднеплейстоценовые и голоценовые почвы бассейна Среднего Енисея (палеоэкологический аспект). – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 160 с.
6. *Демиденко Г.А.* Развитие почвенного покрова в Приенисейской Сибири (по результатам исследований на археологических памятниках). – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013. – 176 с.
7. *Демиденко Г.А.*, *Склярова Е.И.* Экологический мониторинг состояния пойменных почв окрестностей г. Красноярска // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 9. – С. 111–117.
8. *Демиденко Г.А.* Корреляция экосистем лесостепной и степной зон Сибири в голоцене // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 4. – С. 161–166.
9. *Кинд Н.В.* Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. – М.: Наука,1974. – 225 с.
10. *Турыгина О.В., Демиденко Г.А.* Морфолого-аналитическая характеристика погребенных почв в пойменных экосистемах среднего течения реки Енисей // Вестн. КрасГАУ. – 2008. – № 4. – С. 105–115.
11. *Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. – М.: Наука, 1977. – 198 с.
12. *Цейтлин С.М.* Геология палеолита Северной Азии. – М.: Наука,1979. – 286 с.

УДК 630.232.325.3:630.114

П.А. Тарасов, Е.О. Бакшеева, В.А. Иванов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МУЛЬЧИРОВАНИЯ СПЛОШНОЙ ВЫРУБКИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОЧВЫ

Исследовано влияние мульчирования сплошной вырубки щепой, полученной путем измельчения порубочных остатков, на температуру почвы. Установлено, что благодаря высокому альбедо и низкой теплопроводности щепы, температурный режим поверхности вырубки и ее верхнего почвенного слоя становится менее контрастным. На основании этого делается вывод, что мульчирование щепой сплошных вырубок и гарей, с одной стороны, будет способствовать очистке данных земель от захламленности, являющейся причиной их высокой пожарной опасности, а с другой – улучшит условия естественного возобновления хвойных пород.

Ключевые слова: *почва, сплошная вырубка, мульчирование, пожарная опасность.*

P.A. Tarasov, E.O. Baksheeva, V.A. Ivanov

RESEARCH OF THE CLEAR CUT MULCHING INFLUENCE ON THE SOIL TEMPERATURE

The influence of the clear cut mulching by wood chips obtained by the chopping of the woody residues on the soil temperature is researched. It is established that due to the high albedo and the low thermal conductivity of wood chips, the temperature mode of the clear cut surface and its upper soil layer becomes less contrasting. Based on these facts the conclusion is made that mulching by wood chips in the clear cuts and burned areas, on the one hand, will result to the clearance of these territories from woody residue litter that is the fire hazard reason, and, on the other hand, will improve the conditions of the coniferous species natural regenerations.

Key words*: soil, clear cut, mulching, fire hazard.*

Введение. Согласно данным «Гринпис», к концу июля 2014 г. в Красноярском крае было зарегистрировано почти 1,5 тыс. лесных пожаров, которыми было пройдено около 122 тыс. га. Всего же на тот момент в России площадь только учтенных лесных пожаров превышала 2,5 млн га [21]. В случае их высокой интенсивности нередко происходит значительное повреждение, и даже гибель древостоев, что определяет необходимость проведения сплошных санитарных рубок, которые могут рассматриваться в качестве опосредованного влияния пожаров на лесные экосистемы.

Столь огромные масштабы и разносторонний характер этого влияния в сочетании с его высокой периодичностью дают основание считать пожары мощным и активно действующим фактором формирования насаждений и почв [5, 6, 14]. При этом целый ряд ученых [1, 12, 13, 20] отмечают положительный характер пирогенного влияния на процессы естественного возобновления светлохвойных пород, объясняя это созданием в пройденных огнем насаждениях благоприятных условий для появления и формирования нового поколения древесных растений. В то же время у других авторов в отношении рассматриваемого вопроса сложилось не столь однозначное [3, 19] и даже противоположное мнение [7, 8, 15–18].

Сторонники негативного влияния пожаров на ход лесовозобновления главной причиной этого считают резкое усиление контрастности температурного режима почвы, что обусловлено сильным нагреванием темной поверхности гарей в дневные часы и ее большим охлаждением ночью [2, 6, 15, 18]. Вследствие этого суточная амплитуда температур даже в условиях среднетаежной подзоны на поверхности гарей, по данным П.А. Тарасова с соавторами [16, 17], может превышать 50 °С (от 55 до 2,4 °С).

Наряду с гарями, подобные изменения температурного режима почвы, ухудшающие естественное возобновление, отмечаются и на сплошных вырубках [10, 11]. Так, в условиях Карелии на них даже в середине июля возможны заморозки до -3 °С, весьма опасные для всходов и хвойного подроста, не превышающего 0,5 м [11].

В сельском хозяйстве с целью ослабления негативного влияния внешних факторов на почвенный микроклимат еще с конца XVII века применяют мульчирование – покрытие поверхности почвы различными материалами. Кроме того, мульча ускоряет биологические процессы в почве и обеспечивает лучшее снабжение растений питательными веществами, что в итоге положительно сказывается на росте и развитии растений [22].

Мульчирование вполне можно использовать и в лесном хозяйстве для улучшения температурного режима почв гарей и вырубок с целью активизации процессов их естественного возобновления. При этом в качестве мульчи целесообразно использовать щепу, получаемую путем измельчения погибшей древесно-кустарниковой растительности и порубочных остатков. Такая технология, с одной стороны, позволила бы очистить гари и вырубки от захламленности, а с другой – улучшить их почвенные температурные условия, что способствовало бы активизации естественного возобновления данных категорий земель.

Решение этой двуединой задачи стало возможно благодаря использованию мульчерной техники, производимой немецкой компанией «AHWI». Самые мощные модели мульчеров способны, двигаясь со скоростью до 5 км/ч, измельчать кусты, ветки и деревья диаметром до 50 см, покрывая щепой поверхность почвы. При этом масса щепы неоднородна и включает в себя пять фракций:

1-я − мелкие спички и щепочки;

2-я − пучки из нескольких неразделенных щепочек;

3-я − крупная щепа;

4-я − длинные волокна с раздавленными или отрезанными концами;

5-я − короткие нарезанные части ствола.

Цель исследований. Определение характера и степени влияния мульчирования на температуру почвы. Проводили на сплошной вырубке, вышедшей из-под сосняка разнотравного. Почвенный покров представлен дерново-среднеподзолистой супесчаной почвой. Порубочные остатки были измельчены мульчером и покрывали поверхность почвы слоем со средней мощностью около 5 см. При этом в составе щепы преобладали первая и вторая фракции.

Объекты и методы исследований.Температурные наблюдения проводили на площадке, расположенной в центре вырубки, на расстоянии 30 м от стены леса. При этом одна часть данной площадки была мульчирована слоем щепы, а другая – служила контролем. Использовали электронные термометры WT-2, обеспечивающие точность 0,1 °С. Температуру почвы измеряли на поверхности и глубине 5 см в середине июля 2014 г.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 графически представлены результаты круглосуточных измерений температуры поверхности мульчированного и контрольного участков.

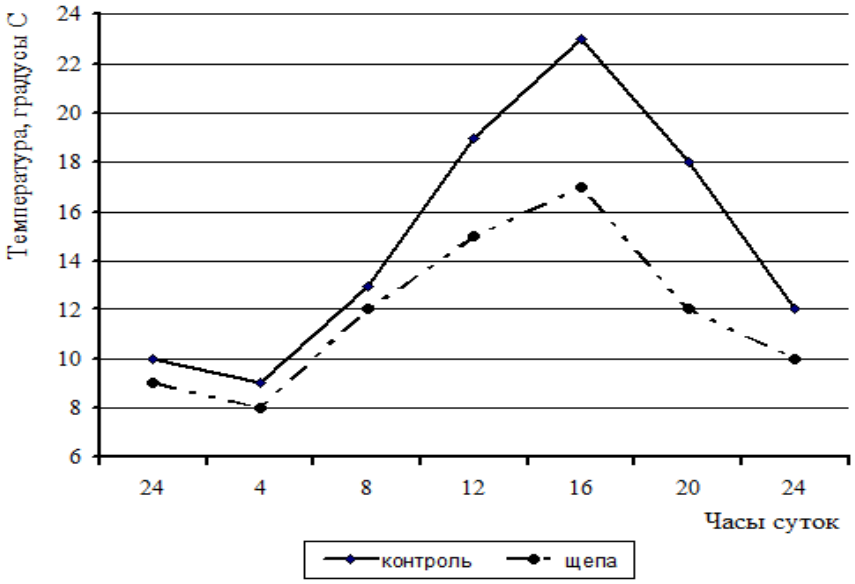


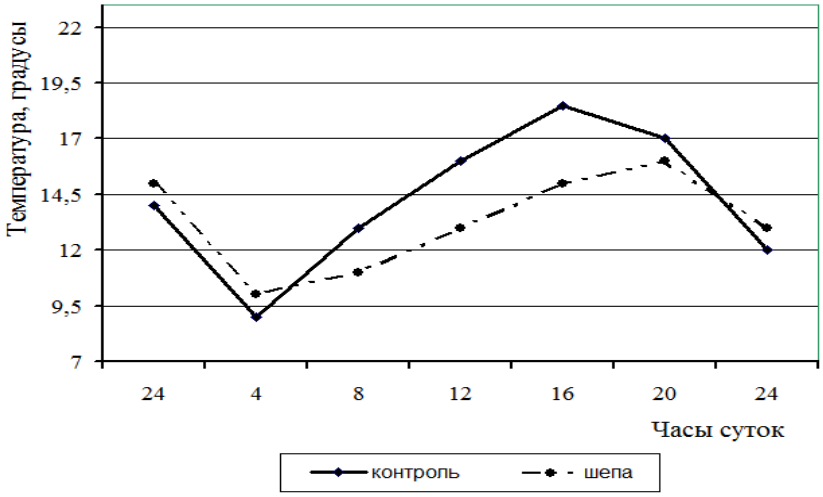
Рис. 1. Средняя температура поверхности почвы в течение суток

Анализ графиков указывает на меньшую температуру поверхности щепы в течение всех суток, что обусловлено ее более высокой отражательной способностью вследствие светлой окраски [4]. При этом в период с 13 до 20 часов, когда солнечные лучи наиболее активны, благодаря отражению значительной части их световой энергии поверхностью щепы, температурные различия становятся максимальными, достигая 5–6 °С. В ночное же время, когда поверхность излучает тепло, разница температур уменьшается до 1–2 °С.

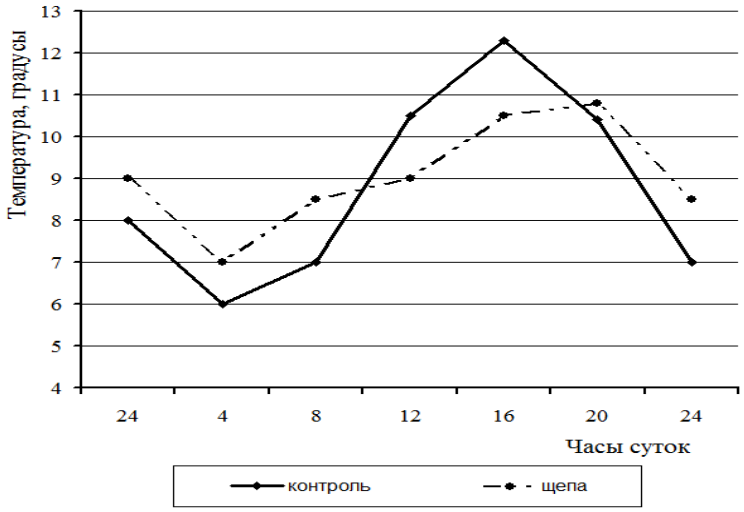
Вследствие известных закономерностей процессов теплообмена почвы и атмосферы [4] отмеченные различия температурных показателей поверхности исследуемых объектов соответствующим образом отразились и на суточной динамике температуры на глубине 5 см. Для выявления влияния степени освещенности на особенности этой динамики наблюдения, результаты которых приведены на рисунке 2, проводили в ясную и пасмурную погоду.

Анализ представленных графиков указывает на меньшую суточную амплитуду температур под слоем мульчи, что во многом обусловлено более низкими температурными показателями ее поверхности. Другой важной причиной этого является существенно меньшая теплопроводность щепы, благодаря которой, к тому же, дневные температурные максимумы под ее слоем, по сравнению с контролем, запаздывают на 4 часа и на 2,5 °С меньше. К тому же, даже в условиях ясной погоды максимальные значения температуры не превышают 15–16 °С, что является верхней границей оптимального для роста корней сосны температурного интервала [9]. Кроме того, низкая теплопроводность слоя мульчи ослабляет процесс излучения тепла в ночные часы, вследствие чего температура почвы на глубине 5 см на 1–1,5 °С превышала контрольные показатели.

Наряду с этим сравнительный анализ температурных кривых позволяет заключить, что в условиях пасмурной погоды влияние слоя мульчи на температуру покрываемого ею слоя почвы снижается примерно в полтора раза.



а



б

Рис. 2. Средняя температура почвы на глубине 5 см:
а – в ясную погоду; б – в пасмурную

Исходя из проведенного опыта можно предположить, что более мощный слой мульчи приведет к меньшим суточным амплитудам температуры почвы и повысит ее среднесуточную температуру в летний период года.

Выводы. Проведенные исследования показали возможность использования мульчи, получаемой путем измельчения погибшей древесно-кустарниковой растительности и порубочных остатков, для улучшения температурных условий почвы гарей и вырубок. С одной стороны, это будет способствовать очистке данных земель от захламленности, являющейся причиной их высокой пожарной опасности, а с другой – активизирует процессы естественного возобновления хвойных пород.

При этом покрывать поверхность гарей и вырубок щепой следует после оттаивания и прогревания почвы до температуры 10 °С, обеспечивающей начало активного роста корней [9]. В противном случае низкая теплопроводность слоя мульчи будет препятствовать распространению тепла в еще холодные почвенные слои.

Литература

1. *Белов С.В.* Управляемый огонь в лесу – средство восстановления сосняков и лиственничников таежной зоны // Горение и пожары в лесу: сб. ст. – Красноярск: Изд-во ИЛиД им. В.Н. Сукачева СО АН СССР, 1973. – С. 213–232.
2. *Беховых Ю.В.* Влияние лесных пожаров на гидротермический режим дерново-подзолистых почв сухостепной зоны Алтайского края // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы. − Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. − С. 139–142.
3. *Бузыкин А.И.* Альтернативность пирогенного воздействия и последствия на древесные ценозы // Пожары в лесных экосистемах Сибири: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Красноярск: Изд-во ИЛ им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2008. – С. 100–102.
4. *Воронин А.Д.* Основы физики почв: учеб. пособие. − М.: Изд-во МГУ, 1986. − 244 с.
5. *Гирс Г.И.* Физиология ослабленного дерева. − Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1982. − 154 с.
6. *Краснощеков Ю.Н.* Почвозащитная роль горных лесов бассейна озера Байкал. − Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. − 224 с.
7. *Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О.* Восстановление сосняка разнотравного после пожаров в Верхне-Обском бору // Пожары в лесных экосистемах Сибири: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Красноярск: Изд-во ИЛ им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2008. – С. 155–157.
8. *Матвеева Т.А.* Послепожарное лесовозобновление в светлохвойных ценозах Восточного Саяна // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: мат-лы Всерос. конф. с участием иностр. ученых. – Красноярск: Изд-во ИЛ им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2009. – С. 110–113.
9. *Орлов А.Я., Кошельков С.П.* Почвенная экология сосны. – М.: Наука, 1971. – 324 с.
10. *Орфанитский Ю.А., Орфанитская В.Г.* Почвенные условия таежных вырубок. − М.: Лесн. пром-сть, 1971. − 96 с.
11. *Пятецкий Г.Н., Морозова Р.М.* Изменение физических и химических свойств лесных почв Южной Карелии в связи с вырубкой леса // Лесные почвы Карелии и изменение их под влиянием лесохозяйственных мероприятий: тр. Карел. филиала АН СССР. − Петрозаводск, 1962. − С. 71–93.
12. *Санников С.Н.* Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценоза // Экология. – 1981. – № 6. – С. 23–33.
13. *Санников С.Н., Санникова Н.С.* Экология естественного возобновления сосны под пологом леса. – М.: Наука, 1985. – 149 с.
14. Экогеографические особенности семеношения и естественного возобновления сосны на гарях в сосновых лесах Забайкалья / *Н.С. Санникова* [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 2. – С. 231–237.
15. *Тарасов П.А., Иванов В.А., Гайдукова А.Ф.* Анализ динамики роста и развития самосева сосны обыкновенной на гари // Хвойные бореальной зоны. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2012. – № 3–4. – С. 284–290.
16. *Тарасов П.А., Иванов В.А., Иванова Г.А.* Особенности температурного режима почв в сосняках средней тайги, пройденных низовыми пожарами // Хвойные бореальной зоны. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2008. – № 3–4. – С. 300–304.

17. Постпирогенные изменения гидротермических параметров почв среднетаежных сосняков / *П.А. Тарасов* [и др.] // Почвоведение. – 2011. − № 7. − С. 795–803.
18. *Тарасов П.А., Гайдукова А.Ф., Иванов В.А.* Послепожарные изменения гидротермических параметров почв Балгазынского бора и проблема его восстановления // Хвойные бореальной зоны. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2013. – № 5–6. – С. 15–21.
19. *Цветков П.А.* Начальный этап послепожарного лесовозобновления в среднетаежных сосняках Средней Сибири // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: мат-лы Всерос. конф. с участием иностранных ученых. – Красноярск: Изд-во ИЛ им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2009. – С. 170–172.
20. *Шешуков М.А., Савченко А.П., Пешков В.В.* Лесные пожары и борьба с ними на севере Дальнего Востока. – Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 1992. – 95 с.
21. URL: forestforum.ru›viewtopic.php?t=16890.
22. URL: olegmoskalev.ru›agro/teplica/8.html.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 630.432.0

Ю.Т. Цай, С.Н. Орловский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО НОРМАТИВА ПИТАНИЯ НА ОДНОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРНОГО

Проанализированы нагрузки на лесных пожарных при выполнении работ по тушению очагов горения. Предложена методика определения среднесуточного рациона питания. Представлен проект нормативов питания лесных пожарных.

***Ключевые слова**: лесной пожар, тушение, работоспособность, питание, рацион, калорийность, оптимизация.*

Yu.T. Tsay, S.N. Orlovsky

DETERMINATION OF THE DAILY NUTRITION NORM PER ONE FOREST FIREMAN

The load on the forest firemen in working on the active fire extinguishing is analyzed. The method of determining the average daily diet is offered. The draft of the nutrition norms for the forest firemen is presented.

***Key words**: forest fire, fire extinguishing, work capacity, nutrition, diet, calorie content, optimization.*

Введение. Ежегодно в лесах Российской Федерации возникает десятки тысяч лесных пожаров, в тушении которых участвуют специалисты лесной охраны.

Работоспособность лесных пожарных и эффективность лесопожарных работ, особенно в условиях длительно действующих пожаров, в значительной степени определяются производственными факторами, в том числе организацией здорового сбалансированного питания.

Решение данной проблемы позволит обеспечить высокую работоспособность лесных пожарных в течение более длительного периода, эффективность лесопожарных работ, снижение горимости лесов и ущерба от лесных пожаров.

Цель работы. Оптимизация сбалансированного ассортимента продуктов питания для лесных пожарных.

Задачи: исследовать условия труда лесных пожарных, разработать методику определения калорийности их питания и разработать оптимальный рацион сухого пайка.

Питание оказывает существенное влияние на физическое состояние лесного пожарного и, следовательно, на его работоспособность. Питательные вещества нужны организму ежесуточно, и потребность в них зависит от массы человека, возраста, пола, занятий, интенсивности работ, физиологических особенностей, климатических условий и других факторов. Организм человека нуждается в постоянном притоке питательных веществ (белков, жиров, углеводов, микроэлементов), необходимых для нормальной работы организма. Часть питательных веществ превращается в строительный материал для клеток, наибольшая же их часть затрачивается на образование необ-

ходимой жизненной энергии. Энергетическая ценность продуктов питания оценивается в килокалориях. При сгорании 1 г белка и 1 г углеводов образуется 4,1 ккал, а при сгорании 1 г жира – 9,3 ккал [1, 2]. Потребность человеческого организма зависит от энергетических потерь во время физической работы. Чем тяжелее мышечная работа, тем больше затрачивается энергии и тем больше калорий должен получить организм с пищей.

Условия труда рабочих, занятых на тушении лесных пожаров, характеризуются рядом особенностей, отличающихся от других видов трудовой деятельности. К этим особенностям можно отнести: воздействие на организм человека опасных факторов лесных пожаров и внешней среды (задымленность, угарный газ, углекислый газ, повышенная температура, открытое пламя пожара, искры, тепловое излучение, комары, клещи, мошка, нервно-психологические и физические перегрузки); неравномерность напряженности труда в отдельные периоды времени; удлинение рабочего дня при тушении лесных пожаров; большие физические нагрузки; дробление рабочего времени пожарного (утром, вечером и ночью); проживание и ночлег пожарных в лесу на полевом лагере; отдаленность работы от места проживания и другие особенности. Согласно классификации условий труда [3, 4], лесные пожарные по тяжести и интенсивности работ соответствуют 4-му классу. 4-й класс – опасные (экстремальные) условия труда, характеризуются такими условиями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или её части) создаёт угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжёлых форм острых профессиональных поражений. К ним относятся парашютисты-пожарные; десантники-пожарные; инструкторы парашютно-пожарных и десантно-пожарных групп; рабочие лесопожарных бригад; бригадиры лесопожарных бригад; трактористы-машинисты; водители по доставке людей, пожарного оборудования и огнетушащих материалов; руководители тушения пожара; рабочие, выполняющие работы по тушению лесных пожаров.

С целью определения оптимального суточного рациона питания исходные данные и условные обозначения представляются в форме, приведённой в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика оптимального суточного рациона питания лесных пожарных

Продукт (x_i – количество i-го продукта)	Количество усваиваемых веществ j-го вида в 100 г i-го продукта, г (a_{ij})			Энергетическая ценность, ккал (u_i)	Стоимость i-го продукта, руб. (c_i)
	Белки (a_{i1})	Жиры (a_{i2})	Углеводы (a_{i3})		
Хлеб пшеничный (x_1)	6,9 (α_{11})	0,4 (α_{12})	45,2 (α_{13})	217 (u_1)	1,35 (c_1)
...	...	...	...	...	...
Молоко сгущённое с сахаром (x_4)	6,8 (α_{41})	8,3 (α_{42})	53,5 (α_{43})	324 (u_4)	5,6 (c_4)
...	...	...	...	...	...
Макаронные изделия (x_i)	9,3 (α_{i1})	0,8 (α_{i2})	70,9 (α_{i3})	336 (u_i)	1,30 (c_i)
...	...	...	...	...	...

Помимо использованных в таблице введём дополнительные обозначения:

a_j – количество усваиваемых веществ j-го вида, которое необходимо в ежедневном рационе лесного пожарного (j=1 – белок; j=2 – жиры; j=3 – углеводы), г;

u^* – необходимая суточная энергетическая ценность продуктов питания, ккал.

Тогда суммарные затраты на питание одного пожарного в сутки равны

$$Z = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i ; \quad (1)$$

количество усваиваемых веществ j-го вида

$$A_j = \sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i ; \quad (2)$$

количество потребляемых калорий

$$U = \sum_{i=1}^{n} u_i x_i . \quad (3)$$

Задача оптимизации может быть сформулирована как задача линейного программирования.

Найти $\min_{x_i} \sum_{i=1}^{n} c_i x_i$ (4)

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i \geq a_j \quad j=1,2,3; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n} u_i x_i \geq u^* ; \quad (6)$$

$$x_i \geq 0 . \quad (7)$$

Основные требования к питанию: суточная энергетическая ценность продуктов питания на одного лесного пожарного составляет 5500 ккал; соотношение белков, жиров и углеводов по массе – 1:1,2:4,6; питание разнообразное, т.е. кроме белков, жиров и углеводов должны быть включены микроэлементы и витамины (поливитамины «Компливит», «Ундевит» и др.); 4-разовое питание: 1-й завтрак – 10–15 %, 2-й завтрак – 25–30 %, обед – 40–45 %, ужин – 15–20 % от суточной энергетической ценности 5500 ккал.

В соответствии с основными требованиями к питанию введены дополнения к постановке задачи оптимизации суточного рациона, т.е:

а) количество a_j не определять заранее, а пользоваться их соотношением 1:1,2:4,6. Для этого определим необходимое долевое участие усваиваемых веществ a_j'

белки: $a'_1 = \frac{1}{1+1,2+4,6} = 0,147$; жиры: $a'_2 = \frac{1,2}{1+1,2+4,6} = 0,176$;

углеводы: $a'_3 = \frac{4,6}{1+1,2+4,6} = 0,677$.

Тогда $a_j = a'_j \sum_{i_j j} a_{ij} x_i = a'_j \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{3} a_{ij} x_i$.

И ограничения (5) записываются в виде

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i \geq a'_j \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{3} a_{ij} x_i , \quad j=1,2,3 \quad (8)$$

или $$\sum_{i=1}^{n} \left(a_{ij} - a'_j \sum_{j=1}^{3} a_{ij} \right) x_i \geq 0 . \quad (9)$$

С целью подготовки исходной информации к конкретным расчетам необходимо определить

коэффициенты $a_{ij}^{*} = a_{ij} - a_{j}^{'} \sum_{j=1}^{3} a_{ij}$.

Это означает, что нужно значения, приведенные в таблице 1 (столбцы чисел 1, 2, 3), заменить следующим образом.

В первом столбце (белки)

$$a_{i1}^{*} = a_{i1} - 0{,}147\left(a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}\right). \quad (10)$$

Во втором столбце (жиры)

$$a_{i2}^{*} = a_{i2} - 0{,}176\left(a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}\right) \quad (11)$$

В третьем столбце (углеводы)

$$a_{i3}^{*} = a_{i3} - 0{,}677\left(a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}\right) . \quad (12)$$

Например a_{11} = 5,1 (см. табл. 1)

Тогда $\grave{a}_{11}^{*} = 6{,}9 - 0{,}147\left(5{,}1 + 1{,}0 + 42{,}5\right) = -0{,}2442$.

Аналогично рассчитываются все другие значения a_{ij}^{*} (по формулам (10), (11), (12));

б) ограничения по энергетической ценности в расчёте на 4-разовое питание:

– можно u^{*} разбить на 4 составляющих: $u_1^{*}+u_2^{*}+u_3^{*}+u_4^{*}$,

где $u_1^{*}: u_2^{*}: u_3^{*}: u_4^{*} = 0{,}15:0{,}25:0{,}40:0{,}20$.

В качестве u^{*} можно принять установленную по результатам экспериментальных исследований и из литературных источников величину u^{*}= 5500 ккал, тогда u_1^{*} = 0,15·5500 = 825; $u_2^{*} = 0{,}25 \cdot 5500 = 1375$; $u_3^{*} = 0{,}4 \cdot 5500 = 2200$;

$u_4^{*} = 0{,}2 \cdot 5500 = 1100$.

В этом случае ограничение (6) заменяется четырьмя неравенствами, каждое из которых соответствует одному приёму пищи.

Чтобы записать эти ограничения, нужно перейти от переменных x_i к новым переменным x_{ik} – количество i-го продукта, употребляемого в k-й приём пищи (k=1 – первый завтрак; k=2 – второй завтрак; k=3 – обед; k=4 – ужин).

Таким образом, ограничения по энергетической ценности рациона имеют вид

$$\sum_{i=1}^{n} u_i x_{ik} \geq u_k^{*} \text{ ,k=1,2,3,4.} \quad (13)$$

В связи с переходом к новым переменным требуется внести изменения в (4) и (9).

Найти $$\min_{x_{ik}} \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{4} c_i x_{ik} \quad (14)$$

при ограничениях:

1) $\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{4} \left(a_{i1} - 0{,}147 \sum_{j=1}^{3} a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0$ (по белкам);

2) $\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{4} \left(a_{i2} - 0{,}176 \sum_{j=1}^{3} a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0$ (по жирам);

3) $\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{4} \left(a_{i3} - 0{,}677 \sum_{j=1}^{3} a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0$ (по углеводам);

4) $\sum_{i=1}^{n} u_i x_{i1} \geq 825$ (по энергетической ценности 1-го завтрака);

5) $\sum_{i=1}^{n} u_i x_{i2} \geq 1375$ (по энергетической ценности 2-го завтрака);

6) $\sum_{i=1}^{n} u_i x_{i3} \geq 2200$ (по энергетической ценности обеда);

7) $\sum_{i=1}^{n} u_i x_{i4} \geq 1100$ (по энергетической ценности ужина).

Таким образом, имеем линейную целевую функцию и систему линейных ограничений. Данная задача решена на компьютере с помощью симплекс-метода, который реализован в пакете программ «STATGRAF».

При этом были рассчитаны суточные нормы питания на одного лесного пожарного. Суточные нормы питания и калорийность на одного лесного пожарного представлены в таблице 2.

При использовании сухого пайка необходимо включить в состав его специальные обработанные продукты, не требующие кулинарной обработки, и дополнительные биологически активные вещества. Сухой паёк предназначается для индивидуального использования и должен удовлетворять следующим требованиям: быть пригодным для употребления без какой бы то ни было обработки; по составу соответствовать привычной пище пожарного; содержать минимальное количество воды; иметь защитную воздухо- и влагонепроницаемую упаковку; каждая затаренная единица должна соответствовать одному приему пищи или одному блюду; пищевая и энергетическая ценность сухого пайка должна обеспечивать покрытие среднесуточных энергозатрат; биологическая полноценность сухого пайка должна обеспечиваться за счет сохранения в нем природных биологических свойств продуктов, а также дополнительного включения комплекса биологически активных веществ (витамины, микроэлементы и др.).

Таблица 2

Нормативы суточного рациона питания лесных пожарных

Продукт	Кол-во на 1 чел. в сутки, г	Кол-во усваиваемых веществ, г			Кол-во калорий, ккал
		белки	жиры	углеводы	
1	2	3	4	5	6
Мясо тушеное (говядина тушеная, свинина тушеная, мясо в белом соусе и др.)	340	51	68	1,2	851,5
Колбаса сырокопченая (сало)*	100	20,4	37,4	-	431
Консервы рыбные в масле	125	3,75	58,3	1,4	156,3
Масло сливочное (топленое)*	80	0,64	39,1	0,3	695
Сыр 50%-й жирности	50	9,0	12,0	1,3	189,5
Крупа (гречка, рис, овсянка и др.) или Макаронные изделия или Картофель, овощи	150 150 300	10,0 14,0 5,1	1,4 1,2 -	109,2 106,4 60,0	501 504 258
Молоко сгущенное с сахаром	80	5,44	6,64	42,8	259,2
Карамель с начинкой	20	-	-	20	60
Сахар-рафинад, песок	50	-	-	49,9	200
Хлеб пшеничный	500	31,7	2,3	253,3	1085
Сухари пшеничные (галеты, пряники)	100	10,5	1,2	68,5	335
Лук репчатый (чеснок, специи)	50	1,0	-	3,5	21,2
Соль пищевая	20	-	-	-	-
Чай «Майский» и др.	20	-	-	3,0	12,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Какао-порошок с молоком и сахаром	20	3,6	3,0	2,7	89,5
Кетчуп «Ассорти»	50	0,4	-	1,6	8,20
Соки плодовые и ягодные	200	0,6	220мл калия	24,0	120
Шоколад*	50	3,5	20,0	22,1	275
Фрукты свежие или изюм, курага и др.*	200 50	0,6 2,4	- -	23,0 35,5	115,5
Поливитамины «Компливит», «Ундевит» и др.	1 шт.	Витамины А,В,С,Е и др. микроэлементы			
Итого	2130	153	250	633,4	5405

**Продукты могут быть заменены по желанию работающих на равноценные.*

В условиях повышенных температур для работающих важно сохранить водный баланс организма. В процессе теплоотдачи, которая происходит главным образом в виде потоотделения, терморегуляция организма значительно ухудшается, что приводит к большим потерям воды и минеральных солей. При неблагоприятных условиях потеря жидкости организмом может достичь 8–10 дм^3 за смену, в т.ч. 60 г поваренной соли. Следует знать, что при увеличении интенсивности потери воды организмом восполнение потерь сокращается, при потере воды 20 г/ч восполнение происходит на 95 %, при 500 г/ч – на 75 %, при 750 г/ч – на 50 %. Потеря же 2 % жидкости (1,5 л) для человека массой в 70 кг соответствует потере работоспособности на 20 %, 4 % – 40 %, 10 % – может привести к летальному исходу, так как обеднение организма водой вызывает сгущение крови, нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, питания тканей и органов. Соблюдение рационального питьевого режима является важным условием обеспечения выносливости лесных пожарных. Количество выпиваемой жидкости зависит от метеоусловий на рабочем месте и индивидуальных особенностей человека. Для здорового человека в климатических условиях средней полосы оно должно составлять 2–2,5 л, а при повышенной температуре окружающей среды – до 3,5 л. При механизированном и тяжёлом труде в жару (от +39 – 40 ˚С и выше) количество потребляемой жидкости увеличивается до 6–8 л в сутки; при менее высокой – до 4 л. При выполнении тяжёлой физической работы чувство жажды притупляется, и трудно определить потерю воды организмом, поэтому рекомендуется пить воду во время работы до появления чувства жажды. Чувство утоления жажды обычно наступает через 10–15 мин после приёма жидкости, поэтому в условиях повышенных температур, при усиленном потоотделении, утолять жажду лучше несколькими глотками воды (150–200 г) с кратковременными промежутками (10–15 мин). При индивидуальном режиме потребления жидкости следует руководствоваться общим самочувствием, работоспособностью и степенью нагретости кожи. Если кожа сухая и тёплая – необходимо увеличить приём жидкости; если пот течёт по телу каплями – надо пить меньше; если кожа под одеждой влажная и сухая – режим питья можно считать правильным. Питьевая вода должна иметь температуру не выше +20˚С и не ниже +7˚С, оптимальной считается температура воды от +8˚С до +12˚С. Тем, кто сильно потеет и испытывает постоянную жажду, можно до завтрака съесть 5–10 г соли и запить её водой до полного утоления жажды, однако избыточное потребление соли также вредно. При напряженной физической работе в условиях повышенной температуры окружающей среды резко повышается потребность в витамине С, источником которого являются овощи, ягоды, фрукты, поэтому более эффективной для утоления жажды является подкисленная вода с добавлением органических кислот (лимонной, клюквенной), можно употреблять минеральную воду для полоскания рта.

На основании изложенного можно заключить, что работающие на тушении лесных пожаров в течение суток затрачивают энергии от 21500 до 22900 кДж (от 5100 до 5500 ккал). В связи с этим суточные нормы питания и калорийность продуктов рассчитаны из средних энергозатрат лесных пожарных на выполнение различных видов лесопожарных работ. Предложенные нормативы питания лесных пожарных сбалансированы, т.е. составлен такой рацион, когда соотношение белков,

жиров и углеводов по граммам следующее: 1 : 1,2 : 4,6. В рацион питания лесных пожарных включены разнообразные продукты, включающие белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, микроэлементы и витамины в соответствующих сочетаниях и количествах.

Выводы. В условиях тушения лесных пожаров обоснованным и физически выгодным считается 4-разовое питание, которое создает равномерную нагрузку на органы пищеварения и обеспечивает наиболее полную ферментативную её обработку. Суточное распределение рациона рекомендуется следующее: 1-й завтрак – 10–15 %; 2-й завтрак – 25–30 %; обед – 40–45; ужин – 15–20 %. Распределение питания по времени должно осуществляться в зависимости от конкретных условий, но в определенные промежутки времени. При тяжелом труде количество потребляемой жидкости на одного лесного пожарного составляет 6–8 л в сутки.

Проект нормативов питания лесных пожарных прошёл производственную проверку в региональных авиабазах и отправлен для утверждения в Агентство лесного хозяйства Российской Федерации.

Литература

1. *Головина И.А.* Снижение веса: метод. рекомендации. – Красноярск, 1999. – 21 с.
2. *Коломийцев Ф.М.* Профилактика преждевременной старости. – М.: Медицина, 1964. – 98 с.
3. Классификация основных видов работ и профессий по степени вредности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса в лесном хозяйстве – М., 1997. – 140 с.
4. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М.: Агрохим, 2000. – 162 с.

УДК 681.323

Н.В. Титовская, С.Н. Титовский

ОРГАНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ СТАБИЛИЗАТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Изложены результаты исследований применимости микроконтроллеров в управлении импульсными стабилизаторами напряжения.

Ключевые слова: *микроконтроллер, импульсный стабилизатор напряжения, управление.*

N.V. Titovskaya, S.N. Titovsky

ORGANIZATION OF THE PULSE VOLTAGE STABILIZER CONTROL UNIT ON THE MICRO-CONTROLLER BASE

The research results of the micro-controller applicability in the control of the pulse voltage stabilizers are presented.

Key words: *micro-controller, pulse voltage stabilizer, control.*

Введение. В настоящее время применению цифрового контура управления в импульсных стабилизаторах напряжения (ИСН) уделяется пристальное внимание, так как он исключает температурный и временной дрейф параметров схемы, свойственный аналоговым устройствам. В опубликованных к настоящему времени материалах [1–3] приводятся схемы стабилизаторов с микроконтроллерными устройствами управления различного назначения, но, к сожалению, в них отсутствуют сведения о возможной частоте работы стабилизатора, оказывающей значительное влияние на параметры стабилизатора в целом.

Цель исследования. Оценка применимости микроконтроллеров в управлении импульсным

стабилизатором напряжения.

Задача исследования. Определение возможных скоростных характеристик импульсного стабилизатора напряжения с микроконтроллерным управлением.

Методы исследования. Экспериментальное исследование макетного образца.

Как было показано в [4], устройство управления (УУ) ИСН на уровне «черного ящика» имеет три входа и один выход (рис. 1).

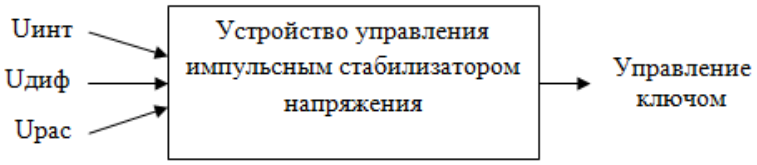


Рис 1. УУ ИСН:

Uинт – напряжение с выхода интегратора, изменяющееся в диапазоне 0÷3 В; Uдиф – переменная (дифференциальная) составляющая выходного напряжения, изменяющегося для статического режима работы (при неизменном сопротивлении нагрузки) в диапазоне ±20 мВ; Uрас – напряжение рассогласования каналов (для многоканального варианта стабилизатора), изменяющееся в диапазоне 0÷3 В

Задачей УУ является формирование выходного импульса управления ключом стабилизатора, длительность которого является функцией от входных напряжений

$$Тимп = F(Uинт, Uдиф, Uрас).$$

В результате моделирования работы стабилизатора было выявлено, что для инвертирующего интегратора наилучшие результаты получаются при использовании следующей функции [5, 6]:

$$Тимп_i = Тп \cdot (Uинт_i – (5 \cdot Uдиф_i – 1.5 \cdot Uдиф_{i-1}) / n – Uрас_i) / Umax,$$

где *i* – номер такта работы стабилизатора;

Тп – длительность такта (период) работы стабилизатора;

n – количество каналов в стабилизаторе;

Umax – условное максимальное напряжение (напряжение, при котором длительность выходного импульса совпадает с периодом).

В [4] показано, что использование встроенного в микроконтроллер ATxmega128A1 [7, 8] аналого-цифрового преобразователя (АЦП) приводит к недостаточно хорошим показателям работы ИСН вследствие большого времени и невысокой точности преобразования.

Для устранения указанных недостатков встроенный АЦП микроконтроллера заменен на внешний АЦП, в качестве которого был выбран 8-канальный 12-разрядный АЦП MAX1308 [9], имеющий при использовании внутреннего 15 МГц тактового генератора время преобразования 800 нс (время от момента запуска до появления результата преобразования первого канала), погрешность ±1 квант и шкалу ±5 В.

Как было показано в [4], приемлемые параметры работы стабилизатора получаются только при усилении Uдиф, поэтому в состав устройства управления, помимо АЦП, был введен предварительный усилитель с коэффициентом усиления 16, что объясняется соотношением диапазона изменения Uдиф и шкалы MAX1308.

Схема функционирования получившегося устройства управления представлена на рисунке 2.

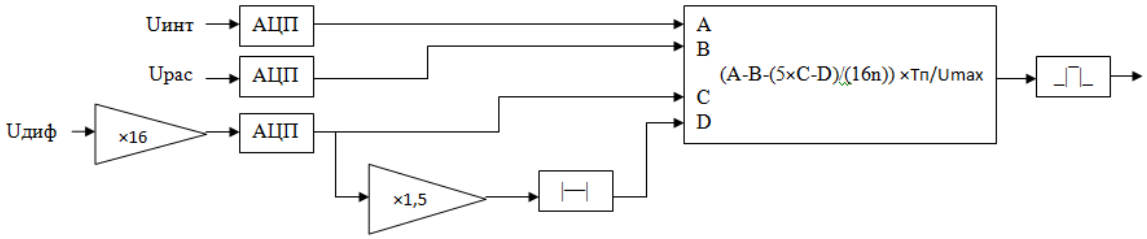


Рис. 2. Функциональная схема УУ ИСН

Диапазон изменения Uинт также приведен к шкале ±5 В.

С учетом погрешности аналого-цифрового преобразования, оцененной по методике [4], длительность выходного импульса вычисляется по формуле

$$Тимп_i = Тп \cdot \{[Uинт_i – (5 \cdot Uдиф_i – 1.5 \cdot Uдиф_{i-1}) /16 – Upac_i] + \\ + 2,4065 \cdot \Delta\} / Umax,$$

и поскольку для указанного АЦП оценка погрешности выглядит следующим образом:

$$\Delta = \pm 1 \cdot (5-(-5))/2^{12} \approx \pm 2,4 \text{ (мВ)},$$

оценка погрешности вычисления выражения в квадратных скобках составляет

$$S = 2,4065 \cdot \Delta \approx \pm 5,8 \text{ (мВ)}.$$

Из сопоставления S с диапазонами изменения входных напряжений видно, что для Uинт и Upac погрешность S составляет не более 0,12 и 0,19 % соответственно и не окажет существенного влияния на формирование Тимп этими напряжениями. Для Uдиф усиление в 16 раз увеличивает диапазон до ±320 мВ. Сопоставив диапазон изменения Uдиф, увеличенный в 5 раз с S, получаем погрешность на уровне 1,8 %.

Реализация устройства управления стабилизатором заключается в соединении операционного усилителя, АЦП и микроконтроллера, при этом порт С микроконтроллера использован для передачи управляющих сигналов, порты D и E – для передачи данных между АЦП и микроконтроллером. Для исключения необходимости расширять знак кода, полученного с АЦП, его старший (знаковый) разряд подключен к пяти старшим разрядам порта E.

Подключение дифференциальных сигналов к АЦП MAX1308 не предусмотрено, поэтому положительные сигналы Uинт и Upac соединены с информационными входами АЦП, а отрицательные – непосредственно с контактом MSV (Midscale voltage), относительно которого фактически производятся измерения. Сигнал Uдиф в дифференциальном виде подключен к входам операционного усилителя, расположенного в непосредственной близости к АЦП, с выхода которого поступает на информационный вход АЦП.

Оцифрованные данные с АЦП считывались после окончания всех преобразований, так как результаты преобразований с отдельных каналов появляются через 200 нс, в то время как минимальная длительность обработки прерывания (только вход и выход) составляет 13 тактов процессора (приблизительно 400 нс).

Схема подключения такого устройства управления приведена на рисунке 3.

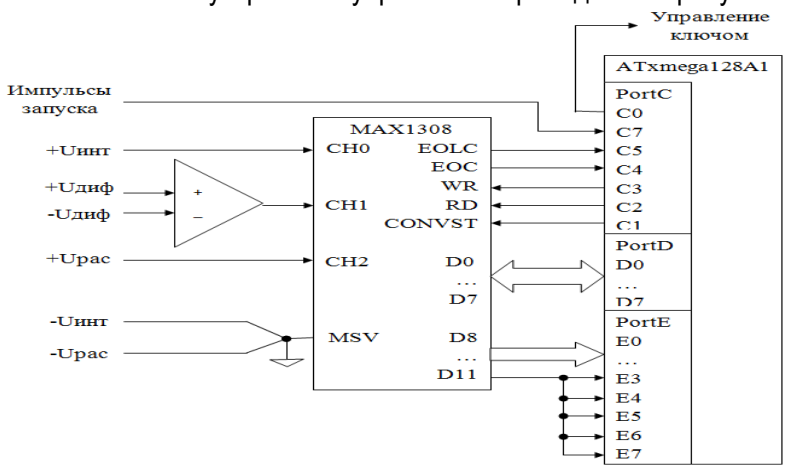


Рис. 3. Схема включения микроконтроллера и АЦП

Требуемая организация функционирования микроконтроллера реализуется с помощью программы, в которой используется следующая схема функционирования микроконтроллерного устройства управления стабилизатором напряжения (рис.4).

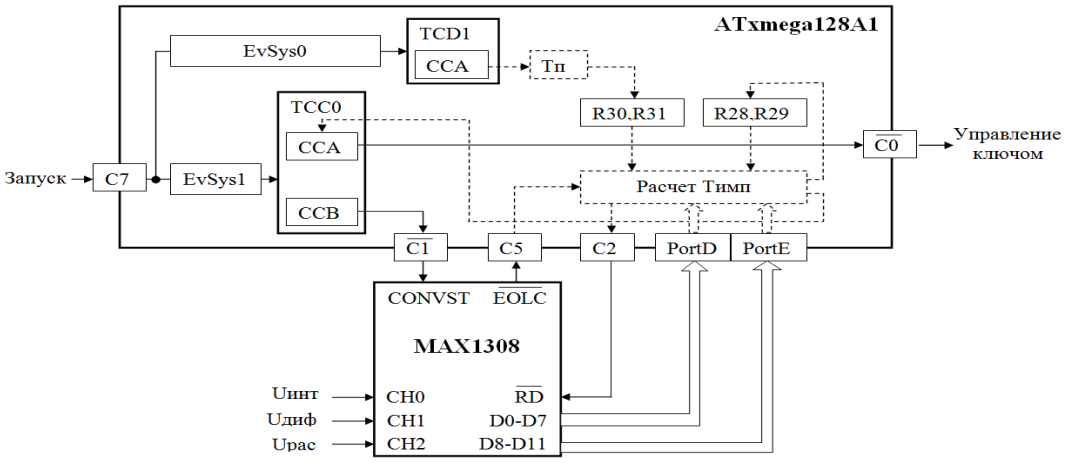


Рис. 4. Программно-аппаратная организация УУ ИСН

Все управление стабилизатором напряжения производится двумя основными обработчиками прерываний:

- обработчиком прерываний от канала CCA таймера-счетчика (ТС) TCD1;
- обработчиком прерываний от входа C5 микроконтроллера.

Импульс запуска с контакта C7 через канал событий EvSys0 своим передним фронтом перезапускает ТС TCD1, работающий в режиме захвата частоты (frequency capture). Одновременно канал CCA счетчика фиксирует время, прошедшее с момента предыдущего запуска, т.е. длительность периода запуска Тп, и вызывает прерывание, обработчик которого помещает зафиксированную длительность периода в регистры R30, R31 процессора.

Тот же фронт импульса запуска через канал событий EvSys1 перезапускает ТС TCC0, работающий в режиме широтно-импульсной модуляции (single slope pulse width modulation). Для запуска аналого-цифрового преобразователя используется канал CCB счетчика, что позволяет задержать момент запуска АЦП по отношению к моменту коммутации ключа силовой части стабилизатора, сопровождающемуся значительными импульсными помехами.

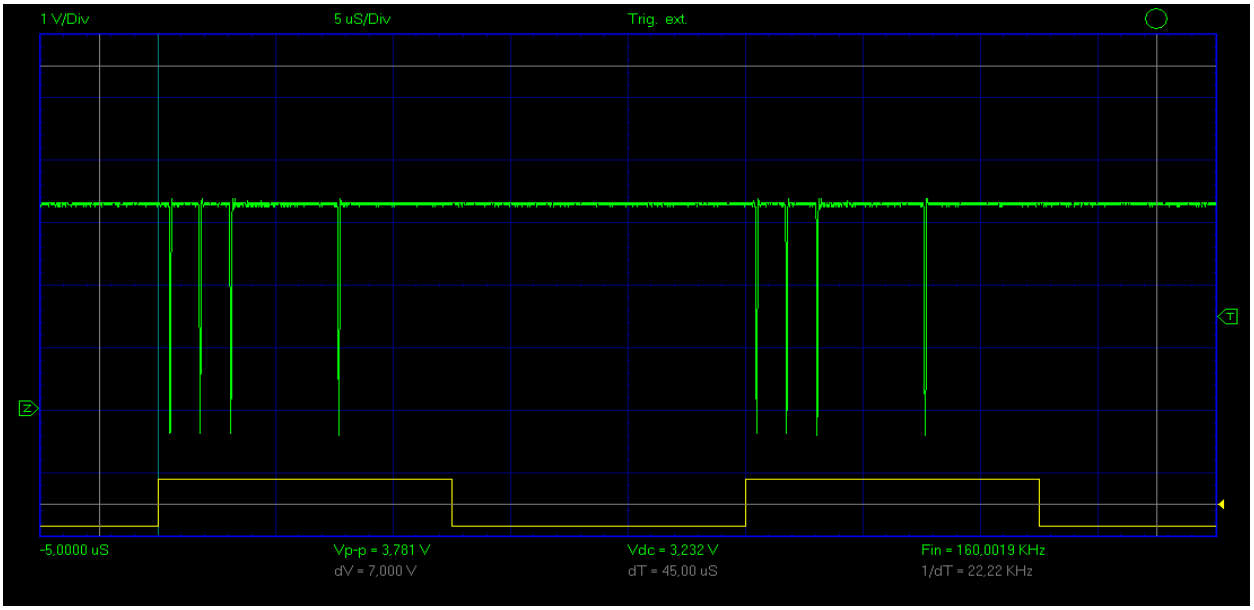
Сигнал с выхода CCB через контакт C1 поступает на вход CONVST (Conversion Start) и запускает АЦП. Поскольку запуск происходит по нарастающему фронту, выходной импульс канала CCB подается на вход CONVST в инверсном виде за счет перевода контакта C1 в инверсный режим работы.

После завершения преобразования данных всех каналов АЦП вырабатывает сигнал EOLC (End Of Last Conversion), поступающий на вход C5 микроконтроллера, который в свою очередь по падающему фронту вызывает прерывание. Обработчик прерывания, подавая на АЦП через вывод C2 сигналы чтения (RD), через порты D и E считывает двухбайтовые коды входных напряжений Uинт, Uдиф, Uрас. Далее в обработчике выполняется расчет Тимп на основании полученных значений Тп, Uинт, Uдиф, Uрас. Поскольку используется 12-разрядный АЦП, Umax принято равным 2047. В этом же обработчике вычисляется и помещается в регистры процессора R28, R29 1,5 · Uдиф (Uпред), которое будет использоваться в расчетах следующего периода запуска.

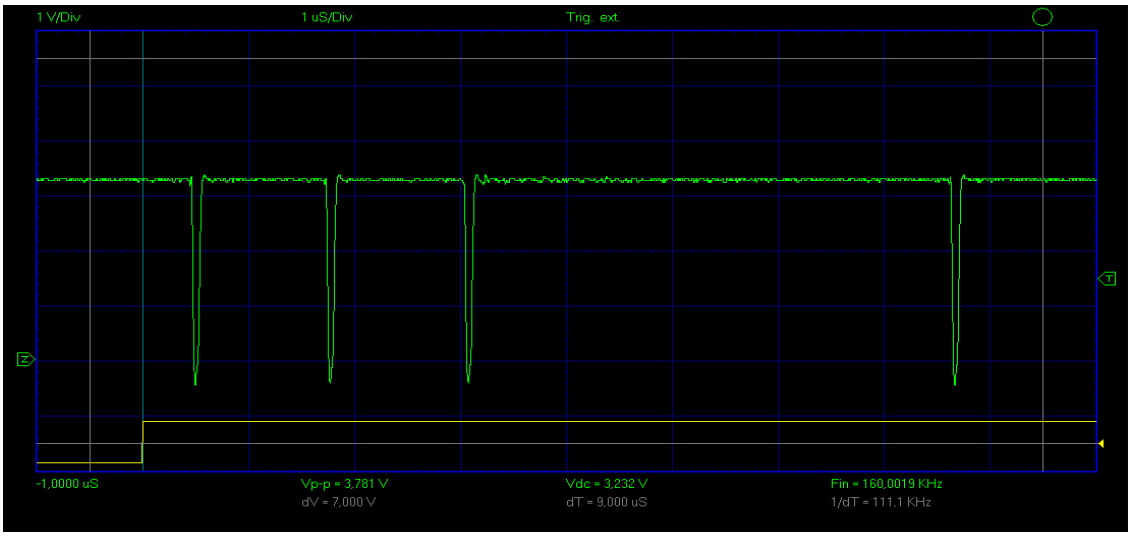
В рассматриваемом варианте стабилизатора используется модуляция переднего фронта импульса управления ключом, поэтому выход CO переведен в инверсный режим работы, и в канал CCA счетчика TCCO в качестве длительности импульса помещается разность Тп – Тимп.

В программе имеется два дополнительных обработчика прерываний от каналов CCA и CCB ТС TCCO, не показанные на рисунке 4, использующиеся в отладочных целях для контроля моментов времени появления характерных событий.

Вышеописанная реализация устройства управления стабилизатором позволила получить приемлемые результаты на частоте работы 40 КГц (Тп=25 мкс), так как оцифровка входных напряжений и расчет занимают приблизительно 7,6 мкс. Контрольные моменты времени показаны на осциллограммах на рисунке 5 короткими импульсами отрицательной полярности.



а



б

Рис. 5. Осциллограммы работы УУ ИСН

На рисунке 5,а показан один период работы стабилизатора, на рисунке 5,б – в более крупном масштабе время аналого-цифрового преобразования и расчетов.

На приведенных осциллограммах в нижней части изображены импульсы запуска стабилизатора, в верхней – четыре импульса, отмечающих следующие моменты времени (слева направо):

~ вход в обработчик прерывания от канала CCA TC TCD1;

~ запуск АЦП (прерывание от канала CCB TC TCC0);

~ окончание оцифровки входных напряжений (прерывание от входа C5);

~ окончание расчетов (выход из обработчика прерывания от входа C5) и возможное начало выходного импульса открывания силового ключа стабилизатора (в случае его максимальной длительности).

Из них видно, что на частоте 40 КГц максимальная длительность выходного импульса не превышает 70 % от периода, и с увеличением частоты работы стабилизатора будет уменьшаться, что в свою очередь уменьшает диапазон изменения выходного тока, при котором наблюдается неизменное выходное напряжение.

Выводы. Проведенное исследование показало, что применение внешнего быстродействующего высокоточного АЦП в сочетании с микроконтроллером позволяет достичь частоты работы ИСН порядка 40 КГц, которая ограничивается производительностью процессора, а также повысить качество стабилизации выходного напряжения.

Литература

1. URL: http://avr.ru/ready/contr/power/power.
2. URL: http://cxem.net/pitanie/5-144.php.
3. URL:http://vintehno.at.ua/news/stabilizator_setevogo_naprjazhenija_na_atmega8535_so_srednekvadratichnym_voltmetrom_na_tiristorakh/2012-03-16-3.
4. *Титовская Н.В., Титовский С.Н.* Применение микроконтроллера ATxmega в устройстве управления импульсным стабилизатором напряжения // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 7.
5. *Лукас В.А.* Теория автоматического управления: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1990.
6. *Иванчура В.И., Краснобаев Ю.В.* Модульные быстродействующие стабилизаторы напряжения с ШИМ. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006.
7. URL: http://catalog.gaw.ru/index.php?page=document&id=41617.
8. URL: http://catalog.gaw.ru/index.php?page=document&id=41616.
9. URL: http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX1304-MAX1314.pdf.

УДК 539.3

А.Д. Матвеев

РАСЧЕТ ТРЕХМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ БАЛОК СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВУХСЕТОЧНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ*

В данной работе изложена процедура построения двухсеточных конечных элементов (ДвКЭ) для расчета трехмерных упругих композитных балок, имеющих постоянное поперечное сечение сложной формы. Предлагаемые ДвКЭ описывают трехмерное напряженное состояние в композитных балках, учитывают их неоднородную структуру и сложную форму, порождают дискретные модели малой размерности. Реализация метода конечных элементов для двухсеточных дискретных моделей трехмерных композитных балок требует меньше объема памяти ЭВМ и временных затрат, чем для базовых моделей.

Ключевые слова: *композиты, упругость, балки, метод конечных элементов, двухсеточные конечные элементы.*

A.D. Matveev

THE CALCULATION OF THE THREE-DIMENSIONAL IRREGULAR - SHAPED COMPOSITE BEAMS USING THE DOUBLE-GRID FINITE ELEMENTS

The procedure of constructing the two-grid finite elements (TgFE) in order to calculate the three-dimensional elastic composite beams having the constant cross section of the complex shape is presented in the article. The proposed TgFE describe the three-dimensional tense state in the composite beams, take into account their heterogeneous structure and complex form, generate discrete models of low dimension. Implementation of the finite element method for two-grid discrete models of the three-dimensional composite beams requires less computer memory and time costs than for the base models.

Key words: *composites, elasticity, beams, finite element method, two-grid finite elements.*

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

Введение. Расчет по методу конечных элементов (МКЭ) упругих трехмерных композитных балок со сложным поперечным сечением с учетом их формы и структуры сводится к построению базовых дискретных моделей высокого порядка [1, 2], что вызывает трудности при реализации МКЭ на ЭВМ. В [3, 4] разработаны многосеточные конечные элементы (МнКЭ) формы прямоугольного параллелепипеда, которые проектируются на основе базовых дискретных моделей и порождают многосеточные дискретные модели трехмерных тел меньшей размерности, чем базовые.

В данной работе изложена процедура построения трехмерных двухсеточных конечных элементов (ДвКЭ) сложной формы. Предлагаемые ДвКЭ применяются для расчета трехмерных упругих композитных балок, имеющих постоянное поперечное сечение сложной формы. Пусть трехмерная композитная балка сложной формы расположена в декартовой системе координат $Oxyz$ так, что ось Oy параллельна оси балки, а поперечное сечение балки лежит в плоскости Oxz (рис. 1). Балка представлена шестигранными ДвКЭ V_e^a (рис. 2), $e = 1,\ldots,24$.

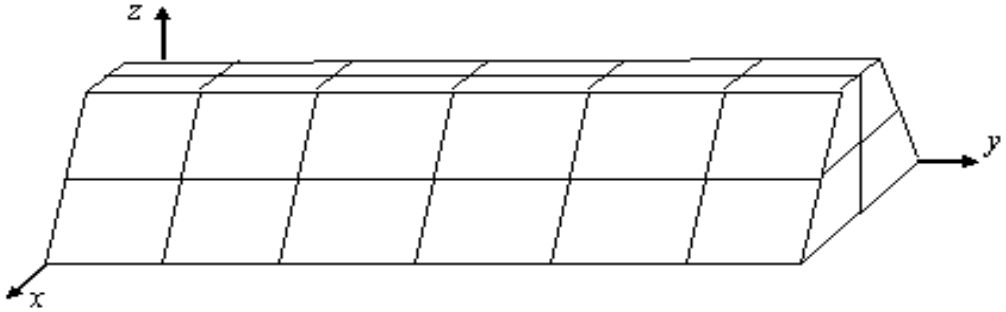


Рис. 1. Балка сложной формы

Основные положения процедуры построения ДвКЭ рассмотрим на примере построения шестигранного ДвКЭ V_e^a, показанного на рисунке 2.

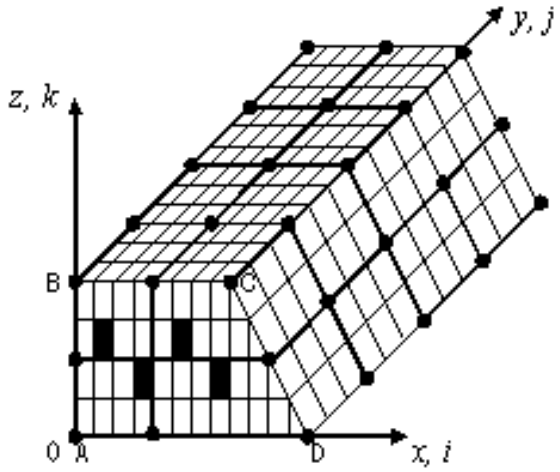


Рис. 2. Шестигранный ДвКЭ V_e^a

Для построения ДвКЭ V_e^a используем две вложенные сетки: мелкую и крупную. Мелкая сетка h_e^a порождена базовым разбиением ДвКЭ V_e^a, которое учитывает его неоднородную структуру и состоит из конечных элементов 1-го порядка формы куба (шестигранника, треугольной прямой призмы [1, 6]). На мелкой сетке определяем крупную сетку H_e^a, для узлов которой вводим целочисленную систему координат ijk. Причем оси i, j, k совпадают соответственно с осями Ox,

Oy, Oz декартовой системы координат $Oxyz$ ДвКЭ V_e^a. На рисунке 2 показана мелкая сетка базового разбиения ДвКЭ V_e^a, узлы крупной сетки H_e^a отмечены точками, сечения волокон закрашены, общее число узлов крупной сетки H_e^a равно 40, $i=1,\ldots,5$, $j=1,\ldots,5$, $k=1,\ldots,3$. Отметим, что узлы крупной сетки H_e^a в плоскостях, параллельных плоскости Oxz, образуют четырехугольный конечный элемент (КЭ) $ABCD$ второго порядка (рис. 2), который имеет 8 узлов. На рисунке 2 узлы отмечены точками. Интерполяционный полином $P_a(x,z)$ для КЭ $ABCD$ имеет вид

$$P_a(x,z)=a_1+a_2x+a_3z+a_4xz+a_5x^2+a_6z^2+a_7x^2z+a_8xz^2,$$

где a_i – постоянные, $i=1,\ldots,8$.

При построении базисных функций $\varphi_\beta(x,y,z)$ ДвКЭ V_e^a используем полиномы Лагранжа $L_\beta(y)$ и базовые функции $N_\beta(x,z)$, которые построены по алгоритмам МКЭ для двумерного интерполяционного полинома $P_a(x,z)$. Общее число базисных функций φ_β равно 40 (т. е. $\beta=1,\ldots,40$).

Базисную функцию φ_β для узла β (крупной сетки H_e^a ДвКЭ V_e^a) представляем в следующем виде:

$$\varphi_\beta(x,y,z)=N_\beta(x,z)L_\beta(y), \tag{1}$$

где $\beta=1,\ldots,40$.

Отметим, что вместо полиномов Лагранжа $L_\beta(y)$ можно использовать базисные функции $N_\beta^n(y)$, отвечающие интерполяционному полиному $P_n(y)$ n-го порядка. Для ДвКЭ V_e^a имеем $n=4$, т.е. полином $P_4(y)$ имеет вид

$$P_4(y)=b_1+b_2y+b_3y^2+b_4y^3+b_5y^4,$$

где b_i – постоянные, $i=1,\ldots,5$.

Функции перемещений u_a, v_a, w_a ДвКЭ V_e^a (построенные на крупной сетке H_e^a) представим в виде

$$u_a=\sum_{\beta=1}^{40}\varphi_\beta\, u_\beta,\ \ v_a=\sum_{\beta=1}^{40}\varphi_\beta\, v_\beta,\ \ w_a=\sum_{\beta=1}^{40}\varphi_\beta\, w_\beta, \tag{2}$$

где φ_β, u_β, v_β, w_β – базисная функция и значения функций перемещений u_a, v_a, w_a β-го узла крупной сетки H_e^a, $\beta=1,\ldots,40$.

Пусть $\mathbf{q}_e^a=\{u_1,\ldots,u_{40},\ v_1,\ldots,v_{40},\ w_1,\ldots,w_{40}\}^T$ есть вектор узловых перемещений крупной сетки H_e^a, т.е. $\mathbf{q}_e^a$ – вектор узловых перемещений ДвКЭ V_e^a. На базовом разбиении ДвКЭ V_e^a строим функционал Π_e^a полной потенциальной энергии. Причем $\Pi_e^a=\Pi_e^a(\mathbf{q}_e^h)$, где $\mathbf{q}_e^h$ вектор узловых перемещений базового разбиения ДвКЭ V_e^a. С помощью (2) вектор узловых перемещений $\mathbf{q}_e^h$ (т. е. вектор узловых перемещений мелкой сетки h_e^a) выражаем через вектор $\mathbf{q}_e^a$ узловых перемещений ДвКЭ V_e^a. В результате имеем $\Pi_e^a=\Pi_e^a(\mathbf{q}_e^a)$. Из условия $\partial\Pi_e^a(\mathbf{q}_e^a)/\partial\mathbf{q}_e^a=0$ получаем формулы для вычисления матрицы жесткости и вектора узловых сил ДвКЭ V_e^a.

Достоинства ДвКЭ в композитных балках состоят в следующем:

– описывают трехмерное напряженное состояние;
– учитывают неоднородную (микронеоднородную) структуру;
– учитывают сложную форму и сложный характер крепления балок;
– порождают дискретные модели малой размерности.

Реализация МКЭ для двухсеточных дискретных моделей трехмерных композитных балок требует меньше объема памяти ЭВМ и временных затрат, чем для базовых дискретных моделей.

Приведен пример расчета по МКЭ балки волокнистой структуры, имеющей поперечное сечение сложной формы. Анализ расчетов балки показывает высокую эффективность применения предлагаемых ДвКЭ.

1. Процедура построения двухсеточных конечных элементов сложной формы. Основные положения процедуры покажем на примере построения композитного ДвКЭ V_e^b сложной формы, который расположен в декартовой системе координат $Oxyz$ (рис. 3). ДвКЭ V_e^b есть прямоугольный параллелепипед размерами $18h \times 24h \times 18h$, имеющий отверстие сложной формы. Считаем, что между компонентами неоднородной структуры ДвКЭ V_e^b связи идеальны, а функции перемещений, напряжений и деформаций этих компонентов удовлетворяют закону Гука и соотношениям Коши, отвечающим трехмерной задаче теории упругости [5], т.е. во всей области ДвКЭ V_e^b реализуется трехмерное напряженное состояние. ДвКЭ V_e^b армирован непрерывными волокнами, параллельнными оси Oy. Область ДвКЭ V_e^b представляем базовым разбиением, состоящим из однородных односеточных КЭ V_j^h 1-го порядка формы куба со стороной h [1], $j = 1,...,M$; где M – общее число КЭ V_j^h. На рисунке 3 показано базовое разбиение ДвКЭ V_e^b на КЭ V_j^h в плоскости Oxz, сечения волокон (размерами $h \times h$) закрашены. Базовое разбиение ДвКЭ V_e^b учитывает его неоднородную структуру и порождает мелкую узловую сетку V_i^h. На мелкой сетке V_i^h определяем крупную сетку H_e^b. На рисунке 3 узлы сетки H_e^b отмечены точками. Общее число узлов крупной сетки H_e^b равно 60. Крупная сетка V_i^H вложена в сетку H_b формы прямоугольного параллелепипеда размерности $n_1 \times n_2 \times n_3$, которая расположена в целочисленной системе координат i, j, k; $i = 1,...,n_1$, $j = 1,...,n_2$, $k = 1,...,n_3$ (рис. 4), $n_1 = 4$, $n_2 = 5$, $n_3 = 4$, узлы сетки H_e^b отмечены точками. Заметим, что не все узлы сетки H_b являются узлами крупной сетки H_e^b.

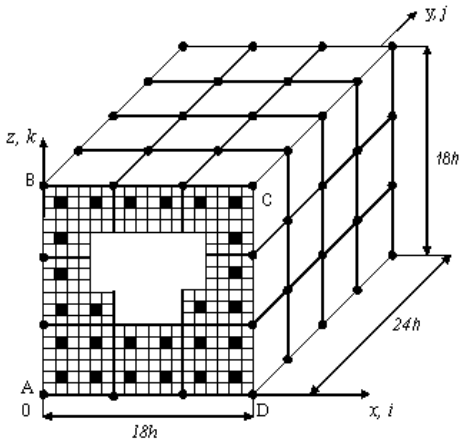


Рис. 3. ДвКЭ V_e^b сложной формы

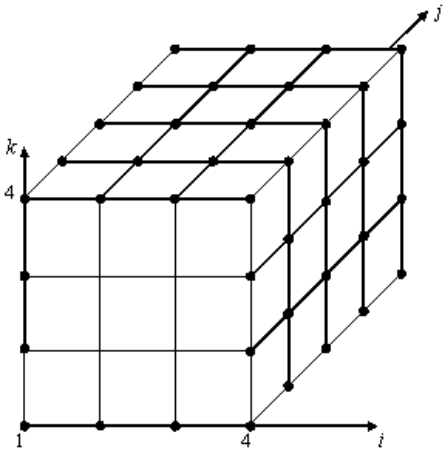


Рис. 4. Сетка H_b

При построении базисных функций перемещений $\psi_{ijk}(x,y,z)$ ДвКЭ V_e^b используем полиномы Лагранжа $L_j(y)$ и двумерный интерполяционный полином $P_b(x,z)$. Общее число базисных функций ψ_{ijk} равно 60. Отметим, что узлы крупной сетки H_e^b в плоскостях, параллельных плоскости Oxz, образуют прямоугольный КЭ $ABCD$ 3-го порядка (см. рис. 3), который имеет 12 узлов (узлы отмечены точками). Интерполяционный полином $P_b(x,z)$ для КЭ $ABCD$ (см. рис. 3) имеет вид

$$P_b(x,z) = a_1 + a_2 x + a_3 z + a_4 xz + a_5 x^2 + a_6 z^2 + a_7 x^2 z + a_8 xz^2 + a_9 xz^3 + a_{10} zx^3 + a_{11} x^3 + a_{12} z^3,$$

где a_i – постоянные, $i = 1,\ldots,12$.

Базисную функцию $\psi_{ijk}(x,y,z)$ для узла i,j,k (крупной сетки H_e^b ДвКЭ V_e^b) с координатами x_i, y_j, z_k представляем в следующем виде:

$$\psi_{ijk}(x,y,z) = N_{ik}(x,z) L_j(y), \tag{3}$$

где $N_{ik}(x,z)$ – базисные функции перемещений четырехугольного КЭ $ABCD$ (см.рис. 3), построенные по МКЭ и отвечающие полиному $P_b(x,z)$, $i = 1,\ldots,4$, $j = 1,\ldots,5$, $k = 1,\ldots,4$; $L_j(y)$ – полиномы Лагранжа, которые имеют вид

$$L_j(y) = \prod_{\alpha=1,\alpha\neq j}^{5} \frac{y - y_\alpha}{y_j - y_\alpha}. \tag{4}$$

Узлу i,j,k крупной сетки H_e^b ДвКЭ V_e^b определим число β и введем обозначение $N_\beta = \psi_{ijk}$, $\beta = 1,\ldots,60$. Тогда функции перемещений u_b, v_b, w_b ДвКЭ V_e^b (построенные на крупной сетке H_e^b) представим в виде

$$u_b = \sum_{\beta=1}^{60} \psi_\beta u_\beta, \quad v_b = \sum_{\beta=1}^{60} \psi_\beta v_\beta, \quad w_b = \sum_{\beta=1}^{40} \varphi_\beta w_\beta, \tag{5}$$

где ψ_β, u_β, v_β, w_β – базисная функция и значения функций перемещений u_b, v_b, w_b β-го узла крупной сетки H_e^b, $\beta = 1,\ldots,60$.

Пусть $\mathbf{q}_e^b = \{u_1,\ldots,u_{60}, v_1,\ldots,v_{60}, w_1,\ldots,w_{60}\}^T$ есть вектор узловых перемещений крупной сетки H_e^b, т.е. вектор узловых перемещений ДвКЭ V_e^b. Полную потенциальную энергию Π_e^b базового разбиения ДвКЭ V_e^b представим в форме [1, 6]

$$\Pi_e^b = \sum_{j=1}^{M} \left(\frac{1}{2}\mathbf{q}_j^T [K_j^h] \mathbf{q}_j - \mathbf{q}_j^T \mathbf{P}_j\right), \tag{6}$$

где $[K_j^h]$ – матрица жесткости; $\mathbf{P}_j, \mathbf{q}_j$ – векторы узловых сил и перемещений КЭ V_j^h базового разбиения ДвКЭ; T – транспонирование.

Используя (5), вектор $\mathbf{q}_j$ узловых перемещений КЭ V_j^h выражаем через вектор $\mathbf{q}_i^b$ узловых перемещений ДвКЭ V_e^b. В результате получим равенство

$$\mathbf{q}_j = [A_j^b] \mathbf{q}_i^b, \tag{7}$$

где $[A_j^b]$ – прямоугольная матрица, $j = 1,...,M$.

Подставляя (7) в выражение (6), из условия $\partial \Pi_e^b / \partial \mathbf{q}_e^b = 0$ получаем уравнение $[K_e^b]\mathbf{q}_e^b = \mathbf{F}_e^a$, где

$$[K_e^b] = \sum_{j=1}^{M} [A_j^b]^T [K_j^h][A_j^b], \;\; \mathbf{F}_e^b = \sum_{j=1}^{M} [A_j^b]^T \mathbf{P}_j \,, \tag{8}$$

здесь $[K_e^b]$, $\mathbf{F}_e^b$ – матрица жесткости и вектор узловых сил ДвКЭ V_e^b.

Отметим, что процедура построения ДвКЭ неоднородной структуры формы прямой треугольной призмы аналогична процедуре п. 1. На рисунке 5 показаны мелкая и крупная сетки ДвКЭ формы прямой треугольной призмы, узлы крупной сетки отмечены точками, сечение волокна, параллельного оси Oy, закрашено.

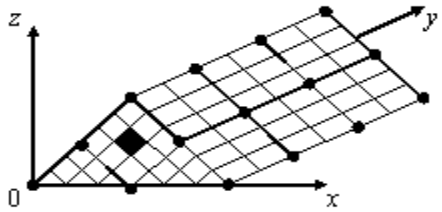


Рис. 5. ДвКЭ формы треугольной призмы

Узлы крупной сетки в плоскости Oxz образуют треугольный КЭ 2-го порядка (6 узлов), для аппроксимации перемещений которого используем интерполяционный полином вида $P(x,z) = a_1 + a_2 x + a_3 z + a_4 xz + a_5 x^2 + a_6 z^2$ [6], где $a_i = const$.

2. Результаты расчетов. В качестве модельной задачи рассмотрим расчет композитной консольной балки V_0 волокнистой структуры (рис. 6). Балка V_0 расположена в декартовой системе координат $Oxyz$, при $y = 0$ имеем $u = v = w = 0$, т.е. балка жестко закреплена. Волокна параллельны оси Oy. Базовое разбиение $\mathbf{R}_0$ балки V_0 состоит из однородных КЭ V_j^h 1-го порядка формы куба со стороной h.

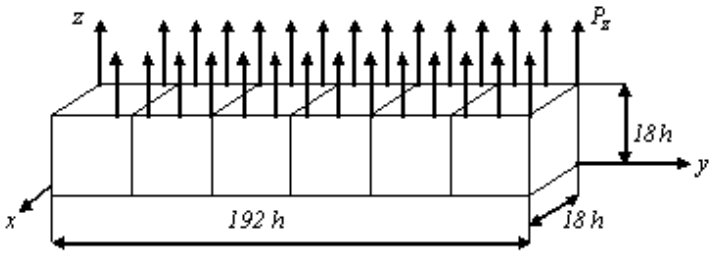


Рис. 6. Балка V_0

Разбиение $\mathbf{R}_0$ учитывает неоднородную структуру балки и порождает мелкую сетку h_a размерности $19 \times 193 \times 19$. Двухсеточная модель балки V_0 состоит из ДвКЭ V_e^b с размерами $18h \times 24h \times 18h$ (см. рис. 3), построенные по процедуре п. 1, $e = 1,...,N$, N – общее число ДвКЭ V_e^b, для балки V_0 $N = 6$. На рисунке 6 показано разбиение балки V_0 на ДвКЭ V_e^b. В узлах мелкой сетки h_a базового разбиения балки V_0 с координатами x_i, y_j, $z = 18h$, где $x_i = 6h(\alpha - 1)$,

$\alpha = 1,...,3$, $y_j = 12h + 6h(\beta - 1)$, $\beta = 1,...,31$, на балку V_0 действуют вертикальные силы $P_z = 0{,}015$. На рисунке 6 схематично показаны силы P_z. Модуль Юнга связующего материала равен 1, волокна – 10, коэффициент Пуассона для волокна и связующего материала равен 0,3. Длина балки $L = 192h$, поперечное сечение балки с характерными размерами $18h \times 18h$ имеет отверстие сложной формы (см. рис. 3).

Результаты расчетов балки V_0 показывают следующее. Максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_h = 3{,}659$ (перемещение $w_h = 224{,}697$) двухсеточной дискретной модели $\mathbf{R}_h$ балки V_0 отличается от максимального эквивалентного напряжения $\sigma_0 = 3{,}940$ (перемещения $w_0 = 228{,}802$) базовой дискретной модели $\mathbf{R}_0$ на 7,13 % (на 1,79 %). Размерность базовой модели $\mathbf{R}_0$ балки V_0 равна 178560, ширина ленты системы уравнений (СУ) МКЭ равна 1985. Двухсеточная дискретная модель $\mathbf{R}_h$ балки V_0 имеет 1152 узловых неизвестных (т.е. имеет в 155 раз меньше неизвестных базовой модели $\mathbf{R}_0$), ширина ленты СУ МКЭ равна 359 (в 5,5 раза меньше ширины ленты СУ МКЭ модели $\mathbf{R}_0$). Реализация МКЭ для двухсеточной модели $\mathbf{R}_h$ требует в 855 раз меньше объема памяти ЭВМ, чем для базовой модели $\mathbf{R}_0$. Эквивалентные напряжения определяются по 4-й теории прочности.

Литература

1. *Зенкевич О.* Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975.
2. *Фудзии Т., Дзако М.* Механика разрушения композиционных материалов. – М.: Мир, 1982.
3. *Матвеев А.Д.* Некоторые подходы проектирования упругих многосеточных конечных элементов. – Деп. в ВИНИТИ № 2990-В00. 2000.
4. *Матвеев А.Д.* Многосеточное моделирование композитов нерегулярной структуры с малым коэффициентом наполнения // ПМТФ. – 2004. – № 3.
5. *Самуль В.И.* Основы теории упругости и пластичности. – М.: Высш. шк., 1982.
6. *Норри Д., Ж. де Фриз*. Введение в метод конечных элементов. – М.: Мир, 1981.

УДК 539.371

И.О. Богульский

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОГО НОРМАЛЬНОГО УДАРА ПО СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОЙ ПРЕГРАДЕ

В работе проведено моделирование взаимодействия большого числа жестких цилиндрических ударников с упругой, слоисто-неоднородной плитой. Решение основано на эффективном численном решении задачи о взаимодействии одного жесткого цилиндра с неоднородной преградой и алгоритме сборки полного решения путем суперпозиции элементарных решений.

***Ключевые слова**: упругая среда, суперпозиция, численное решение.*

I.O. Bogulskii

MODELING OF THE COMPLEX NORMAL IMPACT ON THE LAYERED-INHOMOGENEOUS BARRIER

The interaction modeling of a large number of rigid cylindrical projectiles with the elastic, layered-inhomogeneous plate is conducted in the article. The solution is based on the task efficient numerical solution of one rigid cylinder interaction with the inhomogeneous barrier and on the algorithm of the complete solution integration by superposition of elementary solutions.

***Key words**: elastic medium, superposition, numerical solution.*

Сложность задачи взаимодействия ударников с преградой заключена в существенной трехмерности как пространственных форм ударников, так и взаимодействия волновых полей, инициируемых в преграде ударниками при множественном воздействии. Тем не менее удается достаточно эффективно исследовать процессы динамического деформирования преграды при невысокой интенсивности воздействия ударников на преграду, взаимодействие волновых полей, ограничиваясь простой реологией преграды. Эта возможность заключается в конструировании решения трехмерной задачи на основе известных (предварительно полученных) двумерных решений. Такое конструирование (суперпозиция решений) возможно при определенной постановке задачи и является достаточно эффективным алгоритмом решения. При этом появляется возможность решения следующих задач:

– вычисление концентрации напряжений в областях между ударниками вплоть до возникновения критической концентрации;

– моделирование (при наличии решений задачи для ударников достаточно малого диаметра) воздействия на преграду телом достаточно сложной пространственной формы путем конструирования (сборки) этой формы;

– задачи оптимизации (как с точки зрения наиболее эффективного воздействия на преграду, так и наиболее эффективной защиты от ударного воздействия), требующей многопараметрических расчетов.

Постановка задачи

Ограничимся рассмотрением процесса взаимодействия ударников с преградой в следующей постановке.

Пусть плита, выполненная из упругого материала, подвергается интенсивному нормальному ударному воздействию со стороны лицевой поверхности несколькими ударниками (рис. 1). Будем считать, что ударники имеют форму достаточно протяженных цилиндрических стержней, так что на процессы деформирования не будут влиять эффекты, связанные с отражением волн от тыльной стороны ударников и, как следствие, с их отскоком от преграды и т.п. Допускается, что все ударники имеют различные известные скорости подлета $U_1, U_2, \ldots, U_N$, и предполагается, что известны времена налетания, т.е. известны времена запаздывания Δt_i *i*-го ударника по сравнению с первым.

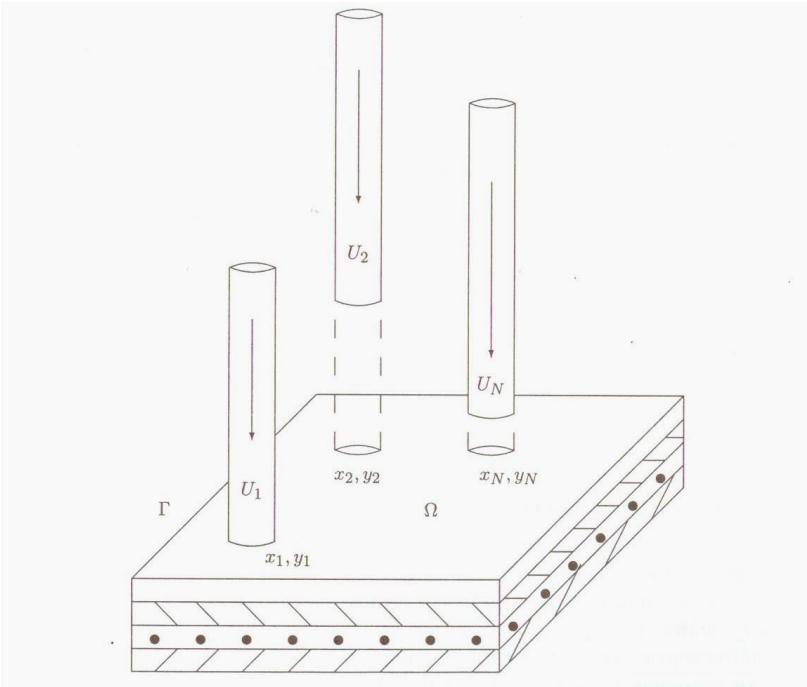


Рис. 1. Схема множественного ударного воздействия жестких ударников на упругую плиту

Будем предполагать, что преграда представляет собой упругую слоистую плиту, слои которой перпендикулярны общей оси, расположенной нормально к лицевой поверхности. Будем считать плиту достаточно протяженной, так что влияние отраженных волн от краев преграды на процесс деформирования незначительно. Это справедливо в том случае, если точки контакта ударников и плиты достаточно удалены от торца пластины. Это характерное расстояние L может быть оценено как

$$L = \min \rho(M_0, \Gamma) \geq 2c_p^1\, t^*,$$

где c_p^1 – скорость продольных упругих волн в приповерхностном слое; Γ – граница плиты; t^* – время пробега упругой волны до тыльной поверхности пластины; M_0 – точка контакта.

Такая линейная постановка задачи дает возможность получать решение сформулированной трехмерной задачи в виде суперпозиции решений двумерных осесимметричных задач о нормальном ударе одним центрально-симметричным ударником по слоисто-неоднородной упругой цилиндрической плите. Более того, двумерная осесимметричная задача для плиты определенной структуры и ударника определенного радиуса решается только один раз, после чего ее решение, записанное в виде набора данных, используется при конструировании любой трехмерной задачи описанного класса.

Ясно, что в основе такого моделирования лежит численное решение двумерной упругой задачи и его успех в большой степени определяется тем, насколько качественно и точно удается получить это решение. Алгоритм решения двумерной осесимметричной задачи подробно изложен в [1, 2], там же приведен пример численного решения задачи, являющейся основным элементом решения трехмерной задачи. Эта «элементарная» задача формулируется следующим образом.

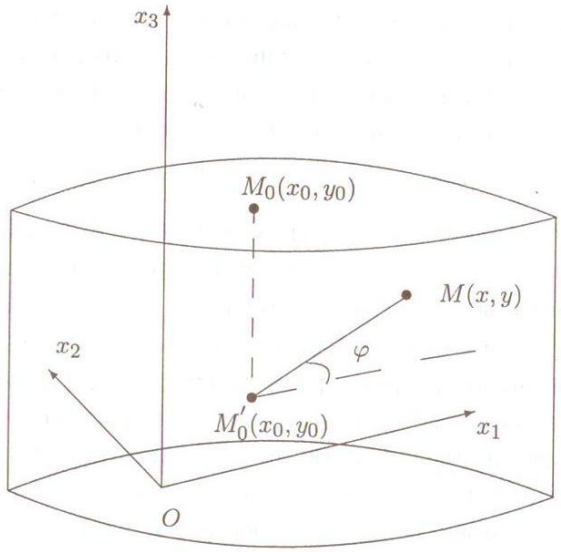


Рис. 2. Декартова прямоугольная система координат в пластине

Внутри слоистого цилиндра радиуса R, длины H при $t > 0$ необходимо определить неизвестные функции $\sigma_r, \sigma_z, \sigma_\varphi, \tau_{rz}, u_r, u_z$, удовлетворяющие уравнениям движения и закону Гука. Начальные условия при $t = 0$ нулевые. Тыльная сторона $z = 0$ свободна от напряжений

$$\sigma_z|_{z=0} = 0, \quad \tau_{rz}|_{z=0} = 0.$$

На лицевой поверхности $z = H$ внутри круга радиуса R_0 задана единичная нормальная скорость, вне этого круга поверхность является свободной

$$u_z|_{z=H} = 1, \;\; r \leq R_0, \quad \sigma_z|_{z=H}, \quad r > R_0, \quad \tau_{rz}|_{z=H},$$

на боковой поверхности цилиндра $r = R$ сформулированы неотражающие условия [1]. Между однородными слоями выполнены условия сопряжения векторов напряжения и скорости.

Алгоритм сборки

Важным элементом решения задачи в комплексе является перенос решения осесимметричной «элементарной» задачи в цилиндрических координатах на трехмерную сетку, образованную декартовыми координатами в рассматриваемой пластине. К этому моменту мы уже имеем вычисленные в каждой ячейке области (r, z) в некоторые достаточно близкие моменты времени t значения компонент тензора напряжений и вектора скорости.

С пластиной свяжем декартову систему координат (x_1, x_2, x_3) (рис. 2), ось x_3направим вдоль оси z цилиндрической системы координат (r, φ, z). Мы хотим вычислить компоненты тензора напряжений T в системе координат (x_1, x_2, x_3) в плоскости $x_3 = x_3^*$ в случае, когда один ударник налетает на плиту в точке $M_0(x_0, y_0)$ с единичной скоростью. Ограничимся случаем вычисления компонент тензора не в произвольной точке плоскости $x_3 = x_3^*$, а в центрах ячеек квадратной сетки на этой плоскости, образованной прямыми, параллельными осям x_1 и x_2 (рис. 3). Пусть нас интересует решение в точке M.

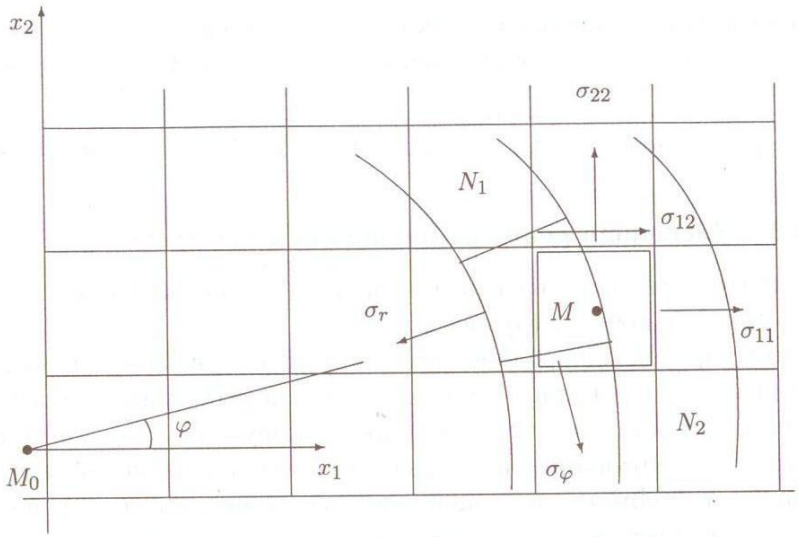


Рис. 3. К вычислению компонент тензора напряжений в центрах ячеек квадратной сетки

Зная расстояние $|M_0M| = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$и ширину ячейки h, определяем два цилиндрических слоя с номерами N_1 и N_2, между срединными поверхностями которых лежит точка M. Тогда значения компонент тензора напряжений T в точке M можно получить в результате линейной интерполяции по двум соседним значениям:

$$\hat{\sigma}_r = \sigma_r|_{N_1} + \frac{N_1M}{h}\left(\sigma_r|_{N_2} - \sigma_r|_{N_1}\right),$$
$$\hat{\tau}_{rz} = \tau_{rz}|_{N_1} + \frac{N_1M}{h}\left(\tau_{rz}|_{N_2} - \tau_{rz}|_{N_1}\right).$$

Связь между компонентами тензора напряжений в декартовой и цилиндрической системах координат дается формулами:

$$\sigma_{11} = \hat{\sigma}_r cos^2\varphi + \hat{\sigma}_\varphi sin^2\varphi, \quad \sigma_{22} = \hat{\sigma}_r sin^2\varphi + \hat{\sigma}_\varphi cos^2\varphi,$$
$$\sigma_{33} = \hat{\sigma}_z, \qquad \sigma_{12} = \left(\hat{\sigma}_r - \hat{\sigma}_\varphi\right) cos\varphi\, sin\varphi,$$
$$\sigma_{13} = \hat{\tau}_{rz} cos\varphi, \qquad \sigma_{23} = \hat{\tau}_{rz} sin\varphi.$$

Входящие в формулы функции $\sin\varphi$ и $\cos\varphi$ вычисляются как

$$\sin \quad \varphi = (x - x_0)/|M_0M|, \qquad \cos \quad \varphi = (y - y_0)/|M_0M|.$$

Таким образом, в центре каждой ячейки плоскости $x_3 = x_3^*$ вычисляются все компоненты тензора напряжений $\sigma_{ij}, i, j = 1,2,3$.

Информативной характеристикой напряженного состояния в точке является интенсивность касательных напряжений. Она вычисляется как

$$I_2 = \frac{1}{\sqrt{6}}\sqrt{(\sigma_{11}-\sigma_{22})^2 + (\sigma_{11}-\sigma_{33})^2 + (\sigma_{22}-\sigma_{33})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2 + \sigma_{23}^2)}.$$

Таким образом, трехмерную задачу о нормальном ударном воздействии на слоисто-неоднородную упругую плиту удалось свести к суперпозиции решений двумерных задач.

Численная реализация задачи в комплексе

Изложим основные принципы численной реализации этой задачи и приведем некоторые примеры решений. Окончательно алгоритм решения полной задачи представляет собой последовательность следующих этапов.

1. Для упругой однородной либо вертикально-неоднородной пластины решается «элементарная» задача об ударе налетающим на пластину с единичной скоростью жестким ударником-цилиндром радиуса R_0. Это самый длительный и трудоемкий этап, требующий значительного объема оперативной памяти. Он является автономным и выполняется вне зависимости от решения полной задачи. В результате решения создаются и хранятся файлы данных, содержащие компоненты тензора напряжений и вектора скорости во всех ячейках расчетной области на каждом шаге по времени. Решения для ударников различных радиусов и различных плит составляют банк задачи.

2. Решение самой задачи о множественном ударе не является столь ресурсоемким, так как конструируется из готовых решений, которые могут считываться в оперативную память по частям. Решение начинается с задания входной информации, состоящей:

- из количества налетающих ударников;
- координат центров каждого из них;
- скорости налетания каждого из них;
- относительного запаздывания налетания по сравнению с первым.

3. В диалоговом режиме принимается решение: в каких сечениях плиты и в какие моменты времени необходимо получить напряженно-деформируемое состояние и поле скоростей.

4. Перебирая все запланированные точки в каждом интересующем нас сечении, с помощью описанного в [1] алгоритма сборки находим решение. При этом в каждой точке суммируются решения, умноженные соответственно на U_i и сдвинутые по времени на Δt_i, где U_i – скорость подлета *i*-го ударника, Δt_i – его запаздывание по сравнению с первым.

5. Решение (поле напряжений, интенсивность касательных напряжений и т.д.) в слое выдается в виде набора линий уровня, для построения которых используется интерполяция известных в узлах регулярной сетки значений кубическими сплайнами.

Рассмотрим некоторые численные примеры, иллюстрирующие работоспособность описанного алгоритма и возможности предлагаемого метода. Характерными напряжениями при нормальном подлете ударников будут напряжения σ_z – нормальные к площадкам параллельным сечениям $z = const$. Во всех рассмотренных далее примерах была выбрана регулярная кубическая сетка 70×70×50, плита считается однородной. Один шаг по времени соответствует времени прохождения продольной упругой волны одной ячейки. Все линейные размеры будем измерять в количестве расчетных ячеек.

На рисунке 4 приведены изолинии поля напряжений σ_z и интенсивности касательных напряжений I_2 в задаче об одновременном ударе двумя ударниками, центры которых расположены друг от друга на расстоянии, равном трем диаметрам ударников (напряжения отнесены к $\lambda + 2\mu$). Радиусы ударников равны семи ячейкам. Решение приведено на сороковом шаге по времени в сечении 40.

На рисунке 5 приведены изолинии поля напряжений σ_z и интенсивности касательных напряжений I_2 в задаче об одновременном ударе по однородной плите тремя ударниками диаметром в семь ячеек. Скорости подлета всех ударников одинаковы. Их центры располагаются приблизительно в вершинах правильного треугольника со стороной 40 ячеек. Решение соответствует сороковому шагу по времени, т.е. моменту времени, когда волны напряжений от ударников движутся в глубь слоя.

Смоделируем с помощью узких ударников процесс воздействия на плиту тела достаточно сложной формы. В качестве тестового объекта выберем полый цилиндр, который будем приближать десятью жесткими сплошными цилиндрами диаметром, равным 5 ячеек каждый, которые расположим в вершинах правильного десятиугольника так, чтобы обеспечивалось касание их друг с

другом. Все элементарные ударники пусть действуют одновременно и с одинаковой скоростью. На рисунке 6 приведено решение задачи для момента времени 80 в двенадцатом слое.

На рисунке 7 приведено решение задачи, имитирующей «винтовое» воздействие на преграду. Моделируется удар по преграде полым цилиндром, срез которого представляет собой один виток пространственной винтовой линии.

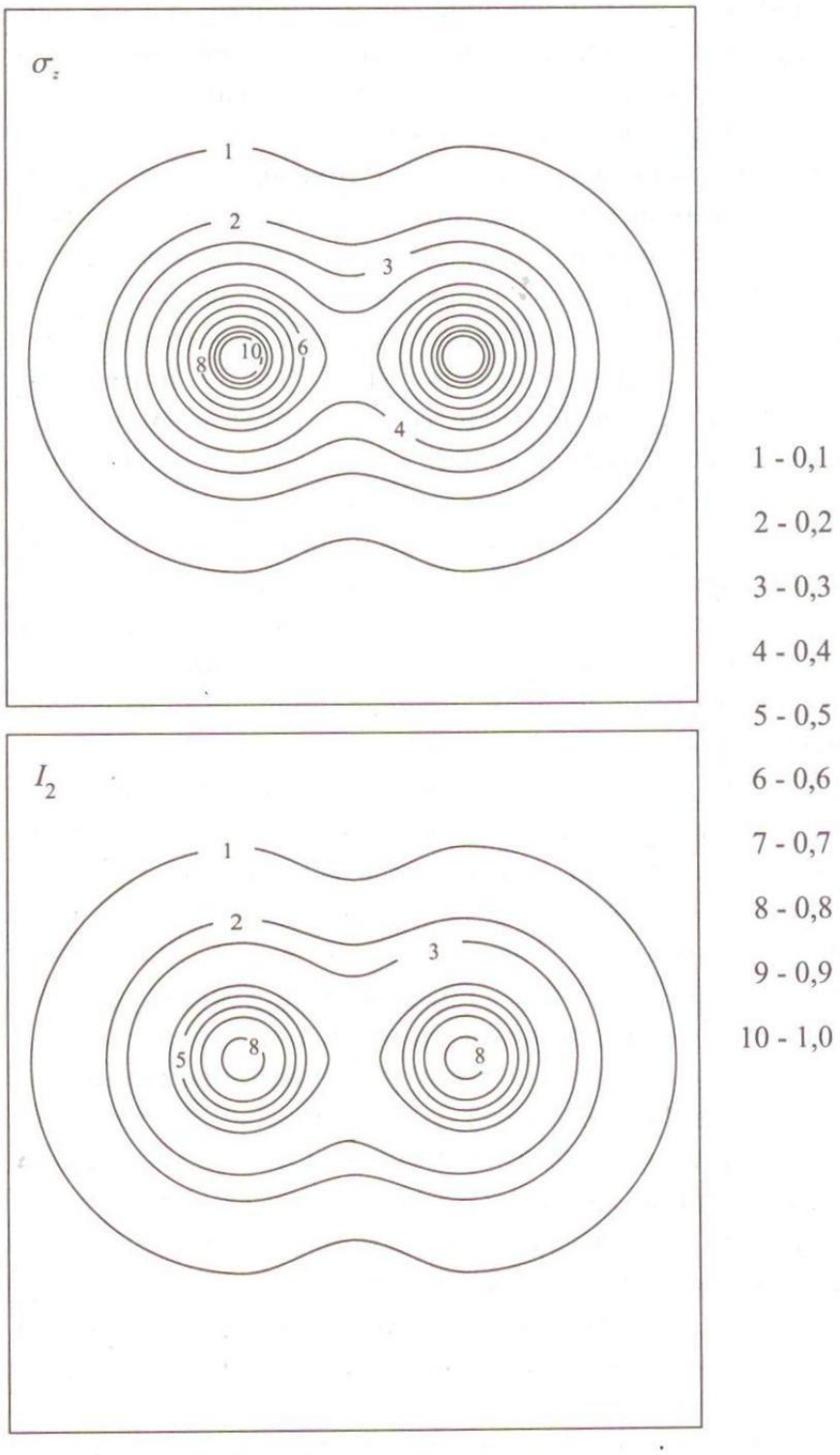


Рис. 4. Изолинии поля нормального напряжения и интенсивности касательных напряжений при воздействии на плиту двух ударников ($t = 40\Delta t$)

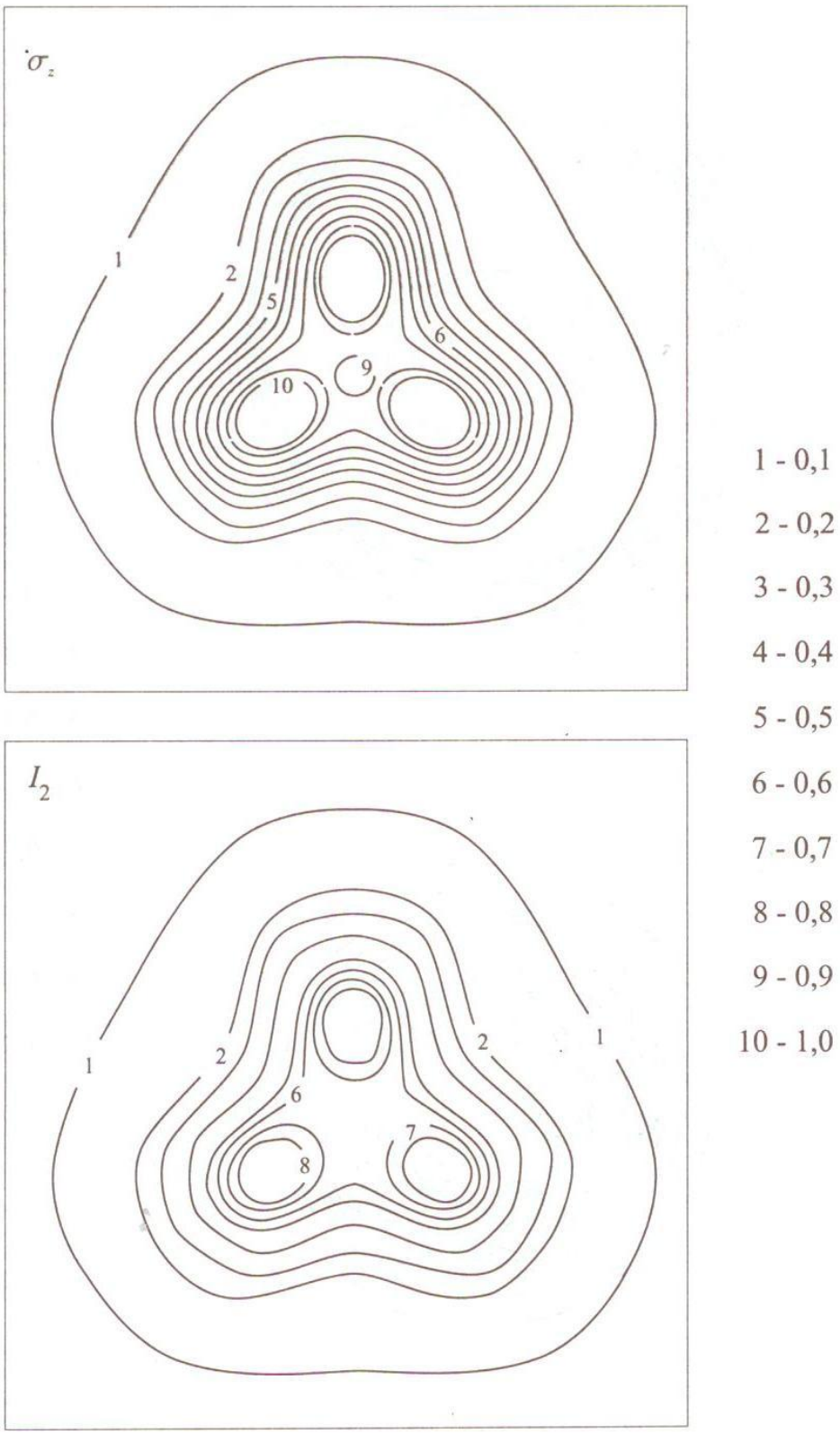


Рис. 5. Изолинии поля нормального напряжения и интенсивности касательных напряжений при воздействии на плиту трех ударников ($t = 40\Delta t$)

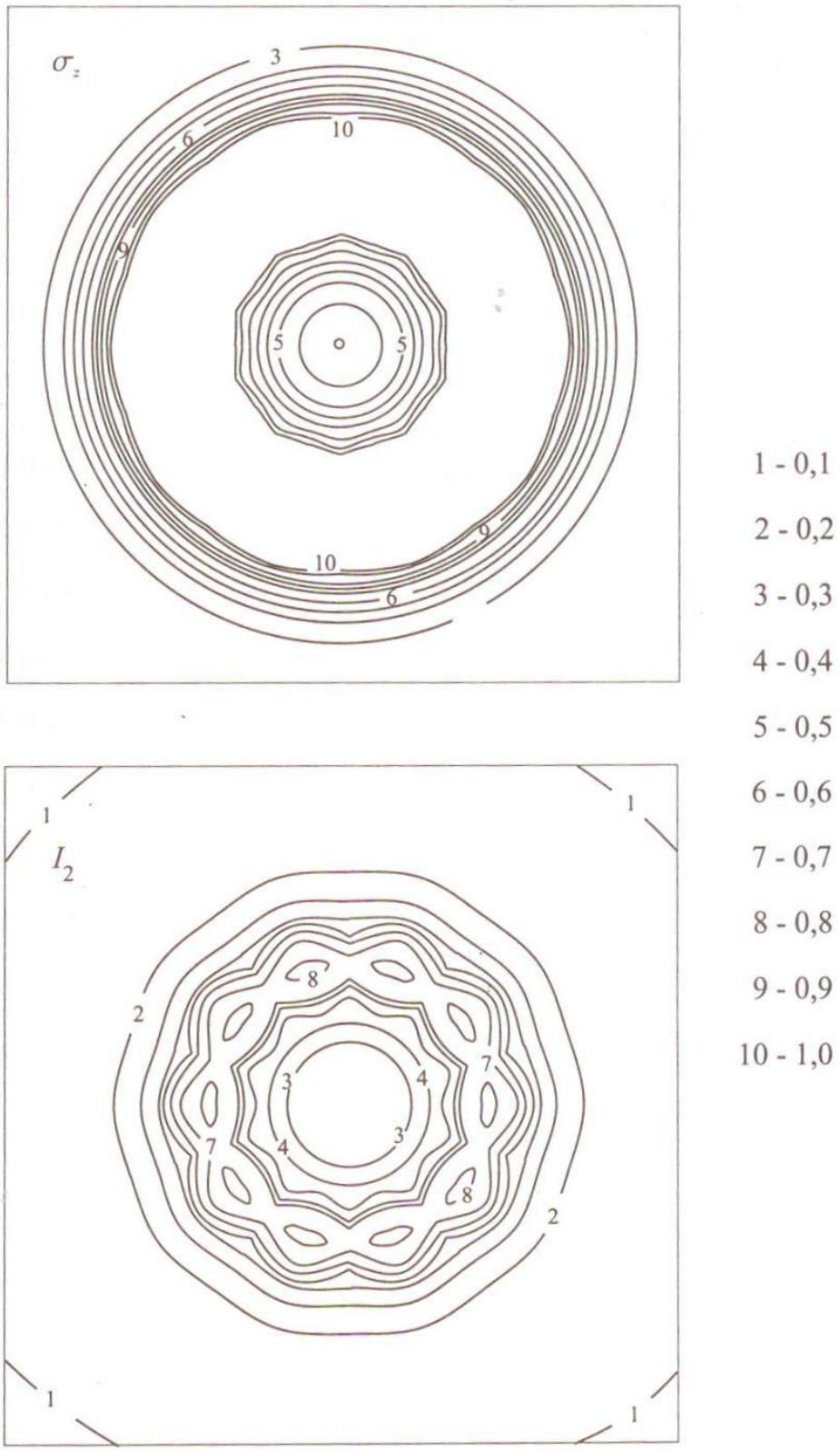


Рис. 6. Изолинии поля нормального напряжения и интенсивности касательных напряжений при воздействии на плиту полого цилиндра ($t = 40\Delta t$)

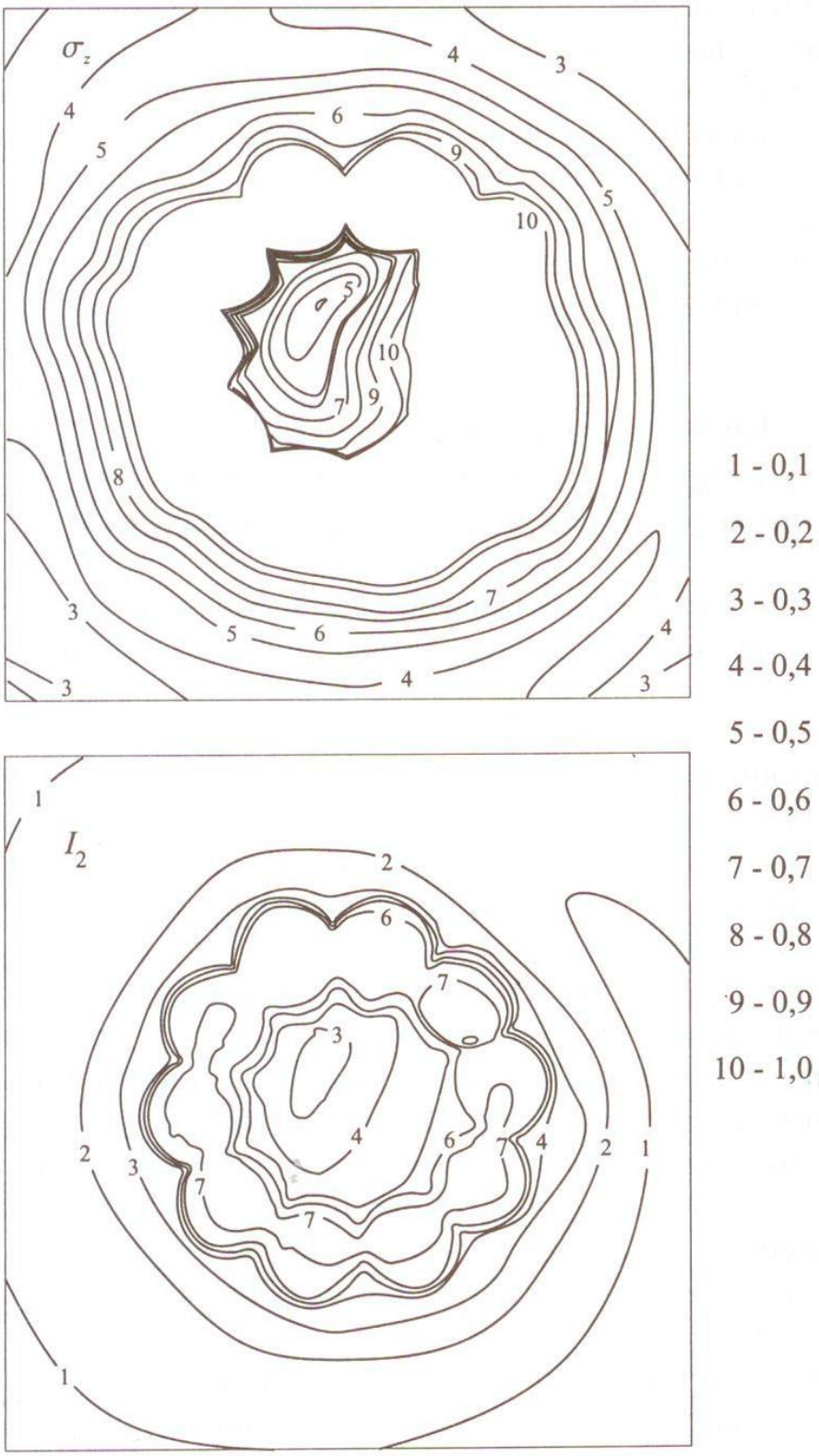


Рис. 7. Моделирование винтового воздействия на преграду ($t = 40\Delta t$)

Взаимодействие такого тела с преградой описывается следующим образом: считается, что на плиту, как и в предыдущей задаче, действуют несколько (десять в данном случае) ударников,

центры которых лежат на окружности, а сами они касаются друг друга; неровность сечения моделируется последовательным запаздыванием времени удара каждого последующего ударника по сравнению с предыдущим. В представленном на рисунках варианте запаздывание идет против часовой стрелки и составляет 5 интервалов по времени. Изолинии напряжений и интенсивности касательных напряжений приведены для момента времени 80 в двенадцатом слое.

Литература

1. Численное решение динамических задач упругопластического деформирования твердых тел / *Г.В.Иванов, Ю.М.Волчков, И.О.Богульский* [и др.]. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 352 с.
2. *Анисимов С.А., Богульский И.О.* Численное решение задач динамики упругих тел. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 1995.

УДК 620.92

Д.Н. Карамов

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕКТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА РЕЗУЛЬТАТ КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Представлены результаты комплексной оптимизации децентрализованной системы электроснабжения с учетом производственной нагрузки на базе объектов агропромышленного комплекса. По полученным результатам сделан вывод о возможности применения объектов агропромышленного комплекса для решения задачи социально-экономического развития удаленных населенных пунктов в рамках решения задачи комплексной оптимизации.

Ключевые слова: *децентрализованные системы электроснабжения, комплексная оптимизация, объекты агропромышленного комплекса, социально-экономическое развитие, удаленные населенные пункты.*

D.N. Karamov

THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX FACILITIES INFLUENCE ON THE RESULT OF THE COMPLEX OPTIMIZATION OF THE DECENTRALIZED POWER SUPPLY SYSTEMS USING THE RENEWABLE ENERGY SOURCES

The results of the complex optimization of the decentralized power supply system, taking into account the production load on the basis of the agro-industrial complex facilities are presented. According to the received results the conclusion about the possibility of the agro-industrial facilities use for the task solution of the remote settlement social-economic development in the framework of the complex optimization task solving is made.

Key words: *decentralized power supply systems, complex optimization, agro-industrial complex facilities, social-economic development, remote settlements.*

Введение. На территории России находится большое количество децентрализованных систем электроснабжения (ДСЭС). ДСЭС преимущественно расположены на территории Сибири, Дальнего Востока и Курильских островов. Основным генерирующим оборудованием для ДСЭС являются дизельные электростанции (ДЭС). Для ДЭС свойственны низкий КПД, низкая надежность, высокая стоимость дизельного топлива, длительность транспортировки дизельного топлива при ограниченном сроке сезонного завоза. Вышеперечисленные свойства приводят к высокой стоимости кВт·ч, произведенного ДЭС [1].

Опыт исследовательских коллективов показывает, что комбинированное применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и накопителей энергии в ДСЭС является экономически эффективным способом энергообеспечения потребителей [2–3]. Основные задачи, возникающие при комбинированном применении ВИЭ и накопителей энергии, носят оптимизационный характер. Комплексная оптимизация ДСЭС позволяет найти установленные мощности ВИЭ, накопителей энергии и вспомогательного оборудования.

Учет производственной нагрузки в рамках решения задачи комплексной оптимизации ДСЭС, использующих ВИЭ и накопители энергии, дает возможность рассматривать вопросы социально-экономического развития (СЭР) удаленных населенных пунктов.

При рассмотрении вопросов СЭР удаленных населенных пунктов особое внимание необходимо уделять проектам малых и средних производственных предприятий, нацеленных на удовлетворение локального (районного) спроса на сельскохозяйственную, рыбоперерабатывающую и лесную продукцию [4].

Согласно [5], объекты агропромышленного комплекса (АПК) потенциально могут использоваться для решения задачи СЭР удаленных населенных пунктов.

Цель работы. Продемонстрировать влияние объектов АПК на результат комплексной оптимизации ДСЭС, использующей ВИЭ и накопители энергии.

Математическое моделирование ДСЭС, использующей ВИЭ и накопители энергии

Математическая модель ДСЭС состоит из следующих элементов: генерация, аккумулирование, преобразование и передача электроэнергии.

Моделирование генерирующих устройств выполняется с использованием следующих литературных источников: фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) [6–8], ветроэнергетические установки (ВЭУ) [8, 9], аккумуляторные батареи (АБ) [10, 11], ДЭС [12].

Преобразование и передача электроэнергии выполняются следующими элементами: трансформаторы (ТР), воздушные линии (ВЛ) [13], силовые инверторы (СИН), выпрямители (ВП) [14,15].

В рамках модели разработана программа по определению астрономических параметров Солнца исходя из координат местности, месяца, числа и часа расчетного периода. Далее с использованием результатов замеров автоматическими метеостанциями климатических данных, представленных в [16], создается массив, описывающий с шагом один час следующие параметры окружающей среды: температура окружающей среды, °С; давление воздуха, кПа; облачность, %; скорость ветра на высоте 10 метров, м/с. Как правило, число лет метеонаблюдений для удаленных населенных пунктов находится в интервале от 5 до 12.

На рисунке 1 представлен общий вид модели ДСЭС, использующей ВИЭ и АБ.

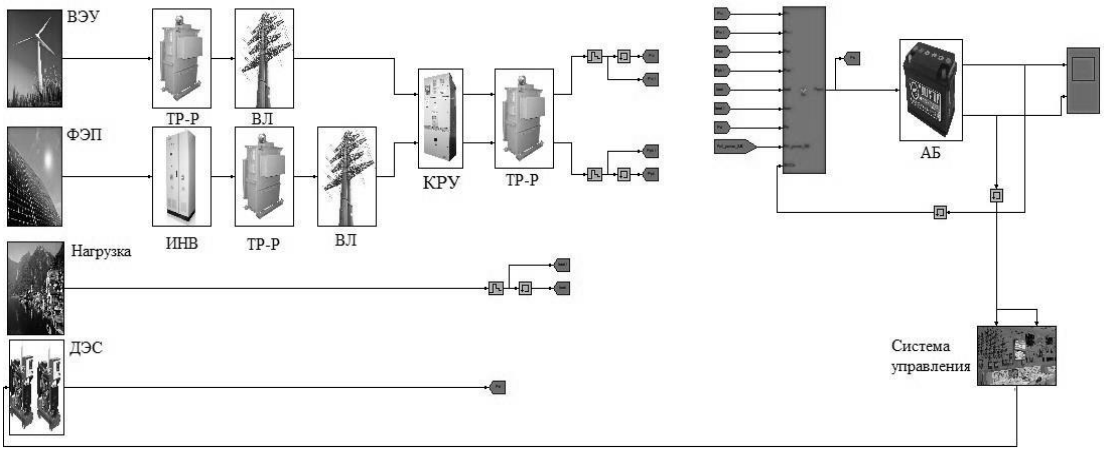


Рис. 1. Общий вид модели ДСЭС, использующей ВИЭ и АБ:

ВЭУ, ФЭП, НАГРУЗКА, ДЭС, ТР-Р, ВЛ, КРУ, АБ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ – блок расчета ветроэнергетических установок, фотоэлектрических преобразователей, нагрузки, дизельной электростанции, трансформаторов, воздушных линий, комплектных распределительных устройств, аккумуляторных батарей, системы управления

Определение состава оборудования ДСЭС

Цель – нахождение оптимального соотношения генерирующих мощностей и вспомогательного оборудования при минимальной стоимости произведенного кВт·ч. Для сравнения вариантов применяется методика уравновешенной стоимости электроэнергии (Levelized cost of electricity; LCOE) [17]. LCOE, руб/кВт·ч – это стоимость электроэнергии, отпускаемой непосредственно с комбинированного комплекса, использующего ВИЭ и накопители энергии.

Целевая функция имеет вид

$$\mathrm{LCOE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{K_i + M_i + F_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{E_i}{(1+r)^i}},$$

где K_i – капиталовложения; M_i – эксплуатационные расходы; F_i – топливные издержки; E_i – производство электроэнергии, кВт·ч; r – коэффициент дисконтирования; n – число лет расчетного периода, г.; подстрочным индексом i обозначены величины, относящиеся к i-му году расчетного периода.

Алгоритм оптимизации представляет собой многоитерационный трехступенчатый замкнутый процесс с постепенным изменением установленных мощностей элементов генерации и аккумулирования электроэнергии. В основе программы заложен метод Гаусса-Зейделя.

На рисунке 2 представлен алгоритм оптимизации ДСЭС.

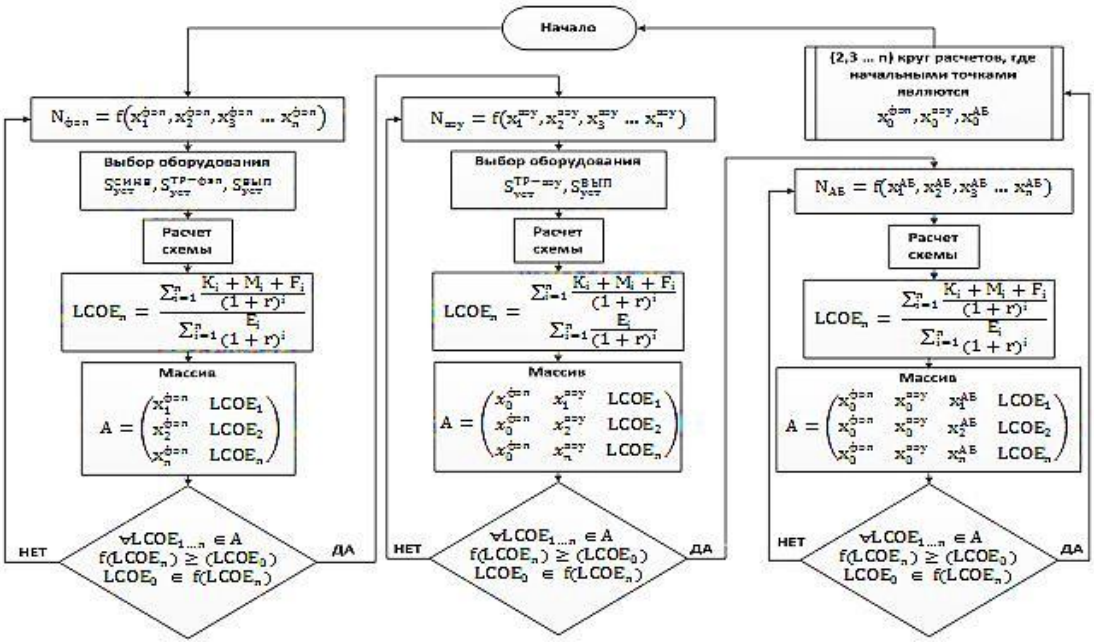


Рис. 2. Алгоритм оптимизации ДСЭС

В качестве примера была рассмотрена ДСЭС «Хамра» (Ленский район, Якутия). Максимальная нагрузка наблюдается в зимний период и составляет 90 кВт. На текущий момент в ДСЭС «Хамра» используются дизель-генераторные агрегаты с установленной мощностью 30, 60, 75 и 100 кВт. Стоимость дизельного топлива с учетом доставки в настоящее время составляет 55 рублей за литр. Удельное потребление дизельного топлива составляет 497,8 мл на производство кВт·ч [1]. Высокая стоимость дизельного топлива, а также его большое удельное потребление являются причиной высокой стоимости произведенного кВт·ч, которая на текущий момент составляет 22 рубля, что не дает возможности рассматривать вопросы СЭР поселка «Хамра».

Постановка задачи для ДСЭС «Хамра»: выполнить комплексную оптимизацию ДСЭС с применением ВИЭ и АБ, с учетом производственных мощностей на базе АПК.

Комплексная оптимизация ДСЭС «Хамра»

При оптимизации ДСЭС «Хамра» рассматривается следующее оборудование, представленное в таблице 1.

Таблица 1

Заводские параметры оборудования, используемого в расчетной модели

ФЭП	$P_{уст}$, кВт	$U_{опт}$, В	КПД	Площадь, мм
ТСМ – 250А	0,250	31	0,20	1633x996
АБ	$Q_{уст}$, А·ч	$U_{АБ}$, В	-	-
Rolls – S-12-230	230	12	0,95	530x209x218
ДЭС	$P_{уст}$, кВт	$Q_{ном}$, мл/кВт·ч	-	-
2 x ЯМЗ-100	100	300	0,3	5250x2200x2500
ВЭУ	$P_{уст}$, кВт	$V_{стр}$, м/с	-	Радиус, м
Sokol Air Vertical-15	15	2,2	0,4	2,5

Примечание. $P_{уст}$ *– единичная установленная мощность агрегата;* $Q_{уст}$ *– установленная емкость АБ;* $U_{опт}$ *– напряжение ФЭП в точке максимального отбора мощности;* $U_{АБ}$ *– номинальное напряжение АБ;* $V_{стр}$ *– скорость страгивания ВЭУ;* $Q_{ном}$ *– номинальный расход дизельного топлива на производство, кВт·ч.*

В таблице 2 представлены объекты АПК, используемые для СЭР удаленного населенного пункта Хамра.

Таблица 2

Объекты АПК, используемые для СЭР п. Хамра

Тип	$Q_п$, т/год	P_{min}, P_{max}, кВт	$t_{ввода}$, ч
Молочная ферма на 20 голов	100 тонн молока	10-25	с 0 ч (с начала расчёта)
Осетровая ферма	10 тонн рыбы	10-15	с 17520 ч (с 3-го года)

Примечание. $Q_п$ *– производительность предприятия;* P_{min}, P_{max} *– минимальная и максимальная нагрузка;* $t_{ввода}$ *– время ввода в эксплуатацию производственных предприятий.*

После внесения параметров в расчетную модель запускается многоитерационный процесс комплексной оптимизации.

В таблице 3 показаны результаты комплексной оптимизации ДСЭС «Хамра».

Таблица 3

Результаты комплексной оптимизации ДСЭС «Хамра»

Без учета производственной нагрузки (*вариант 1*)							
ФЭП кВт	ВЭУ кВт	АБ кВт·ч	ДЭС кВт	$W_{эл}$, тыс. кВт·ч.	K_{Σ}, млн руб.	$F_{год}$, литры	LCOE, руб./кВт·ч
150	0	993,6	100	400	16,15	67950	15,31
С учетом производственной нагрузки объектов АПК (*вариант 2*)							
250	0	1987,2	100	600	30,98	89075	14,09

Примечание. $W_{эл}$ *– годовое потребление электроэнергии;* K_{Σ} *– капиталовложения;* $F_{год}$ *– годовое потребление дизельного топлива.*

Анализ полученных результатов. В результате оптимизации получены два варианта состава оборудования ДСЭС «Хамра». Оптимальной технологией производства электроэнергии является фотодизельный комплекс генерации с аккумуляторными батареями (ФЭП-ДЭС-АБ). В варианте 2 относительно варианта 1 рост годового потребления электроэнергии составил 33 %, при этом годовое потребление дизельного топлива увеличилось всего на 23 %. Относительно небольшое увеличение потребления дизельного топлива связано с тем, что рост производственной нагрузки наблюдается в период, когда ФЭП имеют максимальные значения выработки электроэнергии. Снижение стоимости произведенного кВт·ч по вариантам составило 8%.

Заключение. Согласно полученным результатам, ввод производственной нагрузки существенно влияет на результат комплексной оптимизации. Следует отметить, что уменьшение значения стоимости произведенного кВт·ч наблюдается только при вводе в эксплуатацию объектов АПК. Следовательно, объекты АПК можно рассматривать для решения задач СЭР удаленных населенных пунктов, использующих в качестве основного генерирующего оборудования ВИЭ и НЭ.

Стоит отметить, что разным территориям присуще индивидуальное распределение возобновляемых энергоресурсов, следовательно, задачу комплексной оптимизации с учетом производственных мощностей АПК необходимо рассматривать для каждой ДСЭС индивидуально.

Литература

1. *Карамов Д.Н.* Актуальность применения возобновляемых источников энергии в децентрализованных населенных пунктах России на примере Ленского района Республики Саха (Якутия) // Вестник ИрГТУ. – 2013. – №11 (82). – С. 279–283.
2. Rodolfo Dufo-López, José L. Bernal-Agustín. Multi-objective optimization minimizing cost and life cycle emissions of stand-alone PV–wind–diesel systems with batteries storage // Applied Energy. – 2011. – V. 88. – P. 4033–4041.
3. *Dekker J., Nthontho M., Chowdhury S.* Economic analysis of PV/diesel hybrid power systems in different climatic zones of South Africa // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2012. – V. 40. – № 1. – P. 104–112.
4. *Ивантер В.В., Кожемяко О.Н., Кувалин Д.Б.* Долгосрочное социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Забайкалья: основные проблемы и задачи // Доклад рабочей группы к заседанию Президиума Государственного совета России. – 2012. – С. 1–14.
5. *Lahimer A.A., Alghoul M.A., Yousif Fadhil.* Research and development aspects on decentralized electrification options for rural household // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – V. 24. – P. 314–324.
6. *Раушенбах Г.* Справочник по проектированию солнечных батарей: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
7. *Salas V., Alonso-Abella M., Chenlo F.* Analysis of the maximum power point tracking in the photovoltaic grid inverters of 5kW // Renewable Energy. – 2009. – V. 37. – P. 2366–2372.
8. *Стычинский З.А., Воропай Н.И.* Возобновляемые источники энергии: теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика. – Магдебург; Иркутск, 2010. – 215 с.
9. *Peter Musgrove.* Wind Energy. – Cambridge university press, 2010. – 323 p.
10. *Thomachan A. Kattakayam, Srinivasan K.* Lead acid batteries in solar refrigeration systems // Renewable Energy. – 2004. – V. 29. – P. 1243–1250.
11. *Tremblay O., Dessaint L.* Experimental validation of a battery dynamic model for EV application // World Electric Vehicle Journal. – №3. – 2009. – P. 1–10.
12. *Erkan Dursun, Osman Kilic*. Comparative evaluation of different power management strategies of a stand-alone PV/Wind/PEMFC hybrid power system // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2012. – V. 34. – P. 81–89.
13. *Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М.* Справочник по проектированию электрических сетей. – М.: Энас, 2012. – 376 с.

14. *Salas V., Olıas E.* Overview of the state of technique for PV inverters used in low voltage grid-connected PV systems: Inverters above 10kW // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – V. 15. – P. 1250–1257.
15. *Hassaine L., Olıas E., Quintero J.* Overview of power inverter topologies and control structures for grid connected photovoltaic systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – V. 30. – P. 796–807.
16. URL: www.rp5.ru.
17. *Kost C., Mayer J.N., Thomsen J.* Levelized cost of electricity renewable energy technologies // Fraunhofer institute for solar energy system (FISE). – 2013. – P. 27–33.

УДК 628.971.6(571.51)

О.Н. Животов, Я.А. Кунгс

ПРОЕКТ ИННОВАЦИОННОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ УЛИЦЫ ДУБРОВИНСКОГО В ГОРОДЕ КРАСНОЯРСКЕ

Показаны экономические, энергетические, технические, эстетические и экологические преимущества светодиодного освещения улицы. Даны конструкция и параметры осветительной установки улицы, рассчитанной по программе «Dialux», определены экономические показатели новой системы освещения улицы Дубровинского.

***Ключевые слова**: экономика, светодиоды, натриевые лампы, светильник, светоотдача, улица, конструкция, параметры, расчет, план, анализ, дорога, пешеходная зона, изолинии, показатели, расходы, капитальные затраты, эксплуатационные затраты.*

O.N. Zhivotov, Ya.A. Kungs

THE PROJECT OF THE INNOVATIVE LED LIGHTING OF DUBROVINSKY STREET IN KRASNOYARSKCITY

The economic, energy, technical, aesthetic and environmental advantages of the street LED lighting are shown. The design and parameters of the street lighting installation developed by the «Dialux» program are given; the economic indicators of the new street lighting system in Dubrovinsky street are determined.

***Key words**: economics, LEDs, sodium lamps, lamp, light output, street, construction, parameters, calculation, plan, analysis, road, pedestrian area, isoline, indicators, costs, capital costs, operating costs.*

В настоящее время в мире существует общая тенденция перехода на светодиодное освещение как наиболее экономичное и экологически безопасное.

Так, Конгресс США выделил более 1 млрд долларов на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по повышению энергетических и эксплуатационных показателей светодиодов. «Тошиба» и другие японские фирмы постоянно совершенствуют выпускаемые светотехнические установки с применением светодиодов, в том числе и фирма «Тойота» для своих автомобилей, столица Испании Мадрид полностью переходит на светодиодное освещение, также во всемирно известном музее «Лувр» полностью внедряется светодиодное освещение. [1]

Общеизвестны основные преимущества светодиодов как источников света:

1. Экономия электроэнергии из-за высокой светоотдачи, достигающей 100 люмен на ватт. В уличном освещении единственным конкурентом светодиодам являются натриевые лампы ДНаТ со светоотдачей до 130 Лм/Вт, однако лампы ДНаТ имеют световое излучение оранжево-красного цвета, состоящее из трех спектральных линий красного цвета, что нарушает нормальное цветовосприятие окружающих предметов.

2. Срок службы, достигающий 100 тыс. часов дает сокращение эксплуатационных затрат на чистку, мойку и демеркуризацию ртутьсодержащих ламп ДНаТ, ДРЛ и др.
3. Высокая механическая прочность и надежность.
4. Отсутствие времени разогрева, что обеспечивает быстрое включение светильников.
5. Возможность управления светодиодным потоком.
6. Отсутствие вредного для здоровья ультрафиолетового излучения.

Организация проектирования и строительства светодиодного освещения транспортно-напряженной улицы Дубровинского является первой попыткой нововведения в масштабах крупного города с миллионным населением. Длина ул. Дубровинского составляет 2800 метров, на ней будет установлено 207 светильников общей мощностью 2716 кВт.

В Красноярске внедрены отдельные осветительные установки со светодиодными светильниками, самое большое из них – освещение железнодорожного моста 4100 через реку Енисей.

Производством светодиодных светильников различных типов, в том числе для уличного освещения, в Красноярске занимается малое предприятие «Кисан», которое является соавтором проекта освещения улицы Дубровинского. Светильники «Кисан» будут применены для освещения улицы Дубровинского.

Исследованиями осветительных приборов и установок в Красноярске занимаются ученые Сибирского федерального и Красноярского аграрного университетов.

Конструкция и параметры осветительной установки улицы Дубровинского

Общая длина осветительной линии между конечными пунктами составляет 5300 метров. Линия выполняется на стандартных опорах СП7009/110-01д(02д) самонесущим проводом марки СИП 2 сечением жилы 35 мм^2. На опорах монтируются светильники двух видов: КИСАН СКУ. LSS-160-16000-SH1-IP65 – уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В и С мощностью 160 W для освещения проезжей части и СКУ.LSS-40-4000-SH1-IP65 – уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С для освещения пешеходных дорожек. Полные характеристики светильников приведены на рисунке 1

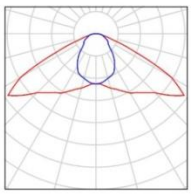
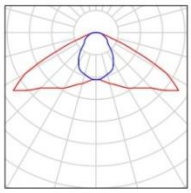
30 Шт.	Кисан СКУ.LSS-150-15000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С. № изделия: СКУ.LSS-150-15000-SH1-IP65 Световой поток (Светильник): 14095 lm Световой поток (Лампы): 15000 lm Мощность светильников: 150.0 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 39 80 97 100 94 Комплектация: 1 x По определению пользователя (Поправочный коэффициент 1.000).	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	
11 Шт.	Кисан СКУ.LSS-80-8000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С. № изделия: СКУ.LSS-80-8000-SH1-IP65 Световой поток (Светильник): 7048 lm Световой поток (Лампы): 8000 lm Мощность светильников: 80.0 W Классификация светильников по CIE: 100 CIE Flux Code: 39 80 97 100 88 Комплектация: 1 x По определению пользователя (Поправочный коэффициент 1.000).	Изображение светильников дается в фирменном каталоге.	

Рис. 1. Количество и технические характеристики светильников, которые были использованы при расчете освещения автодороги и пешеходной зоны заданного участка улицы Дубровинского

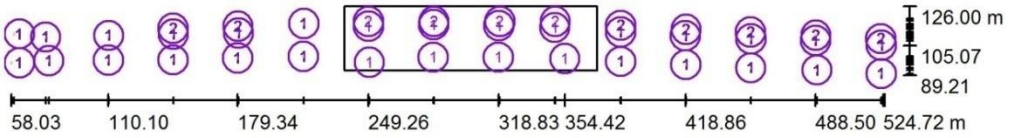
Общее число светильников мощности 160 W оставляет 156 штук, мощностью 40 W – 51 штука. Осветительная линия будет получать питание от трансформаторной подстанции, которую

планируется установить вблизи панелей ПУНО. Общая мощность, потребляемая осветительной установкой, составляет 2718 кВт.

Важнейшей частью в создании осветительной установки освещения улиц и дорог является выбор параметров размещения шага опор и мощности источника света по заданному уровню освещенности проезжей части транспорта и пешеходной зоны. В данном случае светодиодная осветительная установка, согласно ГОСТ Р55706-2013, относится к дороге класса А и должна обеспечивать освещенность не менее 20 люкс, пешеходной зоны – не менее 10 люкс.

Расчет светотехнической части выполнен на ЭВМ по программе Dialux. На рисунке 1 приведены данные и кривые светораспределения светильника, что по российской классификации относится к классу «полуширокая».

На рисунке 2 приведен план расположения каждого светильника первого и второго типа на расчетном участке.



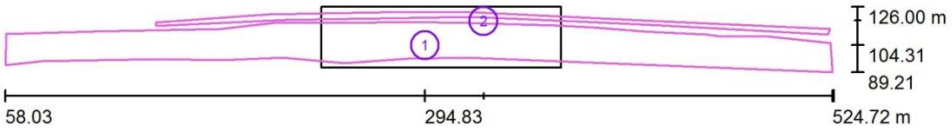
Масштаб 1 : 3337

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение
1	30	Кисан СКУ.LSS-150-15000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С.
2	11	Кисан СКУ.LSS-80-8000-SH1-IP65 Уличный светодиодный светильник для дорог классов А, В, С.

Рис. 2. План расположения каждого светильника 1-го и 2-го типа на заданном участке улицы Дубровинского

На рисунке 3 приведен обзор освещенности расчетных поверхностей проезжей части дороги и пешеходной зоны по отдельности, а также сведенных вместе.



Масштаб 1 : 3337

Список расчетных поверхностей

№	Обозначение	Тип	Растр	$E_{ср}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / $E_{ср}$	E_{min} / E_{max}
1	Дорога	по вертикали	128 x 64	24	9.60	45	0.397	0.213
2	Пешеходная зона	по вертикали	128 x 32	18	7.31	31	0.403	0.236

Сводка результатов

Тип	Число	Средн. [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / $E_{ср}$	E_{min} / E_{max}
по вертикали	2	23	7.97	45	0.34	0.18

Рис. 3. Обзор результатов расчета освещения участка автодороги (расчетная поверхность №1) и участка пешеходной зоны (расчетная поверхность №2) по отдельности, а также сведенных вместе. Еср – средний уровень освещенности

Анализ расчетов показывает, что средняя освещенность проезжей части дороги составляет Eср=24lx(люкс), по пешеходной зоне Eср=18lx(люкс). Средняя освещенность по обеим зонам составляет Eср=23lx(люкс).

На рисунке 4 показано отображение участка дороги в фиктивных цветах, что позволяет выявить качество освещенности, переосвещенные и недосвещенные участки дороги (при их наличии).

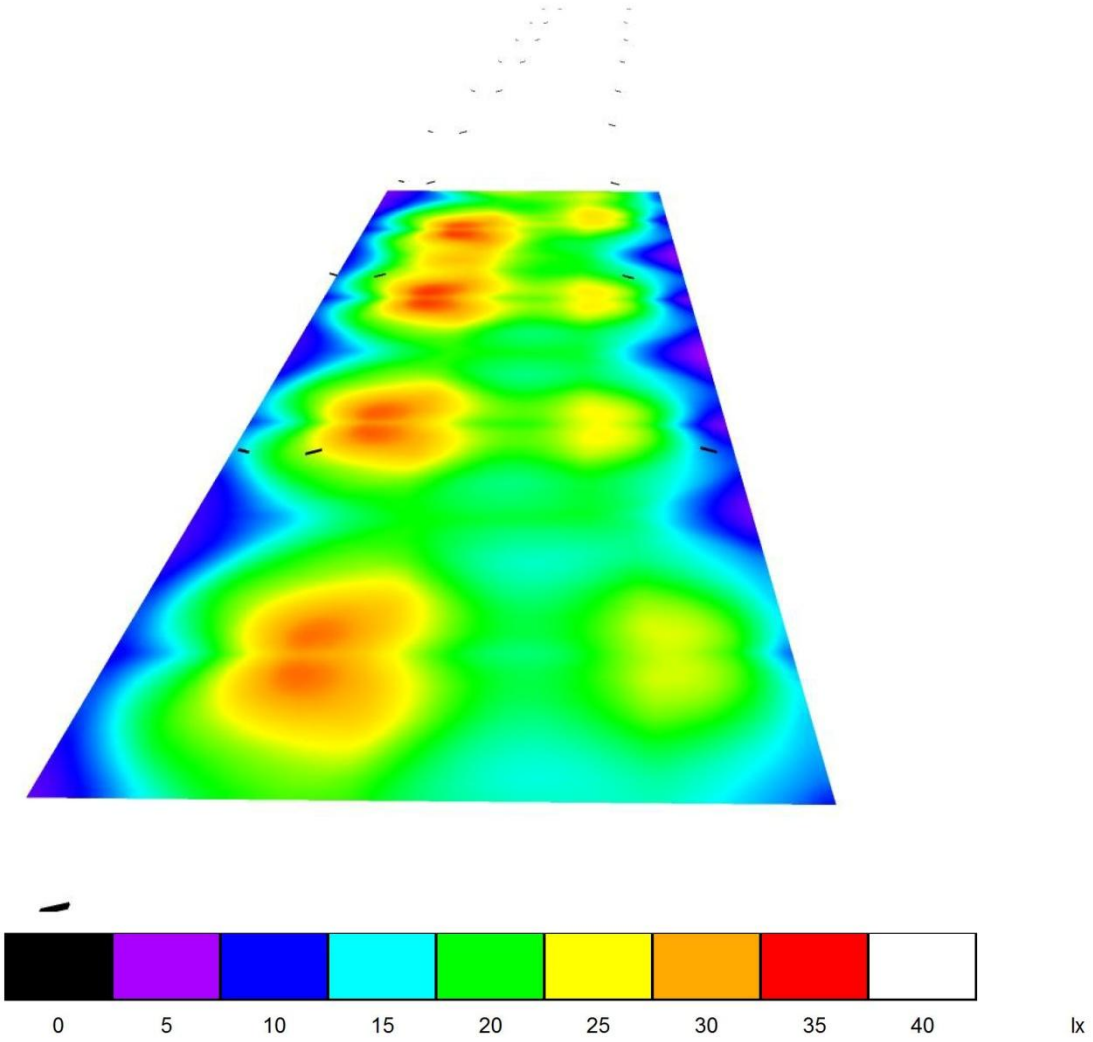


Рис. 4. Отображение освещаемого участка в фиктивных цветах позволяет оценить качество освещения и точно определить недосвеченные или пересвеченные зоны при их наличии

Для лучшей оценки освещенности дороги и пешеходной зоны компьютером выбран участок длиной 135 метров, для которого построены изолинии освещенности начиная от точки расположения светильника. Анализ изолиний показывает, что нормированная освещенность выдерживается на всем расчетном участке (рис. 5).

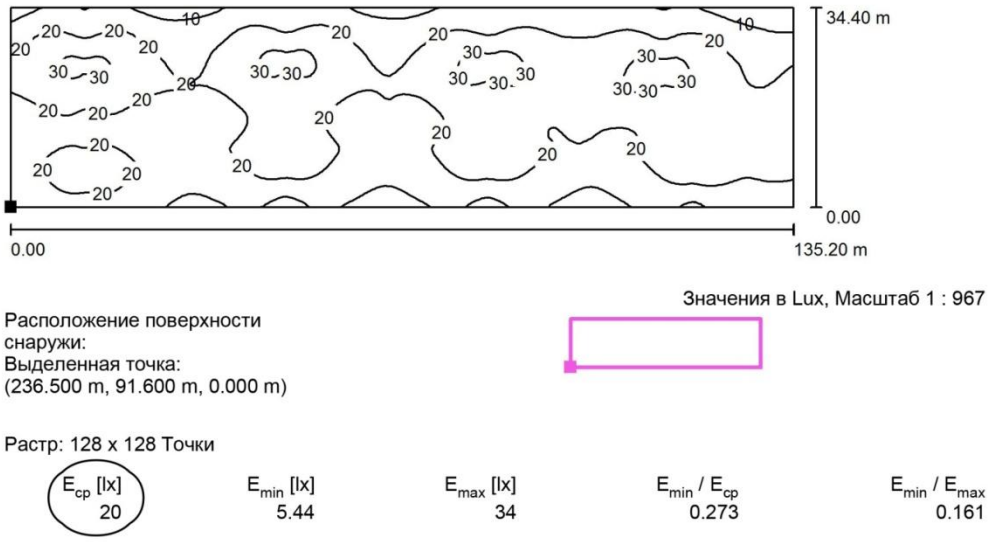


Рис. 5. Расчетная поверхность. Дорога и пешеходная зона. Изолинии (Е). Участок автодороги и пешеходной зоны длиной 135 метров взят для примера, чтобы можно было более подробно увидеть распределение света и уровни освещенности в зонах непосредственно в местах установки светильников

Аналогичный анализ выполнен отдельно для проезжей части и пешеходной зоны, где средний уровень освещенности составляет Ecp=23lx(люкс), что соответствует заданной норме (рис. 6, 7).

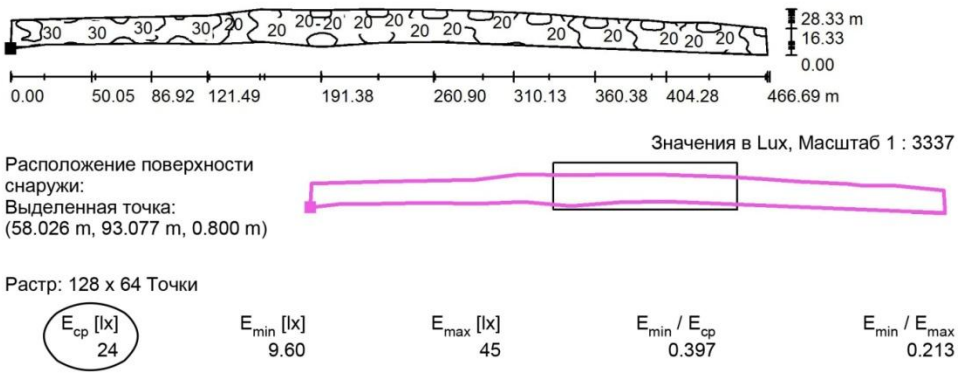


Рис. 6. Средний уровень освещенности автодороги отдельно

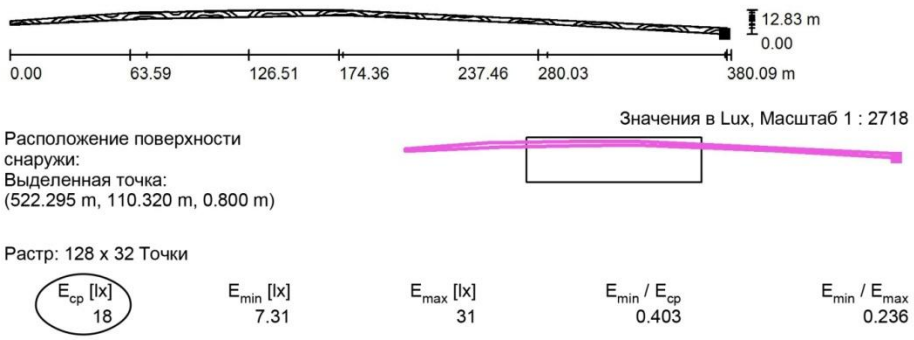


Рис. 7. Средний уровень освещенности пешеходной зоны отдельно

Светотехнический расчет показал, что установленные мощности светодиодных светильников Ру1=160 W и Ру2=40 W способны обеспечить заданные уровни освещенности улиц и пешеходной зоны.

Экономические показатели новой системы освещения ул. Дубровинского

Сметная стоимость, согласно локальному сметному расчету, на первый этап строительства 24725 тысяч рублей.

Разделы сметы: фундаменты под опоры, опоры, строительные работы, земляные работы, монтажные и демонтажные работы и затраты по автоперевозкам будут одинаковыми для обеих систем освещения, за исключением используемых источников света.

Стоимость светильников светодиодных СКУ 160 мощностью 160 Вт составляет 20300 руб., светильника СКУ 40 – 6600 руб.

Стоимость светильников ЖКУ с лампами ДНаТ мощностью 150 Вт составляет 5851 руб., с мощностью 70 Вт – 6137 руб.

Сопоставление стоимости светильников показывает, что оба варианта (ЖКУ и СКУ) несопоставимы по первоначальным затратам в силу их большой ценовой разницы. Однако по эксплуатационным затратам – сроку службы светодиодов 100 000 часов и сроку службы ламп ДНаТ 15 000 часов, что сокращает затраты на чистку и мойку светильников в 3-4 раза, демеркуризацию ртутных ламп, морозостойкость осветительной остановки, новое качество света, близкое к солнечному, дает значительное сокращение эксплуатационных расходов.

В нижеприведенной таблице приведены некоторые показатели двух вариантов осветительной установки (на лампах ЖКУ и СКУ).

Сравнительная таблица вариантов ул. Дубровинского

Сравнение вариантов освещения ул. Дубровинского										
Тип светильника	**Мощность освещения дороги, кВт**	**Световой поток светильника, Лм**	**Индекс цветопередачи, Ra**	**Удельная мощность освещения 1 км дороги, кВт/км**	**Срок службы светильника/ лампы, час.**	**Стоимость 1 светильника, руб.**	**Капитальные затраты на устройство уличного освещения, руб.**	**Затраты на электроэнергию, руб/год**	**Эксплуатационные затраты (замена ламп), руб/год**	**Срок окупаемости, год.**
ЖКУ 15-250/ ЖКУ 12-70	42,82	**30000/ 6000**	20-30	14,76	12000	**7982/3561***	**24724774**	312586	57345	-
СКУ.LSS 160/ СКУ.LSS 40	**27,16**	16000/ 4000	**80**	**9,36**	**100000**	20300/ 6600	26984452	**198268**	**0**	13,16
* - в стоимости учтена стоимость лампы.										
Экономический эффект, руб/год						171663				
Увеличение капитальных затрат по сравнению с базовым вариантом, %						9,13				

На основе таблицы выполнен расчет эксплуатационных расходов. При этом использованы данные Красноярскгорсвета.

При расчете эксплуатационных расходов учтены следующие составляющие:

1. Годовое потребление электроэнергии, что для светильников с лампами ДНаТЖКУ 4282 кВт×39744 = 17, 016 млн кВт/ч; для светодиодных светильников СКУ 27,16×3974 = 0, 107 млн кВт/ч. Разность затраченной электроэнергии составит 17,06 – 0,107 = 16,909 млн кВт/ч в год, или 4,49 млн руб. Расчеты показывают, что замена светильников ЖКУ с лампами ДНаТ на светодиодные светильники СКУ дает экономию электроэнергии 16,909 млн кВт/ч в год или, при стоимости электроэнергии 2,66 руб. на кВт/ч экономию электроэнергии 44,49 млн руб.

2. По расчетам «Красноярскгорсвета» эксплуатационные расходы на один светильник ЖКУ составляет 1518,35 руб., а на 207 светильников – 314,3 тыс. руб. То же самое на светодиодные лампы СКУ с учетом только осмотра светильника с чисткой, по данным «Горсвета», 495,52 руб., а на 270 светильников – 133,8 тыс. руб., что дает экономию эксплуатационных затрат на 495,52 – 133,8 = 361,72 тыс. руб.

В расчете на срок службы светодиодов 100 тыс. ч или 7 лет экономия эксплуатационных расходов по уходу за светильниками будет 2,53 млн рублей. С учетом экономии электроэнергии суммарная экономия эксплуатационных издержек составит 44,9 + 2,53 = 47,02 млн руб.

Заключение

По выполненной работе могут быть сделаны следующие выводы:

1. Мировая практика организации освещения городов показывает, что будущее источников световой энергии за светодиодами как наиболее экономичными, экологически безопасными, дающими высокое качество светового потока, близкое к солнечному свету.
2. Использование программы Dialux позволяет выбрать все параметры уличной осветительной установки с заданной точностью и контролировать распределение освещенности на заданных площадях проезжей части и пешеходной зоны.
3. Светотехнический расчет показал, что установленная мощность светодиодных светильников мощностью P_{y1} = 160 Вт и P_{y2} = 40 Вт способна обеспечить заданные уровни освещенности улицы (20 lk) и пешеходной зоны (18 lk).
4. Стоимости светильников ЖКУ и СКУ по первоначальным затратам несопоставимы в силу их большой ценовой разности.
5. Экономия эксплуатационных расходов от внедрения светодиодного освещения улицы Дубровинского, рассчитанных на срок годности этих ламп, составит 47,02 млн руб., что компенсирует первоначальные капиталовложения.

Литература

1. *Юнович А.Э.* Современное состояние светодиодов и тенденции развития светодиодов и светодиодного освещения // Светотехника. – 2007. – № 6. – С. 13–16.
2. URL: http://ww.svet-div.ru.

УДК 004.91: 681.5.017 : 62-83

Р.В. Есин, Д.Д. Мищенко

ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

Предлагается концепция системы моделирования с переменной структурой для разрешения противоречия «скорость вычислений − время». Данная проблема возникает при использовании точных моделей электродвигателей, необходимых для оптимального моделирования аварийных режимов.

Ключевые слова: *система моделирования, аварийный режим, переменная структура, электродвигатель.*

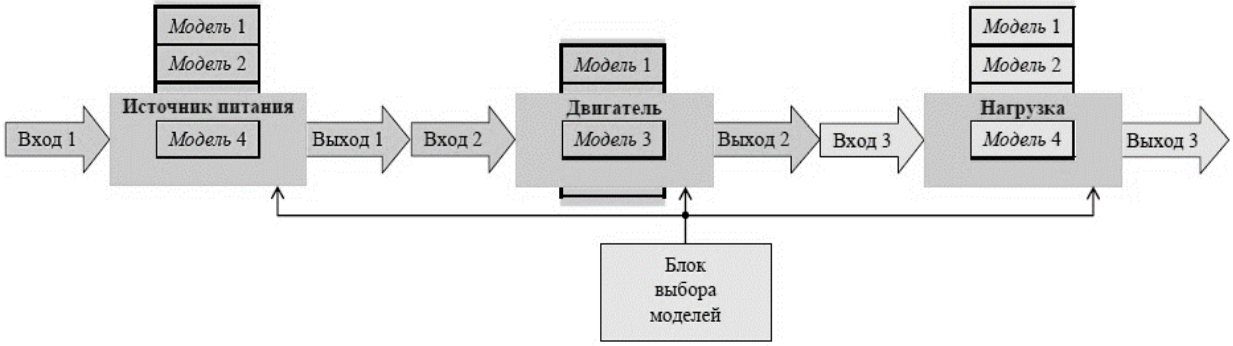
R.V. Esin, D.D. Mischenko

THE PROBLEMATICS OF THE USE OF MODELING SYSTEMS WITH VARIABLE STRUCTURE FOR EMERGENCY OPERATION

The concept of modeling system with variable structure in order to solve the problem of “calculation speed – calculation time” discrepancy is offered. This problem occurs in case of using the electric motor accurate models necessary for the optimal simulation of emergency operations.

Key words: *modeling system, emergency operation, variable structure, electric motor.*

Введение. Моделирование является основным методом проектирования многокомпонентных технических объектов. В настоящее время хорошо разработана обобщенная теория моделирования различных электромеханических устройств (ЭМУ). Эта теория включает в себя получение схем замещения, вывод уравнений равновесия для механической и электрической части, координатные преобразования, линеаризацию и т.д. В общем случае модели электромеханических систем (ЭМС) содержат одни и те же модели отдельных элементов – двигателей, датчиков, источников питания, регуляторов и т.д. Но точность детализации этих моделей может различаться за счет выбранных допущений на момент проектирования. Таким образом, для каждого элемента можно разработать целый набор моделей. Эти модели могут быть представлены в различных видах: системы дифференциальных, алгебраических уравнений, дифференциально-алгебраических, схемы логического выбора, табличные данные при различных допущениях [1, 2]. В соответствии с этим необходимо использовать разнообразные методы расчета для каждого случая. Современные системы моделирования являются частично адаптивными и позволяют использовать разные методы расчетов, менять их в процессе счета, подбирать шаг интегрирования, но в данном случае предполагается также менять используемые модели (рис.) [3, 4].



Процесс смены моделей в динамике

Каждый элемент ЭМС имеет несколько моделей разной степени детализации. В процессе моделирования возможна замена моделей с тем, чтобы при пониженных требованиях к точности использовались более простые модели, а в случае повышенных требований к точности переключаться на более точную модель. При смене моделей может возникнуть необходимость реструктуризировать модель всей системы; так, динамические модели могут заменяться статическими и наоборот. Также могут измениться и модели, записанные в алгоритмической форме, все это требует согласования нового и прежнего состава переменных.

В работе ЭМС можно выделить следующие типовые режимы работы:

1. *Режим включения (пуска)*. В этом режиме начальные электрические условия нулевые, а целью моделирования является определение общей работоспособности системы и ее начальных параметров. Требования по точности в данном случае небольшие.

2. *Установившийся режим работы*. Целью моделирования обычно служат процессы в инверторе, потери мощности, колебания угла поворота, скорости и момента. В зависимости от цели могут потребоваться более точные или более упрощенные модели

3. *Аварийный режим работы*. В этом режиме исследуются переходные процессы, как правило, обобщенно. Но если требуется оценить работу системы управления, то необходимо учитывать различные детали и значительно детализировать используемую модель [5].

Для защиты электродвигателей необходимо понимать причины их отказов. Аварийные режимы и отказы чаще всего возникают по следующим причинам:

1. Плохое охлаждение.
2. Недостаточное сопротивление изоляции.
3. Перегрузки.
4. Замедление ротора.

5. Обрыв фазы [1].

Условия работы электродвигателей на производстве и в сельском хозяйстве сильно отличаются. В приведённых данных одной из основных причин возникновения аварийного режима электродвигателей в агропромышленном комплексе является обрыв фазы. Это может быть следствием однофазного короткого замыкания, тогда в этом случае электродвижущая сила, которая генерируется в поврежденной фазе электродвигателя, работающем на двух фазах, по исправной цепи со стороны двигателя создает через место КЗ потенциал в нулевом проводе, который может быть причиной поражения людей и животных электрическим током. Поэтому для точного моделирования аварийного режима необходимо использовать наиболее детализированные модели. Но тогда возникает противоречие между точностью и временем вычисления. При использовании детализированных моделей время расчета лавинообразно возрастает. Если же использовать простые модели, то точность расчетов будет значительно ниже [7, 8].

Цель исследования. Изучение проблематики при создании систем моделирования с переменной структурой для многокомпонентных технических объектов.

Результаты и их обсуждение. Для исследования аварийных режимов на примере индукторного двигателя двойного питания (ИДДП) необходимо составить соответствующие математические модели. Во время подключения либо отключения фаз происходит изменение всей структуры схемы замещения, а также преобразование контуров протекания токов, входных и выходных переменных, количество переменных состояния. Таким образом, ИДДП может иметь множество вариантов математических моделей в зависимости от принятых ограничений. Исходная математическая модель ИДДП имеет следующий вид:

$$\frac{d\boldsymbol{\psi}}{dt} = -\mathbf{Ri} + \mathbf{u},$$

$$\boldsymbol{\psi} = \mathbf{Li},$$

где $\boldsymbol{\psi}$ – вектор потокосцеплений обмоток; $\mathbf{R}$ – матрица сопротивлений обмоток; $\mathbf{i}$ – вектор токов обмоток; $\mathbf{L}$ – матрица индуктивности обмоток; $\mathbf{u}$ – вектор питающих напряжений. Если исходную модель ИДДП преобразовать в единую систему координат обмоток в системе относительных единиц, то она примет вид

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d\psi_{1x}}{dt} &= -\alpha_1\psi_{1x} + \omega_1\psi_{1y} + \alpha_1 k_2\psi_{2x} + u_{1y} \\
\frac{d\psi_{1y}}{dt} &= -\omega_1\psi_{1x} - \alpha_1\psi_{1y} + \alpha_1 k_2\psi_{2y} + u_{1y} \\
\frac{d\psi_{2x}}{dt} &= \alpha_2 k_1\psi_{1x} - \alpha_2\psi_{2x} + (\omega_1 - \omega_r)\psi_{2y} + u_{2x} \\
\frac{d\psi_{2y}}{dt} &= \alpha_2 k_1\psi_{1y} - (\omega_1 - \omega_r)\psi_{2x} - \alpha_2\psi_{2y} + u_{2y}
\end{aligned}\right\},$$

где *1x, 2x, 1y, 2y* – обозначение первой и второй двухфазных обмоток в единой системе координат; ψ – потокосцепление; u – напряжение питания; $\omega_1 = 2\pi f_1$ – угловая частота питающего напряжения первой обмотки; f_1 – частота питающего напряжения первой обмотки; ω_r – угловая скорость ротора; $k_1, k_2, \alpha_1, \alpha_2$ – дополнительные параметры.

Такой вариант модели является достаточно упрощенным, так как не учитывает асимметрию, а также позволяет применять численное интегрирование, например метод Рунге-Кутты 4–5-го порядка, быстро ввиду отсутствия тригонометрических функций, которые значительно увеличивают время расчетов [8].

Не все модели, получаемые для различных элементов, могут сочетаться между собой; так,

для двухфазных моделей ИДДП необходимы двухфазные модели устройств электропитания [6]. Поэтому создание одних моделей может повлечь необходимость создания других моделей элементов, которые будут сочетаться с исходными. В общем случае необходимо получить автоматизированный способ получения моделей различных элементов с разными допущениями. Изменения состава модели во время расчетов могут привести к проблеме сочетания переменных состояний: при переходе от одних моделей к другим количество таких переменных может либо уменьшиться (если происходит переход к более упрощенной модели), либо увеличиться.

Заключение. Рассмотрен новый подход, связанный с построением систем моделирования, который позволяет разрешать проблему противоречия между точностью и скоростью вычислений за счет построения системы моделирования с переменной структурой. Приведена проблематика разработки систем моделирования с переменной структурой для исследования аварийных режимов в индукторных двигателях двойного питания.

Литература

1. *Пятибратов Г.Я., Барыльник Д.В.* Моделирование электромеханических систем: учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ, 2013. – 103 с.
2. Система моделирования с переменной структурой для прецизионных динамических систем / *С.А. Бронов, Е.М. Курбатов, П.В. Авласко* [и др.] // Журнал СФУ. – 2014. – № 7. – С. 797–810.
3. *Курбатов Е.М., Лянсбург В.П., Бронов С.А.* // Информатика и системы управления: сб. науч. тр. – Красноярск, 2002. – Вып. 8. – С. 87–94.
4. Электромеханические системы космических аппаратов и автоматизация их проектирования / *С.А. Бронов, Е.М. Курбатов, П.В. Авласко* [и др.] // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 2. – Красноярск, 2012. – С.191–204.
5. *Мищенко Д.Д.* Проблемы моделирования систем динамических объектов с переменной структурой // Молодой ученый. – Челябинск, 2012. – № 4. – С. 66–69.
6. *Мищенко Д.Д.* Построение системы моделирования прецизионных систем // Технические науки: традиции и инновации. – Челябинск: Два комсомольца, 2013. – С. 6–8.
7. *Мищенко Д.Д.* Моделирование сложных динамических объектов // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 35–39.
8. *Краснобровкин П.С., Мищенко Д.Д.* Распределенная система идентификации статических моделей стохастических объектов // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 40–43.

УДК 628.166.085

П.П. Долгих, Ю.Л. Макулькина

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены вопросы разработки технологии обеззараживания питьевой воды для нужд животноводства, которая основывается на режимах работы ультрафиолетовой облучательной установки, предусматривающих обработку воды непосредственно перед поением животных.

Ключевые слова: *обеззараживание воды, ультрафиолетовая облучательная установка, система автопоения животных, энергоэффективность.*

P.P. Dolgikh, Yu.L. Makulkina

INNOVATIVE SYSTEM OF DRINKING WATER DISINFECTION ON THE BASIS OF OPTICAL ELECTROTECHNOLOGY

The issues of technology development of the drinking water disinfection for animal husbandry needs that is based on the operating modes of the ultra-violet irradiating installation providing the water processing immediately before animal watering are considered.

Key words: *water disinfection, ultra-violet irradiating installation, system of animal auto-watering, energy efficiency.*

Технология дезинфекции с помощью ультрафиолетового излучения принята во всем мире в качестве надежного и безопасного способа обеззараживания воды. Ультрафиолетовое обеззараживание воды – сегодня один из самых эффективных методов дезинфекции, который доказал свою высокую надежность в процессе дезактивации вредоносных бактерий и микроорганизмов, которые, ко всему прочему, способствуют ухудшению вкуса воды [5].

Очистка воды подразумевает широкий спектр технологических процессов. Первая стадия – очистка воды от механических примесей, песка и ржавчины. Вторая стадия – очистка воды от нерастворенного, а далее – от растворенного железа и железобактерий. Третья стадия – очистка воды от солей, карбонатной и некарбонатной жесткости. Четвертая стадия, как правило, это очистка воды путем обеззараживания воды ультрафильтрационными системами или дозации обеззараживающими реагентами с последующим удалением осадка адсорбцией на угольных фильтрах воды [5].

Если сравнивать ультрафиолетовое обеззараживание воды с другими популярными методами дезинфекции, такими как озонирование, хлорирование, то его безусловным преимуществом является то, что при такой обработке вода не только обезвреживается от всех вредоносных бактерий, но и в ней не образуются новые микробы. При хлорировании на практике эффективность обеззараживания в ряде случаев пытаются обеспечить за счет увеличения доз хлора до больших значений, чем требуется по нормам. Однако и такие меры зачастую не обеспечивают необходимую степень инактивации вирусов и простейших, а подача первичного хлора в чрезмерно больших количествах является причиной возникновения хлорсодержащих органических соединений, что пагубно влияет на здоровье как человека, так и животного. А метод озонирования, в отличие от хлорирования, технически сложен, и для его реализации необходимо выполнение ряда последовательных технологических операций. Также озон – токсичный газ, поэтому любое его использование требует тщательного контроля техники безопасности [4, 5].

Сравнив три наиболее распространенных метода, мы пришли к выводу, что наиболее безопасным, эффективным, компактным и универсальным методом является обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением.

Чтобы выбрать нужную лампу, надо рассчитать бактерицидный поток, который необходим для обеззараживания 1000 литров воды. Существует 2 метода расчета бактерицидной установки: по бактерицидному потоку и по количеству обеззараживаемой воды. В данном случае имеется 1000 литров воды, которые необходимо обеззаразить. Поэтому применяем методику расчета бактерицидной установки путем нахождения бактерицидного потока.

Рассчитываем необходимый бактерицидный поток

$$\Phi_б = -Q \cdot \alpha \cdot K_б \cdot {}^{log\left(Б/Б_o\right)}\Big/_{(1563{,}4 \cdot \eta_u \cdot \eta_в)}, \quad (1)$$

где Q – количество воды, облучаемой в единицу времени (Q=1 м^3/ч); α – коэффициент поглощения воды (α=0,15); $K_б$ – коэффициент сопротивления бактерий, находящихся в воде ($K_б$ = 2450 мкб·с/см^2); Б – допустимое поле обеззараживания, количество бактерий в 1 л воды (Б=1); $Б_0$– коли-

чество бактерий в 1 л воды перед началом обработки ($Б_0$=1000); η_u – коэффициент использования потока лампы; $\eta_в$ – коэффициент ослабления бактерицидного потока в слое воды ($\eta_в$ =0,9) [1].

$$\eta_u = \alpha_{отр} + \rho_s \cdot {(360 - \alpha_{отр})}/{360}, \quad (2)$$

где $\alpha_{отр}$ – центральный угол в градусах между прямыми соединениями источника и ближайшей прямой отражателя ($\alpha_{отр}$ = 130°); ρ_s – коэффициент отражения бактерицидного потока поверхностью отражателя установки (ρ_s =0,27) [1].

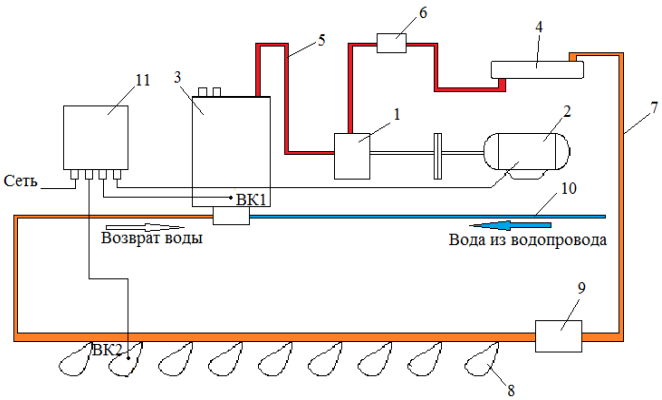
$$1.\ \eta_u = 130 + 0{,}27 \cdot {(360 - 130)}/{360} = 0{,}53.$$

$$2.\ Ф_б = -1 \cdot 0{,}15 \cdot 2450 \cdot {\log({1}/{1000})}/{(1563{,}4 \cdot 0{,}53 \cdot 0{,}9)} = 1{,}478\ бк.$$

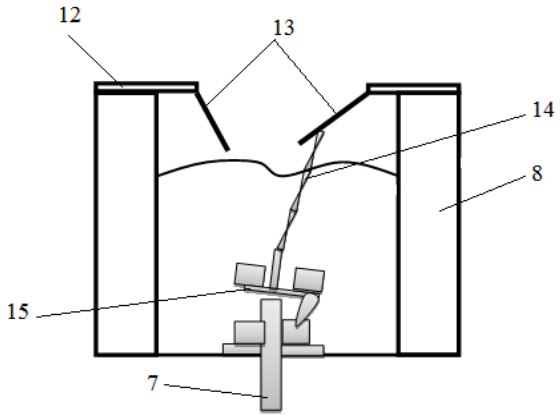
Опираясь на уже известные конструкции, нами была вновь разработана установка для группового поения крупнорогатого скота привязного содержания на животноводческих фермах и комплексах.

Предполагается, что разработанная бактерицидная установка вводится в систему водоснабжения коровника или на существующую систему сельскохозяйственных предприятий, или комплексов [7].

Система водоснабжения коровника предусматривает обеззараживание воды УФ-излучением непосредственно перед поением животного.



а



Б

Рис. 1. Схема водоподготовки:
а – технологическая схема; б – схема поильной чаши; 1 – насос; 2 – электродвигатель; 3 – водогрейный котел; 4 – УФ-установка; 5 – трубопровод с водопроводной водой; 6 – датчик расхода воды; 7 – трубопровод с обеззараженной водой; 8 – поильные чаши; 9 – датчик давления; 10 – подающий трубопровод; 11 – шкаф управления; 12 – крышка; 13 – пружинные заслонки; 14 – поплавок; 15 – клапан

Установка содержит насос *1* с электродвигателем 2. Подогрев воды осуществляется водогрейным котлом *3*, автоматизация управления которым происходит по сигналу с датчиков температуры ВК1 и ВК2. Обеззараживание воды осуществляется с помощью УФ-установки *4*, расположенной на трубопроводе *5* с водопроводной водой.

Здесь также установлен датчик расхода воды *6*. Система содержит трубопровод *7* с обеззараженной водой, к которому присоединены поильные чаши *8* с датчиком давления *9*. Вода подается в систему из артезианской скважины по подающему трубопроводу *10*. Управление системой осуществляется с помощью аппаратуры шкафа управления *11* (рис. 1, а).

Система работает следующим образом. Вода из подающего трубопровода *10* подается в водогрейный котел *3*, где она подогревается до температуры 16–18 ºС и подается на трубопровод *5* с водопроводной подогретой водой с помощью насоса *1* с электродвигателем *2* в УФ-установку *4*. По трубопроводу *7* обеззараженная вода поступает в поильные чаши *8* (рис. 1, б).

Животное, опуская морду в отверстие крышки *12*, открывает заслонки *13* вниз и потребляет воду из поильной чаши *8*. При этом поплавок *14* отклоняется в сторону и открывает клапан *15*. По трубопроводу *7* обеззараженная вода попадает в поильную чашу *8* (рис. 1, б).

Регулировка производительностью системы осуществляется при помощи датчика давления *9*, который дает сигнал на электродвигатель *2* насоса *1*, тем самым происходит регулирование объема воды в трубопроводе *5* с водопроводной водой. На трубопроводе *5* установлен датчик расхода воды, при помощи которого осуществляется регулирование режимов работы УФ-установки.

УФ-установка содержит: три бактерицидные лампы *1*, мощностью 15 Вт каждая, с общим бактерицидным потоком 6000 мбк, которые находятся в кварцевом чехле; корпус из нержавеющей стали *3*; входной *4* и выходной *2* патрубки (рис. 2). Общая производительность УФ-установки составляет 3 м^3/ч, потребляемая мощность равна 47,7 Вт.

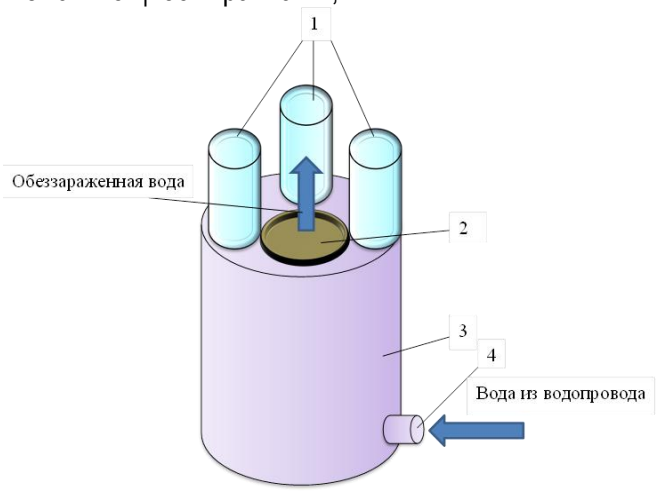


Рис. 2. Бактерицидная установка:
1 – бактерицидные лампы; 2 – выходной патрубок; 3 – корпус из нержавеющей стали;
4 – входной патрубок

Также бактерицидная установка предусматривает очистку кварцевых чехлов, не вынимая их из камеры обеззараживания, так как в процессе их работы накапливаются отложения органического и минерального происхождения на внутренней поверхности бактерицидной лампы.

На практике применяются специальные системы очистки двух типов: механическая и химическая. В первом случае специальная муфта из фторопласта, приводимая в движение специальным механизмом и плотно облегающая кварцевый чехол, периодически скользит по нему. Ее основным недостатком является низкая надежность и небольшая долговечность.

Химическая очистка является простым и эффективным методом. Она осуществляется путем циркуляции через установку воды с добавлением небольших доз пищевых кислот при помощи

промывочного насоса.

Бактерицидная установка работает в трех режимах:

- Одна лампа обеззараживает воду для трех поильных чаш одновременно при бактерицидном потоке 2000 мбк.
- Две лампы обеззараживают воду для шести поильных чаш одновременно при бактерицидном потоке 4000 мбк.
- Три лампы обеззараживают воду для девяти поильных чаш одновременно при бактерицидном потоке 6000 мбк.

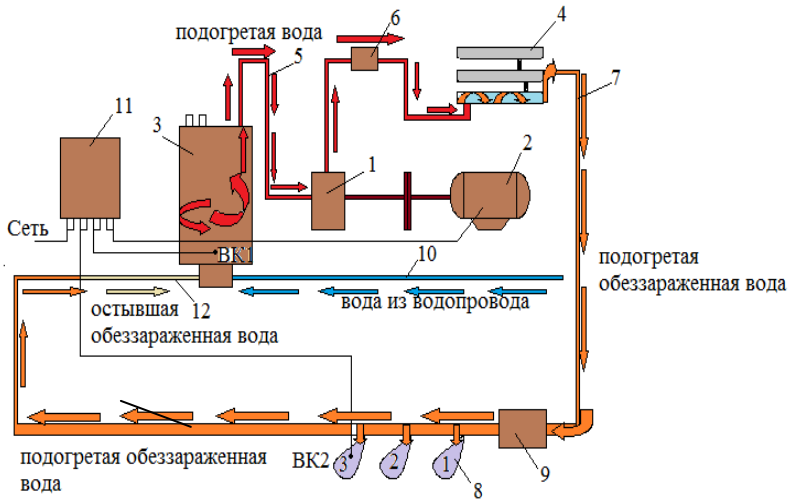


Рис. 3. Схема работы УФ-установки в режиме 1:
1 – насос; 2 – электродвигатель; 3 – водогрейный котел; 4 – УФ-установка с тремя бактерицидными лампами; 5 – трубопровод с подогретой водой из водопровода; 6 – датчик расхода воды; 7 – трубопровод с подогретой обеззараженной водой; 8 – поильные чаши; 9 – датчик давления; 10 – подающий трубопровод с водой из водопровода; 11 – шкаф управления; 12 – обратный трубопровод с остывшей обеззараженной водой

При воздействии животных на 1–3 поильных чаши одновременно включается одна бактерицидная лампа с бактерицидным потоком 2000 мбк, которая обеспечивает максимально эффективный режим обеззараживания. По результатам проведенных лабораторных исследований выяснили, что для получения максимального эффекта время обработки составляет 12 секунд, обеспечивая производительность 50 л/мин. По нормам на одну корову приходится от 70 литров воды летом и от 100 литров воды зимой. За одну минуту корова выпивает примерно 8 литров воды. Получается, что данная установка, производительностью 50 л/мин, обеспечивает необходимое количество обеззараженной воды для 3 коров одновременно.

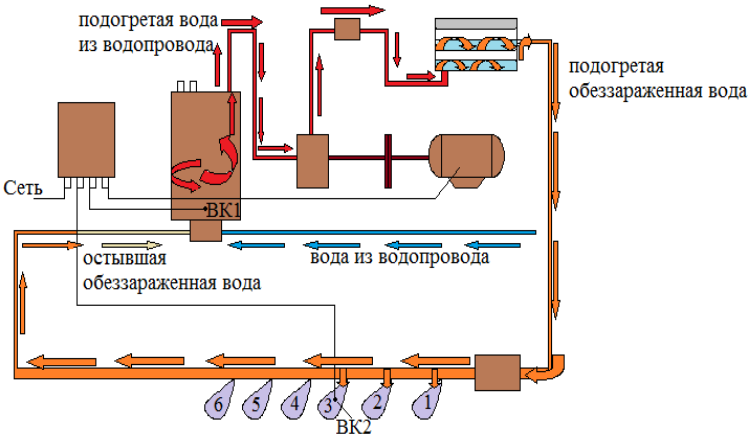


Рис. 4. Схема работы УФ-установки в режиме 2

Благодаря датчикам давления и расхода воды обеспечивается регулировка объема обеззараживаемой воды. Режим 1 работает независимо от последовательности воздействия животных на поильные чаши, т.е. животные могут воздействовать на три поилки одновременно или по очередности, независимо, это три первых поильных чаши или три последних.

Второй режим начинает работать, когда происходит воздействие сразу на 4 или 6 поильных чаш одновременно. При помощи датчика расхода воды подается сигнал на УФ-установку, и загорается вторая лампа. Известно, что газоразрядные лампы низкого давления выходят на рабочие характеристики практически мгновенно, поэтому для реализации данного режима не нужно, чтобы вторая лампа находилась в режиме ожидания. Во втором режиме производительность установки увеличивается в два раза и будет составлять около 100 л/мин.

Режим 2 работает также независимо от последовательности воздействия животными на четыре или шесть поилок одновременно, или через какой-либо промежуток времени.

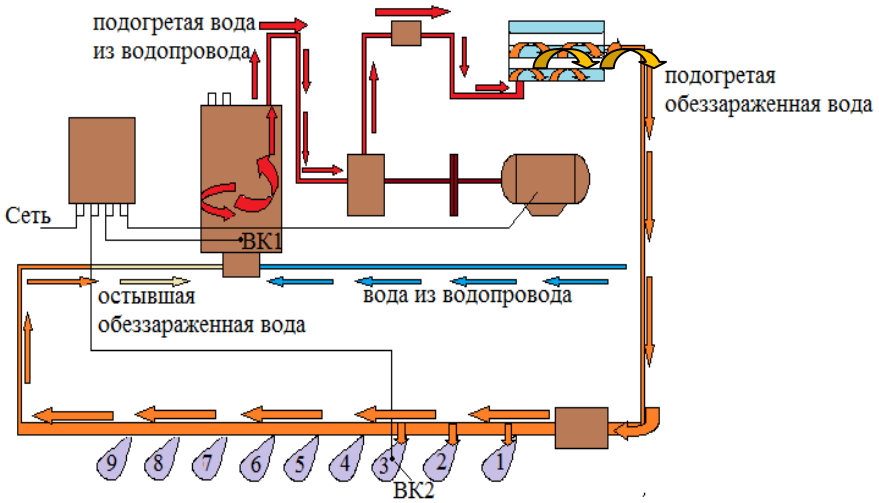


Рис. 5. Схема работы УФ-установки в режиме 3

Режим 3 включается, когда животные воздействуют на 6 или 9 поилок одновременно. Для обеспечения максимального эффекта при таком режиме включается третья бактерицидная лампа. Соответственно увеличивается производительность: 150 л/мин достаточно для поения 9 коров.

Возникает проблема перерасхода воды, так как производительность УФ-установки во всех трех режимах превышает необходимое количество обеззараженной воды для поения от одной до девяти коров. Для ее решения устанавливаем насос с регулируемым рабочим объемом. Благодаря чему возможно предотвращение перерасхода воды.

Данный метод очистки воды основывается на облучении ультрафиолетовым излучением микроорганизмов, которые находятся в воде. Причем УФ-лучам задается определенная интенсивность в течение установленного периода времени. Таким образом, ультрафиолетовое обеззараживание воды буквально стерилизует бактерии и прочие микроорганизмы, вследствие чего они теряют способность к воспроизводству.

Достоинство предлагаемой поилки в том, что вода обеззараживается непосредственно перед поением, тем самым возможность заражения животного какими-либо вирусами и простейшими снижается на 98 %. А также, как было уже сказано, независимо от дозы облучения при обеззараживании вода не меняет своих вкусовых качеств и не создает никаких побочных продуктов окисления [2].

Принятое решение по совершенствованию качества питьевой воды, применению новых обеззараживающих установок в водоснабжении экономически обуславливается показателями сравнительной экономической эффективности капитальных вложений [3, 6].

Литература

1. *Баев В.И.* Практикум по электрическому освещению и облучению: учеб. пособие. – М.: КолосС, 2008. – 191 с.
2. *Соколов В.Ф.* Обеззараживание воды бактерицидными лучами. – М.: Стройиздат, 1964. – 234 с.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования / *А.Г. Шахназаров* [и др.]. – М.: Теринвест, 1994. – 79 с.
4. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: санитарно-эпидемиологические правила СанПиН 2.1.4.1175-02: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 12 нояб. 2002 г. – URL: http://www.mhts.ru.
5. *Преображенский А.Б.* Обеззараживание воды УФ-облучением // Аква-терм. – 2002. – № 5. – URL: http://www.infopool.ru/obrabotka-vodi/obezzarazhivanie-vodi-uf-oblucheniem. html.
6. *Кабанова Ю.Л., Долгих П.П.* Энергоэффективное обеззараживание питьевой воды с применением оптических технологий в АПК // Сиб. энергет. форум: сб. мат-лов. – Красноярск 2013. – 140 с.
7. Патент РФ №150375, МКИ[7] А01К1/00. Устройство для автопоения животных / *Долгих П.П., Кабанова Ю.Л.* – Заявл. 08.07.14; опубл. 20.02.15; Бюл. № 2.

УДК 631.544.4:628.8

И.А. Федорова, П.П. Долгих

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

В статье рассмотрена проблема создания информационной системы для регулирования параметров микроклимата в теплице, решающей ряд задач, объединенных в подсистемы: расчет, диаграммы, отчет, сведения об изменении температуры в теплице. Это позволяет реализовать оптимальную технологию, заключающуюся в том, чтобы в любой момент времени создать такую совокупность условий, которая бы обеспечила оптимальное значение критерия эффективности.

Ключевые слова: *теплица, информационная система, параметры микроклимата, фотосинтез, график, диаграмма, отчет.*

I.A. Fedorova, P.P. Dolgikh

MODELING OF THE POWER EFFICIENT OPERATING MODES OF THE CLIMATIC EQUIPMENT WORK IN THE PROTECTED SOIL CONSTRUCTIONS

The problem of the information system creation for the microclimate parameter regulation in the greenhouse that solves a number of tasks united into the subsystems: calculation, diagrams, report, data on the temperature change in the greenhouse is considered in the article. It allows to implement the optimum technology which consists in the fact that in any moment it is possible to create such set of conditions that would provide the optimum value of the efficiency criterion.

Key words: *greenhouse, information system, microclimate parameters, photosynthesis, schedule, diagram, report.*

Введение. Современная теплица как объект управления температурным режимом характеризуется крайне неудовлетворительной динамикой и нестационарностью параметров, вытекающих из особенностей технологии производства (изменение степени загрязнения ограждения, нарастание объёма листостебельной массы и т.д.). В то же время агротехнические нормы предписывают высокую точность стабилизации температуры (1°С), своевременное её изменение в зависимости от уровня фотосинтетически активной облученности, фазы развития растений и времени суток. Все эти обстоятельства предопределяют высокие требования к функционированию и качественному совершенствованию оборудования автоматизации [1,7,8].

Цель работы. Обосновать энергоэффективный способ регулирования микроклимата в теплице и разработать оборудование для его реализации.

Первым шагом к разработке системы автоматического управления температурным режимом в теплице является выявление математических моделей, т.е. выражений, определяющих связь между параметрами окружающей среды и выбранными критериями эффективности процесса [5].

На сегодняшний день возможности технологического оборудования в теплицах позволяют регулировать практически все параметры, обуславливающие режим микроклимата. Исключением является лишь солнечный свет. Поэтому агрономам при составлении требуемого режима микроклимата необходимо исходить из текущей интенсивности солнечной радиации, т.е. на пасмурную погоду необходимо составить один режим микроклимата, на солнечную – другой, а на ночные периоды – третий и т.д. Помимо этого, при составлении режима микроклимата также учитывается тип выращиваемой культуры, сорт, время года, а также фаза развития растения (рассада, плодоношение и т.д.) [6].

Технологическое оборудование, позволяющее регулировать тот или иной параметр микроклимата в теплице, называется исполнительной системой (ИС). Для разработки ИС был использован продукт компании Microsoft Visual C#. Язык C# прост, строго типизирован и объектно ориентирован [2].

Разработанная информационная система решает ряд задач, которые объединены в подсистемы: расчет, диаграммы, отчет.

Обычно применяемый метод расчета теплового баланса исходит из основных заданий (расчет теплопотерь, теплового потока, мощность систем отопления) и использует ряд величин и формул из практики проектирования систем обеспечения микроклимата растениеводческих помещений. На главной форме происходит расчет необходимых параметров (рис. 1).

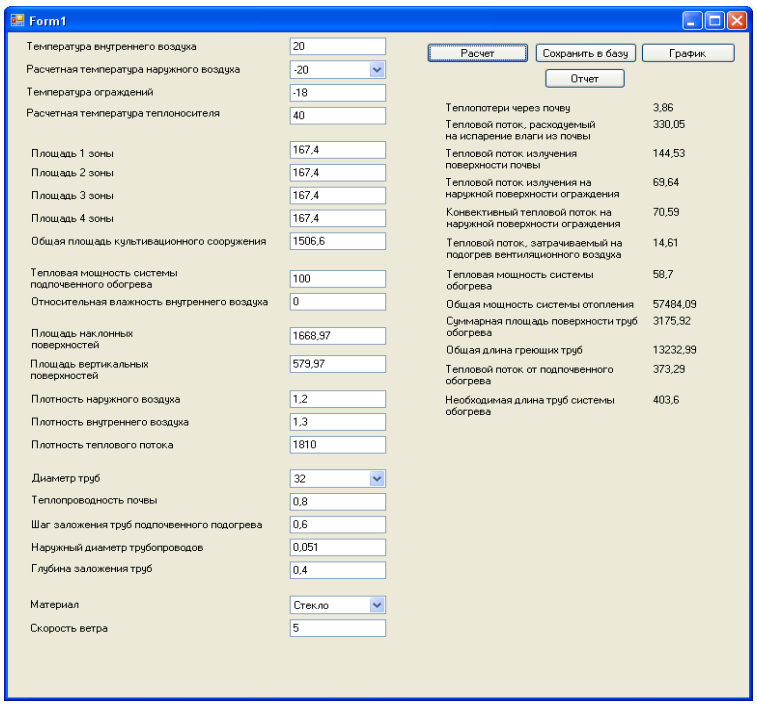


Рис. 1. Главная форма

Полученные данные можно сохранить в базу данных, нажав кнопку «Сохранить в базу» (рис.2).

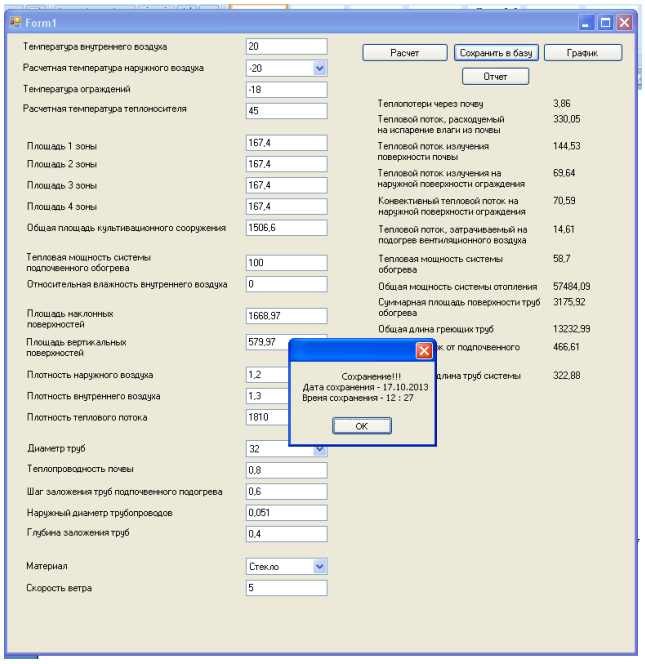


Рис. 2. Сохранение в базу данных

После того, как полученные параметры сохранили в базу, можно сформировать отчет.

В автоматизированной информационной системе находятся сведения об изменении температуры внутреннего воздуха в теплице. Открываем рабочую форму, вводим нужную дату и получаем нужное время после того, как ввели все данные. Далее нажимаем кнопку «Вывод на форму». После этого на форме появляются расчеты за дату, которую ввели. Также эти данные можно сохранить, нажав кнопку «Сохранить файл» (рис. 3).

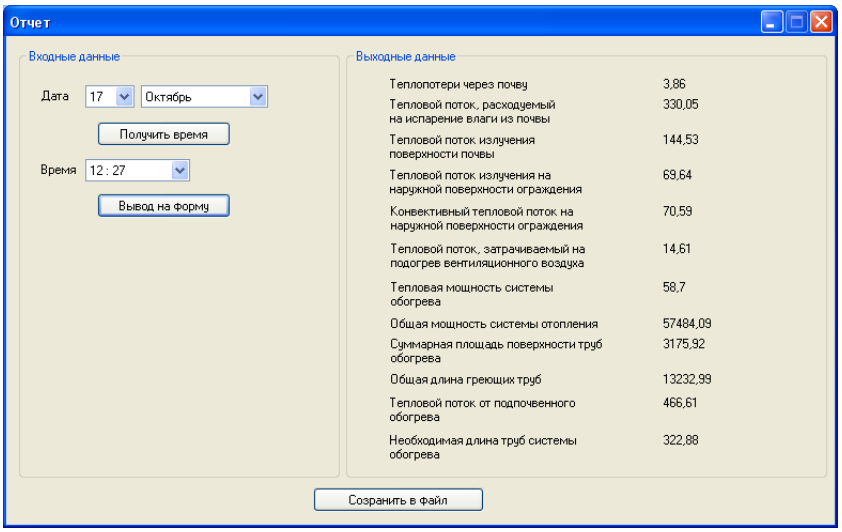


Рис. 3. Рабочая форма «Отчет»

При необходимости можно сформировать график функций, нажав кнопку на главной форме «График». После этого выводится окно для выбора графика. Графики можно сформировать за месяц и за день, нажав соответствующие кнопки (рис. 4).

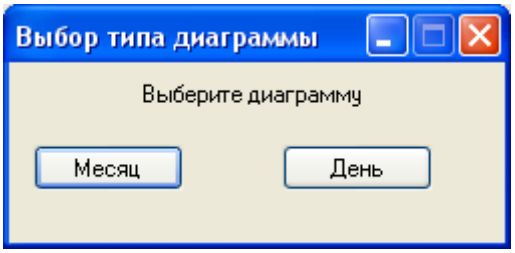


Рис. 4. Выбор диаграммы

После выбора типа графика открывается окно, остается выбрать нужный месяц и нажать кнопку «Построить». После чего строится диаграмма за выбранный день или месяц (рис. 5) [9].

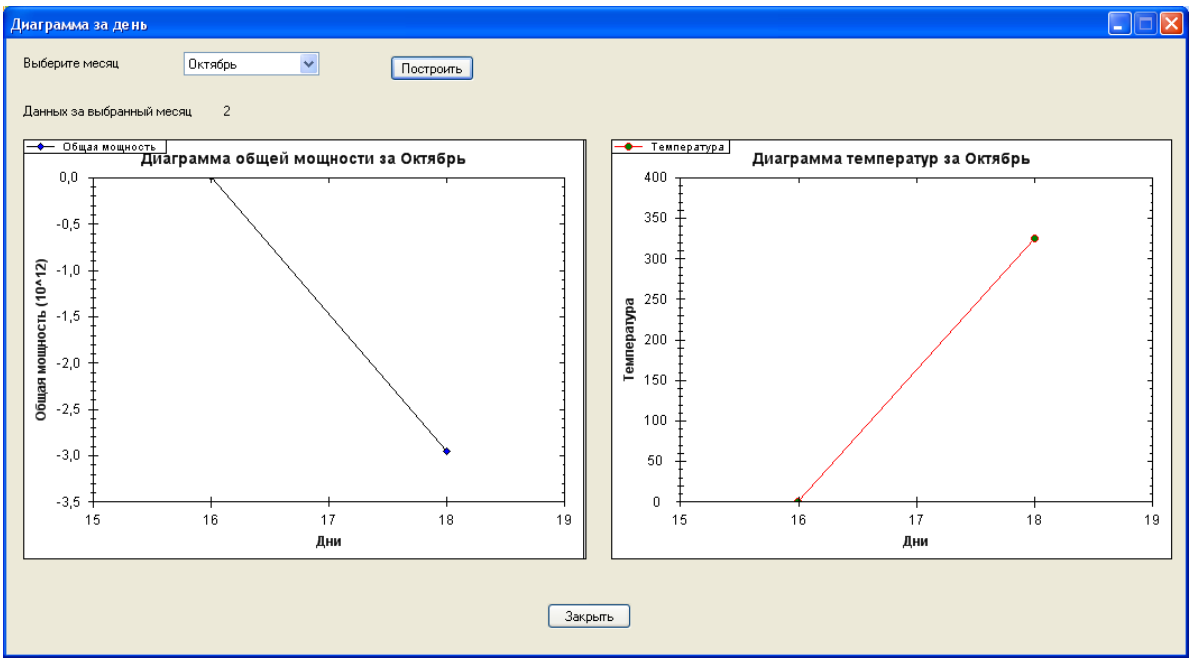


Рис. 5. Диаграмма за месяц

Величину технологического расхода энергии определяют из уравнения теплового баланса сельскохозяйственного сооружения

$$Q = \int_0^{T} (k(t_1 - t_4)\, S - Q_3) d\tau \,, \qquad (1)$$

где Q_3 – количество энергии, поступающей в теплицу в единицу времени за счёт радиации; k – коэффициент тепловых потерь; t_4 – температура наружного воздуха,˚С.

$$Q_3 = q_3 S_3 \eta_3, \qquad (2)$$

где S_3 – площадь, занимаемая теплицей, м^2; q_3 – поток солнечной радиации, кВт/м$_2$; η_3 – коэффициент, характеризующий прозрачность ограждения теплицы (стекла, плёнки).

$$K = K_0 + K_{11}\varphi_2 + K_{22}V_1 + K_{12}\varphi_2 V_1, \qquad (3)$$

где $K_0, K_{11}, K_{22}, K_{12}$ – постоянные коэффициенты, определяемые экспериментально; V_1 – скорость ветра, м/с; φ_2 – относительная влажность наружного воздуха, %.

Теперь введем понятие дискретного промежутка времени Δт. При моделировании можно сделать допущение, что в любые равные по величине промежутки времени, на которые можно разделить весь период выращивания растений, формируется равная часть урожая. В течение этого промежутка времени величины V_1, φ_2, t_1, t_4, q_3 можно считать постоянными. Тогда количество энергии, поступающее за этот промежуток времени в теплицу

$$\Delta Q = (K(t_1 - t_4)S - Q_3)\Delta\tau, \quad (4)$$

где S – площадь ограждения теплицы, м^2.

Условие минимума энергозатрат q примет вид

$$\frac{\Delta Q}{\Delta П} = q \to \min, \quad (5)$$

где ΔQ – затраты энергии на обогрев теплицы за промежуток времени $\Delta\tau$; ΔП – продуктивность растений за этот же промежуток времени; Δт – величина дискретного промежутка времени, в течение которого возмущение практически постоянно, принимается на порядок выше величины постоянной времени объекта регулирования, то есть теплицы, по каналу быстродействующего возмущения.

Значение величины этой постоянной времени 10...15 минут получено экспериментальным путём в разработках кафедры автоматики ЧГАУ. Поэтому величина Δт принимается равной 1...1,5 минуты [4].

К косвенным показателям продуктивности относятся интенсивность видимого фотосинтеза Ф и темнового дыхания D. Между Ф и ΔП можно предложить зависимость

$$\Delta П_1 = К_1 Ф \Delta\tau S_3; \quad (6)$$

зависимость продуктивности от темнового дыхания

$$\Delta П_2 = К_2 Ф \Delta т S_3, \quad (7)$$

где $К_1$ и $К_2$ – соответственно коэффициенты продуктивности, являются функциональными зависимостями от возраста растений.

Исследование эффектов взаимодействия между всеми изучаемыми факторами среды возможно при использовании квадратичных полиномов для дневного и ночного периода [4, 5].

Для дневного периода (интенсивность фотосинтеза)

$$Ф = A_0 + A_1E_1 + A_2t_2 + A_3T_2 + A_4т_1 + A_5т_2 + A_6\varphi_1 + A_{11}E_1 + E_1A_{12}t_1 + A_{13}E_1T_2 + \\ + A_{14}E_1т_2 + A_{15}E_1т_2 + A_{16}E_1\varphi_1 + A_{22}t_1 + A_{23}t_1T_2 + A_{24}t_1т_1 + A_{25}t_1т_2 + A_{26}t_1\varphi_1 + A_{33}т_2 + \\ + A_{34}т_1T_2 + A_{35}T_2т_2 + A_{36}T_2\varphi_1 + A_{44}т_1 + A_{45}т_1т_2 + A_{46}т_1\varphi_1 + A_{55}т_2 + A_{56}т_2\varphi_1 + A_{66}\varphi_1. \quad (8)$$

Для ночного периода (интенсивность дыхания):

$$D = B_0 + B_1E_2 + B_2T_1 + B_3t_2 + B_4т_1 + B_5т_2 + B_6\varphi_1 + B_{11}E_2 + B_{12}E_2T_1 + B_{13}E_2t_2 + \\ + B_{14}E_2т_1 + B_{15}E_2т_2 + B_{16}E_2\varphi_1 + B_{22}T_1 + B_{23}T_1t_2 + B_{24}T_1т_1 + B_{25}T_1т_2 + B_{26}T_1\varphi_1 + B_{33}t_2 + \\ + B_{34}t_2т_1 + B_{35}t_2т_2 + B_{36}t_2\varphi_1 + B_{44}т_1 + B_{45}т_1т_2 + B_{46}т_1\varphi_1 + B_{55}т_2 + B_{56}т_2\varphi_1 + B_{66}\varphi_1, \quad (9)$$

где A_0... A_{66}, B_0... B_{66} – коэффициенты регрессии; Ф, D – интенсивность видимого фотосинтеза и темнового дыхания, мг CO_2 / дм^{2}ч; t_1 – температура воздуха внутри теплицы днём, °С; t_2 – температура воздуха внутри теплицы ночью. °С; T_2 – среднеарифметическое значение температуры воздуха в теплице за истекшую ночь, °С; E_1 – текущее значение освещённости в теплице, клк; E_2 – среднеарифметическое значение освещённости за истекший день, клк; $т_1$ – длительность фотопериода (продолжительность светового дня), ч; $т_2$ – возраст растения, сут; φ_1 – влажность воздуха в теплице, %.

Математические модели такого вида позволяют определить величину видимого фотосинтеза или темнового дыхания конкретного сорта для различных условий среды. С их помощью можно рассчитать сочетания факторов среды, обеспечивающие максимум видимого фотосинтеза, в том числе и при наличии таких факторов, как освещенность в начале и конце фотопериода при отсутствии искусственного освещения.

Для осуществления автоматического управления каким-либо технологическим процессом необходимо выбрать алгоритм функционирования системы, т.е. совокупность предписаний, определяющих характер изменения управляемой величины в зависимости от воздействий. В связи с тем, что в математическую модель продуктивности входят факторы, изменяющиеся во времени случайным образом (освещённость, длительность фотопериода, влажность воздуха и т.д.), система управления по алгоритму функционирования может быть либо следящей, либо самонастраивающейся.

Автоматизированная информационная система по расчету и выбору системы обеспечения микроклимата для теплиц предназначена для ведения учёта температурного режима, проведения

расчетов, формирования необходимых диаграмм, графиков и отчетов.

Системные требования:

а) операционная система не ниже Windows NT 4.0 SP5;

б) оперативная память от 256 Mb;

в) свободное место на жестком диске не менее 400 Mb;

г) процессор не ниже Pentium III с частотой от 500 Mhz;

д) открытые порты 1433 на вход и выход;

Системные требования для программы клиента:

а) операционная система Windows 98 SE/NT/2000/XP;

б) оперативная память от 256 Mb;

в) свободное место на жестком диске не менее 20 Mb;

г) процессор не ниже Pentium III с частотой от 500 Mhz;

д) Microsoft Visual Studio 2008 [3].

Выводы

1. Математическое моделирование системы автоматического управления показало, что оптимальная по энергоёмкости температура зависит как от параметров микроклимата в теплице (E_2, T_1, τ_1, φ_1), возраста растений и относительного времени суток τ_2, так и от наружной температуры t_4.

2. Разработанное прикладное программное обеспечение позволит реализовать оптимальную технологию, задача которой состоит в том, чтобы в любой момент времени создать такую совокупность условий, которая бы обеспечила оптимальное значение критерия эффективности [10].

Литература

1. Пособие по проектированию теплиц и парников (к СНиП 2.10.04.–85) / Гипронисельпром. – М.:Стройиздат, 1998. – 72 с.
2. Информационные технологии управления: учеб. пособие для вузов / под ред. *Г.А. Титоренко*. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 280 с.
3. ГОСТ 34.201-89. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. – М.: Изд-во станд., 1991.
4. *Попова С.А.* Энергосберегающая система автоматического управления температурным режимом в теплице: дис. … канд. техн. наук. – Челябинск, 1995.
5. *Изаков Ф.Я., Попова С.А.* Энергосберегающие системы автоматического управления микроклиматом. – Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 1988. – 52 с.
6. *Цугленок Н.В., Долгих П.П., Кунгс Я.А.* Энергетическое оборудование тепличных хозяйств: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2001. – 139 с.
7. *Тараканов Г.И., Борисов Н.В., Климов В.В.* Овощеводство защищенного грунта. – М.: Колос, 1982. – 303 с.
8. *Брызгалов В.А., Советкина В.Е., Савинова Н.И.* Овощеводство защищенного грунта / под ред. *В.А. Брызгалова*. – Л.: Колос, 1983. – 352 с.
9. *Долгих П.П., Федорова И.А., Зайцева Е.И.* К вопросу о развитии информационной системы поддержания микроклимата // Сб. науч. ст. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. (30–31 октября 2013 г., г. Санкт- Петербург). – СПб.: КультИнформПресс, 2013. – 485 с.
10. *Федорова И.А, Долгих П.П.* Обоснование энергоэффективных режимов работы оборудования в сооружениях закрытого грунта // Научная дискуссия: вопросы технических наук: мат-лы 8-й Междунар. заоч. науч.-практ. конф. (4 апреля 2013 г.). – М.: Междунар. центр науки и образования, 2013. – 152 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 339.13.017:664.292:633.877

Е.А. Речкина, Г.А. Губаненко,
Л.П. Рубчевская, А.И. Машанов

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЯСНЫХ РУБЛЕНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

В статье представлены результаты исследования технологических аспектов применения пектина хвойного и клетчатки пшеничной, его влияние на органолептические и физико-химические показатели мясных рубленых полуфабрикатов.

***Ключевые слова**: мясные рубленые полуфабрикаты, пектин, клетчатка пшеничная.*

E.A. Rechkina, G.A. Gubanenko,
L.P. Rubchevskaya, A.I. Mashanov

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MEAT CHOPPED CONVENIENCE

The article presents the results of a study of technological aspects of the application of pectin and fiber coniferous wheat , its impact on the organoleptic and physico- chemical parameters of minced meat semi-finished products .

***Key words:** chopped meat by-products, pectin, cellulose, wheat.*

Введение. По данным Росстата, объем производства мясных полуфабрикатов за период 2001–2013 гг. с каждым годом увеличивался, динамика представлена на рисунке 1.

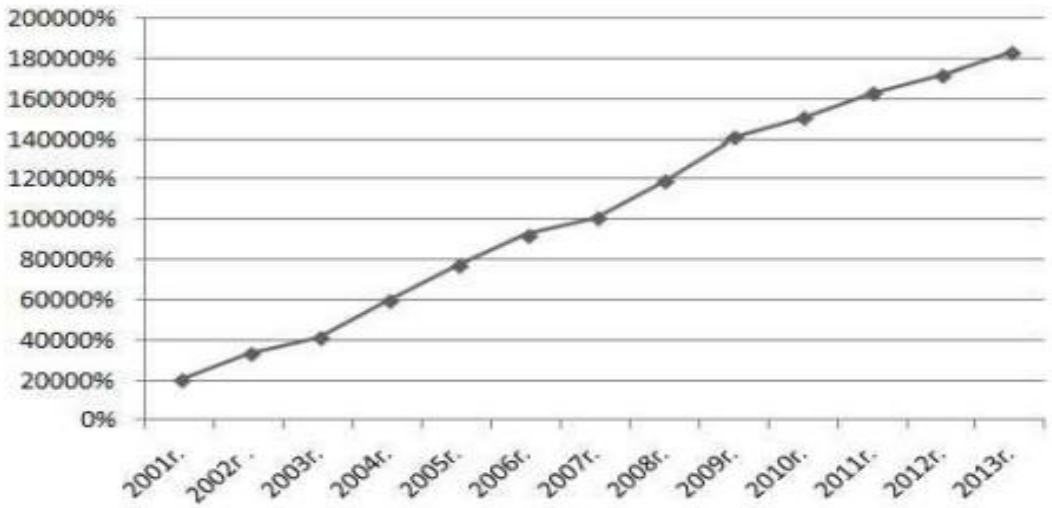


Рис. 1. Динамика объемов производства мясных полуфабрикатов за 2001–2013 гг.

Стремительный рост объемов производства мясных полуфабрикатов связан с увеличением спроса и, соответственно, с повышением объёма потребления. За период 2001–2013 гг. объем их выпуска увеличился в 9,2 раза. За 2013 г. объем производства мясных полуфабрикатов вырос по отношению к 2012 г. на 6 % и составил 1832,1 тыс. [1, 2].

Доли федеральных округов – производителей мясных полуфабрикатов за 2013 г. – представлены на рисунке 2.

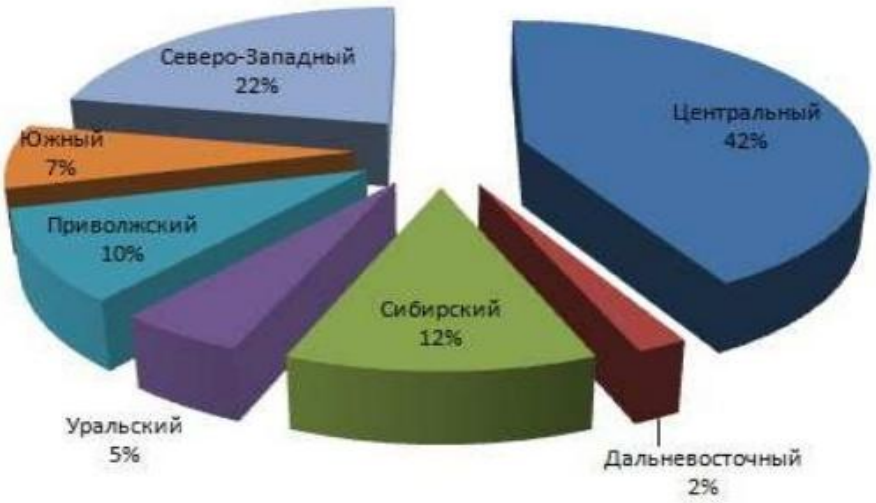


Рис. 2. Доли федеральных округов – производителей мясных полуфабрикатов за 2013 г.

Основным производителем мясных полуфабрикатов в России является Центральный округ, доля которого составляет 42 % от общей доли производителей. Также лидирующие позиции занимают Северо-Западный и Сибирский федеральные округа, доли которых 42 и 12 % соответственно от общей доли. Основные крупнейшие российские производители мясных полуфабрикатов расположены именно в этих федеральных округах.

В мясной промышленности России существует около 800 мясокомбинатов, несколько тысяч цехов, подсобных предприятий общепита, осуществляющих переработку мяса.

Несмотря на общие тенденции российского рынка мясных полуфабрикатов, для каждого региона характерны свои индивидуальные особенности, связанные с уровнем развития производства.

Красноярский край лидирует по потреблению мяса среди регионов Сибирского федерального округа. По данным, каждый житель края в среднем употребляет в пищу 71,5 кг мяса в год [3].

Значительную долю всех видов полуфабрикатов занимают охлажденные и замороженные мясные полуфабрикаты (70 %). Это определяется не только большими объемами производства мяса, но и значимостью как основного источника белков животного происхождения, липидов и биологически активных веществ в рационе питания населения.

Структура потребления замороженных мясных полуфабрикатов в России за 2014 г. представлена на рисунке 3.

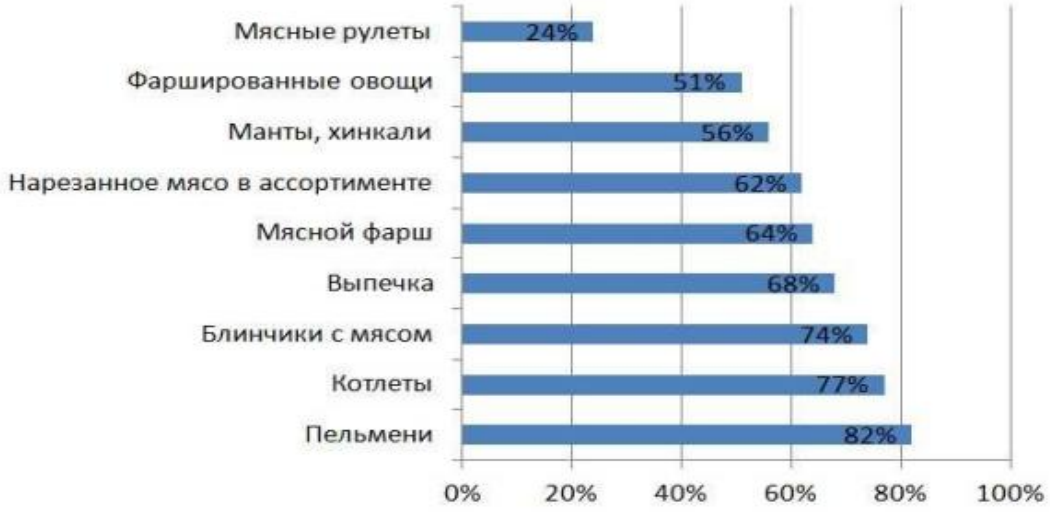


Рис. 3. Структура потребления мясных замороженных полуфабрикатов в РФ за 2014 г.

Из анализа данных по структуре потребления замороженных мясных полуфабрикатов, самыми востребованными являются пельмени (82 %) и котлеты (77 %). Потребление различных видов полуфабрикатов представлено неоднородно и зависит от формата торговли [3].

По данным Красноярскстата, в 2013 г. оборот розничной торговли продуктами питания в Красноярском крае составил 145,3 млрд руб., что на 0,9 % больше, чем в 2012 г. Основная доля в обороте розничной торговли продуктами питания в 2013 г. приходилась на продажу мяса – 22,7 % [4].

Динамичному росту производства мясных полуфабрикатов на территории Красноярского края способствует реализация региональных программ по развитию сельского хозяйства и регулированию рынков сельскохозяйственной продукции.

Раньше при выборе продукта основное значение имела его стоимость, а сейчас потребитель обращает внимание на соотношение цены и качества, отдавая предпочтение более качественному продукту. По прогнозам экспертов, в ближайшие годы будут лидировать продукты класса премиум.

В связи с экологической обстановкой в г.Красноярске представляются важными для здоровья обогащенные и функциональные продукты. Актуальность этого направления признана важным положением государственной политики в области здорового питания и изложена в «Доктрине продовольственной безопасности». Для формирования «здорового типа питания» предусмотрены следующие задачи: наращивание производства «новых обогащенных, диетических и функциональных продуктов».

Увеличение доли новых обогащенных, профилактических, диетических и функциональных продуктов с целью формирования здорового питания является одним из основных направлений государственной политики в области здорового питания, сформулированных в «Основах государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года». В постановлении подчеркнуто, что основные задачи политики здорового питания должны решаться на региональном уровне с учетом специфики конкретного субъекта Федерации. Достижение поставленных задач для расширения ассортимента региональных пищевых продуктов возможно за счет использования растительного сырья Красноярского края. Разработка пищевых продуктов на основе местного растительного сырья является приоритетной областью исследований, наиболее значимой для инновационного развития региона, усиливающей ее конкурентные позиции на рынке продуктов питания.

Для жителей города особенно важны в питании продукты, содержащие пищевые волокна, в том числе пектин, которые способны выводить из организма токсичные элементы, канцерогены, радионуклиды и другие вредные вещества окружающей среды.

Потребительский спрос на фаршевые полуфабрикаты и готовые изделия из мяса постоянно возрастает, а необходимость в создании обогащенных здоровых продуктов становится очевидной, поэтому одной из задач производителей является расширение ассортимента новых видов изделий с применением различных растительных добавок.

Цель исследований. Разработка мясных рубленых полуфабрикатов, обогащенных местным растительным сырьем.

Задачи исследований: маркетинговые исследования рынка мясных рубленых полуфабрикатов, обогащенных растительным сырьем; исследование органолептических и физико-химических показателей мясных рубленых полуфабрикатов функционального назначения.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследований в данной работе использовались бифштекс, приготовленный по рецептуре № 654, и бифштекс, изготовленный по разработанной рецептуре в ходе эксперимента с применением пектина хвойного (ТУ 9169-012-02067876-2013) и клетчатки пшеничной (СТО 50765127-021-2013).

Все сырье, применяемое для приготовления бифштексов, соответствовало требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Введение хвойного пектина в опытные образцы бифштексов проведено в следующих концентрациях: 0,5 %; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 %.

Клетчатка пшеничная добавлена в опытные образцы бифштексов в следующих концентрациях: 5,0 %; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0 %.

Органолептическую оценку осуществляли с помощью балльной системы оценки качества. Опытные образцы бифштексов дегустировали и оценивали по 5-балльной шкале, с учетом коэффициентов весомости, независимые эксперты в области мясоперерабатывающего производства. Для этой цели использовали специально разработанную дегустационную карту.

Определение влажности проводили по ГОСТ 51479-99, влагоудерживающую способность (ВУС) – по ГОСТ 51479-99.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе проведенных маркетинговых исследований рынка по мясным рубленым полуфабрикатам, обогащенным растительным сырьем, приходим к выводу, что в розничной сети данная продукция отсутствует, поэтому исследования и разработки мясных рубленых полуфабрикатов актуальны.

Следующим технологическим аспектом при проведении исследований было изучение влияния дозировки пектина хвойного и клетчатки пшеничной на органолептические и физико-химические показатели. Комплексную оценку органолептических показателей изучаемых образцов проводили с помощью балльной системы оценки качества.

Таким образом, сравнивая результаты дегустационной оценки бифштекса рубленого и бифштекса с пектином хвойным, можно сделать заключение о возможности улучшения органолептических показателей мясных рубленых полуфабрикатов, путем добавления 1,5 % пектина. При анализе органолептических показателей бифштекса рубленого и бифштекса с клетчаткой пшеничной оптимальный результат получил полуфабрикат с добавлением 10,0 % клетчатки пшеничной.

Таким образом, разработанные обогащенные мясные рубленые полуфабрикаты с пектином хвойным и клетчаткой пшеничной улучшают органолептические показатели готовых мясных рубленых изделий.

Следующей задачей исследований было изучение влияния пектина хвойного и клетчатки пшеничной на физико-химические показатели мясных рубленых полуфабрикатов. Основными показателями качества мясных рубленых изделий являются: массовая доля влаги, влагоудерживающая способность (ВУС).

При добавлении в мясные рубленые полуфабрикаты пектина хвойного и клетчатки пшеничной изменяется массовая доля влаги мясных полуфабрикатов, полученные данные представлены на рисунке 4.

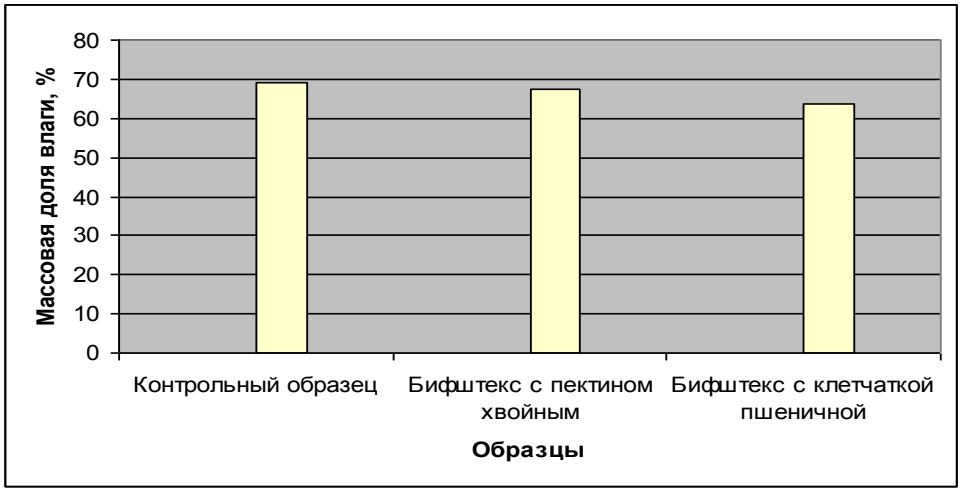


Рис. 4. Влияние пектина хвойного и клетчатки пшеничной на массовую долю влаги полуфабриката бифштекса рубленого

Исследуя массовую долю влаги мясных рубленых полуфабрикатов при введении пектина хвойного и клетчатки пшеничной, можно сделать вывод, что влажность уменьшается за счет способности пищевых волокон связывать свободную влагу.

Влагоудерживающая способность зависит от степени взаимодействия белков с водой. Значение ВУС позволяет прогнозировать показатели качества готовых мясных рубленых изделий. Результаты исследования влияния пектина хвойного и клетчатки пшеничной на влагоудерживающую способность полуфабрикатов бифштекса рубленого представлены на рисунке 5.

Полученные данные проведенных научных исследований по влагоудерживающей способности показывают, что при введении пектина хвойного и клетчатки пшеничной в мясные полуфабрикаты увеличивается влагосвязывающая способность полуфабрикатов, что способствует повышению качества готовых мясных рубленых изделий и снижению термических потерь.

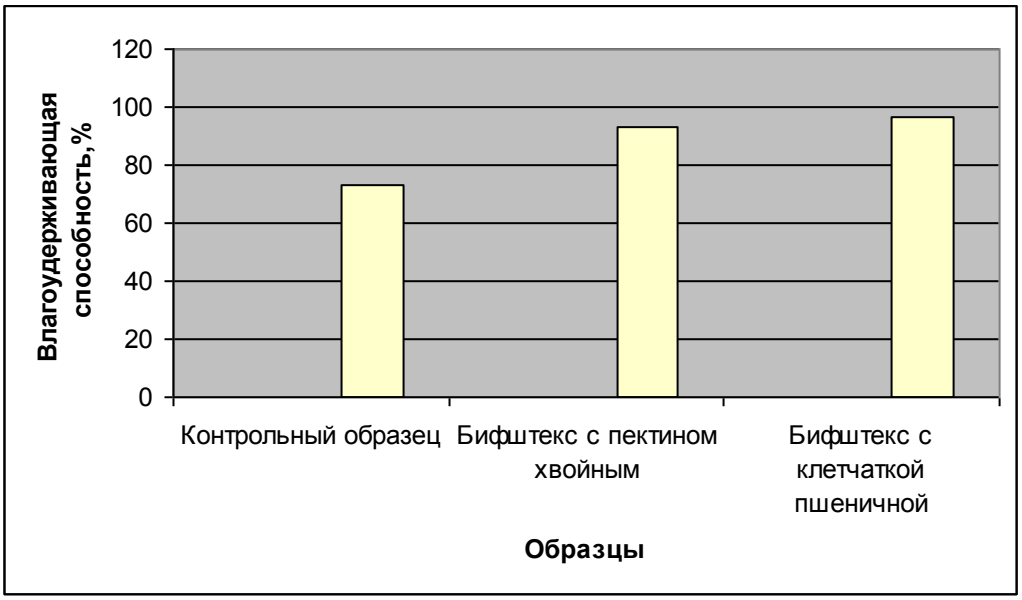


Рис. 5. Влияние пектина хвойного и клетчатки пшеничной на влагоудерживающую способность (ВУС) полуфабриката бифштекса рубленого

Выводы. Проведенные исследования по изучению технологических аспектов применения пектина хвойного и клетчатки пшеничной в производстве мясных рубленых изделий позволят расширить ассортимент обогащенных мясных рубленых полуфабрикатов с целью снижения риска неблагоприятного воздействия окружающей среды на организм человека. Использование местного растительного сырья, пектина хвойного и клетчатки пшеничной в качестве обогащения мясных рубленых полуфабрикатов способствует решению импортозамещения и вовлечения региональных ресурсов.

Литература

1. *Кенийз Н.В., Сокол Н.В.* Технология замороженных полуфабрикатов с применением криопротекторов. – Саарбрюккен: Palmarium Academic Pudlishing, 2014. – 129 с.
2. *Кенийз Н.В., Нестеренко А.А., Сыроваткина С.С.* Анализ рынка полуфабрикатов в России // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №105(01). – С. 1–15.
3. Красноярский край лидирует по потреблению мяса в Сибири. – URL: http://krasnoyarsk.meatinfo.ru/.
4. Министерство сельского хозяйства РФ. – URL: http://specagro.ru/.

УДК 663.88(571.52) *Е.Н. Кожухарь, К.В. Нарылкова, В.Н. Невзоров*

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ НАПИТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРИ

Разработана рецептура напитка функционального назначения на основе минеральной питьевой воды с добавлением брусники и пантов северного оленя, являющимися природными ресурсами Сибири. Выявлены функциональные пищевые ингредиенты, которые позволили отнести разработанный напиток к продуктам пищевого функционального назначения.

***Ключевые слова**: функциональный напиток, Vaccínium vítis-idaéa, панты северного оленя, биологически активные вещества.*

E.N. Kozhukhar, K.V. Narylkova, V.N. Nevzorov

THE FORMULATION RESEARCH AND SUBSTANTIATION OF THE FUNCTIONAL PURPOSE BEVERAGE WITH THE SIBERIAN NATURAL RESOURCE USE

The formulation of the functional purpose beverage on the basis of the mineral drinking water with the addition of cranberries and reindeer antlers that are the Siberian natural resources is developed. The functional food ingredients that allowed to refer the developed beverage to the foodstuffs of the functional purpose are revealed.

***Key words**: functional beverage, Vaccíniumvítis are idaéa, reindeer antlers, biologically active substances.*

Введение. В России для обеспечения здорового питания населения в начале 90-х годов прошлого века была сформирована национальная концепция «Функциональное питание», которая предусматривает активную разработку новых и расширение объемов уже выпускаемых разработанных функциональных пищевых продуктов питания. Важно отметить, что функциональные пищевые продукты, в составе которых имеются функциональные пищевых ингредиенты, предназначены для снижения риска развития заболеваний, непосредственно связанных с питанием, а также сохранения и улучшения здоровья человека.

Наибольшее количество пищевых ингредиентов человек получает от использования жидких продуктов питания – напитков, особенно важно при их изготовлении использовать местные природные ресурсы.

Напитки – наиболее удобная основа для создания новых видов функциональных продуктов, поскольку технология их производства позволяет без больших сложностей вводить дополнительные ингредиенты: растительные экстракты, пищевые и биологически активные вещества.

Сибирь богата природными растительными и водными ресурсами. В регионе насчитывается большое количество лечебных минеральных источников (аржаан), произрастает более 400 видов пищевых и лекарственных дикоросов [1].

Цель работы. Разработка рецептуры функционального напитка на основе природной питьевой воды с введением сока ягод брусники и экстракта порошка пантов оленей северных.

Задачи исследования:

1. Проанализировать и обобщить результаты ранее выполненных работ.
2. Исследовать химический состав брусники, собранной на территории Республики Тыва.
3. Разработать рецептуру напитка и провести исследование качественных показателей.
4. Определить возможность классифицировать разработанный напиток как пищевой функциональный продукт.
5. Определить оптимальный состав напитка на основании математической обработки экспериментальных результатов.

Обоснование рецептуры напитка. Для основы напитка была выбрана природная питьевая

вода «Бай-Хаак», которая по органолептическим показателям представляет прозрачную жидкость без посторонних включений, без осадка, без запаха, имеет пресный вкус.

Вода «Бай-Хаак» Терехтинского месторождения добывается в Тандинском районе Республики Тыва из скважины 80 метров

Таблица 1

Физико-химические показатели природной питьевой воды «Бай-Хаак» [2]

Тип воды	Уровень минерализации, г/л	Основные ионы	Содержание микроэлементов	Величина pH(6-9,0)	Жесткость воды
Сульфатно-гидрокарбонатная, натриево-магниево-кальциевая	0,15-0,30	HCO_3 SO_4 Cl Ca Mg Na K	Ag	7-8	1-3мг/л

В качестве фитосоставляющего напитка был использован сок ягод брусники (лат. Vaccínium vítis-idaéa).

На кафедре «Технология, оборудование бродильных и пищевых производств» был проведен химический анализ ягод брусники, собранной на территории Республики Тыва [3, 4].

Таблица 2

Химический состав брусники

Показатель	Результаты экспериментальных исследований
Вода,%	83,20
Белок ,%	0,42
Сахара ,%	7,20
Клетчатка , %	0,38
Пектин, %	0,85
Зола, %	0,20
Дубильные вещества,%	1,40
Фенольные соединения,%	2,90
Флавоноиды, %	0,15
Антоцианы,%	0,20
Витамин С, мг%	6,40
Витамин Р, мг%	1,20
Фосфор, мг/100г	37,80
Железо, мг/кг	1,90
Марганец, мг/кг	4,30
Кальций, мг/кг	33,20
Магний, мг/кг	4,30

Анализируя данные, представленные в таблице 2, важно отметить, что брусника, собранная на территории Республики Тыва, является источником ряда важных компонентов. Особую группу

составляют антоцианы и флавоноиды, которые, согласно ГОСТ Р. 54059-2010 «Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования», относятся к классу функциональных пищевых ингредиентов, оказывающих эффект поддержания деятельности сердечно-сосудистой системы [5].

Благодаря своей высокой антиоксидантной активности, данные соединения направленно осуществляют свою деятельность на защиту клеток.

Флавоноиды и антоцианы повышают эластичность сосудов, также они связывают свободные радикалы и нейтрализуют их.

Рекомендуемые уровни потребления флавоноидов: адекватный уровень потребления – 85 мг/сутки, верхний допустимый уровень потребления – 120 мг/сутки. Установленный уровень физиологической потребности антоцианов: адекватный уровень – 50 мг/сутки, верхний допустимый – 150 мг/сутки. Данные рекомендованные величины потребления пищевых и биологических активных веществ утверждены главным санитарным врачом РФ в 2004 году [6].

Для обогащения напитка использовался экстракт пантов оленей северных, заготовленных в Эвенкийском муниципальном районе ОПХ (оленеводческо-племенное хозяйство) «Суриндинский».

Таблица 3

Химический состав пантов северного оленя

Показатель	Панты северного оленя [7]
Органические вещества, %	68,10
Неорганические вещества, %	32,20
Азот,%:	
общий	7,30
белковый	5,30
небелковый	1,90
Белки,%	45,30
Жиры,%	2,20
Моно- и дисахара,%	13,40
Зола ,%	31,40

Экстракцию ультрадисперсного порошка проводили спиртосодержащей жидкостью. В качестве спиртосодержащей жидкости – виноградное вино, с последующим вакуумированием [8].

В качестве подсластителя был использован природный сахарозаменитель-сорбит, который широко применяется при производстве диетических продуктов, диетических напитков.

Методика планирования эксперимента. При разработке рецептуры безалкогольного напитка функционального назначения в качестве источников биологически активных веществ использовали сок ягод брусники, экстракт пантов оленей северных на основе природной питьевой воды. Соотношение рецептурных компонентов определяли методом математического планирования эксперимента, меняя соотношение компонентов.

Для планирования эксперимента использовали полный факторный эксперимент второго порядка. Независимыми переменными были выбраны следующие факторы: X1 – количество ягодного сырья, %; X2 – количество экстракта пантов оленя северного, % (табл. 4). Математическую обработку выполняли с помощью пакета прикладных программ Statgraphics Plusv.5.1 [9]. Основные факторы и уровни их варьирования представлены в таблице 4. Выходными параметрами служили: Y1 – цвет готового напитка, баллы; Y2 – аромат готового напитка, баллы; Y3 – вкус напитка, баллы; Y4 – флавоноиды в готовом напитке, %; Y5 – антоцианы в готовом напитке, %.

Таблица 4

Основные факторы и уровни их варьирования

Характеристика плана	Переменные факторы	
	Количество ягодного сырья X1, %	Количество экстракта пантов оленя северного X2, %
Основной уровень, $X_i^{(0)}(0)$	5	3
Шаг варьирования, λ_i	2	1
Верхний уровень, $X_i^{(+)}(+1)$	7	4
Нижний уровень, $X_i^{(-)}(-1)$	3	2

Результаты исследования. Для оценки органолептических свойств напитки были продегустированы и оценены в соответствии с 5-балльной шкалой по показателям «цвет» (Y1) (максимум 5 баллов), «аромат» (Y2) (максимум 5 баллов), «вкус» (Y3) (максимум 5 баллов). Дегустационная комиссия выделила три образца с наиболее сбалансированным вкусом, ароматом и цветом – образцы 3, 6, 9, с уровнями X1=1, X2=-1; X1=1, X2=0; X1=1, X2=+1.

Согласно данным дисперсионного анализа, влияние факторов эксперимента статистически значимо при уровне значимости p=5 % (т.е. p<0,05).

Как следует из дисперсионного анализа и уравнения регрессии, большое влияние на цвет напитка (Y1) оказывает количество вносимого ягодного сырья (X1) (p-value= 0,0005).

Уравнение регрессии:

Y1=4,45111+0,896667·X-0,0296667·X2-0,296667·X1^2+0,035·X1·X2-
-0,076667·X2^2.

Общая ошибка эксперимента для Y1 = 0,0053144.

Графические зависимости (рис. 1) указывают, что с увеличением количества ягодного сырья улучшается и цвет напитка. Это объясняется наличием в ягодном соке красящих пигментов, которые, соответственно, окрашивают напиток.

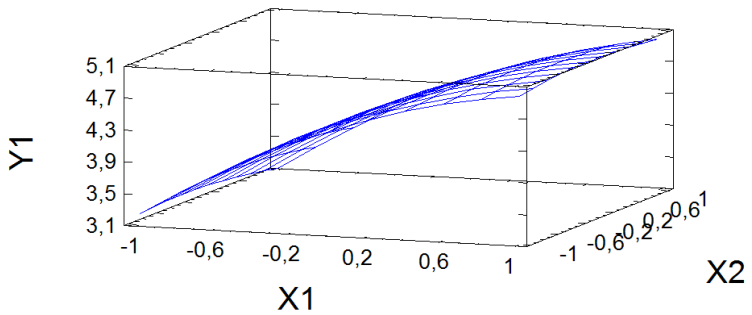


Рис. 1. Влияние массовой доли брусничного сока (X1) и экстракта пантов (X2) на цвет напитка (Y1)

Наибольшее влияние на аромат напитка (Y2) оказывает количество добавленного ягодного сырья (X1) (p-value для Y2=0,0004), что следует из дисперсионного анализа и уравнения регрессии.

Уравнение регрессии:

Y2=4,32444+0,683333·X1-0,106667·X2+0,063333·X1^2-0,125·X1·X2-
-0,106667·X2^2.

Общая ошибка эксперимента для Y2 = 0,02621.

Как видно из результатов, приведенных на рисунке 2, с увеличением количества ягодного сырья напиток приобретает гармоничный выраженный аромат. Объясняется это наличием в составе ягод вкусоароматических компонентов.

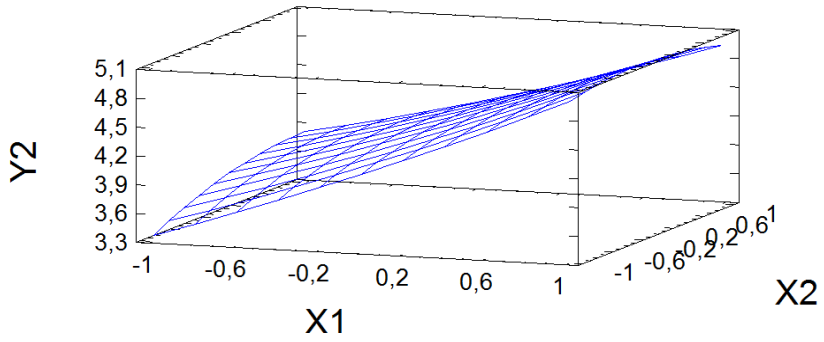


Рис. 2. Влияние массовой доли брусничного сока (X1) и экстракта пантов (X2) на аромат напитка (Y2)

Большое влияние на вкус напитка (Y3) оказало количество добавленного ягодного сырья (X1), что следует из дисперсионного анализа и уравнения регрессии. Критический уровень значимости фактора (X1) (p-value для Y3=0,0011).

Уравнение регрессии:

Y3=4,12444+0,75·X+0,0566667·X2-0,0366667·X1^2+0,15·X1·X2+ +0,043333·X2^2.

Общая ошибка эксперимента для Y3 = 0,06537.

Как видно из результатов, приведенных на рисунке 3, с увеличением X1 улучшается вкус напитка. Это объясняется тем, что высокое количество ягодного сырья придаёт напитку ягодный и, следовательно, более глубокий вкус.

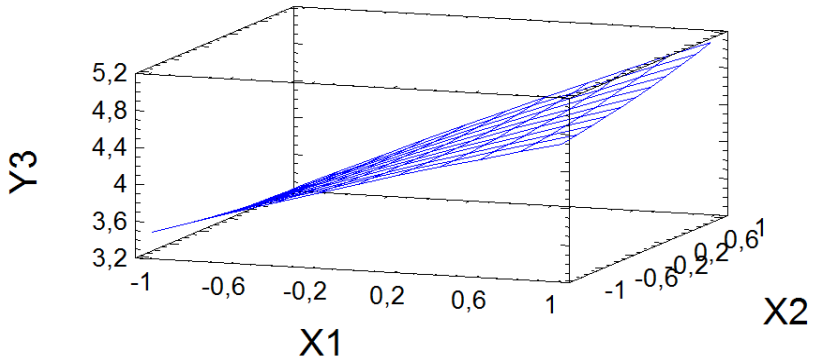


Рис. 3. Влияние массовой доли брусничного сока (X1) и экстракта пантов (X2) на вкус напитка Y3

Второй этап дисперсионного анализа заключался в рассмотрении влияния факторов эксперимента на содержание флавоноидов и антоцианов в готовом напитке.

Согласно данным дисперсионного анализа и уравнения регрессии, значимое влияние (p-value для Y4=0,0002) на содержание флавоноидов в напитке (Y4) оказало количество вносимого ягодного сырья (X1). Массовая доля экстракта пантов оленя северного, добавляемого в напиток (X2), является незначимым фактором (p-value для Y4=0,1010).

Уравнение регрессии:

Y4=0,0274444+0,0166667·X1+0,00166667·X2+0,0083333·X1^2+
+0,003·X1·X2-0,00166667·X2^2.

Общая ошибка эксперимента для Y4=0,0000091.

Графические зависимости указывают, что с увеличением количества ягодного сырья увеличивается содержание флавоноидов в напитке (рис. 4).

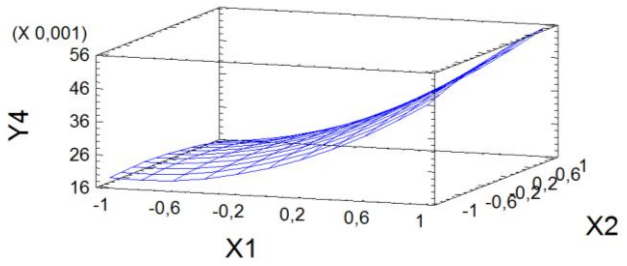


Рис. 4. Влияние массовой доли сока (X1) и экстракта пантов (X2) на содержание флавоноидов в напитке (Y4)

Статистически значимое влияние (p-value для Y5=0,0001) на содержание антоцианов в напитке оказывает количество добавленного ягодного сырья, что следует из дисперсионного анализа и уравнения регрессии.

Уравнение регрессии:

Y5=0, 364444+0,141667·X1-0,00666667·X2+0,0483333·X1^2+0,015·X1·X2- - 0, 0266667·X2^2.

Общая ошибка эксперимента для Y5 = 0,0004.

С увеличением количества ягодного сырья увеличивается содержание антоцианов в напитке (рис. 5).

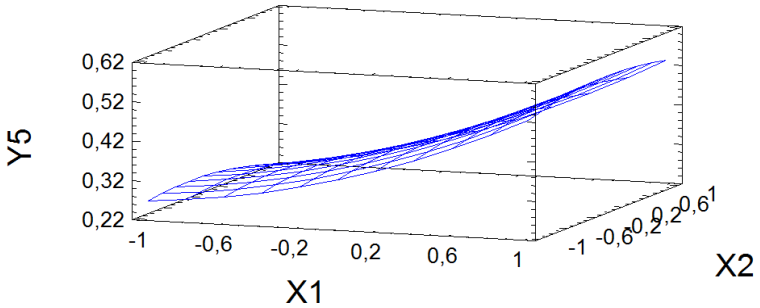


Рис. 5. Влияние массовой доли брусничного сока (X1) и экстракта пантов (X2) на содержание антоцианов в напитке Y5

Выводы

1. Проанализированы и обобщены результаты ранее выполненных исследований по химическому составу брусники, пантов оленей северных и минеральной воды для разработки рецептуры напитка.

2. Исследован химический состав брусники, собранной на территории Республики Тыва. Результаты анализа полученных материалов позволили определить преимущество использования ягод брусники для обогащения напитков.

3. Разработана рецептура напитка и проведено исследование качественных показателей, в результате которых можно сделать вывод, что добавление сока ягод брусники благоприятно повлияло на физико-химические показатели и органолептические характеристики.

4. Результаты анализа химического состава напитка показали, что содержание фенольных соединений (флавоноидов и антоцианов) позволяет отнести разработанный напиток к пищевым функциональным продуктам.

5. На основании математической обработки полученных экспериментальных результатов по оптимизации состава напитка наилучшие показатели для органолептики и полифенольного состава готового продукта были получены на верхних уровнях для обоих компонентов, что соответствует 7 % для ягодного сырья и 4 % для экстракта пантов оленя северного.

Литература

1. *Пиннекер Е.В.* Минеральные воды Тувы. – Кызыл: Тип. управления по печати при Совете Министров Тувинской АССР, 1968. – 110 с.
2. Официальный сайт ООО «Бай-Хаак». – URL: http://bayaqua.ru/.
3. *Кожухарь Е.Н., Нарылкова К.В., Невзоров С.Г.* Перспективы комплексной переработки ягод брусники в Республике Тыва // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы Междунар. заоч. науч. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – С.180–183.
4. *Кожухарь Е.Н., Нарылкова К.В.* Изучение биологически активных веществ брусники Республики Тыва // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – С. 248–250.
5. ГОСТ Р 54059-2010. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования: нац. стандарт РФ. – Введ.01.01.2012. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 12 с.
6. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М., 2004. – 36 с.
7. *Гнездов А.А., Шелепов В.Г., Тюпкина Г.И.* Изменение химического состава и содержание биологически активных веществ в пантах важенок северных оленей в процессе развития // Сб. науч. тр. – Новосибирск, 2002. – С. 185–192.
8. Пат. 2363482 Российская Федерация. МПК А61К35/36, А61К36/87. Способ получения экстракта из пантов оленя / *Корнилов С.И.*; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Доктор Корнилов» (ООО «Доктор Корнилов»). – №2008123497/15; заявл.2008.06.09, опубл.2009. 08.10.
9. *Пен Р.З.* Планирование эксперимента в STATGRAPHICS / Сиб. гос. технол. ун-т. – Красноярск: Кларетианум, 2003. – 248 с.

УДК 639.211.597.1.05

Е.И. Рыбникова, Н.Н. Ковалев

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУКУМАРИИ ЯПОНСКОЙ В ТЕХНОЛОГИИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Проведено исследование влияния мускульной ткани кукумарии японской на качественные характеристики сосисок. Установлено, что внесение кукумарии в количестве 3-% от массы фарша не оказывает отрицательного влияния на органолептические характеристики продукта. Исследование реологии сосисок свидетельствует о стабилизации структуры экспериментальных образцов. Микробиологические исследования доказывают возможность продления срока хранения сосисок с кукумарией по сравнению с контрольными образцами.

***Ключевые слова**: кукумария японская, сосиски, органолептическая характеристика, реология, микробиологическая оценка, срок хранения.*

E.I. Rybnikova, N.N. Kovalev

SUBSTANTIATION OF THE JAPANESE SEA CUCUMBER USE IN THE SAUSAGE TECHNOLOGY

The research of the influence of the Japanese sea cucumber muscular tissue on the sausage quality characteristics is conducted. It is established that introduction of sea cucumber in the amount of 3% of minced meat weight doesn't have negative influence on the organoleptic characteristics of the product. The study of the sausage rheology indicates to the stability of the experimental sample structure. Microbiological studies demonstrate the possibility of the storage period extending of the sausages with sea cucumber in comparison with the control samples.

Key words: *Japanese sea cucumber, sausages, organoleptic characteristics, rheology, microbiological assessment, storage period.*

Введение. В последние десятилетия концепция функционального питания предлагает новый практичный подход к достижению оптимального здоровья путем пропаганды использования в продуктах питания натуральных ингридиентов с физиологическщй активностью, таким образом снижая риск различных хронических заболеваний [1, 2].

Большинство имеющихся в настоящее время функциональных продуктов питания и пищевых добавок получены непосредственно либо косвенно из природных источников, особенно из наземных пищевых растений и морских гидробионтов [3, 4]. Благодаря богатому биоразнообразию морские организмы являются ценным источником пищевых продуктов, а также биологически активных компонентов [2, 5, 6].

Использование пищевых добавок из гидробионтов (в том числе БАД) в составе мясных продуктов в настоящее время особо актуально при создании комбинированных биотехнологических продуктов. Они сложны по химическому составу, имеют различные виды структур и разнообразные физические свойства, которые в совокупности составляют их качество. Наиболее полно о качестве продукта можно судить по тем физическим свойствам, которые зависят от химического состава и определяются внутренним строением продукта. К таким свойствам относятся структурно-механические, или, как их называют, реологические характеристики биотехнологических продуктов, которые определяют существенные аспекты их технологического качества и поведения в различных процессах переработки, связанных с деформированием или течением [7].

Так, хитозан применяется в качестве загустителя и структурообразователя для продуктов диетического питания, при производстве мясных продуктов, что приводит к повышению органолептических и функционально-технологических характеристик продуктов [8]. При внесении добавки «Кальмарин» из гонад кальмаров (ТУ 9283-004-00038155-01) в состав рубленых мясных полуфабрикатов было обнаружено, что полученный продукт характеризуется более высокой стабильностью качественных и санитарных показателей, как при кратковременном, так и при длительном хранении в замороженном состоянии по сравнению полуфабрикатами, выработанными без добавки [9].

Голотурии принадлежат к морским животным, которые являются неотъемлемым источником питания, в частности в странах Азии [10].

Биологически активные вещества (БАВ), содержащиеся в таких гидробионтах, как кукумария, имеют большое значение для организма человека, поскольку обладают фунгицидным, антимикробным действием, способностью снижать артериальное давление, иммуномодулирующей, антиоксидантной и радиозащитной активностью [5, 11–14]. Уже доказана совместимость в рекомендованных количествах гидролизатов из мышечной ткани и внутренностей кукумарии с молочными и кисломолочными продуктами и установлено эффективное повышение их биологической активности [15].

Цель исследований. Разработка технологии комбинированного мясного фаршевого продукта с внесением тканей кукумарии, оценка его органолептических и реологических свойств, а также обоснование срока хранения.

Задачи исследований: определение оптимального количества добавления мышечной тка-

ни кукумарии в рецептуру мясного фаршевого изделия, органолептических и реологических свойств нового продукта и обоснование срока его хранения.

Материалы и методы. Материалом для исследования служила кукумария разделанная сырец ТУ 9253-196-00472012-2001.

Сосиски изготавливали согласно ТУ 9213-009-89688905-2002 «Изделия колбасные вареные».

Реологические показатели – модуль сохранения (G') и модуль потерь (G") – определяли на приборе Rheolographsol (ToyoSeikiSeisaku – Sho.Ltd) динамическим методом. Разрушающую деформацию (L, мм) мышц определяли на приборе FudohRheoMeter (RheotechCo., LTD, Япония), используя стальной сферический плунжер диаметром 5 мм [16].

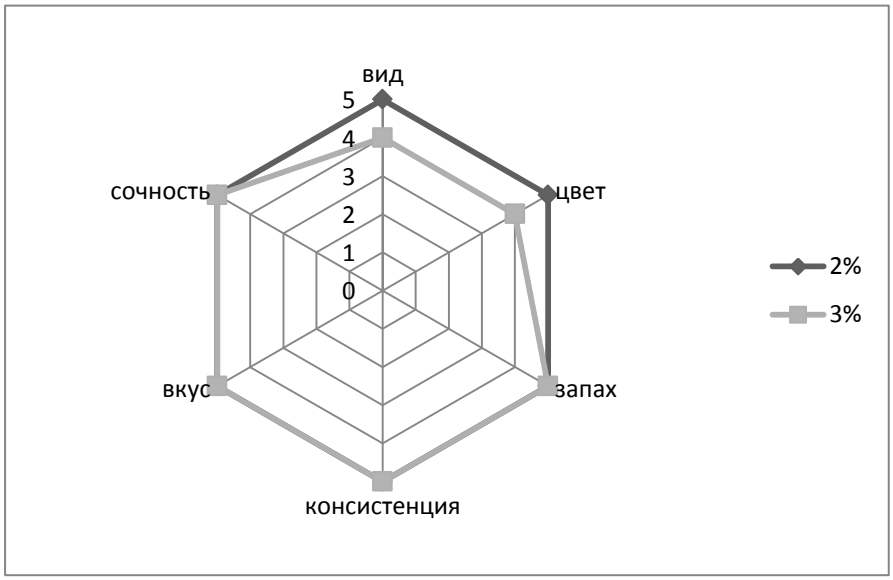
Микробиологические показатели определяли согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Органолептическую оценку образцов сосисок проводили по 5-балльной шкале методом анкетирования согласно ГОСТ 9959-91 «Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки».

Результаты и их обсуждение. Технология производства сосисок предусматривает измельчение на куттере мясного сырья, формовку, термообработку и охлаждение. Измельчение на куттере включает следующие стадии: на первой стадии измельчают нежирное сырье (измельченная блочная говядина) примерно 1 мин, добавляя комплексные фосфатсодержащие добавки, раствор нитрита натрия (для образования типичного розового цвета готового продукта), часть технологического хладагента (примерно 1/3 от общей рецептурной влаги) – водо-ледяной смеси для охлаждения фарша. Поскольку основным компонентом мышечной ткани кукумарии является коллаген, необходимо введение дополнительной стадии обработки этого вида сырья. Для этого мышечную стенку кукумарии размораживают при комнатной температуре и предварительно отваривают в воде в течение 4 часов после закипания, охлаждают до температуры 3–6˚С, измельчают на волчке-мясорубке с диаметром отверстий решетки 5 мм – для оптимизации измельчения в куттере. Для приготовления фарша экспериментального образца сосисок отваренную, измельченную ткань кукумарии вносят на стадии измельчения нежирного сырья (говядины). На второй стадии вносят предварительно измельченную полужирную свинину (содержание жира не более 45–50%), оставшееся количество рецептурной влаги в виде водо-ледяной смеси куттеруют до 5˚С. На третьей (последней) стадии вносят сухое молоко и куттеруют фарш до готовности (температура готового фарша не выше 12°С). Готовым фаршем наполняют искусственную проницаемую сосисочную оболочку и производят термическую обработку сосисок путем подсушки при температуре 55–65°С и относительной влажности 15–25 % в течение 40 мин, копчения – при 65°С в течение 30 мин и варки их при температуре 78°С и относительной влажности 90–100 % до достижения в толще батончика сосисок температуры 72°С с последующей подсушкой в течение 5–10 мин при температуре в камере 50°С, влажности 40–50 %. После чего производят охлаждение продукта.

Обоснование количественного внесения тканей кукумарии проводили по органолептическим показателям. Для проведения анализа были изготовлены экспериментальные образцы с внесением фарша мускульного мешка кукумарии в количестве от 1 до 3 %. Оценку органолептических показателей проводили по 5-балльной шкале.

Следует отметить, что экспериментальные образцы сосисок, приготовленные с использованием вареной мускульной ткани кукумарии, имели неоднородную структуру, обусловленную наличием включений тканей гидробионта в виде точек. В случае с вареной кукумарией, вероятно, этого можно избежать, предварительно измельчив мышечную ткань в куттере перед внесением говядины. Данные результатов органолептической оценки приготовленных экспериментальных образцов с тканями гидробионтов приведены на рисунке.



Профилограмма органолептических показателей сосисок с добавлением различных концентраций тканей кукумарии

По результатам органолептической оценки образцов, приготовленных с тканями гидробионта, можно сделать вывод, что добавление 3 % ткани кукумарии не влияет на вкусовые качества образца по сравнению с контрольным. Наличие мелких точечных включений ткани кукумарии в готовом продукте не повлияло отрицательно на органолептическую оценку исследуемого образца.

Реологические характеристики являются необходимыми для полной сенсорной оценки сырья, планирования показателей качества и характеристики потребительских свойств готовой продукции. Реологические показатели позволяют спрогнозировать изменения текстуры и других технологических свойств при хранении и термообработке [17, 18].

Оценку реологических показателей проводили в течение всего срока хранения продукции, который для сосисок первого сорта в проницаемой оболочке, по ГОСТ Р 52196-2003, составляет 4 суток, а при наличии консерванта (лактат натрия) – 10 суток; для сосисок «Пятачок», по ТУ 9213-009-89688905, – 6 суток, а при наличии консерванта (лактат натрия) – 10 суток.

Нами были исследованы реологические показатели сосисок «Пятачок» в проницаемой оболочке, приготовленных с использованием ткани кукумарии, по сравнению с контрольном образцом, приготовленным по стандартной рецептуре (ТУ 9213-009-89688905, сосиски «Пятачок»), без использования консерванта.

При исследовании микроструктуры образцов определяли деформирование (или нагружение) исследуемого образца по колебательному, гармоничному режиму, когда деформация и напряжение изменяются синусоидально. При этом амплитуда, т.е. величина деформации, должна быть так мала, чтобы не изменялась структура образца. При этом определяли энергию, запасаемую в образце и обратно отдаваемую им в каждом полуцикле. Мерой этой энергии служит модуль накопления упругой деформации (или модуль сохранения G'). Одновременно определяли сопротивление образца деформированию, что характеризуется модулем потерь (модуль вязкости) – G". Средние значения динамических показателей исследуемого образца сосисок с тканью кукумарии по сравнению с контрольным образом приведены в таблице 1.

Результаты определения разрушающего напряжения (Н, г) и разрушающей деформации (L, мм), а также прочность исследуемых образцов сосисок (H·L, г·см) являются характеристиками макроструктуры исследуемых образцов, их средние значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Реологические характеристики сосисок с добавлением тканей гидробионтов в процессе хранения

Срок хранения, сут	G',Па	G",Па	Динамическаяя вязкость, Па*с	H, г	L, см	H·L, г·см
Контроль						
1	5500	1075	57,06	503	0,86	432,6
5	5600	1125	59,71	507	0,78	395,5
8	6250	1250	66,35	500	0,95	475
12	6300	1350	71,66	504	0,97	488,9
Кукумария						
1	5675	1100	58,39	509	0,63	320,7
5	5950	1175	62,37	507	0,60	304,2
8	6375	1300	69,00	509	0,65	330,9
12	6350	1375	72,98	508	0,64	325,1

**Частота колебаний плунжера 3.*

При исследовании реологических характеристик микроструктуры образца (динамические показатели), приготовленного с добавлением ткани кукумарии, по сравнению с контрольным образцом было установлено, что значения величин динамической вязкости на протяжении всего срока хранения исследуемого образца практически не отличаются от таковых в контрольном, увеличиваясь к окончанию срока хранения на 25 %. При этом на протяжении всего исследуемого срока хранения значения динамических показателей, характеризующих исследуемый образец (с тканью кукумарии), выше таковых в контрольном образце на 2 %. Из вышесказанного следует, что в течение всего срока хранения структура образца с добавлением ткани кукумарии была стабилизирована в большей степени, возможно, за счет увеличения сил межмолекулярного взаимодействия, в экспериментальном образце – за счет внесения ткани кукумарии, богатой коллагеном. Вязкостная составляющая G" превышала прочностную составляющую G', динамическая вязкость также увеличивалась к окончанию исследуемого срока хранения, что свидетельствует об упрочнении структуры, возможно, также вследствие частичной потери влаги за счет подсыхания сосисок в процессе хранения.

Величины разрушающей деформации, а также прочности в контрольном образце на 30 % выше, что свидетельствует, что степень уплотнения частиц контрольного образца выше, это, в свою очередь, зависит от плотности упаковки пучков мышц и прочности связи этих пучков между собой. По-видимому, это связано со степенью измельчения (гомогенизации) и, как следствие, наличием включений частиц мышечной стенки кукумарии в образце.

Опираясь на данные, приведенные в таблице 1, следует отметить, что на протяжении всего срока хранения сосисок, приготовленных с добавлением тканей кукумарии, средние значения показателей микроструктуры (динамические показатели) были выше, чем в контрольном образце. Полученные данные свидетельствуют о стабилизации структуры исследуемых образцов на протяжении всего срока хранения.

Результаты микробиологического исследования сосисок в проницаемой оболочке «Амилюкс» с мышечной тканью кукумарии, а также контрольного образца представлены в таблице 2.

Таблица 2

Микробиологические показатели сосисок с кукумарией в процессе хранения

Объект исследования	МАФАиН в 1 г			
	1 сут	8 сут	10 сут	12 сут
Контроль	$1,5 \times 10^2$	$3,0 \times 10^3$	$4,5 \times 10^3$	$5,0 \times 10^3$
С вареной кукумарией	$1,0 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$	$3,1 \times 10^3$
Норма по ТУ 9213-009-89688905 к окончанию срока хранения (6 суток) – $1,0 \times 10^3$				

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что добавление тканей кукумарии явилось причиной приостановления роста общего количества бактерий, что видно уже на 10-е сутки хранения. При этом общее микробное число образцов (МАФАнМ) в образцах, приготовленных с добавлением кукумарии, не превышет значение, соответствующее требованию нормативной документации. В то время как контрольный образец (без консервирующих добавок) выдержал 7 суток хранения при температуре 0–6 °С. При этом общее микробное число (МАФАнМ) совпадает с допустимым требованиям нормативной документации.

Исходя из результатов микробиологических исследований, можно сделать вывод о возможности продления сроков хранения образцов с добавлением ткани кукумарии более 10 суток при температуре 0–6 °С.

Выводы. На основании вышеприведенных данных можно сделать вывод, что внесение в фарш добавок на основе мышечной ткани кукумарии не влияет отрицательно на органолептические, реологические и микробиологические показатели сосисок, что свидетельствует о возможности применения тканей гидробионтов в составе мясных фаршевых продуктов.

Литература

1. *Webb G.P.* An Overview of Dietary Supplements and Functional Food. In Dietary Supplements and Functional Foods. – 1st ed. – Blackwell Publishing: Oxford, UK. – 2006. – P. 1–35.
2. *Shahidi F.* Nutraceuticals and functional foods: Whole *versus* processed foods // Trends Food Sci. Technol. – 2009. – V. 20. – P. 376–387.
3. *Hu S.-Y.* Food Plants of China//Chinese University Press: Hong Kong, China. – 2005. – P. 275–278.
4. *Venugopal V.* Marine Habitat and Resources. In Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean // Ed.; CRC Press Taylor &Francis Group: Boca Raton, FL, USA. – 2009. – P. 23–50.
5. *Guerard F., Decourcelle N., Sabourin C.* Recent developments of marine ingredients for food and nutraceutical applications // A review.J. Sci. Hal. Aquat. – 2011. – V. 2. – P. 21–27.
6. *Blunden G.* Biologically active compounds from marine organisms // Phytother. Res. – 2001. – V. 15. – P. 89–94.
7. *Косой В.Д., Малышев А.Д., Юдина С.Б.* Инженерная реология в производстве колбас. – М.: Колос, 2005. – 261 с.
8. *Куркина Е.А., Садовой В.В.* Перспективы использования хитозана при производстве мясных продуктов // Мясная индустрия. – 2006. – № 6. – С. 36–38.
9. *Хлебников В.И., Дмитриенко С.Ю., Кузнецова Т.Г.* Биологическая добавка «Кальмарин» улучшает потребительские свойства мясных полуфабрикатов // Мясная индустрия. – 2004. – № 6. – С. 38–39.
10. *Wen J., Hu C., Fan S.* Chemical composition and nutritional quality of sea cucumbers //J. Sci.Food Agric. – 2010. – V. 90. – P. 2469–2474.
11. *Савватеева Л.Ю.* Перспективы комплексного использования голотурий дальневосточных морей // Рыбное хозяйство. – 1987.– № 1. – С. 72–74.

12. *Beauregard K.A., Truong N.T., Zhang H.* The detection and isolation of a novel antimicrobial peptide from the echinoderm, Cucumariafrondosa // Adv. Exp. Med. Biol. – 2001. – V. 484. – P. 55–62.
13. *Althunibat O.Y., Ridzwan B.H., Taher M.* In vitroantioxidant and antiproliferative activities of three Malaysian sea cucumber species // Eur. J. Sci. Res. – 2009. – V. 37. – P. 376–387.
14. *Aminin D.L., Chaykina E.L., Agafonova I.G.* Antitumor activity of theimmunomodulatory lead Cumaside // Immunopharmacol. – 2010. – V. 10. – P. 648–654.
15. *Шульгина Л.В., Блинов Ю.Г., Загородная Г.И.* Обоснование технологии кисломолочных продуктов на основе гидролизата из кукумарии // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т.120. – С. 188–192.
16. *Дроздова Л.И., Якуш Е.В., Ерошкина М.Я.* Исследование процесса гелеобразования в системе рыбного, соевого и молочных белков // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т. 120. – С. 244–253.
17. *Gomez-Guillen M.C., Martinez-Alvarez O., Montero P.* Functional and thermal gelation properties of squid mantle proteins affected by chilled and frozen storage// J. Food Sci. – 2003. – V. 68. – № 6. – P. 1962–1967.
18. *Hamann D.D.* Rheology as a means of evaluating muscle functionality of processed foods // Food technology. – 1988. – № 6. – P. 66–70.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

АГРОНОМИЯ

УДК 634.2

В.О. Обухов

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ ВИШНИ ФУДЗИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ХАБАРОВСКА

В результате научно-исследовательской работы по адаптации вишни Фудзи разработаны практические рекомендации по разведению вида для дальнейшего развития и эволюции в условиях г. Хабаровска с перспективой внедрения в районы с аналогичными климатическими параметрами.

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

V.O. Obukhov

PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR THE FUJI CHERRY (CERASUS INCISA) CULTIVATION IN KHABAROVSK CITY CONDITIONS

As a result of the research work on the adaptation of the Fuji cherry, the practical recommendations for the cultivation of species for further development and evolution in Khabarovsk conditions with the prospect of introduction into the areas with similar climatic parameters are developed.

Key words: *Fuji cherry, Khabarovsk, recommendations.*

Введение. Интродукция растений является эффективным и единственно возможным способом увеличения численности таксона в неестественных для него условиях произрастания. Вследствие этого происходит сохранение биоразнообразия интродуцируемого растения. Введение на новые территории редких и уникальных видов, имеющих не только декоративное значение, но и практическое, может существенно снизить антропогенное давление на ареал естественных популяций изучаемого вида. Только с помощью аборигенных видов возможно сократить существующую монотонность среди пород озеленения на территории с экстремальными климатическими условиями.

Приоритетной **целью** при проведении эксперимента по адаптации вишни Фудзи является разработка практических рекомендаций по разведению вида для дальнейшего развития и эволюции сорта Фудзи в условиях города Хабаровска с перспективой внедрения в районы с аналогичными климатическими параметрами.

Методы и материалы. Для постановки эксперимента из Японии были транспортированы саженцы вишни Фудзи (Cerasus incisa) общественной некоммерческой организацией «Ассоциация Мусасино-Тама-Хабаровск» (АМХТ) при поддержке Тихоокеанского государственного университета. Саженцы выращены в городе Фудзи Кавагутико префектуры Яманаси.

Начало проведения эксперимента было положено в 2013 году в городе Хабаровске на территории Тихоокеанского государственного университета. Объект проектирования – территория, имеющая форму полукруга, расположенная около правого входа Тихоокеанского государственного университета. Общая площадь объекта составляет 253 м^2. С запада, востока и юга территория не затенена техническими сооружениями. Поэтому участок имеет хорошую инсоляцию в течение всего светового дня.

Солнечное сияние на апробируемой территории составляет 2449 часов за год. Среднегодовая влажность воздуха – 78 %. Средняя скорость ветра колеблется в промежутке от 1 до 6,5 м/с.

В день посадки температура воздуха составляла 11,5°С. На выбранном участке были высажены саженцы вишни Фудзи (Cerasus incisa). На момент начала эксперимента средняя длина ствола составляла 25 сантиметров. Экспериментальный материал был высажен в открытый грунт.

Эксперимент проводился с 20 саженцами вишни Фудзи, посаженными 30.04.2013 года. В начале зимнего периода (05.12.2014) года саженцы были укрыты под снегом. С помощью термометра HoboCO-UA-002 произведено измерение температуры на поверхности почвы на глубине 10 сантиметров [5, *с. 251*]. Термометр HoboCO-UA-002 позволил получить краткосрочный мониторинг при полевом развертывании на апробируемой территории.

Для выяснения наличия связи с приростом растений измерение температуры производилось в 6 часов утра [4, *с. 225*].

Результаты. Экспериментальным путем доказано образование корней у вишни Фудзи в несвойственных для неё условиях Хабаровска. У воздушных отводков наблюдалось отсутствие корнеобразования на обработанных участках вследствие недостатка влаги, в то время как обработанные участки внутрипочвенных отводков находились в почве, была достаточная влажная среда, поэтому все отводки дали корни.

Корреляция температуры почвы и роста побегов в период с 10.05 по 27.07 передается высоким коэффициентом детерминации. Он составил R^2=0,75 [2, *с. 154*]. В отличие от температуры воздуха, корреляция температуры почвы и роста побегов выше. Это доказывает высокую зависимость прогрессивного роста вишни Фудзи от температурного режима почвы.

Экспериментальный материал, как уже было показано выше, высаживался в открытый грунт. Интродукционные возможности открытого грунта носят в некоторых случаях субверсивное воздействие, так как культивирование растения происходит под открытым небом в экстремальных для него условиях. По причине того, что во время проведения эксперимента не наблюдалась аберрация и поставленные цели были достигнуты, было выдвинуто предположение, что благодаря данному интродукционному методу вишня Фудзи прошла термическую закалку, позволившую через год переносить высокие температуры в летний период и низкие температуры в зимний период.

Вишня Фудзи способна давать цветки на молодых побегах. При исследовании результатов влияния метода термического буфера, с помощью которого были укрыты саженцы под снег, было установлено, что цветки появились как на саженцах, которые были укрыты на зиму, так и на контрольных саженцах, где укрытие не производилось (рис. 1). Кроме того, как на укрытых, так и на контрольных саженцах цветки появлялись в большом объёме в нижней части ствола. Это объясняется тем, что в нижней части ствола, который естественным образом находится под снежным покровом, много коротких веток, на которых образуются цветочные почки. Предполагается также, что на участке, где производилось укрытие на зиму, не происходило поражение холодом, что способствовало появлению цветочных почек.

А *Б*

Рис. 1. Состояние распускания цветков у вишни Фудзи (12.05.2014): А – контрольный саженец; Б – укрытый саженец

На рисунке 2 представлена доля выживших саженцев вишни Фудзи в общем количестве саженцев. Как видно по схеме, на участке, который был укрыт на зиму, количество выживших саженцев занимает значительную долю, которая вдвое превышает результат, показанный на контрольном неукрытом участке.

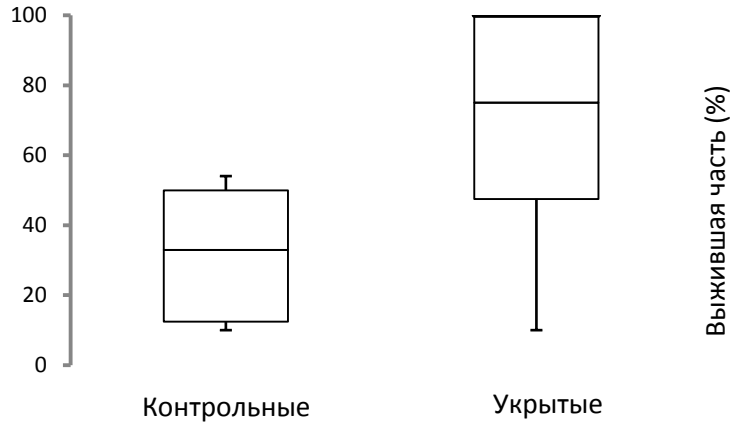


Рис. 2. Процент выживших ветвей на контрольных саженцах и укрытых саженцах у вишни Фудзи

Практические рекомендации. При посадке вишни Фудзи решающим фактором является выбор места. Вишня Фудзи (Cerasus incisa) предпочитает инсолируемое место. Необходимо, чтобы участок был защищен от ветра, а почва была плодородная и некислая, обогащенная питательными веществами. Кроме этого, почва должна быть не очень влажной.

При сильной сухости воздуха на месте посадки вишни Фудзи может происходить быстрое опадение цветков во время цветения.

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

Конкретно для вишни Фудзи (Cerasus incisa) одним из главных факторов является температурный режим почвы. При высокой корреляции прирост будет значительным. В то как время корреляция температуры воздуха от прироста ниже на R^2=0,47. Вследствие полученной корреляционной разницы можно сделать вывод о менее значительном влиянии на расширение адаптивных свойств температуры воздуха. При контроле температуры почвы в месте посадки вишни Фудзи возможен более стабильный рост.

Необходимо принимать меры для снижения негативных последствий смены условий на рост саженцев. Для этого, помимо оптимизации водного и температурного режима, защиты молодых растений от зарастания нежелательной травянистой растительностью, необходимо улучшать физические свойства почвы и условия минерального питания [3, *с. 81*].

Не исключается перспективность интродуктивного метода, при котором вишня Фудзи высаживается сразу в открытый грунт, так как сделан вывод о положительном влиянии достаточно экстремального метода в адаптации. Этот метод, на примере вишни Фудзи, показал, что может позволить приобрести изучаемому виду новые адаптивные возможности и высокую интродукционную пластичность быстрее, чем в закрытом грунте.

При адаптации важным фактором является температурный режим почвы, поэтому нужно максимально учитывать место посадки растения; так, например, на заболоченной местности в летний период температура почвы может снижаться от 1 до 3,5°С.

Не исключается возможность применения регуляторов роста для вишни Фудзи. Основным способом размножения нового сорта должно быть черенкование. Оптимальными параметрами среды в период укоренения зеленых черенков вишни Фудзи (18–30 суток) считаются: среднедневная температура воздуха около 23–28°С, освещенность 70–80 % от полной, влажность воздуха 80–100 %.

Посадку вишни Фудзи необходимо осуществлять на участках с достаточно равномерным отложением снега. Растения, которые перезимовали, необходимо высадить рано весной с мульчированием и поливом. Выход саженцев вишни Фудзи повысится при доращивании укорененных черенков в школах.

Размножение зелёными черенками вишни Фудзи является наиболее приемлемым способом. Не исключается также применение метода внутрипочвенных и воздушных отводков, так как с помощью этих методов после проведения экспериментов по адаптации вишни Фудзи были получены положительные результаты.

Обработку воздушных отводков вишни Фудзи рекомендуется проводить в первой декаде июля.

Для того чтобы наблюдалось появление цветков у вишни Фудзи, а также растение хорошо перенесло зимний период и сохранило свои физико-химические и морфологические параметры, рекомендуется поддерживать постоянный слой снега на месте посадки. Метод термического буфера, а также прижимание растения на зимовку защищают от сильных колебаний температуры воздуха.

По проведенным наблюдениям, месячный срок до выпадения первого снега в конце осени, необходимый для созревания ветвей и зимних почек вишни Фудзи для подготовки к зимовке, в некоторых районах может быть недостаточен. Кроме этого, в некоторых местах под воздействием сильного ветра количество снега может меняться в период сильных морозов, рекомендуется проведение мер по обеспечению постоянного количества снега.

Выводы. Очевидным становится вывод, что даже в несвойственных условиях Хабаровска возможно выращивание вишни Фудзи. Несмотря на то, что период вегетации короток, при обеспечении достаточного тепла в помещении возможно производство саженцев в условиях Хабаровска.

Практические рекомендации на основе проведенного эксперимента помогут в проведении дальнейшего исследования по выращиванию культуры Cerasus incisa в несвойственных для неё условиях Хабаровска.

Так как растения Дальнего Востока обладают высокой пластичностью в связи с широкими климатическими колебаниями, выдвинуто предположение, что в дальнейшем, через несколько поколений, новый вид вишни Фудзи приобретёт широкую амплитуду адаптивных признаков и свойств. Благодаря чему его можно будет адаптировать в условия с похожим климатом с помощью ступенчатой интродукции.

Литература

1. *Байтулин И.О., Ситпаева Г.Т.* Теоретические основы и методические подходы к интродукции растений в регионы с экстремальными климатическими условиями // Перспективы интродукции декоративных растений в ботанических садах и дендропарках: мат-лы Междунар. науч. конф. – Симферополь, 2014. – С. 17–20.
2. *Выводцев Н.В., Обухов В.О.* Постановка эксперимента по адаптации вишни Фудзи в условиях города Хабаровска // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2. – С. 152–155.
3. *Панфилов Е.А.* Актуальные проблемы лесного комплекса // Сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: БГИТА, 2013. – Вып. 37. – С. 81–82.
4. Состояние японской сакуры в вегетационном периоде в России в городе Хабаровске / *И. Хонго, Р. Кобаяси, Р. Фудзита* [и др.] // Состояние лесов и актуальные проблемы лесоуправления: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Хабаровск, 2013. – С. 225–229.
5. Защита от низких температур сакуры с помощью снежного покрова в условиях г. Хабаровска / *И. Хонго, Р. Кобаяси, Р. Фудзита* [и др.] // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием. – Хабаровск, 2014. – С. 250–254.

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 631.363.258/638.178 2

Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин,
Н.В. Ермаченков, В.В. Павлов

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ПЕРГОВЫХ СОТОВ

Описана методика исследования конструктивно-технологических параметров измельчителя перговых сотов. Установлена адекватная эмпирическая зависимость влияния параметров исследуемого процесса на массовый выход перговых гранул, очищенных от восковой оболочки. Выявлено оптимальное сочетание факторов, позволяющее максимизировать массовый выход перговых гранул, очищенных от восковой оболочки.

Ключевые слова: *перга, восковое сырье, очистка перги, измельчение.*

D.N. Byshov, D.E. Kashirin,
N.V. Ermachenkov, V.V. Pavlov

THE WORKING PROCESS RESEARCH OF THE BEE-BREAD HONEYCOMB MILL

The constructive technological parameter research technique of the bee-bread honeycomb mill is described. The direct empirical dependence of the analyzed process parameter influence on the mass output of the wax-free bee-bread particles is determined. The optimum combination of factors allowing to maximize the mass output of the wax-free bee-bread particles is revealed.

Key words: *bee-bread, wax raw materials, bee-bread purification, milling.*

Введение. Одним из важнейших продуктов пчеловодства является перга. Перга – это законсервированная пчелами пыльца растений, концентрат витаминов, микро- и макроэлементов, аминокислот, который пчелы используют для собственного питания и выкармливания расплода. Благодаря своему уникальному биохимическому составу, перга широко применяется в апитерапевтической практике для лечения целого ряда заболеваний.

Чтобы не наносить ущерба пчелиной семье, традиционно для нужд человека пергу извлекают из старых выбракованных пчеловодом пчелиных сотов, являющихся сырьем для получения воска.

Для извлечения перги из сотов нами предложен ряд способов [1–3], основной операцией каждого из которых является измельчение сотов. В процессе измельчения сотов возникает ряд технологических трудностей, так как для эффективного последующего отделения гранул перги из измельченной массы восковая основа сота должна быть полностью разрушена до частиц, гранулометрический состав которых должен быть существенно меньше перговых гранул, при этом наибольшее количество перговых гранул должно остаться целыми.

В настоящее время для измельчения сотов используют различные измельчители, изначально предназначенные для использования в других отраслях сельского хозяйства, что приводит к переизмельчению перги и, как следствие, к ее потерям, превышающим 40 % [4, 5].

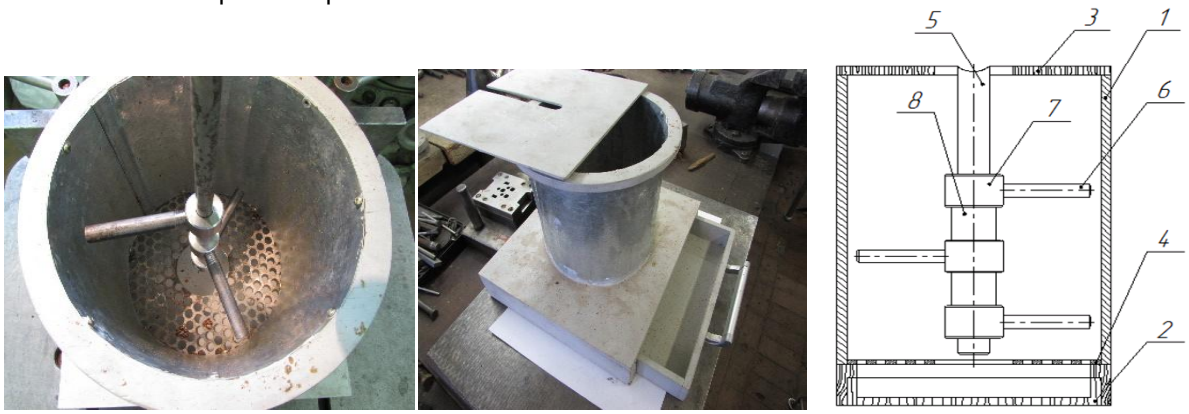
Для решения обозначенной выше задачи нами предложен измельчитель перговых сотов штифтового типа [6].

Цель и задачи исследования. Установление оптимального сочетания конструктивно-технологических параметров штифтового измельчителя перговых сотов, позволяющего обеспечить максимальный выход целых перговых гранул, очищенных от восковой оболочки.

Материалы и методы исследования. Для проведения опытов была изготовлена лабораторная установка (рис. 1, в), состоящая из рабочей камеры *1*, в нижней части которой установлен ящик *2* для сбора воскоперговой массы (смеси восковых частиц и перги). Верхняя часть камеры *1* закрывается крышкой *3*. Над ящиком *2* установлено решето *4*. В камере *1* располагается рабочий

вал *5* с зафиксированными при помощи втулок *7* штифтами *6*. Расстояние между плоскостями вращения штифтов выдерживается распорными втулками *8*.

Работа установки осуществляется следующим образом. Куски перговых сотов массой от 50 до 70 г, очищенные от меда и содержащие пергу, высушенную до влажности 14 %, и охлажденные до температуры -15С° загружаются в рабочую камеру *1*, где под ударным воздействием вращающихся штифтов *6* они измельчаются до отдельных перговых гранул и восковых частиц. После прохождения через решето *4* измельченная масса поступает в ящик *2*. Привод рабочего вала *5* осуществляется от патрона сверлильного станка.



а **б** **в**

Рис. 1. Лабораторная установка для извлечения перги из сотов:
а – общий вид (без рабочего вала); б – вид сверху (крышка снята); в – схема установки;
1 – рабочая камера; 2 – ящик для сбора вороха; 3 – крышка; 4 – решето; 5 – рабочий вал;
6 – штифт; 7 – втулка фиксации штифта; 8 – распорная втулка

Полученная в результате измельчения кусков сотов воскоперговая масса подвергалась гранулометрическому анализу. Для этого из измельченной массы формировали навески весом 50±1г. Сформированные навески просеивали на ситовом классификаторе, сформированном из сит с диаметром отверстий 5; 3,75; 3; 2; 1 мм. Образовавшиеся фракции взвешивали, после чего из каждой фракции выделяли пергу. Полученную пергу взвешивали повторно.

Критерий оптимизации (количество целых гранул перги, очищенных от восковых оболочек W) определяли по формуле:

$$W = \frac{m_1}{M_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_1 – масса целых перговых гранул, очищенных от восковых оболочек, г;

M_0 – общая масса перги, г.

Факторами, исследуемыми в процессе опытов, являлись:

- диаметр штифтов;
- расстояние между плоскостями вращения штифтов;
- линейная скорость штифтов.

Для оценки влияния исследуемых факторов на критерий оптимизации (процент получаемых целых перговых гранул, очищенных от восковых оболочек) был поставлен трехфакторный трехуровневый эксперимент второго порядка, близкий к D-оптимальному по плану Бокса-Бенкина.

В таблице представлены факторы эксперимента в натуральном и кодовом обозначении и уровни их варьирования.

Основные факторы и уровни их варьирования

Фактор	Кодовое обозначение	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)
Диаметр штифтов, мм	X1	8	10	12
Расстояние между плоскостями вращения штифтов, мм	X2	25	40	55
Линейная скорость штифтов, м/с	X3	6,124	9,186	12,248

Результаты и их обсуждение. В результате статистической обработки экспериментальных данных после оценки коэффициентов полиномиального уравнения регрессии и его проверки на адекватность по критерию Фишера, а также на относительную точность была получена следующая функция отклика для описания массового выхода целых перговых гранул, очищенных от восковых оболочек:

$$W(X1, X2, X3) = -342{,}184 + 90{,}821 \cdot X1 - 14{,}114 \cdot X3 - 0{,}105 \cdot X1 \cdot X2 + \\ +0{,}098 \cdot X2 \cdot X3 - 4{,}323 \cdot X1^2 + 0{,}775 \cdot X3^2 \,. \quad (2)$$

Критерий Фишера составил 1,62, что меньше критического значения, равного 2,764 для данной серии опытов, т.е. полученная математическая модель является адекватной. Критерий Кохрена составил 0,18, критическое значение данного критерия для проведенной серии опытов составляет 0,99, что говорит об однородности дисперсий в полученной модели и о ее точности. Относительная ошибка полиномиального уравнения составила 10,4 %, предельно допустимым значением является ошибка 15 %, т.е. его точность достаточно высока.

Произведена оптимизация полученной математической модели, функция отклика принимает максимальное значение при X1 = 9,836 мм, X2 = 55 мм и X3 = 12,248 м/с. При данном сочетании факторов массовый выход перговых гранул, очищенных от восковых оболочек, достигает 86,787 %.

Получен ряд поверхностей путем фиксации одного из факторов. На рисунке 2 представлена зависимость критерия оптимизации от расстояния между плоскостями вращения штифтов и их линейной скорости при фиксированном диаметре штифтов 9,836 мм.

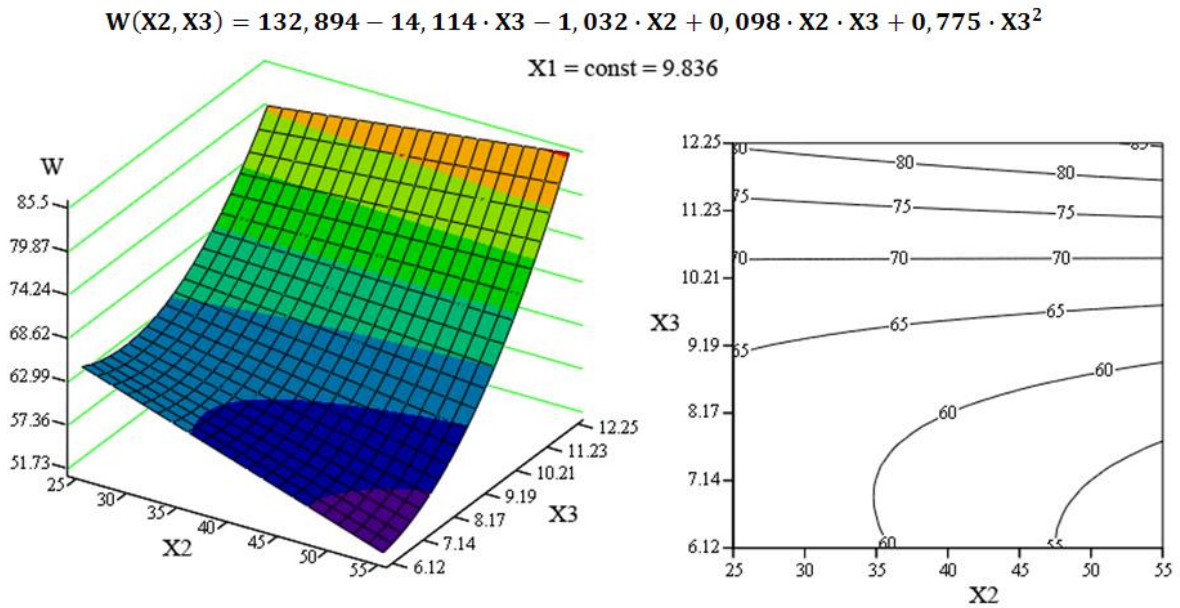


Рис. 2. Зависимость критерия оптимизации от расстояния между плоскостями вращения штифтов и их линейной скорости

Из рисунка 2 следует, что при фиксированном диаметре штифтов критерий оптимизации достигает максимальных значений при увеличении расстояния между плоскостями вращения штифтов и их линейной скорости.

На рисунке 3 представлена зависимость критерия оптимизации от диаметра штифтов и их линейной скорости при фиксированном расстоянии между плоскостями вращения 55 мм.

$$W(X1, X3) = -342,184 + 85,046 \cdot X1 - 8,724 \cdot X3 - 4,323 \cdot X1^2 + 0,775 \cdot X3^2$$

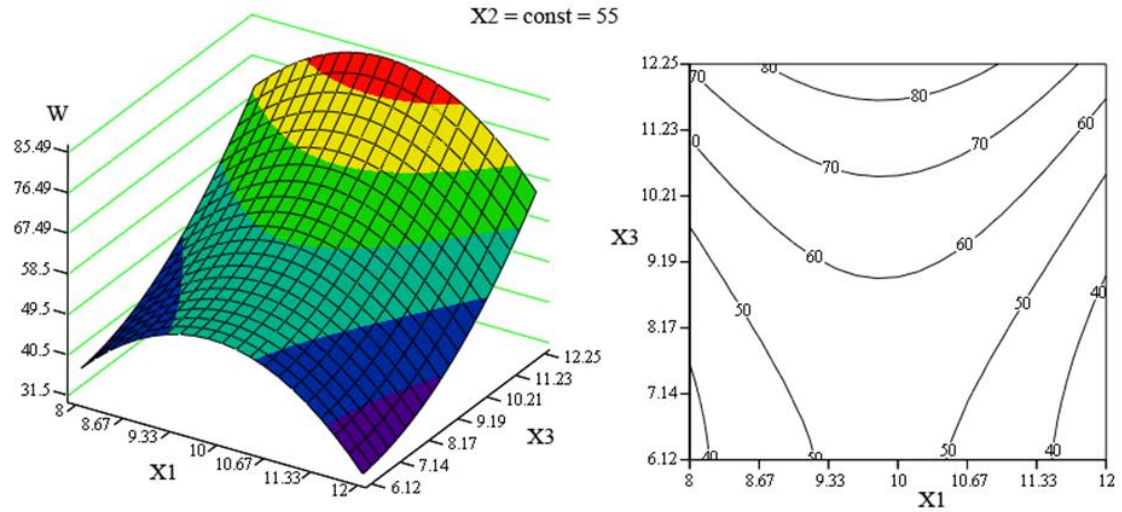


Рис. 3. Зависимость критерия оптимизации от диаметра штифтов и их линейной скорости

Из рисунка 3 следует, что при фиксированном расстоянии между плоскостями вращения штифтов критерий оптимизации достигает максимальных значений при увеличении линейной скорости штифтов и при значениях их диаметров в пределах от 9,2 до 10,8 мм.

На рисунке 4 представлена зависимость критерия оптимизации от диаметра штифтов и расстояния между плоскостями их вращения при фиксированной линейной скорости штифтов 12,248 м/с.

$$W(X1, X2) = -398,792 + 90,821 \cdot X1 - 0,105 \cdot X1 \cdot X2 + 1,2 \cdot X2 - 4,323 \cdot X1^2$$

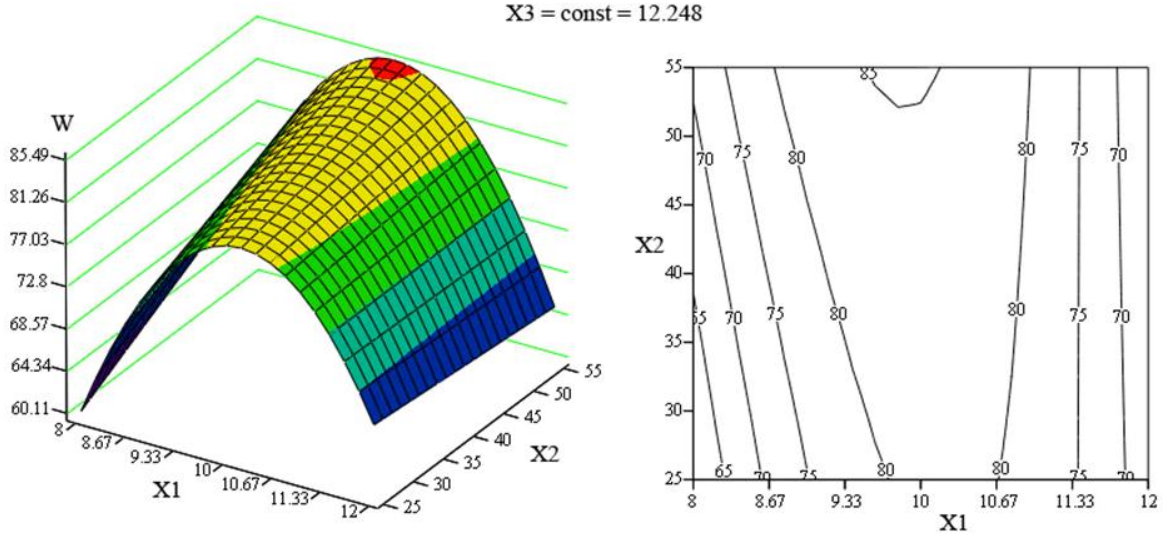


Рис. 4. Зависимость критерия оптимизации от диаметра штифтов и расстояния между плоскостями их вращения

Из рисунка 4 следует, что при фиксированной линейной скорости штифтов критерий оптимизации достигает максимальных значений при увеличении расстояния между плоскостями вращения и при диаметре штифтов от 9,2 до 10,8 мм.

Выводы. В результате статистической обработки результатов эксперимента по определению влияния конструктивно-технологических параметров измельчителя на массовый выход перговых гранул, очищенных от восковых оболочек, было получено полиномиальное уравнение регрессии (2).

При оптимизации уравнения было выявлено, что функция отклика достигает максимума при следующем сочетании факторов: X1 = 9,836 мм, X2 = 55 мм и X3 = 12,248 м/с. При данном сочетании факторов массовый выход перговых гранул, очищенных от восковых оболочек, достигает 86,787 %.

Литература

1. Пат. № 2297763 РФ. МПК А01К 59/00. Способ извлечения перги из сотов / *Д.Е. Каширин*. – Заявл. 05.12.2005; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12. – 4 с.
2. Пат. № 2326531 РФ. МПК А01К 59/00. Способ извлечения перги из сотов / *Д. Е. Каширин, А.В. Ларин, М.Е. Троицкая*. – Заявл. 19.12.2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17. – 4 с.
3. Пат. № 2360407 РФ. МПК А01К 59/00. Способ извлечения перги из сотов / *Д. Е. Каширин*. – Заявл. 02.04.2008; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 19. – 5 с.
4. *Каширин Д.Е.* Способ и устройство для извлечения перги // Вестник Саратов. гос. аграр. ун-та им. Н.И. Вавилова. – 2010. – № 5. – С. 34–36.
5. *Каширин Д.Е.* Обоснование параметров установки для извлечения перги из сотов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 11. – С. 26–27.
6. Пат. № 93302 РФ. МПК В02С 13/02. Измельчитель перговых сотов / *Д.Е. Каширин*. – Заявл. 26.01.2010; опубл. 27.04.2010, Бюл. № 12. – 2 с.

УДК 636.592

В.В. Федюк, С.В. Семенченко, Т.О. Жилин

ВЛИЯНИЕ ПОДКИСЛИТЕЛЕЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИНДЮКОВ КРОССА «BIG-6»

В результате сравнения подкислителей питьевой воды «Агроцид супер олиго» и «Глималаск лакт» в плане их влияния на мясную продуктивность и гематологические показатели при выращивании индеек кросса «BIG-6» установлено, что препарат «Глималаск лакт» улучшил мясную продуктивность птицы на 1,5−2,7%, а «Агроцид супер олиго» способствовал улучшению абсолютного прироста живой массы индюков на 1,2 %.

Ключевые слова: *кросс, индюки, биодобавки, препараты, приросты массы, гематологические показатели.*

V.V. Fedyuk, S.V. Semenchenko, T.O. Zhilin

THE DRINKING WATER ACIDIFIER INFLUENCE ON THE HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND PRODUCTIVITY OF THE "BIG-6" CROSS TURKEYS

As a comparison result of the drinking water acidifiers "Agrotsid super oligo" and "Glimalask lact" in terms of their influence on meat productivity and hematological parameters in breeding of the "BIG-6" cross turkeys it is established that the "Glimalask lact" preparation improved the poultry meat productivity by 1.5−2.7%, while "Agrotsid super oligo" contributed to the improvement of the absolute live weight increase of turkeys by 1.2%.

Key words: *cross, turkeys, biological additives, preparations, weight increase, hematological parameters.*

Введение. Объектом исследований служили препараты «Агроцид супер олиго» и «Глималакс Лакт». «Агроцид супер олиго» состоит из комплекса органических кислот: молочная – 5 %; лимонная – 1,7; муравьиная – 50; пропионовая – 15; сорбиновая – 0,9; хлорида цинка – 0,52 и меди – 0,56 %. «Глималаск Лакт» состоит из подкислителя воды «Глималаск», представляющего собой комплекс органических кислот: глицина – 80 %, яблочной кислоты – 8; аскорбиновой кислоты – 12 % с добавлением лактулозы. Добавка произведена в Поволжском НИИ производства и переработки мясо-молочной продукции. Она соответствует «Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору» [2, 7, 14].

Вода – важный элемент любой программы кормления, и каждое живое существо потребляет ее как минимум в два раза больше, чем пищи. Особенно водопотребление усиливается при повышении температуры окружающей среды и в те периоды, когда снижается потребление корма [4, 9, 13].

Неорганические и органические примеси, находящиеся в воде, оседают на внутренней поверхности труб, что приводит к образованию и развитию микроорганизмов и созданию так называемой биопленки. Биопленка формируется из бактерий, размножавшихся на внутренней поверхности трубы и выделяющих слизь, клейковидную субстанцию, к которой прилипают различные микрочастицы, содержащиеся в воде. Рост биопленки ускоряется при использовании витаминных и минеральных добавок, а она является отличной пищей для большинства микроорганизмов. В результате вода становится источником заражения птицы.

Периодами критически низкого потребления корма являются: первые дни, когда индюшата очень зависимы от окружающих условий (происходит переход от рассасывания желтка к поеданию корма); летом – при тепловом стрессе; при микотоксикозе, бактериальной и вирусной инфекции; в период 10 дней после вакцинации, в условиях перемены рациона; перед забоем, когда корм не поедается.

Когда снижается потребление корма, снижается и процент потребления кормовых добавок, к примеру, антибактериальных препаратов или органических кислот. В результате птица вынуждена бороться с высокой бактериальной нагрузкой, пользуясь при этом минимальной поддержкой [1, 6, 8, 15].

Дополнительная обработка и обогащение питьевой воды позволяют гарантировать нормальное состояние пищеварительного тракта птицы, особенно в то время, когда количество потребляемого корма снижено. Чаще всего для чистки используются хлорные препараты и гидропироксиды, однако они эффективны только в больших дозах и ни в коем случае не в период поения птицы. Хлорные препараты не дают требуемого эффекта, если кислотность воды высока (pH 8,5).

Кроме того, дезинфектанты вступают в реакцию с органическими соединениями, тем самым снижая качество воды. В результате эффективная для отчистки доза может быть токсичной для птицы, оказывая негативное влияние на микрофлору зоба и кишечника. В отличие от корма, который обладает широким спектром корректировки параметров (питательность, усвояемость), у воды такого потенциала нет [3, 5, 11].

Чаще всего можно регулировать только один параметр – жесткость воды. При добавлении отдельных кислот pH воды быстро падает. Если дозировка чересчур высока, то это может быть фатально для птицы. Такие кислоты, как пропионовая или муравьиная, могут вызывать коррозию оборудования. При подкислении воды ее кислотность, как правило, не должна быть ниже pH 4 – это тот уровень, на котором патогенные микроорганизмы перестают развиваться, а качество воды вполне достаточно для питья.

Некоторые микроорганизмы вырабатывают своеобразный диффузный защитный слой, который противостоит дезинфектантам и кислотам, а также позволяет закрепляться на внутренней поверхности труб. В большинстве случаев такие пленочные слои состоят из полисахаридов и полипептидов. Даже в минерализованной воде с увеличением концентрации препарата pH не падает ниже 3,0. После добавления отдельных кислот в воду ацидофильные бактерии начинают вырабатывать слизь, поскольку это их нормальный процесс защиты. Одновременно создается биопленка, и бактерии получают зону комфортного роста, производя еще больше слизи. Это приводит к блокированию водопроводных труб и ниппелей. Поэтому кислоты следует добавлять в воду вместе с антимикробными препаратами [10, 12, 16].

Цель работы. Изучение мясной продуктивности и гематологических показателей у индеек кросса BIG-6 при выращивании на рационах с биодобавками «Глималаск лакт» и «Агроцид супер олиго».

Задачи исследований: определить оптимальную суточную норму подкислителей; изучить динамику роста и развития индеек кросса BIG-6 за период с 1-й по 22-ю неделю; оценить сохранность молодняка; дать оценку мясных качеств индюшат после выпаивания биопрепаратов.

Исследования были проведены в 2014 г. в ООО «Евродон» Октябрьского района Ростовской области. Изучали эффективность выращивания индюшат кросса BIG-6 на рационах с использованием биодобавок «Глималаск лакт» и «Агроцид супер олиго» по следующей схеме (табл. 1). Отбирали группы индюшат по принципу аналогов.

Таблица 1

Схема опыта

Группа	Кол-во индюшат, гол.	Испытуемый фактор
1-я контрольная	5000	Основной рацион и питьевая вода без подкислителей
2-я опытная	5000	Основной рацион и питьевая вода с добавлением «Глималаск лакт» в количестве 0,05% к массе корма
3-я опытная	5000	Основной рацион и питьевая вода с добавлением «Агроцид супер олиго» в количестве 0,03% к массе корма

Комбикорм (ОР) для всех индюшат готовили отдельно на каждый возрастной период на комбикормовом заводе ООО «Евродон» согласно нормам кормления индюшат кросса BIG-6 [4].

При этом соблюдали концентрацию (в 100 г сухого вещества): обменной энергии для индюшат возраста 1–4 нед. – 282 ккал, или1180 кДж; сырого протеина – 28,5–26,0 %; на 5–8-й неделе соответственно 286, или 1200, 25,0–23,0; на 9–17-й неделе – 290, или 1210, сырого протеина 20,5–17,0 %.

В опытных группах давали биопрепараты в смеси с водой, согласно схеме опыта, в количестве 500 и 300 мл веществ на 1000 л воды (табл. 2).

Таблица 2

Дозировки биопрепаратов в период исследований

Препарат	Возраст, дн.						
	1-7	8-14	15-21	22-28	29-35	36-42	43-161
1. Контрольная	Без добавлений препаратов к основному рациону						
2. Основной рацион и питьевая вода с добавлением «Агроцид супер олиго» в количестве 0,03% к массе корма, кг	0,3	0,5	0,7	1,2	2,0	3,0	3,0
3.Основной рацион и питьевая вода с добавлением «Глималаск лакт» в количестве 0,05% к массе корма, кг	0,5	0,6	0,9	1,5	2,5	3,5	3,5

Примечание. Кроме дней иммунизации и введения антибиотиков.

В период проведения научно-хозяйственного опыта учитывали следующие показатели: динамику роста индюшат в конце каждой недели (индивидуальным, контрольным взвешиванием всех индюшат из каждой группы); абсолютный, среднесуточный и относительный приросты живой массы по возрастным периодам, по результатам контрольных взвешиваний.

Гематологические показатели исследовали по методикам:

- лизоцимная активность сыворотки крови – методом В.Т. Дорофейчук в модификации В.Н. Чеботкевича, С.И. Лютинского (1998);
- бактерицидная активность сыворотки крови – общепринятым методом О.В. Смирновой, Т.А. Кузьминой (цит. по Федюк В.В., Федюк Е.И., 2002);
- фагоцитарная активность нейтрофильных гранулоцитов и фагоцитарный индекс (Чеботкевич В.Н., Лютинский С.И.);
- общее содержание лейкоцитов крови, относительное и абсолютное;
- количество лейкоцитов и эритроцитов – общепринятым методом подсчета в камере Горяева;
- содержание общего белка – по М.О. Биргер (1982);
- белковые фракции – методом электрофореза на бумаге (Дмитриенко В., Новиков В., 1990).

Контрольный убой индюшат с последующей анатомической разделкой (обвалкой) тушек проведен по общепринятой методике.

Из каждой группы отобраны для убоя восемь индюшат в возрасте 17 недель, отвечающих средним показателям по массе для данной группы, которых выдерживали 16 часов без корма и 4–6 часов без воды.

Результаты исследований обработаны биометрическим методом вариационной статистики с использованием программы «Microsoft Exel».

Результаты исследований. Установлено, что лучшими приростами живой массы с 35-го по 160-й день жизни отличался молодняк второй опытной группы, получавший «Глималаск лакт» (P>0,99) (табл. 3).

Подкислитель «Агроцид супер олиго» улучшил усвояемость корма, о чем свидетельствуют высокие среднесуточные приросты птицы 3-й опытной группы в сравнении с кормовыми затратами за день выращивания с 5-й по 22-ю неделю жизни

О закономерностях роста индюшат можно судить по показателям абсолютного и относительного прироста. В наших исследованиях закономерность роста была аналогичной, т.е. абсолютный прирост в группах с возрастом увеличивался, а относительный понижался (табл. 4).

Уровень среднесуточных приростов был наиболее высоким в первые 8 недель: 303,1–304,9 %, затем он снижался до 139–144 % в период 9–12 недель и практически выравнивался в 17–21 неделю – 99,2–105,8 %.

Таблица 3

Характеристика откормочной продуктивности индюшат

Группа	Возраст, дни	Живая масса, кг	Среднесуточный прирост живой массы, г	Затраты комбикорма (ОР) за 1 сутки, г
1	2	3	4	5
1	7	0,16±0,01	13,6±0,11	21,0±0,6
2		0,18±0,02	15,5±0,21	26,0±0,8
3		0,17±0,01	14,2±0,20	24,0±0,7
1	21	0,39±0,03	52,8±0,63	76,0±1,0
2		0,47±0,04	55,8±0,82	85,0±0,9
3		0,41±0,06	53,6±0,54	80,0±1,1

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
1	35	1,95±0,09	97,2±0,90	156±1,1
2		2,48±0,10	103,4±1,00	174±1,1
3		2,24±0,09	100,2±0,98	165±1,2
1	49	3,73±0,12	137,1±1,12	250±1,4
2		4,28±0,13	148,8±0,99	268±1,4
3		4,02±0,11	142,3±1,23	275±1,5
1	63	5,98±0,14	167,1±1,48	326±2,14
2		6,50±0,15	178,1±1,92	354±2,15
3		6,24±0,13	175,3±1,65	334±2,10
1	77	8,53±0,20	187,0±2,00	402±3,05
2		8,94±0,19	198,3±1,87	452±3,11
3		9,28±0,21	190,2±1,94	432±3,10
1	91	11,25±0,24	194,3±2,28	454±4,06
2		11,85±0,26	205,3±2,36	453±4,25
3		11,40±0,19	201,5±2,08	467±4,33
1	105	13,96±0,28	192,8±3,04	510±4,54
2		14,67±0,29	220,2±3,66	545±5,00
3		14,33±0,27	200,4±3,34	529±4,69
1	119	16,62±0,36	187,1±3,06	557±5,23
2		17,22±0,32	190,3±4,27	580±5,09
3		17,00±0,22	185,0±4,16	568±6,14
1	133	19,62±0,36	180,0±4,22	615±5,97
2		20,19±0,42	186,2±4,05	634±6,13
3		19,82±0,34	185,0±4,16	612±5,89
1	147	21,60±0,38	172,9±3,78	673±6,42
2		22,42±0,39	179,5±3,80	688±6,55
3		22,30±0,36	173,0±4,00	679±5,98

Таблица 4

Динамика абсолютного и относительного прироста индюшат

Возраст, нед.	Группа					
	1-я		2-я		3-я	
	Прирост					
	абсолютный	относительный	абсолютный	относительный	абсолютный	относительный
	г	%	г	%	г	%
1-4	1082±4,3	179,9	1155±3,2	180,9	1121±1,86	180,4
5-8	3299±62,9	117,9	3511±34,1	118,1	3426±8,7	118,3
9-12	4650±92,7	68,6	5080±76,1	70,1	4992±72,8	70,6
13-16	4944±114,3	42,8	5232±104,1	42,1	5029±136,6	41,1
17-22	5236±123,5	29,9	5382±119,5	28,1	5299±129,1	26,3

Наибольшая напряженность роста индюшат всех групп приходится на первые 4 недели (28 дней жизни) – 179,9–180,4 %.

В следующий возрастной период (5–8 нед.) относительный прирост во всех группах снижа-

ется до 117,9–118,3 %, в 9–12 нед. – до 68,6–70,6, а в 13–16 – до 41,1–42,8 %. С 17-й по 23-ю неделю жизни прирост во всех группах находился примерно на одном уровне.

Далее проводили убой индюков контрольной и опытных групп. Наиболее ценные составляющие части тушек забитой птицы имели в сумме больший вес у птицы второй опытной группы (табл. 5).

Достоверно большей массой ножек и грудок (P>0,99) характеризовались индейки, получавшие в дополнение к основному рациону и питьевой воде «Глималаск лакт» в количестве 0,05 % к массе корма.

Препарат «Агроцид супер олиго» оказал влияние на увеличение массы бедрышек и ножек на 0,2–0,4%.

Морфологические показатели крови позволяют использовать их для оценки состояния обменных процессов в организме птицы.

Таблица 5

Выход частей тушек индюшат

Группа	Возраст		Живая масса, кг	Грудь с кожей, %	Бедра с кожей и костями, %	Голени с кожей и костями, %	Крылья с кожей и костями, %
	нед.	дн.					
1	20	140	20,4±0,11	32,1	13,7	10,3	8,4
2			22,5±0,12	31,8	14,0	10,4	8,3
3			21,4±0,09	32,0	13,8	10,3	8,4
1	21	147	21,6±0,10	32,9	13,6	10,2	8,0
2			22,8±0,09	31,1	13,8	10,2	8,0
3			22,0±0,11	32,2	13,7	10,3	7,9
1	22	154	22,8±0,12	33,6	13,6	10,1	7,8
2			24,0±0,13	33,3	13,9	10,4	7,5
3			23,4±0,12	33,4	13,7	10,3	7,6

Установлено, что морфологический состав крови индеек зависит от условий кормления, содержания, поения и других факторов.

Нашими исследованиями установлено, что морфологический состав крови зависит от дачи подкислителей питьевой воды (табл. 6).

Таблица 6

Морфологический состав крови подопытных индеек

Показатель	Возраст индеек, дней	Группа		
		1-я	2-я	3-я
Эритроциты, 10^{12}/л	91	2,70±0,15	2,88±0,18	2,85±0,16
	140	2,74±0,17	2,93±0,20	2,90±0,19
Лейкоциты, 10^{9}/л	91	18,03±0,38	19,85±0,54	19,24±0,49
	140	17,86±0,72	19,02±0,66	18,97±0,57
Гемоглобин, г / л	91	100,03± 1,35	108,84±1,28	107,77±1,42
	140	105,79±1,69	116,86±1,82	115,38±1,95

Наиболее высокое содержание эритроцитов было в крови гибридных опытных индеек 2-й и 3-й групп. Они превосходили сверстников контрольной (первой группы) по этому показателю в 91-дневном возрасте на 6,67 и 5,56 % (P>0,95), а в возрасте 140 дней соответственно на 6,93 и 5,84 % (P>0,95).

Количество лейкоцитов в крови характеризует иммунный статус и состояние обменных процессов в организме птицы. По содержанию лейкоцитов в крови индейки второй и третьей опытных групп также превосходили первую контрольную группу в возрасте 91 дней на 10,1 % (P>0,99) и 6,71 % (P>0,95), а в возрасте 140 дней соответственно на 6,89 и 6,22 % (P>0,95).

Сложный механизм окислительно-востановительных процессов в организме находится в прямой связи с гемоглобином. Нашими исследованиями установлено, что количество гемоглобина в крови было в пределах физиологической нормы. Однако индейки второй и третьей опытных групп превосходили сверстников контрольной группы, не получавших подкислители воды, по содержанию гемоглобина в крови в возрасте 91 день на 8,81 и 7,74 % (P>0,95), а в 140-дневном возрасте на 10,46 и 9,06 % (P>0,99).

Важным показателем белкового обмена в организме являются белки, их качественная и количественная характеристика. Нашими исследованиями установлено, что содержание общего белка в сыворотке крови индеек всех подопытных групп с возрастом увеличивается (табл. 7).

Таблица 7

Биохимические показатели сыворотки крови

Показатель	Возраст, дней	Группа		
		1-я	2-я	3-я
Общий белок, г/л	91	60,24±0,47	66,55±0,50	65,90±0,61
	140	65,06±0,52	72,38±0,49	71,89±0,58
АсАТ, ммоль / л	91	1,85±0,06	2,04±0,08	1,97±0,07
	140	1,33±0,04	1,45±0,03	1,42±0,04
АлАТ, ммоль/л	91	1,74±0,08	1,89±0,09	1,85±0,08
	140	1,20±0,05	1,34±0,04	1,30±0,06
Соотношение АсАТ / АлАТ	91	1,06	1,08	1,08
	140	1,11	1,08	1,07

Самое высокое содержание общего белка в сыворотке крови во все исследуемые периоды было у индеек, получавших подкислители. Например, индейки второй и третьей опытных групп превосходили по этому показателю аналогов контрольной (первой группы) в возрасте 91 день на 10,47 и 9,40 % (P>0,99), а в возрасте 140 дней соответственно на 11,25 и 10,50 % (P>0,99).

Многочисленные сопряженные биохимические процессы в организме протекают при самом активном участии ферментов.

Одним из важнейших ферментов азотистого обмена являются аминотрансферазы. Результаты наших исследований свидетельствуют, что активность ферментов переаминирования в крови подопытных индеек была разной.

Установлено, что общей закономерностью для индеек всех групп является уменьшение активности аминотрансфераз с возрастом. К 140-дневному возрасту произошло снижение уровня активности АсАТ соответственно по группам на 139,1; 140,7; 141,7 %, а АлАТ на 145,0; 141,0; 140,0 % по сравнению с 91-дневным возрастом.

Более высокий уровень активности аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы в сыворотке крови индеек в 91-дневном возрасте мы связываем с тем, что в этот период развития у индеек происходят интенсивные процессы, связанные с синтезом белка для построения мышечной ткани.

Во все изучаемые периоды наибольшей активностью АсАТ и АлАТ характеризовались индейки, получавшие воду с подкислителями, а наименьшей – птица контрольной группы. Активность АсАТ индеек второй и третьей групп, которые отличались высокой энергией роста, была выше, чем

у аналогов контрольной группы, в возрасте 91 день на 10,27 и 6,49 % P>0,99), а в возрасте 140 дней соответственно на 9,02 и 6,77 % (P>0,99).

Аналогичная картина наблюдалась и по активности АлАТ. Подопытные индейки второй и третьей групп имели более высокую активность этого фермента по сравнению с первой контрольной группой в 91-дневном возрасте на 8,62 и 6,32 % (P>0,95), а в 140-дневном возрасте соответственно на 11,67 % (P>0,99) и 8,33 % (P>0,99).

Экономическая эффективность использования биодобавок представлена в таблице 8.

Таблица 8

Экономическая эффективность исследований

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Предубойная живая масса одной головы, кг	23,96±0,29	25,24±0,4	24,78±0,36
Масса потрошеной тушки, кг	19,41	21,00	20,42
Убойный выход, %	81,1	83,2	82,4
Цена реализации 1 кг тушки, руб.	250,0	250,0	250,0
Реализационная цена одной тушки, руб.	4852,5	5250,0	5105,0
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	2,15	1,98	2,03
Стоимость 1 кг корма, руб.	7,20	7,20	7,20
Затраты корма на 1 гол. за весь период выращивания, кг	51,5	49,9	50,3
Затраты на откорм одной головы, руб.	370,80	359,28	362,18
Откормлено, тыс. гол.	28,0	28,0	28,0
Затраты на откорм всей группы, руб.	10 млн 382 тыс.	10 млн 060 тыс.	10 млн 141 тыс.
Затраты на подкислители питьевой воды (всего на группу), руб.	0,00	127500	195300
Себестоимость всей продукции, включая оплату труда и накладные расходы, руб.	12 млн 970 тыс.	12 млн 575 тыс.	12 млн 676 тыс.
Прибыль, тыс. руб.	616,0	2125,0	1618,0
Рентабельность, %	4,75	16,90	12,76

Примечание. В 2014 г. затраты на корма в структуре себестоимости составили 74,9 %.

Затраты корма на 1 кг прироста живой массы в контрольной группе были выше, чем во второй группе, на 0,17 корм. ед. и на 0,12 больше, чем в третьей группе. В результате затраты на откорм одного индюка в контрольной группе оказались выше на 11,0 и 8,0 рублей соответственно, даже несмотря на относительно высокую стоимость подкислителей питьевой воды. Рентабельность производства индюшатины в результате применения данных препаратов возросла на 12,1 и 8,0 % соответственно.

Выводы. Таким образом, проведенная сравнительная оценка действия биодобавок «Глималаск лакт» (г. Волгоград) и «Агроцид супер олиго» (Бельгия), на мясную продуктивность у индеек кросса «BIG-6» показала, что лучшими откормочными показателями отличалась группа, получавшая с питьем «Глималаск лакт» в количестве 0,05 % к массе корма. Проведенные исследования дают основание сделать вывод, что интенсивный рост индеек, получавших подкисленную воду, во все периоды развития обусловлен более высоким содержанием в крови эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, общего белка, большим уровнем активности аминотрансфераз АсАТ и АлАТ, ускоряющих основные биохимические процессы в их организме.

Установлено, что этот препарат способствовал улучшению абсолютного прироста живой

массы индеек на 1,5–2,7 %. Выход наиболее ценных съедобных частей тушки увеличился на 2,3–3,0 %. Благодаря «Агроцид супер олиго», масса частей тушек индюшат кросса BIG-6 увеличилась на 0,2–0,4%.

Литература

1. *Горлов И.Ф., Храмова В.Н., Сложенкина М.И*. Инновационные разработки лактулозосодержащих пищевых добавок и БАД: учеб. для вузов. – Волгоград: Изд-во Волг ГТУ, НИИММП РАСХН, 2011. – 71 с.
2. *Данилов С.В., Полянских В.В.* Технология выращивания индюшат тяжелых кроссов: учеб. для вузов. – Воронеж: Изд-во ВГТА, 2001. – 146 с.
3. Система ведения животноводства Ростовской области на 2014–2020 годы. / *Н.Ф. Илларионова, А.Ф. Кайдалов, В.Н. Приступа* [и др.]. – Ростов н/Д, 2013. – 504 с.
4. БВМК. Про корм в составе комбикормов для кур-несушек / *Е.И. Кулешов, Г.А. Зеленкова, А.С. Чернышков* [и др.] // Вестник Донск. гос. аграр. ун-та. – 2015. – № 1-1(15). – С. 81–85.
5. *Нефедова В.Н., Семенченко С.В., Моисеенко* М. Применение пробиотика «Субтилис» при выращивании цыплят-бройлеров // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 11-1(39). – С. 37–42.
6. *Семенченко С.В.* Современные основы исследований в животноводстве: учеб.-метод. пособие. – п. Персиановский, 2014. – 73 с.
7. *Семенченко С.В., Бахурец А.П., Савинова А.А.* Использование программного обеспечения для обработки данных в животноводстве // Научные исследования: от теории к практике: мат–лы II Междунар. науч.-практ. конф. / Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс». – 2015. – С. 169–171.
8. *Семенченко С.В., Дегтярь А.С., Засемчук И.В.*, Разработка системы безотходного производства продукции в условиях специализированных птицеводческих хозяйств // Вестн. Донск. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 4-1(14). – С. 46–58.
9. *Семенченко С.В., Засемчук И.В., Федюк В.В*. Переработка продуктов животноводства в условиях фермерских хозяйств: метод. указания. – п. Персиановский, 2008. – 32 с.
10. Технология первичной переработки продуктов животноводства: метод. указания / *С.В. Семенченко*, *А.И. Лиховидов, И.В. Засемчук* [и др.]. – п. Персиановский, 2007. – 37 с.
11. *Семенченко С.В., Нефедова В.Н.* Экологическая безопасность производства продукции птицеводства: метод. указания. – п. Персиановский, 2015. – 151 с.
12. Разработка технологических проектов для семейных животноводческих ферм / *С.В. Семенченко, В.Н. Нефедова, А.С. Дегтярь* [и др.] // Приволжский научный вестник. – 2015. – № 3-1(43). – С. 77–80.
13. *Федюк В.В., Семенченко С.В., Жилин Т.О.* Влияние биодобавок на откормочную и мясную продуктивность индеек кросса «BIG-6» //Инновации в науке. – 2014. – № 32. – С. 24–35.
14. *Федюк В.В., Семенченко С.В., Жилин Т.О.* Откормочная и мясная продуктивность индеек кросса BIG-6 при выращивании на рационах с биодобавками «Глималаск Лакт» и «Агроцид супер олиго» // Политематический сетевой электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 98. – С. 748–758.
15. *Федюк Е.И., Кошляк В.В., Федюк В.В.* Реализация потенциала продуктивности и резистентности свиней при использовании препаратов на основе биологически активных веществ // Ветеринария Кубани. – 2012. – №2. – С. 12–14.
16. *Фисинин В.И.* Российское птицеводство на фоне мировых тенденций // Животноводство России. – 2002. – № 4. – С. 3–5.

УДК 576.8:619

А.А. Мороз, И.Я. Строганова, А.А. Тайлаков

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ РЕПТИЛИЙ

В статье представлен анализ результатов бактериологических исследований биологического материала рептилий разных отрядов, содержащихся в неволе. Определён количественный и качественный состав микрофлоры рептилий, в том числе выделены патогенные и условно-патогенные варианты микроорганизмов.

Ключевые слова: *рептилии, черепаха, варан, сцинк, пятнистый эублефар, бактериоскопия, культивирование, патогенность.*

A.A. Moroz, I.Ya. Stroganova A.A. Tailakov

BACTERIAL ASSOCIATIONS OF REPTILES

The analysis of the bacteriological study results of the biological material of the reptile different groups in the captivity is presented in the article. The quantitative and the qualitative composition of the reptile microflora is determined, the pathogenic and the opportunistic variants of microorganisms are singled out.

Key words: *reptiles, turtle, monitor lizard, skink, spotted eublepharis, bacterioscopy, cultivation, pathogenicity.*

Введение. В настоящее время рептилии пользуются наибольшим спросом среди экзотических животных, которых содержат в неволе. С учетом действующей классификации рептилий насчитывают около 8000 видов [1].

Содержание рептилий требует специальных знаний. Неудовлетворительные условия содержания, кормления и ухода могут вызывать стрессовые состояния у рептилий и приводить к снижению естественной резистентности организма, что является одной из причин возникновения и распространения инфекционных болезней, вызываемых патогенными микроорганизмами, а также вирусами [2].

Необходимо отметить, что вирусные, бактериальные и грибковые агенты вызывают заболевания при оптимальных условиях содержания животных [3]. К сожалению, вирусоносительство и бактерионосительство у рептилий недостаточно изучены с точки зрения потенциальной опасности распространения инфекции, как среди животных, так и среди людей [4]. Например, сообщения об обнаружении вирусов в тканях больных и клинически здоровых рептилий начали появляться с конца 60-х годов XX века. Более чем за 40 лет вирусы были найдены у представителей всех отрядов рептилий. К настоящему моменту у рептилий выделены представители не менее 7 семейств РНК-содержащих вирусов и не менее 6 семейств ДНК-содержащих вирусов.

Рептилиям экспериментально инокулировали возбудителей более 12 вирусных болезней человека и животных. При этом отмечали широкий диапазон ответных реакций организма рептилий от низкотитровых до нормальной репродукции вирусов в тканях инфицированных животных. Тем не менее полноценных нозологических единиц, т.е. четко охарактеризованных (в соответствии с постулатами Коха), не так уж много и далеко не все из них имеют серьезное значение в ветеринарии. Однако открытие в последние годы нескольких новых инфекций, несущих потенциальную угрозу не только искусственно созданным, но и природным популяциям рептилий и амфибий, заставляет гораздо внимательнее отнестись к вирусам как к вероятным этилогическим агентам.

К новым инфекциям можно отнести рановирус и хитридиомикоз амфибий, распространение вируса Западного Нила (ВЗН) в популяции миссисипских аллигаторов в США и других регионах земного шара. А также заболевание содержащихся в неволе ящериц иридовирусом насекомых,

распространение герпесвируса черепах за пределы естественного энзоотического ареала, обнаружение серопозитивных микоплаз черепах в естественных популяциях и хламидийных инфекций у европейских видов гадюк [14–16].

В настоящее время черепахи остаются наиболее популярными рептилиями при содержании в неволе по сравнению с прочими отрядами [5]. Сальмонеллёз считается одним из самых опасных инфекционных заболеваний для рептилий и, в свою очередь, для человека. Так, периодические вспышки сальмонеллёза у детей были отмечены в США и в Европе как следствие игры с ручными черепахами [6].

Вопросы инфекционной патологии рептилий приобретают все большее значение не только при их содержании в зоопарках или при использовании их как объектов зоокультуры, но и при реализации программ по сохранению и репродукции редких видов, а также при регуляции торговли, транспортировке. В этом смысле ветеринарное законодательство пока остается несовершенным.

Так, в нашей стране при ввозе рептилий, проходящих по категории «прочие животные», предусмотрены только капроскопия и бактериологическое исследование на сальмонеллез. При этом такие серьезные заболевания, как криптоспоридиоз, гексометиаз, амебиаз, диссеминированные микозы и подавляющее большинство вирусных инфекций, остаются за рамками стандартного диагностического протокола. Предусмотренный для этих животных 30-дневный карантин, как правило, недостаточен для выявления многих болезней как бактериальных, так и вирусных этиологий.

Необходимо своевременное их выявление, использование современных иммунологических и молекулярно-биологических методов исследования. В нашей стране (РФ) разрабатывается и широко используется в диагностике инфекционных болезней сельскохозяйственных и домашних животных метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) [7–10]. Но в доступной отечественной литературе мы не встретили данных об использовании ПЦР в диагностике инфекционных болезней рептилий. Значительный прогресс в разработке современных методов диагностики был достигнут за рубежом за последние годы, что позволило выявить ряд новых нозоологий и в некоторых случаях проанализировать эпизоотическую ситуацию эволюции патогенов.

Но в настоящее время новые диагностические тест-системы не имеют широкого практического применения, в том числе и в нашей стране, и остаются лишь в арсенале у нескольких исследовательских лабораторий США и Европы [14–16].

Вероятно, в будущем численность ветеринарных лабораторий, имеющих в наличии необходимые диагностические тест-системы и возможность проводить достойную бактериологическую и вирусологическую диагностику болезней рептилий, существенно возрастет.

В этом случае в ряде стран такие исследования будут введены в стандартный протокол при получении ветеринарных сертификатов. Тогда и список инфекций рептилий, контроль которых в случае перемещения животных обязателен, заметно расширится.

В связи с вышеперечисленными данными и с учетом используемой экспериментальной базы, условий для проведения исследований **целью** нашей работы явилось изучение бактериальных ассоциаций у рептилий, содержащихся в неволе.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена на базе кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ИПБиВМ ФГБОУ ВПО КрасГАУ и парка флоры и фауны «Роев ручей» г.Красноярска в 2014 г.

Материалами для исследования являлись: условия содержания рептилий в парке флоры и фауны «Роев ручей», пробы биоматериала, полученные от варана, сцинка, трех видов черепах и пятнистого эублефара, взятые при помощи зонд-тампон-тумпферов и стерильного физиологического раствора с поверхности спины, брюха, анального отверстия, слизистой ротовой полости.

Пробы биологического материала, полученные от рептилий, исследовали бактериологически по общепринятым методикам [11–13]. Для проведения бактериоскопии мазки из биоматериала и культур микроорганизмов окрашивали по Граму и изучали морфологические и тинкториальные свойства при помощи светового микроскопа под иммерсией и увеличением 90˚. Для выделения чистой культуры микроорганизмов производили посев биоматериала на искусственные питательные

среды: мясо-пептонный агар (МПА) и мясо-пептонный бульон (МПБ), а затем пересевали на селективные питательные среды Сабуро, Эндо, дифференциально-диагностические Плоскирева, висмут-сульфтагар (ВСА), Левина. Культивирование микроорганизмов проводили в термостате при температуре 37^{0}С, а на среде Сабуро – при комнатной температуре. Биопробу ставили на белых мышах. Патогенность выделенных чистых культур микроорганизмов определяли внутрибрюшинным заражением белых мышей в дозе 500 тыс. микробных клеток, гибель последних наблюдали через 24–96 часов после заражения.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ условий содержания рептилий в парке флоры и фауны «Роев ручей» показал, что их можно считать оптимальными в связи с наличием необходимых террариумов и контролем ветеринарных специалистов за соблюдением ветеринарно-санитарных норм и правил содержания и кормления животных. Первичная бактериоскопия мазков, окрашенных по Граму, от варана, сцинка, среднеазиатской черепахи показала наличие большого количества плесневых грибов, различного рода палочек и кокков.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Первичное бактериоскопическое исследование биоматериала варана и сцинка

Биопробы	Результаты бактериоскопии
Варан (Varanus salvator)	
Кожа спины	Кишечная палочка, плесневые грибы, бациллы
Ротовая полость	Стрептококк, стафилококк, бациллы
Клоака	Кишечная палочка, плесневые грибы, бациллы
Сцинк (Tiliguagigas)	
Кожа спины	Кишечная палочка, плесневые грибы, бациллы
Кожа живота	Кишечная палочка, плесневые грибы, бациллы
Ротовая полость	Стрептококк, стафилококк, бациллы
Среднеазиатская черепаха (Testudo horsfieldii)	
Панцирь спины	Кишечная палочка, плесневые грибы
Панцирь живота	Кишечная палочка, плесневые грибы
Клоака	Эшерейхи, кишечная палочка, стафилококк, стрептококк, кокки
Красноухая черепаха (Trachernys scripta elegans)	
Панцирь спины	Бациллы, стафилококк, актиномецеты
Панцирь живота	Бациллы, актиномецеты, кокки
Клоака	Палочковидные бактерии
Черепаха греческая, средиземноморская (Testudograeca)	
Панцирь спины	Бациллы, стафилококк, актиномецеты
Панцирь живота	Плесневые грибы, бациллы
Клоака	Кокки, палочковидные бактерии
Пятнистый эублефар (Eublepharis macularius)	
Кожа спины	Стафилококк, плесневые грибы, бациллы
Ротовая полость	Стрептококк, стафилококк, энтеробактерии
Кожа живота	Палочковидные бактерии, плесневые грибы, бациллы

Таким образом, при первичной бактериоскопии были обнаружены грамотрицательные и грамположительные палочки, относящиеся к следующим группам микроорганизмов: стафило-

стрептококки, энтеробактерии (сальмонеллы, кишечная палочка, протей), сапрофитные группы спорообразующих микроорганизмов. При изучении патогенных свойств выделенной микрофлоры установили, что наиболее выраженную патогенетическую активность проявляли представители семейства энтеробактерий, такие как кишечные палочки и некоторые варианты плесневых грибов, относящиеся к семейству актиномицетов.

При заражении чистыми культурами данных видов микроорганизмов у лабораторных животных отмечали развитие специфической симптоматики, впоследствии приводящей к гибели животных.

Результаты исследования по культивированию проб биоматериалов от рептилий на искусственных питательных средах приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты культивирования и бактериоскопии биоматериала рептилий на искусственных питательных средах

Биопроба	Левина	ВСА	Эндо	Плоскирева	Сабуро
Варан (Varanus salvator)					
Кожа спины	+	+	+	-	+
Ротовая полость	-	+	-	+	-
Клоака	+	+	+	+	+
Сцинк (Tiliguagigas)					
Кожа спины	+	+	+	-	+
Кожа живота	+	-	+	-	+
Ротовая полость	+	+	-	+	-
Среднеазиатская черепаха (Testudo horsfieldii)					
Панцирь спины	+	+	+	+	+
Панцирь живота	+	+	+	+	+
Клоака	+	+	-	-	+
Красноухая черепаха (Trachernys scripta elegans)					
Панцирь спины	+	-	+	+	+
Панцирь живота	+	-	+	+	+
Клоака	+	+	-	-	-
Черепаха греческая, средиземноморская (Testudograeca)					
Панцирь спины	+	-	+	+	+
Панцирь живота	+	-	+	+	+
Клоака	+	+	-	-	-
Пятнистый эублефар (Eublepharis macularius)					
Кожа спины	+	-	+	+	+
Ротовая полость	+	+	+	+	+
Кожа живота	-	+	-	-	-

*Примечание. «**+**» – наличие роста; «**-**» – отсутствие роста.*

Таким образом, в ротовой полости и в клоаке наблюдается рост бактерий, обладающих следующими культуральными свойствами: белые, блестящие R и S типа, размерами от 1 до 2,5–5 см, из которых получены чистые культуры.

Выводы. Проведение бактериологических исследований позволило установить наличие у рептилий различного рода патогенных организмов, таких как кокки, бациллы, палочковидные бактерии и т.д., которые могут представлять угрозу для человека.

Литература

1. *Даревский И.С., Орлов Н.Л.* Редкие и исчезающие животные. Земноводные и пресмыкающиеся. – М.: Высш. шк., 1988. – 211 с.
2. *Ярофке Д., Ланде Ю.* Рептилии. Болезни и лечение. – М.: Аквариум, 2005. – 209 с.
3. *Мартышин А.В.* Некоторые данные по заболеваемости пресмыкающихся, находящихся в условиях неволи, принципы диагностики и лечения // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы Междунар. науч.конф. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2010. – С. 117–120.
4. *Мартышин А.В., Ковальчук Н.М.* Микологическое и микробиологическое исследование организма рептилий: науч.-практ. рекомендации / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2013. – 40 с.
5. *Васильев Д.Б.* Черепахи. Содержание, болезни и лечение. – М.: Аквариум, 2005. – 90 с.
6. *Чегодаев А.Е.* Сухопутные черепахи. Содержание. Разведение. Кормление. Лечение заболеваний. – М.: Аквариум-Принт, 2008. – 128 с.
7. *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.
8. Распространение калицивируса среди кошек и его тропность к органам / *Т.И. Глотова, Т.Г. Ядренкина, А.Г. Глотов* [и др.] // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние животные. – 2013. – № 4. – С. 29–31.
9. *Строганова И.Я., Трухненко А.А., Гуменная Е.Ю.* Полимеразная цепная реакция в диагностике микоплазмов крупного рогатого скота в хозяйствах Восточной Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12 – С. 147–150.
10. *Бычкова А.А., Строганова И.Я.* Диагностика микоплазменных, вирусных и хламидиозных инфекций свиней методом полимеразной цепной реакции в хозяйствах Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 1. – С. 166–169.
11. Лабораторные исследования в ветеринарии. Бактериальные инфекции / *Б.И.Антонов* [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 272 с.
12. *Костенко Т.С., Скаршевская Е.И., Штельсон С.С.* Практикум по ветеринарной микробиологии и иммунологии. – М.: Агропромиздат, 1989. – 272 с.
13. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / *М.О. Биргер* [и др.]. – М.: Медицина, 1982. – 464 с.
14. *Garner M., Raymond S*. Methods for diagnosing inclusion body disease in shakes // Proc.ARAV. – 2004. – P. 21–25.
15. Enzyme-linked immunosorbentassy for detecting the antibody response in Argentine boa constrictors (Boa constrictors occidentalies)Amer. / B.A. Zock[et al.] // L.Vet.Res. – 2003. –Vol. 64. – P.388–395.
16. Nested PCR amplification and sequeningofa reptile reovirus associated with olisease in Mojave rattles nares (crotalusscutulatus). / J.Wellehan [et al.] // Proc / ARAV. – 2005.

УДК 636.4

Н.В. Абрамкова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОРООБРАЗУЮЩИХ ПРОБИОТИКОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОРОСЯТ

В результате исследований в производственных условиях доказано, что наибольшей эффективностью в технологии выращивания поросят обладает спорообразующий пробиотик третьего поколения «Олин».

***Ключевые слова**: поросята, период доращивания, пробиотики «Субтилис», «Проваген», «Олин», показатели роста.*

N.V. Abramkova

COMPARATIVE EFFICIENCY OF THE SPORE-FORMING PROBIOTIC APPLICATION IN THE PIGLET BREEDING TECHNOLOGY

As the research result in the production conditions it is established that the spore-forming probiotic of the third generation – «Olin» possesses the greatest efficiency in the piglet breeding technology.

***Key words**: piglets, period of breeding, probiotics, «Subtilis», «Provagen», «Olin», growth indicators.*

Введение. В условиях рыночной экономики очень важно перевести существующие комплексы и свинофермы на интенсивную технологию с законченным циклом производства свиней. Только при таком способе можно обеспечить рентабельность и конкурентоспособность свиноводческой продукции.

Выращивание поросят-отъемышей – один из наиболее сложных технологических процессов в свиноводстве. Поиски рациональных методов их содержания привели к большому количеству модификаций. Однако ни один из них не может защитить животных от воздействия патогенной микрофлоры.

Вакцинация, снижение иммунитета, фармакологическая нагрузка оставляют кишечник практически не заселенным нормальной микрофлорой, открывая ворота для инфекций [1].

Дефицит нормальной микрофлоры у поросят-отъемышей приводит к бурному размножению нежелательной кишечной микрофлоры, замедлению процессов формирования иммунитета, перерасходу энергии. Снижение иммунного статуса сопровождается повышенной восприимчивостью поросят к бактериальным и вирусным инфекциям. Заселенность кишечника условно-патогенной микрофлорой приводит к существенным изменениям в обмене веществ [2].

В условиях борьбы за экологичность и безопасность продукции животноводства применение антибиотиков недопустимо. Поэтому введение биологических корректоров гомеостаза просто необходимо. Эффективной заменой кормовым антибиотикам являются пробиотики.

Исследованиями ученых было установлено, что хорошие результаты показывают пробиотики на основе спорообразующих бактерий рода Bacillus. Большая часть микробных клеток в составе таких препаратов представлена спорами, поэтому пробиотик сохраняет жизнеспособность при воздействии на него различных агрессивных факторов и долговременно стабилен при хранении. Это и позволяет применять спорообразующие пробиотики при производстве гранулированных и экспандированных кормов [3].

На рынке пробиотиков представлены спорообразующие пробиотики 3 поколений: «Субтилис», «Проваген» и «Олин».

Эти препараты представляют собой сбалансированный комплекс пробиотических бактерий:

анаэробных Bacillus Licheniformis и аэробных Bacillus Subtilis в соотношении 1:1.

Различия между ними в том, что «Субтилис» производства НИИ пробиотиков состоит из штамма Bacillus Subtilis ВКМ-2250 и штамма Bacillus Licheniformis ВКМ 22252. Действующим началом «Провагена», производства компании «Трионис» являются штаммы Bacillus Licheniformis ВКМ В-2414 и Bacillus Subtills ВКМ В-2287. Пробиотик «ОЛИН» включает штаммы Bacillus licheniformis (ВКПМ В-10135) и Bacillus subtilis (ВКПМ В-10172) в соотношении 1:1. Производится «Пробиотик Плюс» по лицензии компании Otto Christian Luders Handels GmbH (Германия). Кроме того, данные препараты имеют различную стоимость.

Цель исследований. Изучение эффективности применения спорообразующих пробиотиков трех поколений («Субтилис», «Проваген» и «Олин») в производственных условиях и выявление наиболее эффективного из них.

Задачи:

- изучить влияние пробиотика «Субтилис» на показатели роста поросят-отъемышей;
- изучить влияние пробиотика «Проваген» на показатели роста поросят-отъемышей;
- изучить влияние пробиотика «Олин» на показатели роста поросят-отъемышей;
- определить экономическую эффективность использования вышеуказанных пробиотиков для поросят-отъемышей.

Методы исследований. Для проведения научно-хозяйственного опыта было отобрано 40 голов клинически здоровых поросят-отъемышей породы пьетрен, которые по принципу пар-аналогов были расформированы на четыре группы, по 10 голов в каждой.

Изучение эффективности использования пробиотиков «Субтилис», «Проваген» и «Олин» производилось согласно схеме, приведенной в таблице 1.

Таблица 1

Схема исследований

Группа	Поголовье	Продолжительность опыта, дни	Условия эксперимента
1-я контрольная	10	60	Основной рацион (ОР) без добавок пробиотика
2-я опытная	10	60	ОР + «Субтилис» в составе комбикорма в дозировке 0,3 кг/т в течение первых 5 дней после отъема
3-я опытная	10	60	ОР + «Проваген» в составе комбикорма в дозировке 0,3 кг/т в течение первых 5 дней после отъема
4-я опытная	10	60	ОР + «Олин» в составе комбикорма в дозировке 0,3 кг/т в течение первых 5 дней после отъема

Различия в кормлении между подопытными группами животных заключались в том, что животные контрольной группы находились на рационе, принятом в хозяйстве, животным 2-й опытной группы в состав рациона вводился пробиотик «Субтилис» производства НИИ пробиотиков, животным 3-й опытной группы – пробиотик «Проваген» производства компании «Трионис», животным 4-й опытной группы – пробиотик «Олин» производства ООО «Пробиотик Плюс» по лицензии компании Otto Christian Luders Handels GmbH (Германия).

Рацион кормления соответствовал нормам РАН по содержанию основных питательных и биологически активных веществ. Условия содержания животных в опытных группах были одинаковыми и соответствовали зоотехническим нормам.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате исследований выявлено, что

наилучшие показатели продуктивности были получены у поросят 4-й опытной группы, которые получали пробиотик «Олин»; так, среднесуточный прирост был выше на 21,7 %, чем в контроле. Применение пробиотика «Субтилис» позволило получить увеличение среднесуточного прироста живой массы на 15,6 % по сравнению с контролем. Добавление пробиотика «Проваген» в рацион в течение первых пяти дней после отъема способствовало увеличению живой массы поросят на 11,4 % (Табл. 2).

Таблица 2

Показатели продуктивности поросят-отъемышей за период доращивания

Показатель	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Количество поросят, голов	10	10	10	10
Продолжительность исследований, дней	60	60	60	60
Живая масса 1 головы в начале опыта, кг	18,34	18,30	18,35	18,27
Живая масса 1 головы в конце опыта, кг	40,94 ±0,54	43,58 ±0,74*	44,56 ±0,68**	45,21 ±0,62**
Абсолютный прирост живой массы, кг	22,60	25,17	26,13	26,84
Среднесуточный прирост живой массы, г	376,67	419,50	435,50	447,3
Относительный прирост живой массы, %	76,2	81,2	83,0	84,4
Затраты корма на 1 кг прироста, ЭКЕ	4,75	4,27	4,11	4,00

*Примечание. Разница статистически достоверна у животных 2-, 3- и 4-й групп по сравнению с показателями животных 1-й группы: при * – P < 0,01; ** – P < 0,001.*

При этом расход корма на 1 кг прироста живой массы снизился на 10,1 %, 13,5 и 15,8 % соответственно. Относительный прирост живой массы поросят-отъемышей увеличился на 5,0 %, 6,8 и 8,2 % соответственно.

Полученные результаты показали высокую эффективность применения спорообразующего пробиотика «Олин», что было подтверждено производственной проверкой (табл. 3). Однако все исследуемые спорообразующие пробиотики позволяют улучшить производственные показатели и эффективность производства в целом.

В результате производственной проверки установлено, что наибольшую эффективность имеет пробиотик третьего поколения «Олин», применение которого в течение первых пяти дней после отъема позволит увеличить рентабельность производства в период доращивания на 18,2 %. Однако неплохие результаты показали и другие спорообразующие пробиотики: «Субтилис» и «Проваген», рост рентабельности на 12,8 и 17,1% соответственно.

Таблица 3

Результат производственной проверки спорообразующих пробиотиков «Субтилис», «Проваген» и «Олин»

Показатель	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
1	2	3	4	5
Поступило на выращивание, голов	50	50	50	50
Продолжительность производственного цикла, дней	60	60	60	60
Валовой прирост живой массы, ц	11,18	12,55	13,01	13,12
Среднесуточный прирост живой массы, г	372,67	418,33	433,67	437,33
Затраты корма на 1 кг прироста, ЭКЕ	4,80	4,28	4,13	4,09

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Затраты за период доращивания, тыс. руб.	127,41	127,53	127,53	127,55
Себестоимость 1ц прироста, тыс. руб.	11,40	10,16	9,80	9,72
Средняя цена реализации 1 ц свинины, тыс. руб.	12,00	12,00	12,00	12,00
Прибыль, тыс. руб.	0,9	1,84	2,2	2,28
Уровень рентабельности, %	5,3	18,1	22,4	23,5

Расчет экономической эффективности показал, что от использования «Субтилиса» в расчете на 100 голов она составляет 124 тыс. руб., «Провагена» – 160 тыс., «Олина» – 168 тыс. руб.

Выводы. Применение пробиотиков «Субтилис», «Проваген» и «Олин» в дозировке 0,3 кг/т комбикорма в первые пять дней после отъема повышает показатели роста поросят, увеличивает конверсию корма. В результате рентабельность выращивания поросят в период доращивания увеличивается на 12,8%, 17,1 и 18,2 % соответственно. Следовательно, наибольшей эффективностью обладает спорообразующий пробиотик третьего поколения – «Олин».

Литература

1. *Ковальчук Н.М., Счисленко С.А., Кузнецова С.А.* Коррекция микробиоценоза кишечника цыплят на фоне применения энтеросорбента ЭБК-2 и пробиотика // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 11. – С. 176–179.
2. *Масалов В.Н., Дедкова А.И., Сергеева Н.Н.* Современное состояние свиноводства в Орловской области // Вестник Орлов. гос. аграр. ун-та, 2012. – Т. 37. – № 4. – С. 80–83.
3. *Червонова И.В., Абрамкова Н.В.* Эффективность применения пробиотиков «Субтилис» и «Проваген» при выращивании цыплят-бройлеров // Главный зоотехник. – 2014. – № 7. – С. 3–6.

УДК 636.035

Н.В. Донкова, Т.С. Лебедева

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗВЕДЕНИЯ ОВЕЦ ТУВИНСКОЙ КОРОТКОЖИРНОХВОСТОЙ ПОРОДЫ В ХАКАСИИ

В статье рассмотрены вопросы экономической эффективности разведения скороспелых специализированных мясных пород овец. Представлены сведения о разведении овец тувинской короткожирнохвостой породы в условиях Республики Хакасия за последние шесть лет.

***Ключевые слова**: овцеводство, разведение, тувинская короткожирнохвостая порода.*

N.V. Donkova, T.S. Lebedeva

THE ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE BREEDING OF THE TUVAN SHORT-FAT-TAILED SHEEP IN KHAKASSIA

The issues of the economic substantiation for the breeding of the early maturing specialized sheep meat breeds are considered in the article. The data on the breeding of the Tuvan short-fat-tailed sheep in the conditions of Khakassia Republic during the last six years are presented.

***Key words:** sheep breeding, breeding, Tuvan short-fat-tailed breed.*

Введение. Овцеводство – одна из универсальных и наиболее перспективных отраслей в животноводстве, играющая важную роль в обеспечении потребности в специфических видах сырья и продуктах питания.

В отличие от других отраслей животноводства овцеводство является менее трудоемкой и капиталоемкой отраслью. Овцы лучше других сельскохозяйственных животных используют естественные пастбища и грубые корма, их можно пасти по оврагам, крутым склонам, закустаренным участкам, на степных и полупустынных пастбищах, где невозможно выпасать другие виды скота. Среди домашних животных овца обладает самой разносторонней продуктивностью (шерсть, мясо, молоко, овчина), что обусловливает высокую рентабельность овцеводства.

По плодовитости овцы занимают третье место после свиней и кроликов, выход ягнят на 100 маток может составлять 150–160 голов в год. Овцы считаются скороспелыми животными, так как шерсть от молодняка получают уже в первый год жизни, в 5–8-месячном возрасте получают товарную тушку весом 15–20 кг, каракульские смушки получают при убое ягнят в 1–2-дневном возрасте, высококачественные овчины дает молодняк в возрасте 5–7 месяцев [1].

В недавнее время экономическое благополучие овцеводства складывалось из производства шерсти, которое составляло более 70 %. В современных условиях в овцеводстве наиболее выгодно заниматься производством баранины. В связи с чем одной из приоритетных задач овцеводства является изменение структуры породного состава в сторону увеличения поголовья мясного и мясо-шерстного направлений продуктивности за счет разведения скороспелых специализированных мясных пород, а также создания новых высокопродуктивных пород и типов овец.

Повышение экономического значения мясного направления в овцеводстве (с целью получения баранины) требует наличия в генофонде пород овец с высоким уровнем мясной продуктивности, приспособленных к разведению в условиях различных регионов страны [2–4].

Согласно А.И. Калашникову, производство баранины основано на применении двух типов нагула или откорма в зависимости от хозяйственных условий: интенсивный – продолжительностью до 60 дней при суточном приросте живой массы 200–250 г и реализации ягнят на мясо в возрасте 5–6 месяцев массой 35–40 кг; ускоренно интенсивный – 90–120 дней при суточном приросте живой массы 120–150 г и реализации ягнят на мясо массой 37–45 кг в возрасте 7–8 месяцев. Ягнят за 45–60 дней до реализации на мясо стригут, получают с ягненка 1,0–1,5 кг поярковой шерсти. За оставшееся до реализации время шерсть на ягнятах отрастает до 2,5–3 см, что дает возможность получения после убоя меховых овчин.

На сегодняшний день в мире насчитывается около 1060 млн овец. Разводят этих животных во всех странах мира [5]. В большинстве стран мира овцеводство – экстенсивное отгонно-пастбищное либо кочевое или полукочевое хозяйство. Оно приурочено к зонам степей, пустынь и полупустынь, а также к горным районам. Из 1 млрд мирового поголовья овец более 30 % приходится на Азию. Вторым районом овцеводства стала Африка. Среди стран самым большим поголовьем овец выделяются Китай и Австралия [6].

В России наибольшее развитие овцеводство получило на юге страны. Тонкорунное овцеводство сосредоточено преимущественно в районах Северного Кавказа, юга Поволжья, Сибири; полутонкорунное – главным образом в районах Центральной черноземной и Нечерноземной зон РФ, Среднего Поволжья; полугрубошерстное – в Туркмении, Закавказье; грубошерстное – во многих областях Нечерноземья России, Республике Тыва и Республике Хакасия.

Для многих регионов, имеющих суровые природно-климатические условия (Забайкалье, Алтай, Тыва, Калмыкия и др.), овцеводство – социально значимая, жизненно необходимая отрасль экономики народного хозяйства региона [1, 5].

В настоящее время 30,8 % грубошерстных (мясных) овец от имеющегося поголовья в Российской Федерации находятся в Тыве, где овцеводство является традиционной неотъемлемой частью АПК. Они представлены тувинской короткожирнохвостой породой.

В Республике Тыва на долю овцеводства приходится более 60 % валовой продукции животноводства, так как здесь имеются обширные просторы горных и степных пастбищ. Около половины всего поголовья овец в республике составляют тувинские короткожирнохвостые овцы, хорошо

приспособленные к условиям круглогодового пастбищного содержания. Тувинские овцы в силу их исключительной выносливости не требуют затрат на строительство дорогостоящих помещений и могут легко переносить суровые зимы в кошарах облегченного типа из местного материала.

18 июня 2010 года состоялась регистрация степного типа тувинских короткожирнохвостых овец в г. Москве в Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Овцы степного типа характеризуются крепкой конституцией, выраженными мясосальными формами телосложения, высокой мясной скороспелостью, средними показателями настрига и качества грубой шерсти, белой окраской руна, отличной приспособленностью к условиям круглогодового пастбищного содержания.

По данным Х.А. Амерханова [7, 8], использование баядских баранов в скрещивании с тувинскими короткожирнохвостыми овцами уже в первом поколении позволило получить помесных животных, превосходящих местных грубошерстных овец по живой массе и мясной скороспелости. Разведение полукровных животных, отобранных по экстерьерно-конституциональным особенностям, мясным формам телосложения, удовлетворяющих требованиям желательного «типа в себе», позволило консолидировать их по основным хозяйственно полезным признакам [9].

Современная популяция тувинских овец характеризуется значительной неоднородностью продуктивно-биологических признаков, что обусловлено природно-кормовыми условиями разных зон их разведения. Изучению хозяйственно полезных признаков тувинских овец посвящены работы Х.А. Амерханова и др. [7, 8], А.Е. Лущенко, Р.Ш. Иргит [10], В.С. Орус-оола и др. [11], М.И. Донгак [12]. Особенностью породной характеристики тувинской короткожирнохвостой породы овец является исключительная выносливость и неприхотливость к условиям содержания [7, 8, 10] и выдающиеся мясные качества [13].

В Республике Хакасия грубошерстных (мясных) овец тувинской короткожирнохвостой породы в последние годы разводят повсеместно, так как природно-климатические и зональные условия способствуют экономически благоприятному их содержанию в разных зонах республики.

Нами проанализирована динамика роста поголовья овец тувинской короткожирнохвостой породы в Республике Хакасия. Установлено, что поголовье овец данной породы ежегодно увеличивается. Так, в Аскизском районе республики за шесть лет поголовье овец этой породы возросло более чем на 70 % – с 51002 голов в 2009 году до 87437 голов в 2014 году.

При этом наибольшие темпы роста поголовья овец отмечаются в фермерских хозяйствах и сельскохозяйственных предприятиях. Поголовье овец в частном секторе увеличилось за шесть лет (2009-2014 гг.) с 27902 до 33953 голов, то есть на 22 %, а в сельскохозяйственных предприятиях и фермерских хозяйствах – с 23100 до 53484 голов, то есть в 2,32 раза (табл.).

Динамика поголовья овец на сельскохозяйственных предприятиях, фермерских хозяйствах и в частном секторе

Вид предприятия	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
С.-х. предприятия	6288	8271	8602	12124	11701	12770
Фермерские хозяйства	16812	22720	26091	27720	36186	40714
Частный сектор	27902	26866	28152	30744	29180	33953
Итого	51002	57857	62845	70588	77067	87437

Разведением овец занимаются во всех населенных пунктах Аскизского района Республики Хакасия: Аскизском с/с, Балыксинском с/с, Базинском с/с, Бирикчульском с/с, Бельтирском с/с, В-Аскизском с/с, Полтаковском с/с, Кызласовском с/с, Пуланкольском с/с, У-Камыштином с/с, У-Чульском с/с, В-Тейском с/с, Бискамжинском п/с, Аскизском п/с. Но наибольшее количество овец сосредоточено в В-Аскизском с/с (6887 голов), Пуланкольском с/с (7702 головы), У-Камыштином с/с (11767 голов).

На территории Аскизского района функционируют ряд сельскохозяйственных предприятий, специализирующихся на разведении овец тувинской короткожирнохвостой породы: ООО «Катанов», СПК «Апчинаевский», ООО «Аевское», ООО «Овцевод», ООО «Юлия». Крупнейшим из них является ООО «Овцевод» (7852 головы).

В 2014 году наибольшее количество овец было сосредоточено в фермерских хозяйствах района – 46,6 % (40714 голов), несколько меньше в частном секторе – 38, 8 % (33953 голов), а в сельскохозяйственных предприятиях поголовье овец составило 14,6 % (12770 голов).

Таким образом, в современных условиях грубошерстное овцеводство имеет важное значение, являясь источником баранины. В Хакасии районирована грубошерстная порода овец – тувинская короткожирнохвостая, обладающая выносливостью и неприхотливостью, хорошо приспособленная к местным условиям обитания. За последние шесть лет (2009–2014 гг.) отмечался неуклонный рост поголовья овец этой породы как в фермерских хозяйствах и сельскохозяйственных предприятиях, так и в частном секторе, что свидетельствует о перспективности и экономической эффективности разведения грубошерстных овец и их помесей в Хакасии и южных районах Красноярского края.

Литература

1. *Ерохин А.И., Ерохии С.А*. Овцеводство. – М.: Изд-во МГУП, 2004. – 480 с.
2. *Ульянов А.Н., Куликова А.Я., Баша С.Н.* Южная мясная порода овец // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 2. – С. 65–69.
3. *Ульянов А.Н., Куликова А.Я., Григорьева О.Г.* Актуальные проблемы современного овцеводства России // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2011. – № 3. – С. 54–60.
4. *Ульянов А.Н., Куликова А.Я., Кулешова Е.А.* Влияние баранов мясного типа на развитие костей скелета и мышечной ткани помесей // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2012. – № 2. – С. 33–35.
5. *Ерохин А.И.* Разведение овец и коз: учеб. пособие. – М.: Астрель, 2004. – 182 с.
6. *LI Xiang-Long*, *ZHANG Zeng-Li*. Random amplified polymorphic DNA of Chinese indigenous sheep breeds // Chinese Journal of Veterinary Science. – 2004. – Vol. 24. – № 5. – P. 508-510.
7. Сравнительная характеристика продуктивных качеств разных типов тувинских короткожирнохвостых овец / *Х.А. Амерханов* [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 1. – С. 14–17.
8. Особенности селекции тувинских короткожирнохвостых овец в разных природно-климатических зонах Республики Тыва / *Х.А. Амерханов* [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 2. – С. 8–13.
9. *Ооржак А.Б.* Продуктивные и некоторые биологические особенности тувинских короткожирнохвостых овец степного типа: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.02.10. – Улан-Удэ, 2011. – 18 с.
10. *Лущенко А.Е., Иргит Р.Ш.* Совершенствование тувинской короткожирнохвостой породы овец. – Красноярск, 2005. – 114 с.
11. *Орус-оол В.С.* Краткие сведения об использовании баранов баядской (монгольской) полугрубошерстной породы для улучшения мясной продуктивности тувинских короткожирнохвостых овец // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 2. – С. 4–7.
12. *Донгак М.И.* Продуктивность тувинских короткожирнохвостых овец с разным строением руна: дис. … канд. с.-х. наук: 06.02.10 . – М., 2011. – 103 с.
13. Нагульные и мясные качества тувинских короткожирнохвостых овец степного типа / *Л.Д. Шимит* [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 2. – С. 44–47.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамкова Н.В. – канд. биол. наук, доц. каф. зоогигиены и кормления сельскохозяйственных животных Орловского государственного аграрного университета, г. Орел. E-mail: necz34@mail.ru

Александрова Т.А. – асп. каф. биологии и охотоведения Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Бакшеева Е.О. – канд. с.-х. наук, доц. каф. лесоводства Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: avyatar@yandex.ru

Бауэр Ю.А. – асп. каф. агрохимии и почвоведения Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск. E-mail: y_bauer@list.ru

Богульский И.О. – д-р физ.-мат. наук, проф., зав. каф. высшей математики и компьютерного моделирования Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: bogul.io@yandex.ru

Бурковская Е.В. – науч. сотр. лаб. биотехнологии Биолого-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: burkovskaya@ibss.dvo.ru

Бышов Д.Н. – канд. техн. наук, доц., зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: university@rgatu.ru

Гекк А.С. – магистрант каф. экологии и природопользования Института экономики, управления и природопользования Сибирского федерального университета, г.Красноярск. E-mail: natali.korosteleva@gmail.com

Губаненко Г.А. – канд. техн. наук, доц. каф. технологии и организации общественного питания Торгово-экономического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: kroha0701@ mail.ru

Демиденко Г.А. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. ландшафтной архитектуры и агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: agro@kgau.ru

Долгих П.П. – канд. техн. наук, доц. каф. системоэнергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dpp@rambler.ru

Донкова Н.В. – д-р вет. наук, проф., зав. каф. анатомии, патологической анатомии и хирургии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dnv-23@mail.ru

Ермакова О.Д. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Байкальского государственного природного биосферного заповедника, Республика Бурятия, Кабанский район, п. Танхой. E-mail: olerm@list.ru

Ермаченков Н.В. – асп. каф. электроснабжения Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: nikolai.ermachenkof@yandex.ru

Есин Р.В. – асп. научно-учебной лаборатории «Системы автоматизированного проектирования» Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: surgeon14@mail.ru

Животов О.Н. – первый зам. директора ОАО «Красноярскгражданпроект», г. Красноярск. E-mail: kungs@yandex.ru

Жилин Т.О. – асп. каф. разведения сельскохозяйственных животных и зоогигиены Донского государственного аграрного университета, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский. E-mail: serg172802@mail.ru

Иванов В.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. лесоводства Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: avyatar@yandex.ru

Ивлева Т.А. – асп. каф. агрохимии и почвоведения Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск. E-mail: y_bauer@list.ru

Карамов Д.Н. – асп., инженер лаб. термодинамики Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, г. Иркутск. E-mail: dmitriy.karamov@mail.ru

Карпенко Л.В. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск. E-mail: karp@ksc.krasn.ru

Каширин Д.Е. – д-р техн. наук, доц., зав. каф. электроснабжения Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: kadm76@mail.ru

Ковалев Н.Н. – д-р биол. наук, ст. науч. сотр., проф. каф. пищевых биотехнологий Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета, г. Владивосток. E-mail: kovalevnn61@yandex.ru

Кожухарь Е.Н. – асп. каф. технологии, оборудования бродильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fppp@kgau.ru

Коростелева Н.С. – асп. базовой каф. биотехнологии Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: natali.korosteleva@gmail.com

Коротченко И.С. – канд. биол. наук, доц. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: agro@kgau.ru

Кунгс Я.А. – канд. техн. наук, проф. каф. системоэнергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kungs@yandex.ru

Ларькова А.Н. – магистрант базовой каф. биотехнологии Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: natali.korosteleva@gmail.com

Лебедева Т.С. – асп. каф. бухгалтерского учета и статистики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dnv-23@mail.ru

Макулькина Ю.Л. – асп. каф. системоэнергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dpp@rambler.ru

Матвеев А.Д. – канд. физ.-мат. наук, доц., ст. науч. сотр. Института вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск. E-mail: mtv@icm.krasn.ru

Матковский А.В. – канд. биол. наук, доц. каф. экологии Сургутского государственного университета, г. Сургут. E-mail: anton_m87@mail.ru

Машанов А.И. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. технологий консервирования и оборудования пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fppp@kgau.ru

Мищенко Д.Д. – ассист. каф. информационных систем и технологий в экономике Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: mddarja@gmail.com

Мороз А.А. – канд. вет. наук, доц. каф. эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Нарылкова К.В. – магистрант каф. технологии, оборудования бродильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: fppp@kgau.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

Обухов В.О. – асп. каф. лесного и лесопаркового хозяйства Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск. E-mail: vladlen.obuhov@gmail.com

Орловский С.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. безопасности жизнедеятельности Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zemfak@kgau.ru

Павленко А.Л. – асп. каф. зоологии и экологии животных Сургутского государственного университета, г. Сургут. E-mail: vandras81@mail.ru

Павлов В.В. – магистрант каф. механизации животноводства Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: vikp76@mail.ru

Павлова Е.О. – лаборант Якутского ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск. E-mail: schilova@mail.ru

Пахарькова Н.В. – канд. биол. наук, доц. каф. экологии и природопользования Института экономики, управления и природопользования Сибирского федерального университета, г.Красноярск. E-mail: natali.korosteleva@gmail.com

Прудникова С.В. – д-р биол. наук, проф. базовой каф. биотехнологии Института фундаментальной биологии и биотехнологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: natali.korosteleva@gmail.com

Рейнгард Я.Р. – д-р биол. наук, доц. каф. экологии, природопользования и биологии Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск. E-mail: y_bauer@list.ru

Речкина Е.А. – канд. техн. наук, доц. каф. технологий консервирования и оборудования предприятий переработки Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kroha0701@ mail.ru

Рубчевская Л.П. – д-р хим. наук, проф. каф. химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: kroha0701@ mail.ru

Рыбникова Е.И. – гл. технолог ИП Печура С.Н., ТД ВИК, г. Владивосток. E-mail: dony6@yandex.ru

Сабарайкина С.М. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Якутского ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск. E-mail: sabaraikina@mail.ru

Северьянова Е.Н. – асп. каф. общей экологии Ульяновского государственного университета, г. Ульяновск. E-mail: severyanoviv@mail.ru

Семенченко С.В. – канд. с.-х. наук, доц. каф. частной зоотехнии и кормления сельскохозяйственных животных Донского государственного аграрного университета, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский. E-mail: serg172802@mail.ru

Симакова Т.В. – канд. с.-х. наук, доц. каф. земельного кадастра Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: simakova.tamara@mail.ru

Скипин Л.Н. – д-р с.-х. наук, проф. каф. техносферной безопасности Тюменского государственного архитектурно-строительного университета, г. Тюмень. E-mail: simakova.tamara@mail.ru

Стариков В.П. – д-р биол. наук, проф. каф. зоологии и экологии животных Сургутского государственного университета, г. Сургут. E-mail: vp_starikov@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.ru

Тайлаков А.А. – препаратор каф. эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Тарасов П.А. – канд. биол. наук, доц. каф. лесоводства Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: avyatar@yandex.ru

Тимошкина О.А. – канд. биол. наук, доц. каф. биологии и охотоведения Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Титовская Н.В. – канд. техн. наук, доц. каф. информационных систем и технологий в экономике Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: sntitovsky@rambler.ru

Титовский С.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. информационных систем и технологий в экономике Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: sntitovsky@rambler.ru

Турыгина О.В. – канд. биол. наук, доц. каф. теории и методики медико-биологических наук и безопасности жизнедеятельности Института физической культуры, спорта и здоровья им. И. Ярыгина Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: turygina.1967@mail.ru

Федорова И.А. – асп. каф. агроинженерии Ачинского филиала Красноярского государственного аграрного университета, г. Ачинск. E-mail: dpp@rambler.ru

Федюк В.В. – д-р с.-х. наук, проф. каф. разведения сельскохозяйственных животных и зоогигиены Донского государственного аграрного университета, Ростовская область, Октябрьский район, п. Персиановский. E-mail: dgau-fedyuk@mail.ru

Хроленко Ю.А. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. биотехнологии Биолого-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: khrolenko@biosoil.ru

Цай Ю.Т. – канд. техн. наук, проф. каф. безопасности жизнедеятельности Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: sibgtu@sibgtu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Северьянова Е.Н. Тяжелые металлы в почвах и растениях вблизи угледобывающего предприятия на примере шахты «Комсомольская» города Воркуты Республики Коми…… 3

Коротченко И.С. Влияние теплоэнергетического комплекса г. Красноярска на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки тополя бальзамического…….. 15

Ермакова О.Д. К характеристике климата первой трети зимнего сезона в Южном Прибайкалье…….. 20

Пахарькова Н.В., Прудникова С.В., Гекк А.С., Ларькова А.Н., Коростелева Н.С. Оптимизация выбора растений для биоремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами в условиях Южной Сибири…….. 28

Симакова Т.В., Скипин Л.Н. Состояние земельных ресурсов на территории федерального полигона государственного мониторинга земель «Нижнетавдинский» Тюменской области… 33

Александрова Т.А., Тимошкина О.А. Влияние естественных и антропогенных факторов на зимнее размещение и численность диких копытных заповедника «Столбы» на пригородных территориях…….. 37

Сабарайкина С.М., Павлова Е.О. Изучение ценопопуляций шиповника иглистого (*Rosa acicularis)* на территории бассейна Средней Лены……. 43

Павленко А.Л., Стариков В.П., Матковский А.В. Комплексная оценка состояния водных объектов с помощью рыб-индикаторов (на примере водоемов города Сургута и Сургутского района)…….. 47

Бурковская Е.В., Хроленко Ю.А. Экологические характеристики структуры фотосинтетического аппарата мертензии приморской *Mertensia maritima (*Boraginaceae) из разных географических локальностей…….. 53

Карпенко Л.В. Почвы плато Путорана в окрестностях озера Лама…….. 58

Бауэр Ю.А., Рейнгард Я.Р., Ивлева Т.А. Эволюция черноземных почв в современных экологических условиях юга Омской области…… 66

Турыгина О.В., Демиденко Г.А. Эволюция почв среднего течения р. Енисей в голоценовое время (на примере о. Татышева)……..……. 70

Тарасов П.А., Бакшеева Е.О., Иванов В.А. Исследование влияния мульчирования сплошной вырубки на температуру почвы…….. 75

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Цай Ю.Т., Орловский С.Н. Определение суточного норматива питания на одного лесного пожарного…….. 81

Титовская Н.В., Титовский С.Н. Организация устройства управления импульсным стабилизатором напряжения на базе микроконтроллера…… 87

Матвеев А.Д. Расчет трехмерных композитных балок сложной формы с применением двухсеточных конечных элементов…… 92

Богульский И.О. Моделирование сложного нормального удара по слоисто-неоднородной преграде…… 98

Карамов Д.Н. Влияние объектов агропромышленного комплекса на результат комплексной оптимизации децентрализированных систем электроснабжения, использующих возобновляемые источники энергии…….. 107

Животов О.Н., Кунгс Я.А. Проект инновационного светодиодного освещения улицы Дубровинского в городе Красноярске…… 112

Есин Р.В., Мищенко Д.Д. Проблематика использования систем моделирования с переменной структурой для аварийных режимов…….. 118
Долгих П.П., Макулькина Ю.Л. Инновационная система обеззараживания питьевой воды на основе оптических электротехнологий…….. 121
Федорова И.А., Долгих П.П. Моделирование энергоэффективных режимов работы климатического оборудования в сооружениях защищенного грунта…… 127
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ
Речкина Е.А., Губаненко Г.А., Рубчевская Л.П., Машанов А.И. Исследование и разработка мясных рубленых полуфабрикатов…… 133
Кожухарь Е.Н., Нарылкова К.В., Невзоров В.Н. Исследование и обоснование рецептуры напитка функционального назначения с использованием природных ресурсов Сибири…… 138
Рыбникова Е.И., Ковалев Н.Н. Обоснование использования кукумарии японской в технологии колбасных изделий…….. 144

СЕЛЬСКОЗОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

АГРОНОМИЯ
Обухов В.О. Практические рекомендации по выращиванию вишни Фудзи в условиях города Хабаровска……... 151
ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ
Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Ермаченков Н.В., Павлов В.В. Исследование рабочего процесса измельчителя перговых сотов……. 155
Федюк В.В., Семенченко С.В., Жилин Т.О. Влияние подкислителей питьевой воды на гематологические показатели и продуктивность индюков кросса «BIG-6»…… 159
Мороз А.А., Строганова И.Я., Тайлаков А.А. Бактериальные ассоциации рептилий…… 168
Абрамкова Н.В. Сравнительная эффективность применения спорообразующих пробиотиков в технологии выращивания поросят…….. 173
Донкова Н.В., Лебедева Т.С. Экономическое обоснование разведения овец тувинской короткожирнохвостой породы в Хакасии…….. 176
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ……... 180