

ВЕСТНИК

КУРГАНСКОГО

№ 4 (47)

ГОСУДАРСТВЕННОГО

2017

УНИВЕРСИТЕТА

СЕРИЯ

*«ЕСТЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ»*

Выпуск 10

Редакционная коллегия:

- Прокофьев К.Г.* – канд. юрид. наук, главный редактор журнала
Филистеев О.В. – канд. хим. наук, доц., ответственный редактор серии
Воронцов Б.С. – д-р техн. наук, проф.
Завьялова О.Г. – д-р геогр. наук, доц.
Козлов О.В. – д-р биол. наук, доц.
Науменко Н.И. – д-р биол. наук, проф.
Шаров А.В. – канд. хим. наук, доц.

УДК [34+1+33+80](08)
В 38

Вестник Курганского государственного университета. – Серия «Естественные науки». – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2017. – Вып. 10. – 112 с.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ТУ 45-00016 от 3 декабря 2008 года, выдано Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций по Курганской области.

Учредитель журнала: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганский государственный университет»*

Научный периодический журнал «Вестник Курганского государственного университета» включен в международную базу данных «Ulrich's Periodicals Directory», в электронную библиотечную систему «Лань».

Главный редактор журнала: *Прокофьев К.Г. – канд. юрид. наук*

Ред. коллегия: *Филистеев О.В., канд. хим. наук, доц.
Воронцов Б.С., д-р техн. наук, проф.
Завьялова О.Г., д-р геогр. наук, доц.
Козлов О.В., д-р биол. наук, доц.
Науменко Н.И., д-р биол. наук, проф.
Шаров А.В., канд. хим. наук, доц.*

Адрес редакции: 640020, г. Курган, ул. Советская, 63, строение 4, к. 505

Телефон/факс: 8(3522) 65-49-86

Электронная почта: vestnik.kgsu@mail.ru

Отв. редактор серии: *Филистеев О.В*

Директор БИЦ КГУ: *Агафонова Т.В.*

Изготовление оригинал-макета и корректура: Библиотечно-издательский центр КГУ

ISSN 2222-3363

© Курганский
государственный
университет, 2017
© Авторы, 2017

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 581.1

Александрова М.С., Лушникова Т.А.
Курганский государственный университет,
Курган

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО ОБМЕНА И ФОТОСИНТЕЗА *DICRANUM SCOPARIUM* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Аннотация. Данная статья посвящена изучению поступления воды в побеги *Dicranum scoparium* и изменению интенсивности фотосинтеза в зависимости от содержания воды в побегах мха. В статье показано, что при увлажнении побеги *Dicranum scoparium* уже через минуту интенсивно поглощают воду. Полное насыщение клеток *Dicranum scoparium* водой зависит от экологических условий. С повышением содержания воды интенсивность фотосинтеза дыхания побегов *Dicranum scoparium* возрастает.

Ключевые слова: *Dicranum scoparium*, содержание воды, интенсивность фотосинтеза

Alexandrova M.S., Lushnikova T.A.
Kurgan State University, Kurgan

PARTICULARITIES OF THE WATER EXCHANGE AND PHOTOSYNTHESIS OF *DICRANUM SCOPARIUM* DEPENDING ON ECOLOGICAL CONDITIONS OF ITS GROWTH

Abstract. This article is devoted to the study of water inflow into shoots of *Dicranum scoparium* and change of photosynthesis intensity depending on the quantity of water in moss shoots. The article shows that while moistening moss shoots of *Dicranum scoparium* absorb water intensively in a minute. Full saturation of cells of *Dicranum scoparium* with water depends on ecological conditions. With the increase of quantity of water photosynthesis intensity of shoots of *Dicranum scoparium* increases.

Keywords: *Dicranum scoparium*, water quantity, photosynthesis intensity

Введение

Мохообразные – это неотъемлемая часть большинства растительных сообществ и в целом биосферы. В литературе широко описывается анатомия, морфология и особенности биологии зеленых мхов [1; 4]. Между тем эта древнейшая группа растений до настоящего времени является одной из самых слабо изученных, т.к. практически отсутствуют сведения об их физиологии.

Цель исследования: изучить особенности водного обмена, фотосинтеза и дыхания гаметофитов зеленого мха *Dicranum scoparium* и сравнить эти физиологические показатели в зависимости от места произрастания мха.

1 Методы исследования

Образцы растений *Dicranum scoparium* были отобраны в трех местах Курганской области: окрестности лагеря «Романтика» (Кетовский район), окрестности с. Введенское (Кетовский район) и экологическая тропа (Белозерский государственный природный (зоологический) заказник, Белозерский район). Камеральная обработка проводилась на базе лаборатории физиологии растений кафедры биологии Курганского государственного университета с использованием стандартных методик физиологии растений [3].

2 Результаты исследования и их обсуждение

Мхи так же, как и лишайники, относятся к пойкилогидрическим растениям, которые не способны регулировать свой водный обмен, они легко адаптируются к условиям дефицита влаги благодаря снижению интенсивности метаболизма и, как следствие, перехода в состояние анабиоза. Из-за способности мхов и лишайников приспосабливаться к неблагоприятным условиям среды, в том числе и к засухе способствовало их широкому географическому распространению. При неблагоприятных условиях все процессы замедляются, становятся латентными, в то время как с окончанием засушливого периода они быстро поглощают воду и возвращаются к активной жизнедеятельности. Одним из путей физиологической адаптации к ксеротическим условиям является быстрая потеря воды и отсутствие специальных приспособлений для предохранения от испарения [2]. Проведенные нами исследования показали, что при помещении сухих растений *D. scoparium* в водную среду, уже через минуту они интенсивно поглощали воду всеми клетками своих гаметофитов (рисунок 1).

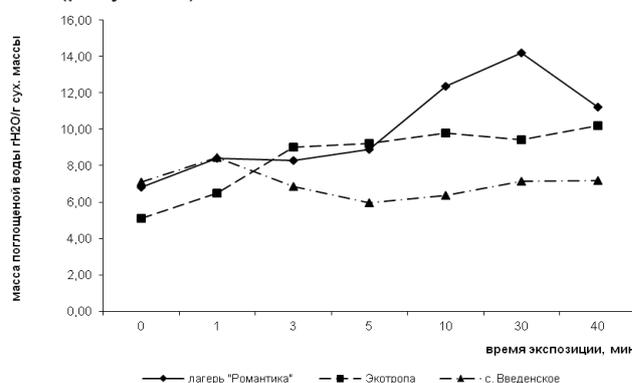


Рисунок 1 – Динамика поглощения воды побегами *Dicranum scoparium*

Полное насыщение клеток растений мха во-

дой фиксировалось уже через 1 мин для образцов, отобранных в окрестностях с. Введенское, через 3 мин для растений, собранных с экологической тропы, и самое длительное насыщение происходило у побегов мхов отобранных вблизи лагеря «Романтика» – 30 мин, данное явление связано с изменением размером листьев у побегов мхов.

Определение водоотдачи побегами мхов показало (рисунок 2), что наиболее интенсивно побеги изучаемых мхов теряют воду в первые 40 мин после прекращения поступления воды к побегам мхов. Анализ динамики потери воды показал, что мхи теряют воду сначала в результате испарения с поверхности листьев, а затем из клеток. Интересно отметить, что, несмотря на одинаковую динамику водоотдачи, гаметофиты *D. scoparium* отличались величиной водоотдачи в зависимости от условий произрастания. Так, гаметофиты зеленого мха *D. scoparium*, собранные в окрестностях с. Введенское, характеризовались наименьшей водоотдачей, а гаметофиты *D. scoparium*, собранные вблизи лагеря «Романтика» отличались наибольшей водоотдачей.

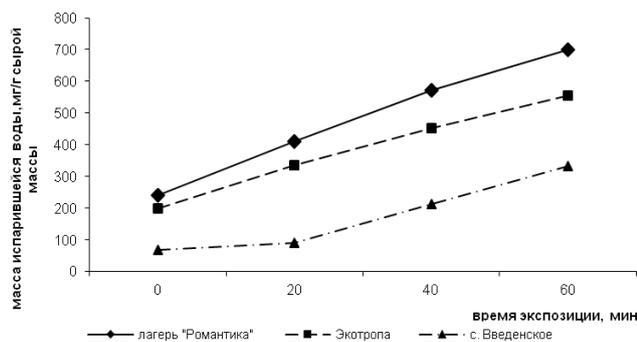


Рисунок 2 – Динамика потери воды побегами мхов

Мхи способны нормально функционировать лишь в составе обширного сообщества и очень чувствительны к изменениям в окружающей среде [1]. По отношению к воде мхи эктогидрильны, их гаметофиты поглощают воду и растворенные минеральные вещества большей частью поверхности, и эти вещества сразу становятся доступными для осуществления процесса фотосинтеза. Анализ полученных результатов показал (рисунок 3), что при одинаковой динамике содержания воды в побегах мхов интенсивность ассимиляции углекислого газа зависит от условий произрастания мхов. Наиболее интенсивной ассимиляцией углекислого газа отличались гаметофиты мхов, собранные вблизи лагеря «Романтика».

Выводы

Таким образом, анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1 При увлажнении побеги *D. scoparium* уже через минуту интенсивно поглощают воду. Полное насыщение клеток гаметофитов мха зависит от экологических условий произрастания.

2 Зеленые мхи относятся к пойкилогидриче-

ским растениям, которые теряют воду в засушливых условиях в два этапа сначала с поверхности и затем из клеток.

3 Интенсивность ассимиляции углекислого газа гаметофитами *D. scoparium* зависит от экологических условий произрастания зеленого мха.

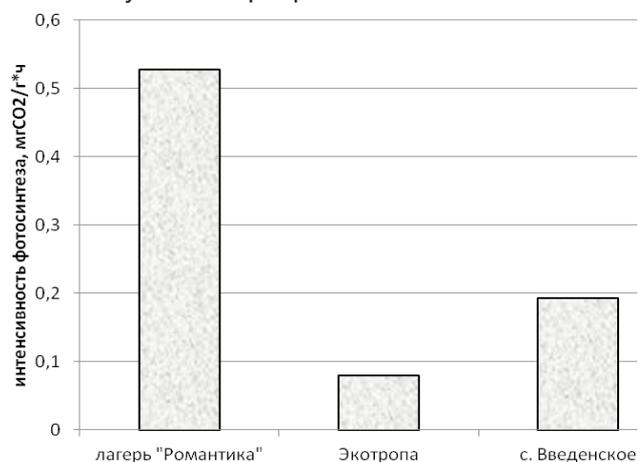


Рисунок 3 – Динамика интенсивности фотосинтеза побегами мхов

Список литературы

1 Антропова Т. А., 1971. Температурная адаптация клеток мха *Mnium affine* Bland ex Funk // Ботанический журнал. – Т. 56. – № 11. – С. 1681-1689.

2 Гетманов Я. Я., Кузнецова Л. Г. К вопросу о биологии сфагновых мхов // Изв. АН СССР. Сер. Биол. – 1954. – № 5. – С. 135-144.

3 Практикум по физиологии растений / под ред. В. Б. Иванова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2001. – 150 с.

4 Шпак О. В. Эколого-физиологическая характеристика некоторых видов мхов в Хибинах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Санкт-Петербурге, 2008. – 20 с.

УДК 581

Белоглазова М.В., Пермякова Т.В.
Средняя образовательная школа №7, Курган
Науменко Н.И., Лушникова Т.А.
Курганский государственный университет,
Курган

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОДА *BETULA* И НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТЬЕВ *BETULA KRYLOVII* G.KRYL. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Аннотация. Данная статья посвящена систематическому анализу рода *Betula* и изучению морфологических, фитопатологических и физиологических особенностей листьев *Betula Krylovii* G.Kryl. в естественных условиях и городской среде.

Ключевые слова: береза, лист, гриб бурой ржавчины березы, пигменты.

*Beloglazova M.V., Permyakova T.V.,
School №7, Kurgan
Naumenko N.I., Lushnikova T.A.
Kurgan State University, Kurgan*

THE SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE BETULA AND SOME MORPHOLOGICAL, PHYTOPATHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PARTICULARITIES OF BETULA KRYLOVII G. KRYL. LEAVES DEPENDING ON HABITAT

Abstract. This article is devoted to the systematic analysis of the genus *Betula* and the study of morphological, phytopathological and physiological characteristics of *Betula Krylovii* G. Kryl leaves in natural conditions and urban environment.

Keywords: birch, leaf, *Melampsorium betulinum*, pigments.

Введение

Береза является одним из символов России. Это дерево покоряет людей своей красотой и нежностью. Название растения «береза» (лат. *Betula*), означает «блаженная», «осчастливленная», что связано с лекарственными свойствами березового сока [4]. Представители семейства *Betulaceae* широко распространены на территории Южного Зауралья и относятся к трем родам: один культивируемый – *Corylus* (Лещина) и два дикорастущих: род *Alnus* (Ольха) и род *Betula* (Береза) [2; 3; 9]. На территории Курганской области и в черте города Кургана наиболее широко распространен вид береза Крылова [1; 2; 3; 4]. Именно береза Крылова стала зеленым символом Курганской области в рамках Всероссийской акции «Аллея России».

Известно, что многие древесные растения очень чувствительны к действию промышленных выбросов. Это позволяет использовать их как биоиндикаторы с целью оценки степени загрязнения и выявления зон загрязнения в городах. В литературе отмечается, что для диагностики состояния древесных растений могут быть использованы морфологические характеристики листьев, которые непосредственно взаимодействуют с воздушной средой и являются наиболее чувствительными к внешним воздействиям.

Цель исследования: провести систематический анализ рода *Betula* и изучить морфологические, фитопатологические и физиологические особенности листьев *Betula Krylovii* G. Kryl. в естественных условиях и городской среде.

1 Методы исследования

На материале берёз, собранных в Курганской области в течение двух лет (2015-2016 гг.), был проведен морфологический анализ листьев березы, измерены длина и ширина листовой пластин-

ки, число зубцов и боковых жилок. Количество изученных листовых пластинок составило 105 экземпляров. Измерения и подсчеты проводили по гербарным образцам коллекции Курганского университета и собранным гербарным экземплярам, хранящимся в кабинете биологии школы №7 г. Кургана.

Для исследования степени поврежденности и состава хлорофиллов в качестве модельного объекта выбрана береза Крылова – наиболее массовый вид, представленный как в городских посадках, так и в пригородной зоне. Выборки листьев березы Крылова отбирались в трехкратной повторности (июнь, июль, август) на двух пробных площадках, различающихся экологическими условиями (одна из которых расположена у проезжей части городской улицы жилого массива Заозерный, другая – в лесном фитоценозе пригородной зоны г. Кургана). Листья березы отбирались с ветвей в нижней части крон (на высоте 1,5 м) с разных деревьев, растущих в границах пробных площадок.

Состояние собранных образцов с подсчетом числа пустул на листе оценивалось с использованием бинокулярного микроскопа МБС-10.

С целью оценки содержания пигментов мы использовали колориметрический метод. Навеску 0,5 г сухих листьев каждой пробы размельчали и тщательно растирали в ступке с 10 мл 80%-го ацетона, добавляя его несколькими порциями. Осадок отделяли с помощью складчатого бумажного фильтра; измеряли объем фильтрата. С помощью фотоколориметра КФК-3 мы установили величину оптической плотности суммарной вытяжки пигментов (фильтрата) при длинах волн 452,5 нм, 645 нм, 663 нм, соответствующих максимумам поглощения пигментов, по которым рассчитали концентрацию пигментов, а затем их содержание в листьях берёзы Крылова по формуле Mac-Kinney, 1941 [4; 8]:

$$C (\text{ХлА}) = 12,7 \times D_{663} - 2,69 \times D_{645}$$

$$C (\text{ХлВ}) = 22,9 \times D_{645} - 4,68 \times D_{663}$$

$$C (\text{ХлА+В}) = 8,02 \times D_{663} + 20,2 \times D_{645}$$

$$C (\text{Каротин.}) = 4,695 \times D_{440,5} - 0,268 \times C (\text{ХлА+В})$$

$$A = C \times V / m \times 1000,$$

где С – концентрация пигмента, мг/л; D₆₆₃, D₆₄₅, D_{440,5} – оптическая плотность раствора при длинах волн 663, 645, 440,5 нм, соответственно; А – содержание пигмента в растительном материале, мг/г (массы); V – объем вытяжки пигментов, мл; m – навеска растительного материала, г; 1000 – коэффициент перевода мл в л [11].

2 Результаты исследования и их обсуждение

2.1 Особенности рода *Betula*

Березы – листопадные, цветущие рано весной однодомные деревья или кустарники умеренных широт. Отличительными особенностями древесных видов березы являются четко очерченный ствол, наличие боковых веток и верхушечных

побегов. Первые годы жизни береза растёт относительно медленно, но в возрасте 15-20 лет развитие растения становится стремительным. В высоту отдельные виды берез достигают 40 метров. Березы живут не более 150 лет. Некоторые виды березы – кустарники; есть и стланцевые формы.

Корневая система древесных берез представлена глубоко уходящими под землю ответвлениями главного корня и мощными поверхностными корнями. Центральный стержневой корень с возрастом обычно отмирает, развитие корневой системы осуществляется за счет боковых корней, образующих большое количество придаточных. Белая окраска коры дерева обусловлена наличием в ней бетулина – белого смолоподобного вещества. Ствол покрыт гладкой берестой, легко отделяющейся полосками. Внизу дерево имеет темно окрашенный ствол, береста которого расщеплена крупными трещинами, придающими шершавый вид. В.И. Барановым [1] была описана встречающаяся в Западной Сибири темнокорая разновидность березы белой (пушистой) (*Betula pubescens* var. *sibacademeica*), отличающаяся отсутствием бетулина в бересте: эта разновидность нуждается в охране и включена в Красную книгу Курганской области [5]. Кора кустарниковых берез темно-серая, без бересты.

Листья древесных видов берёзы очередные, цельные, по краю двояко-зубчатые, яйцевидно-ромбические или треугольно-яйцевидные, двусторонне-симметричные, с клиновидным, широко-клиновидным или округлым основанием, до почти усечённых, гладкие, до 9 см длиной и 4 см шириной, перед опаданием желтеют.

Кустарниковые березы отличаются значительно более мелкими, короткочерешковыми листьями с округлыми или эллиптическими листовыми пластинками, перед опаданием желтеют или краснеют.

Молодые листья берез клейкие. Жилкование листовой пластинки совершенное перисто-нервное (перисто-краебежное): боковые жилки оканчиваются в крупных зубцах.

2.2 Систематический анализ рода *Betula*

Изучение флоры и растительности Южного Зауралья имеет почти трехвековую историю. Знания о растительном покрове края пополнялись трудами многих поколений исследователей, работавших в разных отраслях ботанической науки и уделивших внимание изучению зауральской природы. За этот период выявлен видовой состав растений [6; 9; 14], изучен растительный покров [9; 12], выполняются работы по охране природы Зауралья [10].

Род Берёза – самый крупный и сложный в систематическом отношении род деревьев и кустарников семейства Березовые; он включает около 120 видов, широко распространённых в Северном полушарии [12; 13; 14]. Из 16 видов берез, указанных В.Н. Васильевым [4] для Урала и Южного

Зауралья и изученных нами по гербарной коллекции Курганского государственного университета и по собственным наблюдениям в природе, в черте города Кургана произрастает 3 вида берёз: *Betula alba* L. (= *B. pubescens* Ehrh.), *B. krylovii* G.Kryl. и *B. pendula* Roth (берёза пушистая (белая), Крылова и повислая) [1; 2; 3].

Род *Betula* имеет следующее систематическое положение [13].

Царство: Растения (Plantae)

Отдел: Покрытосеменные (Magnoliophyta)

Класс: Двудольные (Magnoliopsida)

Подкласс: Гаммелииды (Hamamelididae)

Порядок: Березовые (Betulales)

Семейство: Березовые (Betulaceae)

Род: Береза (*Betula* L.)

2.3 Ключ для определения растений из рода *Betula* (по Васильеву [4], с дополнениями [2; 3; 15])

1 Низкорослые кустарники с округлыми, туповершинными листьями с 2-4 парами боковых жилок; крылышки в несколько раз (в 3-4) уже плода. Веточки грубые, густо покрыты смолистыми бородавочками. Сережки на коротких ножках, вверх направленные (подрод **Chamaebetula** (Opiz) V.Vassil.) – ***Betula nana* L. – Береза карликовая.**

+ Деревья или высокие кустарники с яйцевидными, ромбическими или эллиптическими листьями; крылышки всегда развиты (подрод **Betula**) – 2.

2 Высокие кустарники с темно-серой корой. Веточки грубые, обильно покрыты смолистыми бородавочками. Листья некрупные, короткочерешковые, яйцевидные, с притупленной верхушкой. Плодушие сережки обильные, при созревании вверх торчащие (секция **Fruticosae** (Regel) V.Vassil.) – ***B. humilis* Schrank – Береза низкая**

+ Деревья, ствол которых обычно одет белой берестой. Веточки более-менее тонкие, часто поникающие, опушенные или голые, с негустыми бородавочками. Листья яйцевидные, треугольно-яйцевидные или яйцевидно-ромбические, заостренные на верхушке. Плодушие сережки при созревании поникают на выраженной тонкой ножке – 3.

3 Молодые веточки и листья опушенные, кора молодых веточек со слабо выраженными бородавочками или без них (секция **Betula**) – ***B. alba* L. (= *B. pubescens* Ehrh.) – Береза белая (=Б. пушистая).** Вид, широко распространенный в лесной и лесостепной областях Европы и Сибири; в Зауралье всюду обычен.

+ Листья гладкие, кора молодых веточек без опушения, покрыта смолистыми бородавочками (секция **Verrucosae** (Sukacz.) V.Vassil.) – 4.

4 Прицветные чешуи с короткой нижней частью (основанием) – 5.

+ Прицветные чешуи с длинной нижней частью (основанием) – 6.

5 Прицветные чешуи с сильно развитыми боковыми лопастями, нижние края которых слегка загнуты книзу. Листья широкояйцевидные, с округ-

глым основанием и слабо вытянутой верхушкой – ***B. brachyleris*** V.Vassil. – **Береза короткочешуйчатая**. Тип: Курганская обл., Звериноголовский район, 4 км южнее пос. Красное, заболоченный лесок, на опушке леса, 21 VII 1957, Ю. Курепин. Еще одна точка в Зауралье – березовый лес в 1 км д. Костина Звериноголовского р-на [6]. Общее распространение – юг Западной Сибири, Башкирия, Сев.Казахстан, возможно, Кавказ и Скандинавия [6].

+ Прицветные чешуи с короткими, на верхушке закругленными боковыми лопастями, нижние края которых горизонтальны или слегка вверх направлены. Листья яйцевидные, с клиновидным основанием и выраженным остроконечием на верхушке – ***B. microlepis*** Ig.Vassil. – **Береза мелкочешуйчатая**. Европейский вид, для Зауралья приводится из местообитаний долины Тобола (от Звериноголовского р-на на юге до Кургана на севере).

6 Листья широкояйцевидные, с обрубленным основанием – ***B. platyphylloides*** V.Vassil. – **Береза широколистная**. Вид, очень близкий к березе Крылова; в Зауралье встречается нечасто; отмечена в березняках долины р. Тобол, в том числе под Курганом.

+ Листья от ромбически-яйцевидных до широкояйцевидных, снизу закругленные или с клиновидным основанием – 7.

7 Листья широкояйцевидные, с закругленным основанием и очень коротким остроконечием. Орешки эллиптические, с крылышками, приблизительно равными им по длине, в верхней части орешка далеко расставленными – ***B. krylovii*** G.Kryl. – **Береза Крылова**. Основной лесообразующий вид березовых колков юга Западной Сибири, наиболее обычный и широко распространенный в Западной Сибири и на Урале, и редкий в Предуралье, где проходит западная граница ареала вида [1].

8 Листья с клиновидным, иногда закругленным основанием и сильно вытянутым остроконечием. Орешки узкоэллиптические, с крылышками, значительно превышающими орешки по длине, в верхней части орешка почти смыкающимися, образующими узкую щель – ***B. pendula*** Roth – **Береза повислая**. Вид с обширным европейско-западносибирским ареалом, гибридизирующий с другими видами берез в зоне контакта [21].

Наиболее широко распространена на Урале, в Зауралье и на юге Западной Сибири береза Крылова – основной лесообразующий вид березовых колков Зауралья [2; 3; 6]. Известный лесовод и дендролог Сибири Г.В. Крылов впервые описал березу Крылова в 1959 г. и назвал ее в честь выдающегося ученого, профессора Порфирия Никитича Крылова, одного из основателей Томского государственного университета, автора книги «Флора Западной Сибири». Согласно взглядам Н.Н. Цвелева [15], береза Крылова происходит от гибридизации двух восточноевропейских видов березы – повислой (*B. pendula*) и широко-

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ», ВЫПУСК 10

листной (*B. platyphylla*).

2.4 Морфологические особенности листьев березы Крылова

Береза Крылова (*B. krylovii* G.Kryl.) – дерево высотой 20-30 м с гладкой серовато-белой корой. Однолетние веточки красновато-коричневые, голые; двух- и многолетние – коричневые, иногда темно-коричневые с серым восковым налетом, довольно густо усажены белыми железками. Почki яйцевидные, островатые, гладкие, смолистые, с плотно прижатыми чешуями, желто-коричневые, длиной 4-5 мм. Листья длиной 4-6 см и шириной 2,5-5 см, голые, широкояйцевидные, яйцевидно-ромбические, при основании закругленные или клиновидные, на верхушке слегка вытянутые и заостренные, по краям удвоенно-утроенно зубчатопильчатые, с 5-7 парами боковых жилок. Черешки в 2-3 раза короче листовой пластинки, их длина 1-3 см. Женские сережки цилиндрические длиной 2-3 см и шириной 0,5 см на ножке, длина которой 1,2-1,5 см. Прицветные чешуйки при плодах желтые или желто-бурые длиной 3-4 мм и такой же ширины, трапециевидные, к основанию клиновидно суженные, с треугольной, слегка закругленной вершиной; боковые лопасти округло-треугольные, крупнее средней, слегка отклоненные книзу. Орешек яйцевидный, его длина 1-1,2 мм, а ширина 0,7-1 мм. Крылышки расходятся под тупым углом и равны ширине орешка [4; 6; 15].

Проведенные нами измерения размеров листьев показали, что в городской среде длина листовой пластинки изученных экземпляров березы Крылова варьировала от 3,0 до 8,3 см и в среднем составила 5,1 см, ширина листовых пластинок изменялась от 2,4 до 6,0 см и в среднем составила 3,7 см. В лесном фитоценозе длина листовой пластинки изученных экземпляров березы Крылова варьировала от 2,7 до 7,2 см и в среднем составила 4,9 см, а ширина листовых пластинок изменялась от 1,7 до 6,7 см и в среднем составила 4,1 см. Таким образом, изменение длины листовых пластинок листьев березы находится в пределах ошибки опыта, при анализе ширины листовых пластинок можно отметить, что в лесном фитоценозе этот линейный показатель несколько выше, чем у листьев березы, произрастающей в городской среде.

Подсчет числа зубцов по краю листовой пластинки березы Крылова независимо от условий произрастания составил в среднем 36 зубца (разброс от 19 зубцов до 66 зубцов), при этом число зубцов оказалось признаком, не связанным с размером листа: как наименьшее, так и наибольшее число зубцов выявлено у листьев средних или немногих больших размеров. Лист березы Крылова имеет в среднем 11 крупных боковых жилок (варьирование от 8 жилок до 16 жилок), и число боковых жилок также не связано с размерами листьев.

2.5 Фитопатологические особенности листьев березы Крылова

На всех отобранных образцах листьев березы

зы Крылова обнаружены повреждения, вызванные грибом бурой ржавчины березы (*Melampsorium betulinum*). Повреждения выглядят как отдельные пятнышки некроза тканей листа, развивающиеся под кожицей и при развитии заболевания прорывающиеся с нижней стороны в форме пустул. Пустулы окрашены в ржаво-жёлтый цвет летом (уредопустулы, в которых созревают уредоспоры), затем пустулы быстро темнеют (в них формируются зимующие споры тёмно-бурого, почти чёрного цвета). Пустулы формируются в местах внедрения росткового мицелия из споры гриба, и поэтому по числу пустул на листе можно судить о степени запылённости воздуха спорами патогена, распространёнными в воздухе. Для оценки фитопатологического состояния листьев березы Крылова нами рассчитывалось среднее значение числа пустул на листовой пластинке. Косвенно по числу пустул можно оценить массовость развития возбудителя и степень запылённости воздуха в летний период. Степень поврежденности листовых пластинок березы ржавчинным грибом может быть связана с различными факторами:

- 1 Степенью запылённости воздуха и насыщенности воздушной среды спорами патогенных грибов;
- 2 Иммунным статусом растения и листьев по отношению к данному заболеванию;
- 3 Сезонной динамикой заболеваемости.

Помимо повреждений, вызванных бурой ржавчиной, отмечены повреждения несовершенными грибами с очагами поражения с нижней и верхней стороны листьев (в очаге развивается белый воздушный мицелий, с шаровидными скоплениями спор (конидий) белого цвета; на сильно повреждённых участках изъясняется кожица листа). Среднее число пустул на исследованных ли-

стовых пластинках возрастает с июня по август как в естественных фитоценозах, так и в городских посадках (таблица 1, рисунок 1), при этом степень поврежденности листьев растений в городе в каждом временном отрезке отбора проб заметно выше по сравнению с природным сообществом. Очевидно также, что в городской среде наблюдается более резкое увеличение степени поврежденности листьев с июня по август.

Таблица 1 – Поврежденность листьев березы Крылова в естественных фитоценозах и городской среде

Месяц	Условия произрастания	Среднее число пустул (пятен некроза ткани) на листе березы Крылова
Июнь	Лесной фитоценоз	2,8
	Жилой массив Заозёрный	3,4
Июль	Лесной фитоценоз	11,5
	Жилой массив Заозёрный	14,3
Август	Лесной фитоценоз	19,7
	Жилой массив Заозёрный	26,9

Таким образом, мы пришли к выводу, что степень поврежденности листа березы Крылова фитопатогенными грибами может служить биоиндикатором для определения степени загрязнения воздушной среды.

2.6 Физиологические особенности листьев березы Крылова

В процессе эволюции растений у них сформировался специализированный орган фотосинтеза – лист. Приспособление его к фотосинтезу шло в двух направлениях: 1) наиболее полное погло-

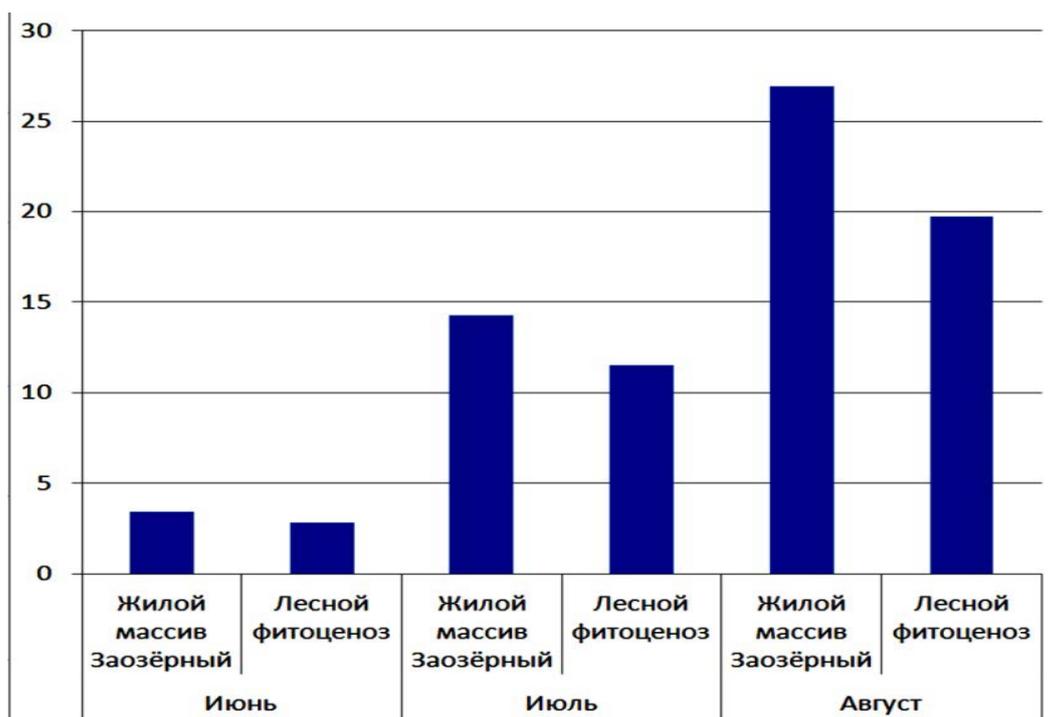


Рисунок 1 – Степень поврежденности листьев березы Крылова ржавчинным грибом (среднее число пустул на листе) в естественном фитоценозе и в городской среде

щение и запасание лучистой энергии и 2) эффективный газообмен с атмосферой [8]. В среднем листья поглощают 80-85% энергии фотосинтетически активной радиации (ФАР), которой является видимая часть спектра электромагнитного излучения с длиной волны 400-700 нм. Поглощение ФАР у высших растений обеспечивается пигментами фотосинтеза: хлорофиллами а и b, и каротиноидами. Они имеют два максимума поглощения – в сине-фиолетовой и красной частях спектра. Хлорофилл b поглощает эффективно коротковолновые сине-фиолетовые, а хлорофилл а – длинные красные лучи. Наибольший фотосинтез наблюдается при освещении листьев красным светом [7; 8].

Проведенные нами исследования показали, что содержание пигментов в листьях берёзы Крылова во всех вариантах отбора проб на протяжении летнего периода изменялось (таблица 2, рисунок 2).

Максимальное содержание хлорофилла отмечается в июле, независимо от места взятия проб листьев берёзы. Снижение содержания пигментов в августе связано с уменьшением продолжительности светового дня, старением листьев и разрушением хлорофилла. Однако интересно отметить, что на протяжении наблюдаемого периода в июне несколько более высокое содержание фотосинтетических пигментов отмечалось в листьях берёзы, взятых из леса, а с июля – в листьях берёзы, взятых в городе.

Таблица 2 – Содержание пигментов в листьях берёзы Крылова

		Содержание пигмента в листе, мг/л		
		Хлорофилл а	Хлорофилл b	Каротин
Июнь	Лесной фитоценоз	1,774	0,338	0,313
	Жилой массив Заозёрный	1,725	0,522	0,091
Июль	Лесной фитоценоз	2,651	0,247	0,333
	Жилой массив Заозёрный	0,904	1,821	0,611
Август	Лесной фитоценоз	1,701	0,412	0,293
	Жилой массив Заозёрный	0,528	0,962	0,283

Анализ содержания различных форм хлорофилла показал, что содержание хлорофилла а было выше в листьях берёзы в лесу, т. е. в естественных лесных фитоценозах. Это косвенно указывает на то, что листья берёзы Крылова в лесном фитоценозе отличались более высокой интенсивностью ассимиляции углекислого газа и, как следствие, выделения большего количества кислорода. Поэтому и воздух в лесах чище, чем в городе.

В листьях берёзы Крылова, собранных в го-

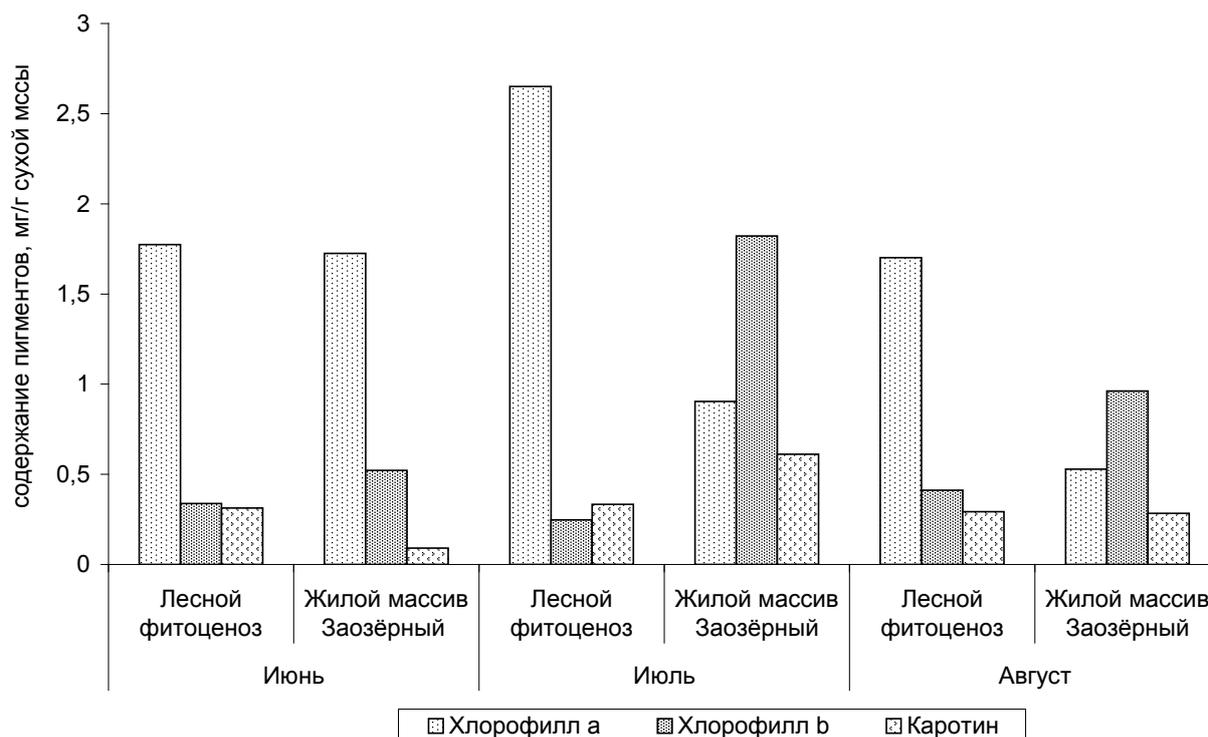


Рисунок 2 – Содержание пигментов в листьях берёзы Крылова

родской среде, отмечалось более высокое содержание хлорофилла *b*, что, вероятно, связано с адаптацией растений к неблагоприятным стрессовым условиям: загрязнённости, запылённости воздуха и поражению листьев ржавчинным грибом. Данные факторы окружающей среды ухудшают освещённость листьев. В таких условиях клеткам листьев лучше поступают лучи сине-фиолетовой части спектра, которые более полно использует хлорофилл *b*. В литературе отмечается, что у световых листьев по сравнению с теневыми листьями число хлоропластов, приходящихся на единицу поверхности листа, и соотношение хлорофиллов *a:b* значительно выше [7]. Проведенные вычисления соотношения хлорофиллов *a:b* показали (таблица 3), что данный показатель был выше у листьев березы Крылова в лесном фитоценозе, чем у листьев березы, произрастающей в городе. Таким образом, проведенные вычисления соотношения хлорофиллов *a:b*, еще раз подтвердили наше предположение, что в городской черте листья березы находятся в более худших условиях освещения из-за влияния факторов внешней среды.

Таблица 3 – Соотношение хлорофиллов *a:b* в листьях берёзы Крылова

Месяц взятия пробы	Соотношение хлорофиллов <i>a:b</i>	
	Лесной фитоценоз	Жилой массив Заозёрный
Июнь	7,45	0,55
Июль	2,74	0,81
Август	1,76	1,58

Содержание каротиноидов в листьях березы Крылова в лесном фитоценозе было относительно стабильным в течение всего летнего сезона, тогда как в условиях городской среды были выявлены значительные колебания количества каротина в листьях берез. Максимальное количество каротиноидов в этих листьях наблюдалось в июле и затем постепенно снижалось. Важно отметить, что более высокое содержание каротиноидов отмечалось на фоне большего количества хлорофилла. В литературе отмечается, что каротиноиды выполняют защитную функцию, предохраняя хлорофилл от фотоокисления [7].

Заключение

В Зауралье, по данным публикаций разных авторов, произрастает 3 рода семейства Березовые: культивируемая Лещина (Орешник) и дикорастущие Ольха и Береза. Род Береза – самый крупный, он включает 150 видов, в том числе 16 видов произрастает на Урале и 8 видов в Курганской области.

Для определения видов берез Курганской области нами был использован определительный ключ, представленный В.Н. Васильевым [4], дополненный нами по работам З.Н. Брусниковой и Н.И. Науменко [2; 3]. Для диагностики видовой

принадлежности древесных растений могут быть использованы характеристики ассимилирующих органов, включающие такие мерные и количественные характеристики листа, как размеры, форма, край листовой пластинки, количество жилок. При статистической обработке проведенных нами измерений 205 образцов ассимилирующих органов (листьев) берёзы Крылова и берёзы пушистой выявлены видовые морфологические особенности двух изученных видов:

- длина листовой пластинки берёзы Крылова заметно больше длины листовой пластинки берёзы пушистой: в среднем 5,11 см и 3,63 см, соответственно;

- ширина листовой пластинки берёзы Крылова больше ширины листовой пластинки берёзы пушистой: в среднем 3,68 см и 3,0 см, соответственно;

- выявленную разницу в размерах листа изученных видов (более крупные листовые пластинки березы Крылова по сравнению с березой пушистой), растущих в сходных экологических условиях, можно объяснить как видовые отличия;

- среднее число зубцов по краю листа берёзы Крылова и берёзы пушистой – 36 и 37, соответственно; при этом размах изменчивости признака более выражен у березы Крылова (от 19 до 66 зубцов) (у березы пушистой – от 22 до 60 зубцов);

- число зубцов оказалось признаком, не связанным с размером листа: как наименьшее, так и наибольшее число зубцов выявлено у листьев средних или немного больших размеров;

- лист каждого из изученных видов имеет в среднем 11 крупных боковых жилок (от 8 до 16 у березы Крылова и от 8 до 14 у березы пушистой); число боковых жилок не связано с размером листа;

- лист березы пушистой в среднем более мелкий, чем лист березы Крылова: отличительным признаком этого вида, возможно, является более густая сеть боковых жилок и более часто расположенные зубцы по краю листа.

Листовые пластинки могут быть индикаторами экологических условий: среди изученных нами экземпляров наиболее мелкими были листья березы пушистой, растущей на болотистых местах; наиболее крупные листья развиваются на молодых, активно растущих ветвях березы Крылова, собранных в городе и на лесных опушках.

Листовая пластинка берёзы Крылова может быть биоиндикатором для определения загрязнённости в естественных биоценозах и городской среде.

Биоиндикация по количественному составу хлорофиллов *a* и *b* в листовых пластинках берёзы Крылова в фитоценозах позволяет определить состояние экологической среды и эффективность фотосинтеза в растительных сообществах.

Предложенные методики изучения листовых пластинок берёзы Крылова в Курганской области позволяют определить степень воздействия техногенных факторов в среде обитания человека.

Список литературы

- 1 Баранов В. И. Заметка о березах из лесостепи Западной Сибири // Изв. Зап.-Сиб. отд. РГО. – Омск, 1924 (1925). – Т.4. – Вып.1. – С.47-54.
- 2 Брусникова З. С., Науменко Н. И. К систематике видов берез (*Betula L., Betulaceae*) Южного Зауралья // IV Зыряновские чтения : матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Курган, 2006. – С.202-203.
- 3 Брусникова З. С., Науменко Н. И. Род *Betula L.* во флоре Южного Зауралья : матер. XVIII Всерос. научно-практ. краеведч. конф. – Тюмень : Изд-во Тюменского ун-та, 2006. – С.188-190.
- 4 Васильев В. Н. Березы Урала // Тр. Ин-та экологии растений и животных, 1969. – Вып.69. – С.59-140.
- 5 Красная книга Курганской области. – 2-е изд. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012.
- 6 Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. – Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1961. – 255 с.
- 7 Мерзляк М. Н. Пигменты, оптика листа и состояние растений // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – Т.4. – С.19-24.
- 8 Мокроносоев А. Т., Гавриленко В. Ф., Шигапова Т. В. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. – Москва : Академия, 2006. – 216 с.
- 9 Науменко Н. И. Флора и растительность Южного Зауралья. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2008. – 512 с.
- 10 Науменко Н. И., Зырянов А. В., Огнева Н. А. Особо охраняемые природные территории Курганской области. – Курган : Зауралье, 2001.
- 11 Практикум по физиологии растений / под ред. В. Б. Иванова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2001. – 150 с.
- 12 Растительный покров Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск : Наука, Сибирск. отд-е, 1985. – 251 с.
- 13 Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. – Ленинград : Наука, 1987. – 440 с.
- 14 Флора Сибири : в 14 т. – Новосибирск : Наука, 1992. – Т.5. *Salicaceae-Amaranthaceae*. – 312 с.
- 15 Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). – Санкт-Петербург : Изд-во СПбХФА, 2000. – 781 с.

УДК 581

Бронских Е.Д.
Средняя образовательная школа №32, Курган
Лушников Т.А.
Курганский государственный университет,
Курган

СОРТОИСПЫТАНИЕ ГИБРИДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО АГРОФИРМЫ «СЕМКО – ЮНИОР» В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА НА ТЕРРИТОРИИ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Данная статья посвящена сортоиспытанию гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» в условиях защищенного грунта Курганской области. Наиболее урожайными являются гибриды F₁ Лотта, F₁ Алкмар, F₁ Раннее чудо, F₁ Тамерлан. Высоким качеством характеризуются плоды перца F₁ Алкмар, F₁ Раннее чудо и F₁ Соната. Vegetационный период растений гибрида перца сладкого F₁ Соната в условиях Курганской области оказывается более растянутым, и перец из группы раннеспелых переходит в группу среднеспелых.

Ключевые слова: перец, рост, развитие, урожайность.

Bronskikh E.D.
School №32, Kurgan
Lushnikova T.A.
Kurgan State University, Kurgan

STRAIN TESTING OF HYBRID OF SWEET PEPPER OF FARM FIRM «SEMKO - JUNIOR» IN THE CONDITION OF FRAME AREA ON THE TERRITORY OF KURGAN REGION

Abstract. This article is devoted to strain testing of hybrid of sweet pepper of farm firm “Semko - Junior” in condition of the frame area on the territory of Kurgan region. The most productive are hybrids F₁ Lotta, F₁ Alkmar, F₁ Early prodigy, F₁ Tamerlan. Pepper fruits F₁ Alkmar, F₁ Early prodigy and F₁ Sonata are characterized by high quality. Vegetation period of the the hybrid of sweet pepper F₁ Sonata in the condition of Kurgan region turns out to be longer, and this pepper from group early-ripe moves over to the group average-ripe.

Keywords: pepper, growth, development, productivity.

Введение

Овощеводство является одним из важнейших направлений сельского хозяйства, в частности растениеводства. Производство овощей в мире год составляет 50-60 млн т в год. Валовая продукция овощей за 2015 г. в России составила 16,1 млн т [1; 2; 11]. Возделывание тех или иных видов овощных растений зависит от климатических условий и состава почв различных регионов нашей страны. Селекционерами выведены сорта овощных культур для каждой почвенно-климатической зоны России; сорта различаются по срокам созревания, способом выращивания – в открытом или закрытом грунте, условиями потребления – в свежем виде либо для различных видов переработки и т. д. Созданы качественно новые сорта: хладостойкие, годные для длительного хранения, ультраскороспелые и устойчивые к некоторым распространенным заболеваниям [4]. Новые сорта и гибриды проходят различные типы сортоиспытаний перед их рекомендацией для той или иной территории. Выделенные в предварительном сортоиспытании сорта проходят конкурс между собой, сравниваются со стандартом и лучшими сортами других селекционных учреждений [5].

На территории Курганской области сортоиспытанием сельскохозяйственных культур в основном зерновых, картофеля, лука занимается ФГУ «Госсорткомиссия по Курганской области» [3; 8]. Данных по сортоиспытанию перца сладкого на территории Курганской области в литературе не встречалось.

Цель работы – провести конкурсное сортоиспытание гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» в условиях защищенного грунта на территории Курганской области.

1 Объекты и методика исследования

Для исследования были взяты 5 раннеспелых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» г. Москва: F₁ Раннее чудо, F₁ Алкмар, F₁ Соната, F₁ Лотта, F₁ Тамерлан и районированный гибрид для Курганской области F₁ Едино. Гибриды перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» г. Москва: F₁ Раннее чудо, F₁ Алкмар, F₁ Соната, F₁ Лотта, F₁ Тамерлан сравнивались между собой и с гибридом F₁ Едино, который использовался в качестве стандарта (контроля).

Для посева семян приобрели грунт питательный с микроэлементами «Крепыш» фирмы «ФАСКО» (Москва). Почвогрунт готов к применению, используется для выращивания рассады овощных и цветочных культур составлен на торфяной основе и содержит полный набор питательных веществ (микро- и макроэлементов), необходимых для полноценного роста и развития растений.

Перед посадкой семена перцев проращивали. В каждый вегетационный сосуд посеяли по 20 семян 6 гибридов перца. В стадии 4-го настоящего листа растения распикировали в вегетационные сосуды объемом 500 мл. Использовали грунт питательный с микроэлементами «Крепыш» фирмы «ФАСКО» (Москва). Через 10 дней после посадки измерили длину стеблей и размеры листьев. До высадки в грунт рассаду перца подкормили готовым удобрением для рассады томатов и перцев «Малышок» фирмы «ФАСКО» (Москва)

2 раза: через 2 и 4 недели после пикировки.

Перцы высаживали в почву 21 мая по схеме (рисунок 1). Делянки были расположены случайно, то есть применялся метод рендомизации. Опыт закладывался в трехкратной биологической повторности и включал 6 вариантов.

В ходе эксперимента, наряду агротехническими мероприятиями были проведены наблюдения и учеты биометрических измерений длины стебля, размеров листьев, числа соцветий, цветков, плодов, урожайности перцев.

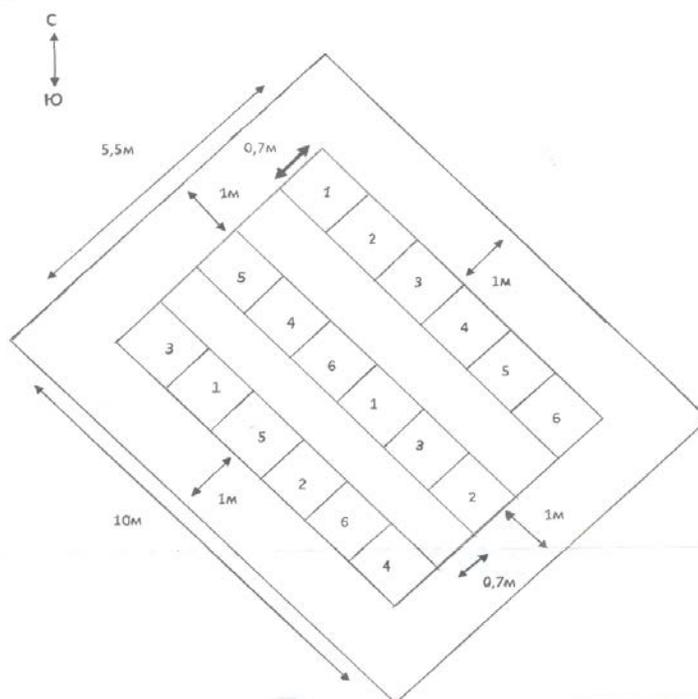
Полученные результаты исследования подвергали статистической обработке данных.

Учеты и наблюдения в опыте проводились по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений [8].

2 Результаты исследования и их обсуждение

2.1 Рост и развитие гибридов перца сладкого от посева до высадки в грунт

После посева на протяжении 14 дней каждый день проводили учет всходов растений гибридов перца сладкого. Проведенные исследования показали, что первые всходы у F₁ Тамерлан появились на 6 день после посева, у F₁ Соната и F₁ Раннее чудо – на 7 день после посева, у F₁ Лотта – на 8 день после посева, гибрида F₁ Едино, используемого в качестве стандарта, – на 9 день после посева, а у F₁ Алкмар – на 10 день после посева. Таким образом, у большинства сортоиспытываемых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» фиксировались более ранние сроки прорастания, чем у стандарта F₁ Едино.



1 вариант – Контроль (F₁Едино); 2 вариант – F₁ Тамерлан; 3 вариант – F₁ Алкмар; 4 вариант – F₁ Лотта; 5 вариант – F₁ Соната; 6 вариант – F₁ Раннее чудо

Рисунок 1 – Схема полевого опыта

Результаты измерения высоты побегов представлены на рисунке 2. Как видно из данных рисунка, кривые динамики изменения высоты побегов перца сладкого от посева семян до пикировки растений имели линейный характер и отличались небольшими приростами. Наиболее интенсивным ростом отличались проростки перца сладкого F₁ Тамерлан, а наименьшим ростом побегов характеризовались растения перца сладкого F₁ Алкмар. После пикировки (29 марта) растения роста перца сладкого всех изучаемых гибридов активизировался, что связано с увеличением площади питания и плодородием почвогрунта «Крепыш». К моменту пересадки наиболее высоким оказался

перец сладкий F₁ Лотта, и наименьшим ростом – F₁ Едино (контроль). Так, например, 15 мая высота побегов перца сладкого F₁ Лотта составила 17,5 см, а перца сладкого F₁ Едино – 14,1 см, остальных сортоиспытываемых гибридов – 15-16 см.

В качестве линейных показателей листьев нами измерялись их длина и ширина. Изменение данных показателей представлено на рисунках 3 и 4. Из приведенных данных видно, что характер кривых, описывающих динамику роста листьев перца сладкого, соответствовал изменению высоты побегов перца сладкого (рисунок 2). В начале вегетационного периода увеличение линейных показателей происходило не столь значительно, как после пики-

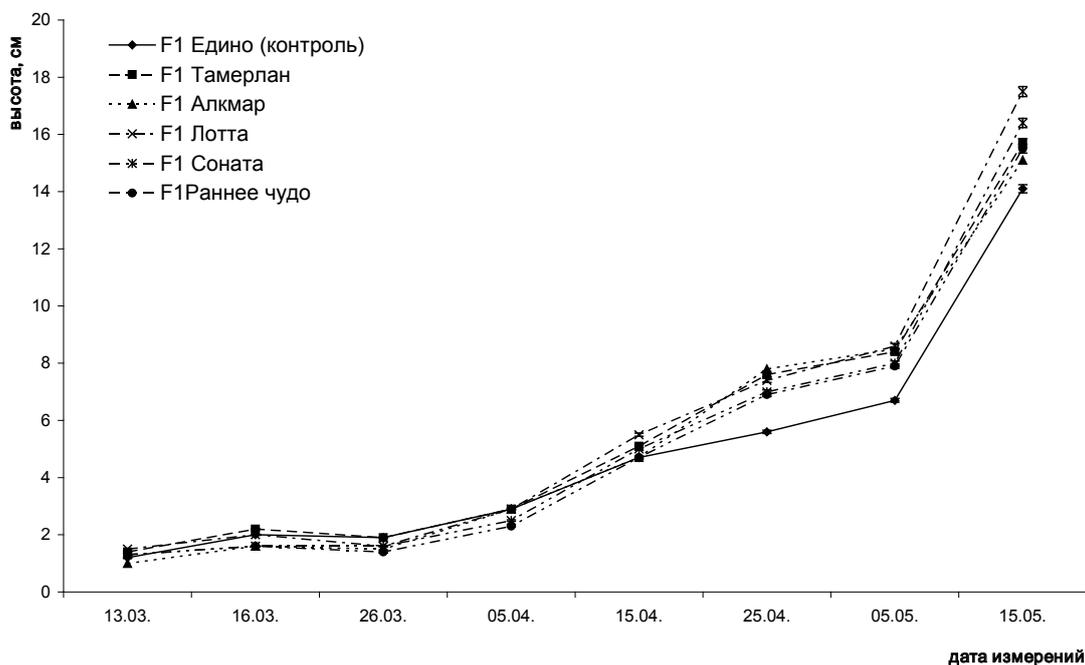


Рисунок 2 – Динамика высоты побегов перца сладкого от посева до высадки в грунт

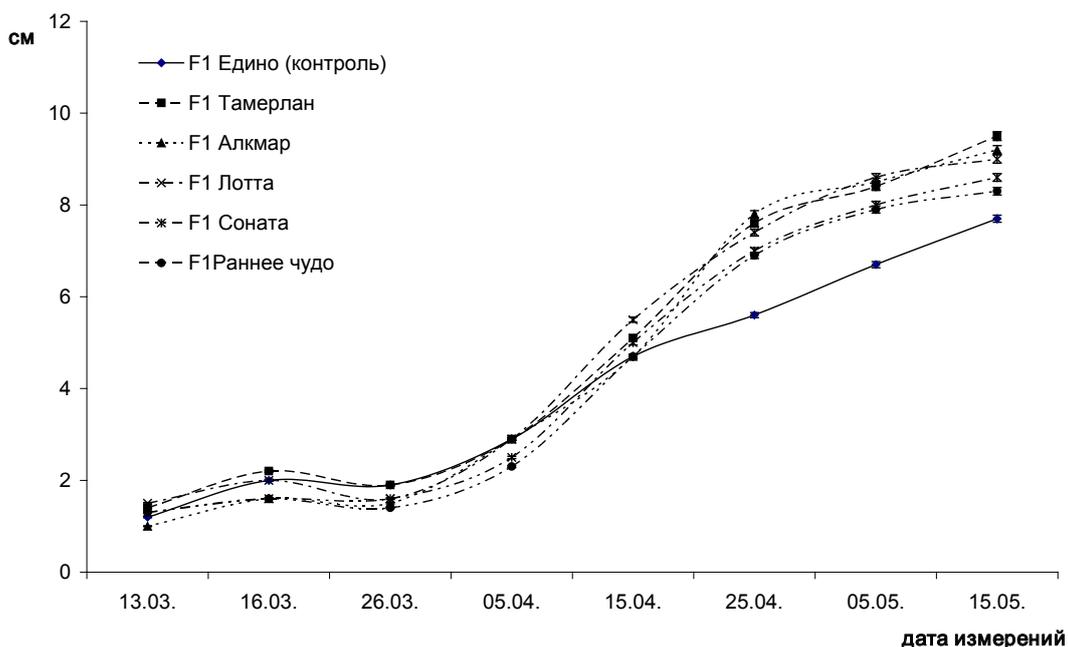


Рисунок 3 – Динамика изменения длины листьев перца сладкого от посева до высадки в грунт

ровки. Таким образом, кривые, описывающие динамику изменения длины и ширины листьев имеют S-образный вид (кривые Сакса) [7; 10].

К моменту высадки растений в грунт рост листьев перца сладкого несколько сглаживается, что, вероятно, связано со снижением содержания элементов минерального питания в почвогрунте «Крепыш».

Однако сопоставление результатов измерения линейных показателей (длины и ширины) листьев перца сладкого не выявило существенных морфобиометрических различий между изучаемыми гибридами перца сладкого агрофирмы

«Семко – Юниор» ООО «Семко». Различия между вариантами находятся в пределах ошибки опыта.

2.2 Рост и развитие гибридов перца сладкого после высадки в грунт

После высадки растений перца сладкого в грунт нами было продолжено измерение высоты побегов сортоиспытываемых гибридов. Результаты представлены на рисунке 5.

Проведенные исследования показали, что наиболее интенсивный рост побегов перца сладкого происходит до середины июля затем интенсивность роста вегетативной части побегов начинает

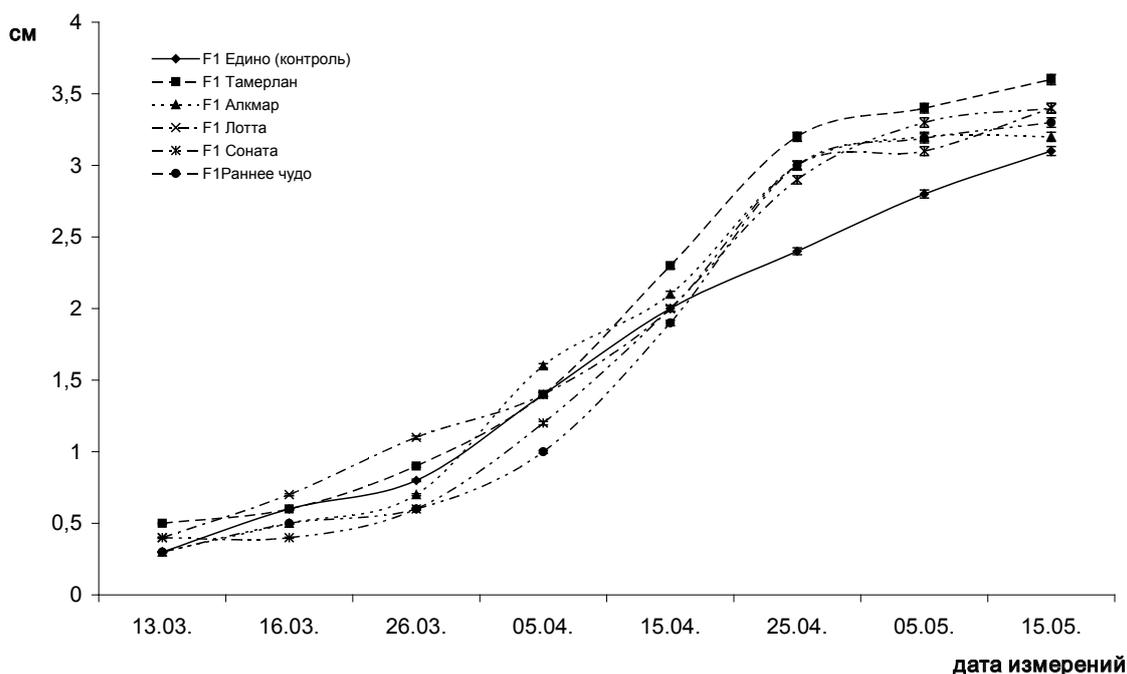


Рисунок 4 – Динамика изменения ширины листьев перца сладкого от посева до высадки в грунт

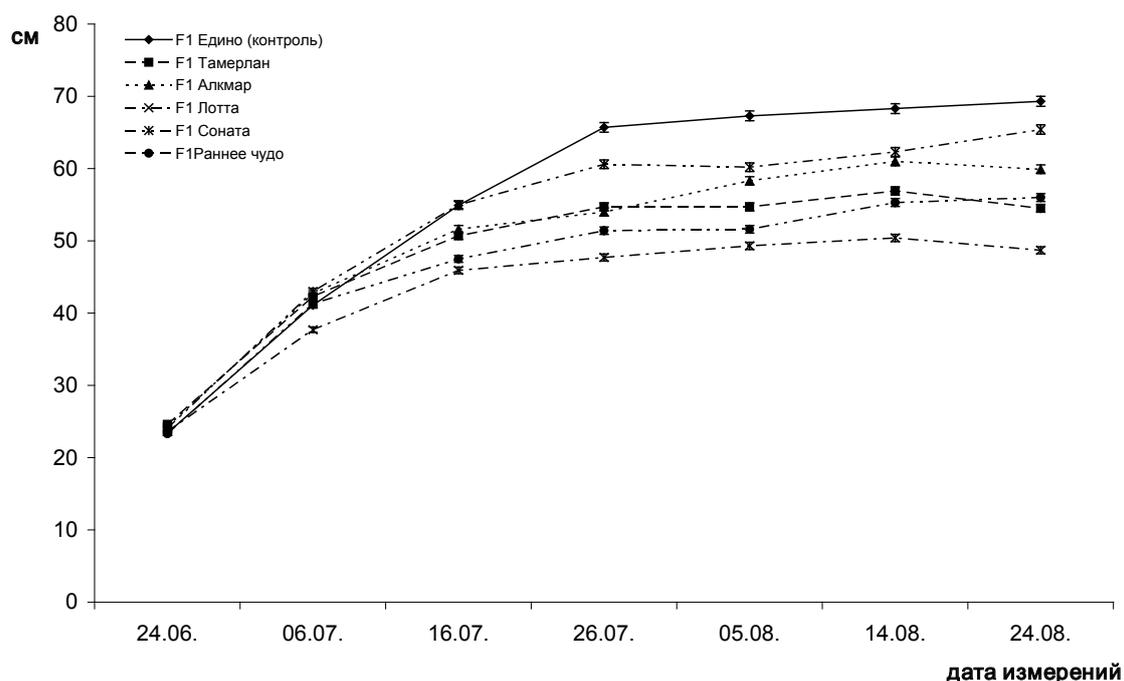


Рисунок 5 – Динамика высоты побегов перца сладкого после высадки в грунт

затормаживаться (рисунок 5), что связано с переходом растений в генеративный период развития. Интересно отметить, что растения контрольного варианта F₁ Едино, отличавшиеся от остальных гибридов сладкого перца наименее интенсивным ростом до высадки их в грунт, после высадки в грунт характеризовались наибольшими показателями высоты побегов на всем протяжении генеративного периода онтогенеза (рисунок 5). В наших климатических условиях гибрид F₁ Лотта, отличавшийся от остальных гибридов сладкого перца наиболее высоким ростом перед высадкой в грунт, после высадки отличался наименьшим ростом на всем протяжении генеративного периода онтогенеза. Среди сортоиспытываемых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» самыми высокорослыми оказались растения гибрида Соната (рисунок 5).

Важнейшим критерием развития растений является переход их к репродукции, т.е. формированию генеративных и репродуктивных органов [7;10]. Проведенные фенологические наблюдения [9] показали, что стадия бутонизации началась 21 июня и полностью наступила 6 июля во всех вариантах опыта. Наступление фазы цветения у изучаемых гибридов отмечалось в разные сроки. Так, контроль и F₁ Алкмар зацвели 13 июня, у F₁ Лотта и F₁ Тамерлан фиксировалось более раннее наступление фазы цветения (10 июня). Гибриды F₁ Соната и F₁ Раннее чудо в фазу цветения вступили позднее – 17 июня. Эти же гибриды F₁ Соната и F₁ Раннее чудо позднее, чем контроль и остальные сортоиспытываемые гибриды перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко», вступили в фазы плодоношения и созревания.

Подсчет бутонов у изучаемых гибридов на протяжении вегетационного периода показал, что

наибольшее их число отмечалось в фазу бутонизации. Затем число бутонов в фазу цветения снижается и вновь начинает увеличиваться после снятия первых плодов. По-видимому, снятие плодов способствует оттоку питательных веществ к вновь образующимся генеративным органам.

2.3 Урожайность гибридов перца сладкого

Человек выращивает различные сельскохозяйственные культуры с целью получения продукции. И селекция культурных растений во многом направлена на выведение сортов и гибридов, отличающихся высокой урожайностью.

При анализе структуры урожая нами учитывались число и масса плодов перца сладкого (таблица 1). Анализ полученных данных показал, что наименьшей урожайностью характеризовался перец сладкий контрольного варианта (6,5 кг/м²). Сортоиспытываемые гибриды перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» обладала достоверно большей урожайностью по сравнению с растениями контрольного варианта. Сопоставление урожайности сортоиспытываемых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» показало, что наименее урожайным в условиях Курганской области оказался гибрид F₁ Соната, его урожайность составила 7,18 кг/м² (повышение к контролю – 14 %). Урожайность остальных сортоиспытываемых гибридов: у F₁ Тамерлан – 11,49 кг/м², у F₁ Раннее чудо – 12,0 кг/м², у F₁ Алкмар – 12,10 кг/м², у F₁ Лотта – 12,29 кг/м². По отношению к контрольному варианту повышение урожайности составило у F₁ Тамерлан – 83%, у F₁ Раннее чудо – 90%, у F₁ Алкмар – 92%, у F₁ Лотта – 95%.

Повышение урожайности сортоиспытываемых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко –

Таблица 1 – Структура урожая перца сладкого

Элементы урожайности		Вариант					
		F ₁ Контроль (Едино)	F ₁ Тамерлан	F ₁ Алкмар	F ₁ Лотта	F ₁ Соната	F ₁ Раннее чудо
Число плодов с 10 растений, шт.	крупных	90±1,8	172±3,4	163±3,2	121±2,4	66±1,3	117±2,1
		100%	191%	181%	134%	73%	130%
	средних	38±0,9	83±1,5	46±0,9	112±2,1	43±0,8	78±1,4
		100%	218%	121%	295%	113%	205%
	мелких	74±1,5	65±1,3	38±0,8	140±2,5	119±2,4	61±1,2
100%		88%	51%	189%	160%	82%	
итого	202±4,1	320±6,6	247±4,9	373±7,5	228±5,1	256±5,1	
		100%	158%	122%	185%	113%	127%
Масса плодов с 10 растений, кг	крупных	18,00±0,45	38,70±0,95	44,01±1,10	30,49±0,75	13,86±0,35	30,42±0,76
		100%	215%	245%	169%	77%	169%
	средних	6,46±0,16	11,62±0,29	10,58±0,26	16,24±0,9	7,74±0,19	17,94±0,44
		100%	180%	164%	251%	120%	278%
	мелких	7,03±0,17	7,15±0,18	5,92±0,14	14,70±0,35	14,28±0,35	11,59±0,28
100%		102%	84%	209%	203%	165%	
итого	31,49±0,77	57,47±1,44	60,51±1,50	61,43±1,52	35,88±0,97	59,95±1,38	
		100%	182%	192%	195%	114%	190%
Урожайность, кг/м ²		6,50±3,14	11,49±5,47	12,10±6,04	12,29±6,14	7,18±3,19	12,00±6,04
		100%	183%	192%	195%	114%	190%

Юниор» ООО «Семко» происходило за счет увеличения числа и массы плодов на растении (таблица 1). Так, например, у растений гибрида перца сладкого F₁ Лотта общее число плодов на растении было выше на 85%, а их масса была больше на 95% по сравнению с плодами растений перца сладкого контрольного варианта. Аналогичная картина наблюдалась и в других вариантах сортоиспытываемых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко». Это позволяет говорить, что сортоиспытываемые гибриды перца сладкого в условиях Курганской области обладают более высокой продуктивностью по сравнению с контролем.

У растений контрольного варианта F₁ Едино доля крупных плодов составила 45%, доля средних плодов – 19%, доля мелких плодов – 37% от общего числа плодов на растении (рисунок 6).

Интересно, что у растений перца сладкого гибрида F₁ Алкмар было больше всего крупных плодов (66% от общего числа плодов на растении) и меньше всего мелких плодов (15% от общего числа плодов на растении). У гибрида F₁ Соната оказалось меньше всего крупных плодов (29% от общего числа плодов на растении) и больше всего мелких плодов (52% от общего числа плодов на растении). По-видимому, вегетационный период растений сортоиспытываемого гибрида перца сладкого F₁ Соната в условиях Курганской области оказывается более растянутым, и перец из группы раннеспелых переходит в группу среднеспелых. Подсчет числа перцев в технической и биологической спелости подтверждает данное предположение. Как видно из данных рисунка 7, меньше всего плодов в биологической спелости отмечалось

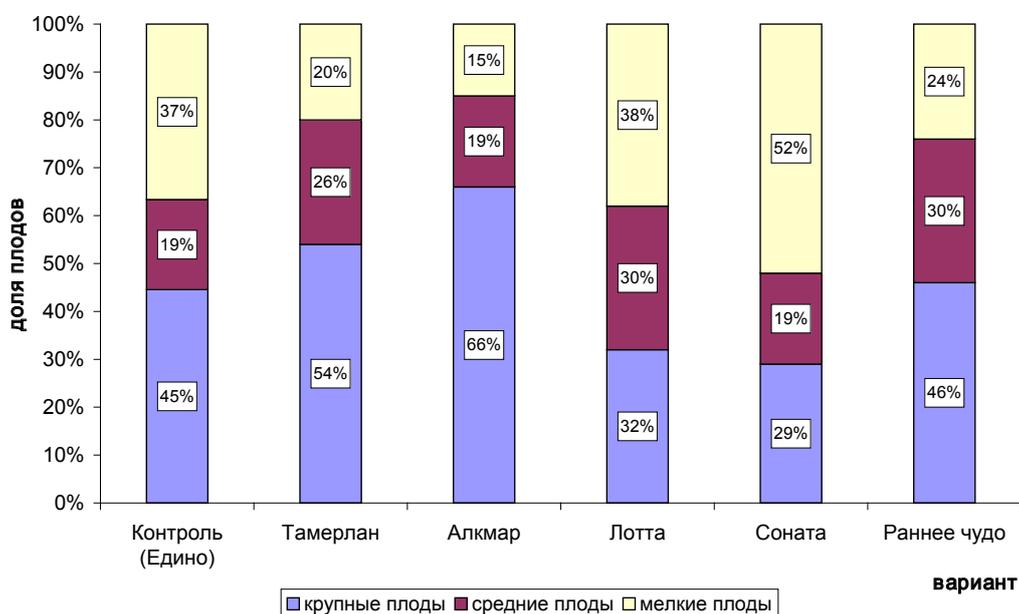


Рисунок 6 – Доля крупных, средних и мелких плодов (%) перца сладкого от общего числа плодов на растении

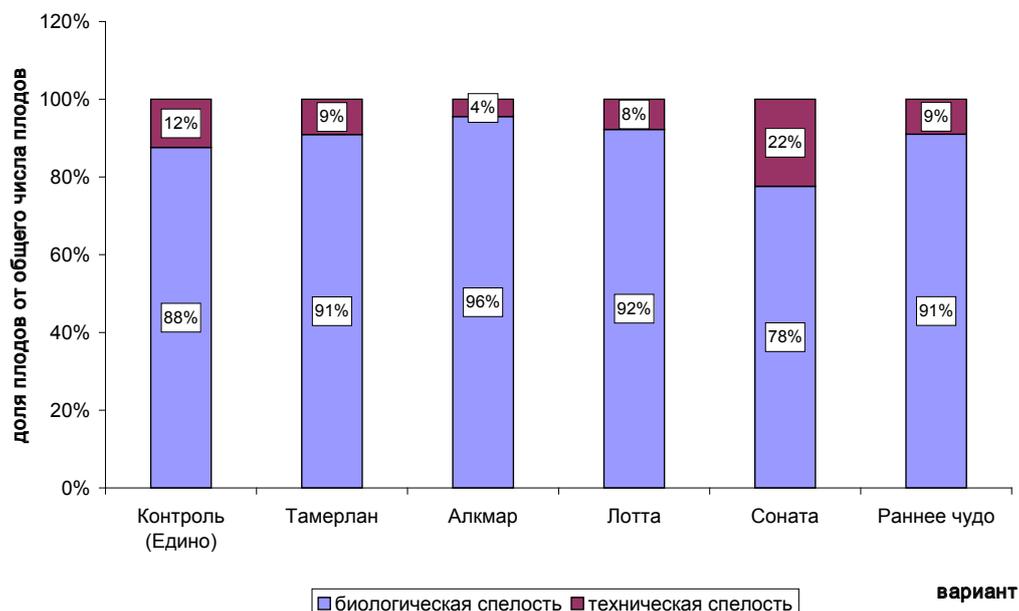


Рисунок 7 – Доля плодов в биологической и технической спелости (%) перца сладкого от общего числа плодов на растении

у гибрида перца сладкого F₁ Соната (78%), тогда как у растений гибрида F₁ Алкмар число плодов в биологической спелости было больше всего и составило 96%. Доля числа плодов в биологической спелости у F₁ Тамерлан и F₁ Раннее чудо составила по 91%, у F₁ Лотта – 92%, у растений контрольного варианта F₁ Едино – 88%.

2.4 Дегустация гибридов перца сладкого

Дегустационную оценку сортов проводили в период массового плодоношения всех гибридов перца сладкого (таблица 2). Для этого брали 5 товарных плодов в биологической зрелости, типичных для каждого гибрида. Гибриды перца были зашифрованы под номерами. Оценивался внешний вид на соответствие заявленным характеристикам (величина, форма и окраска плодов), вкус, мясистость, ароматичность плодов по пятибалльной шкале. Вкус плодов оценивали в баллах: очень вкусные – 5; вкусные – 4; средневкусные – 3; невкусные – 2; очень невкусные – 1.

Общую оценку плодов гибридов оценивали в баллах с учетом общего впечатления о качестве: 5 – плоды высокого качества; 4 – хорошего качества; 3 – посредственного качества; 2 – плохого качества; 1 – плоды непригодны для употребления в свежем виде. Как видно из приведенных данных в таблице 2, наиболее высоким качеством отличаются плоды сладкого перца F₁ Алкмар, F₁ Раннее чудо и F₁ Соната. Хорошим качеством характеризуются плоды сладкого перца F₁ Тамерлан, F₁ Лотта.

Заключение и выводы

На протяжении всей истории растениеводства овощеводы пытаются подобрать и вывести новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, которые могли бы в конкретных почвенно-климатических условиях давать хорошие урожаи. Сочетание в одном сорте высокой урожайности с хорошей устойчивостью к экстремальным факторам среды – одно из основных направлений в современной селекции. Полученные новые сорта и гибриды проходят различные типы сортоиспытаний [5; 6].

Курганская область находится в условиях рискованного земледелия (короткий безморозный период, резкие перепады ночных и дневных температур, неравномерное распределение осадков в течение лета и т.д.), следовательно, велико значение адаптированных к местным условиям сортов и гибридов овощных культур.

Для исследования были отобраны 5 новых

раннеспелых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко-Юниор» для защищенного грунта. Отобранные гибриды прошли конкурсное сортоиспытание между собой и сравнивались со стандартным раннеспелым районированным сортом F₁ Едино. Конкурсное сортоиспытание проводилось по методике Госсортоиспытания [5].

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**.

Семена гибридов F₁ Алкмар, F₁ Лотта и стандарт F₁ Едино характеризуются 100% всхожестью, семена F₁ Соната и F₁ Раннее чудо отличаются 90% всхожестью семян, а всхожесть семян F₁ Тамерлан составила 85%. Прорастание семян перца сладкого происходит в течение 2 недель.

В ходе онтогенеза изменяется характер роста у побегов растений перца сладкого. От посева семян до пикировки растений рост побегов характеризуется небольшими приростами. Наиболее интенсивный рост побегов перца сладкого происходит после пикировки и до середины июля, затем интенсивность роста вегетативной части побегов затормаживается, что связано с переходом к репродукции. Среди сортоиспытываемых гибридов перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» самыми высокорослыми оказались растения гибрида F₁ Соната, а самыми низкорослыми по сравнению с другими вариантами F₁ Лотта.

Между изучаемыми гибридами перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» не выявлено существенных морфобиометрических различий в размерах листьев растений.

Гибриды перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» в условиях Курганской области отличаются сроками наступления фаз цветения, плодоношения и созревания. Гибриды F₁ Соната и F₁ Раннее чудо вступают в эти фазы позднее на неделю, чем остальные гибриды.

Сортоиспытываемые гибриды перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» в условиях Курганской области отличаются высокой урожайностью. Наиболее урожайными являются гибриды F₁ Лотта, F₁ Алкмар, F₁ Раннее чудо, F₁ Тамерлан.

Наиболее высоким качеством отличаются плоды сладкого перца F₁ Алкмар, F₁ Раннее чудо и F₁ Соната. Хорошим качеством характеризуются плоды сладкого перца F₁ Тамерлан, F₁ Лотта.

Вегетационный период растений гибрида перца сладкого F₁ Соната в условиях Курганской области оказывается более растянутым, и перец из группы раннеспелых переходит в группу среднеспелых.

Таблица 2 – Суммарная дегустационная оценка плодов гибридов перца сладкого

Критерии оценки (0-5 баллов)	Вариант					
	Контроль (F ₁ Едино)	F ₁ Тамерлан	F ₁ Алкмар	F ₁ Лотта	F ₁ Соната	F ₁ Раннее чудо
Внешний вид плода	3,6±0,5	4,0±0,7	4,9±0,3	4,4±0,5	4,6±0,5	4,8±0,4
Мясистость плода	3,7±0,4	4,0±0,6	4,8±0,4	3,3±0,6	4,7±0,4	4,8±0,4
Ароматичность плода	3,1 ±0,3	4,1±0,3	4,9±0,3	4,2±0,7	4,6±0,5	4,9±0,3
Вкус плода	3,2±0,4	3,4±0,5	4,9±0,3	3,7±0,4	4,7±0,4	4,7±0,4
Общая оценка	3,4±0,2	3,8±0,3	4,8±0,1	3,9±0,4	4,6±0,1	4,7±0,1

Все исследуемые раннеспелые гибриды перца сладкого агрофирмы «Семко – Юниор» ООО «Семко» можно рекомендовать для выращивания в условиях Курганской области.

Список литературы

- 1 Белик В. Ф., Советкина В. Е. Овощные культуры и технология их возделывания. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 480 с.: ил.
- 2 Ващенко И. М. и др. Основы сельского хозяйства. – Москва : Просвещение, 1987.
- 3 География Курганской области. – Курган : Предприятие «Парус-М», 1993.
- 4 Котов В. П., Адрицкая Н. А., Завялова Т. И. Биологические основы получения высоких урожаев овощных культур : учебное пособие. – Санкт-Петербург : Издательство Лано, 2010. – 128 с.: ил.(+ вклейка, 4 с).
- 5 Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Москва, 1985. – Вып. 1. – 269 с.
- 6 Осипова Г. С. Овощеводство защищенного грунта: учебное пособие. – Санкт-Петербург : Проспект науки, 2010. – 288 с.
- 7 Полевой В. В. Физиология растений / под ред. В. В. Полевого. – Москва : Высшая школа, 2006. – 464 с.
- 8 Практические советы садоводу-любителю Зауралья. – Курган : Изд-во «Советское Зауралье», 1988.
- 9 Чернышева Н. Н., Колпаков Н. А. Практикум по овощеводству : учебное пособие. – Москва : Форум, 2011. – 288 с.
- 10 Якушкина Н. И. Физиология растений / под ред. Н. И. Якушкиной, Е. Ю. Бахтенко. – Москва : ВЛАДОС, 2005. – 463 с.

УДК 581.15:582.71

Быструшкин А.Г.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

ОНТОГЕНЕЗ И ВОЗРАСТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *RUBUS IDAEUS* L. S.STR. (ROSACEAE)

Аннотация. Исследована возрастная изменчивость корнеотпрыскового кустарника малины обыкновенной *Rubus idaeus* L. в природных местообитаниях и в условиях культуры. Проведена периодизация онтогенеза по абсолютному и биологическому возрасту, выделены 8 возрастных состояний, для которых разработаны диагнозы. Критически проанализированы признаки, значимые для определения биологического возраста особей семенного и вегетативного происхождения.

Ключевые слова: ножка корневища, пятка корневища, онтогенез, возрастная изменчивость, возрастные состояния, биологический возраст, малина обыкновенная, *Rubus idaeus*.

Bystrushkin A.G.

Botanical garden UB RAS, Yekaterinburg

THE ONTOGENY AND AGE VARIABILITY OF RASPBERRY *RUBUS IDAEUS* L. S.STR. (ROSACEAE)

Abstract. The age variability of raspberry *Rubus idaeus* L. has been investigated in natural habitats and in culture. Absolute age and biological

age periodization of raspberry ontogeny has been offered, 8 age states has been distinguished, for which diagnoses are developed. Significant features of the biological age have critically been analyzed.

Keywords: shank rhizome, heel rhizome, ontogeny, age variability, age status, biological age, red raspberry, *Rubus idaeus*.

Введение

Изучение развития особей в онтогенезе, возрастной изменчивости и соотношения календарного и биологического возраста является необходимым этапом получения сравнительно-морфологических данных для исследований в области систематики, демографии популяций и экологии растений [1; 2]. Особь *Rubus idaeus* состоит из системы побегов и корневой системы. Главный корень и главный побег имеется только у кустов семенного происхождения. Корневище (ксилоподий) образуется из базальных частей побегов, несущих пазушные почки возобновления. Придаточные корни несут адвентивные почки, дающие начало корневым отпрыскам, из которых впоследствии формируются кусты вегетативного происхождения [3]. Побеги возобновления первого года жизни вегетативные, на второй год жизни из пазушных почек в узлах побега образуются вегетативно-генеративные побеги, называемые латералами, несущие листья и соцветия. После плодоношения побег отмирает до базальной части, обычно до уровня почвы [4; 5; 6; 7].

Некоторые сведения об особенностях онтогенеза *R. idaeus* приведены в работе И.В. Ивановой [8], которая предложила выделять в онтогенезе четыре морфолого-биологических периода, или фазы: 1) фаза проростка; 2) фаза моноподиального нарастания главной оси; 3) фаза симподиального нарастания главной оси; 4) фаза клона. Следует отметить, что в предложенной схеме периодизации жизненного цикла совершенно не отражены этапы перехода к цветению и плодоношению, а также этапы развития особей вегетативного происхождения.

Периодизация онтогенеза *R. idaeus* с выделением возрастных состояний проведена Г.Т. Давлетшиной и Н.Г. Улановой при изучении сеянцев и рамет в природных популяциях в Московской области [5; 9]. Присутствие в предложенных диагнозах перекрывающихся количественных признаков габитуального характера затрудняет определение возрастного состояния особей. Ситуацию осложняют противоречивые сведения об абсолютном возрасте особей в определенном возрастном состоянии. В связи с этим представляется актуальным уточнить диагнозы возрастных состояний *R. idaeus* на основе изучения возрастной изменчивости и периодизации жизненного цикла.

Материал и методы

Жизненный цикл *R. idaeus* изучали в течение 1998-2010 годов по общепринятой методике, разра-

ботанной школой Работнова – Уранова [10; 11; 2]. Периодизация жизненного цикла проведена на основе выявления качественных, необратимых изменений в строении всего организма в целом. Объектом послужили 50 семян из семян урожая 1997 года, собранных в нативной популяции в Сысертском районе Свердловской обл., и их вегетативное потомство. Свежесобранные семена были высеяны в смесь песка с торфокрошкой (1:2) на коллекционном участке Ботанического сада УрО РАН. Кроме того, уточнение диагнозов проведено при определении возрастных состояний более чем 4000 кустов в 46 естественных ценопопуляциях, расположенных на Северном, Среднем, Южном Урале и в Южном Зауралье. Абсолютный возраст кустов определяли по следам на корневище от побегов возобновления. Поскольку каждый сезон образуются побеги только одного порядка, то, подсчитав общее количество порядков побегов возобновления на корневище, получаем абсолютный возраст куста. Статистические гипотезы о значимости различий параметров побегов тестировали с применением однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение

Вегетативное происхождение куста можно определить по наличию специфических морфологических структур базальной части корневища, для которых мы предлагаем наименование: ножка корневища (*shank rhizome*) и пятка корневища (*heel rhizome*) (рисунок 1). Ножка образуется из подземной этиолированной части отпрыска и представляет собой вертикально ориентированный участок корневища, на апикальном конце которого находится след от первичного побега, а на базальном конце имеется пятка – одревесневающее утолщение, охватывающее корень материнского куста.

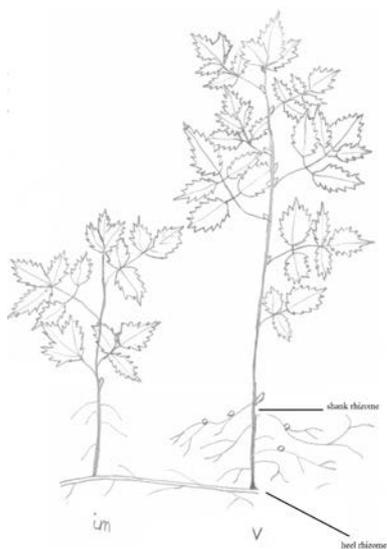


Рисунок 1 – Кусты *Rubus idaeus* вегетативного происхождения в прегенеративных возрастных состояниях. Латинскими буквами отмечены возрастные состояния *it* – имматурное, *v* – виргинильное. Отмечены также ножка корневища (*shank rhizome*) и пятка корневища (*heel rhizome*)

Габитуальные признаки широко используются для характеристики возрастной изменчивости растений, поскольку в онтогенезе, как правило, происходит увеличение размеров растений и количества метамеров [10]. С целью выявить зависимость размера побегов *R. idaeus* от календарного возраста парциальных кустов проведен сравнительный анализ длины побегов возобновления и количества междоузлий. Эти размерные признаки применялись ранее для диагностики возрастных состояний *R. idaeus* [5; 9]. В таблице 1 представлены данные о размере побегов *R. idaeus* разного возраста.

Таблица 1 – Возрастная изменчивость размера побегов парциальных кустов *Rubus idaeus* вегетативного происхождения. Среднее арифметическое ±

Возраст, лет	Объем выборки, экз.	Длина побега, мм	Количество междоузлий, шт.
1	35	640,7±	14,3±
2	32	822,6±	16,2±
3	32	1120,548,8	19,50,7
4	32	1167,7±	20,5±
5	27	1335,953,9	21,90,6
6	31	1317,3±	21,5±
7	26	1383,745,2	22,50,6
8	12	1453,3±	24,8±
9	4	1682,5167,1	22,82,4
10	2	1732,5	27,5
11	1	1850,0	30,0

Методом однофакторного дисперсионного анализа статистически подтверждено с увеличением возраста куста как увеличение длины побегов $F(10; 223) = 27,3$ при $p < 0,001$, так и увеличение количества междоузлий в них $F(10; 223) = 18,9$ при $p < 0,001$. Полученные результаты свидетельствуют о том, что фактор возраста куста в значительной степени определяет размер побегов возобновления, причем в первые два года жизни кусты находятся в прегенеративной стадии жизненного цикла и отличаются меньшими размерами побегов, чем в последующие годы.

В жизненном цикле *R. idaeus* мы выделяем 8 возрастных состояний для особой семенного происхождения и 6 состояний для особой вегетативного происхождения. На рисунках 1, 2 и 3 изображены растения *R. idaeus* в различных возрастных состояниях.

Первый год жизни

Прорастание семян надземное после естественной зимней стратификации. Для первого возрастного состояния – проростка – характерно наличие семядолей, настоящие листья простые лопастные с железистым опушением. Второе возрастное состояние – ювенильное – характеризуется отмиранием семядолей и появлением до 5 укороченных междоузлий на моноподиально нарастающем побеге. Листья также простые лопастные с железистым опушением. Третье возрастное

состояние – имматурное отличается от предыдущих появлением ряда взрослых черт: в верхней части побега образуются сложные листья, а также формируются почки в пазухах листьев и придаточные корни на главном корне и гипокотиле. Все растение с железистым опушением. Полученные данные о первом году жизни особей согласуются со сведениями, приведенными в более ранних работах [5; 9; 12].



Рисунок 2 – Кусты *Rubus idaeus* семенного происхождения в прегенеративных возрастных состояниях. Латинскими буквами отмечены возрастные состояния *p* – проросток, *j* – ювенильное, *im* – имматурное, *v* – виргинильное



Рисунок 3 – Кусты *Rubus idaeus* в генеративных и сенильном возрастных состояниях. Латинскими буквами отмечены возрастные состояния *g1* – молодое генеративное, *g2* – зрелое генеративное, *g3* – старое генеративное, *s* – сенильное

В диагнозах возрастных состояний *R. idaeus*, разработанных Г.Т. Давлетшиной и Н.Г. Улановой, основным признаком отличия имматурного состояния от молодого виргинильного, помимо дополнительных признаков длины побегов, принято наличие на верхушке побега листьев с тремя листочками, а не с пятью [9]. Чтобы выяснить возможность использования признака степени расчлененности листовой пластинки на верхушке побега для диагностики возрастных состояний, проведено исследование распределения по возрасту кустов с листовыми пластинками разной степени расчлененности. Всего в исследуемой

выборке из 187 кустов отмечены листовые пластинки с тремя, четырьмя, пятью, шестью и семью листочками. Пятилисточковые листовые пластинки встречаются на всех исследованных побегах первого года жизни. Следует заметить, что в апикальной части побегов даже одного куста встречаются листовые пластинки с разным количеством листочков. В любом возрасте встречаются кусты с тремя, четырьмя и пятью листочками у листьев в апикальной части побегов. Во всех возрастных группах преобладают кусты с пятилисточковыми листьями. Таким образом, применение признака степени расчлененности листовой пластинки на верхушке побега для диагностики возрастных состояний не целесообразно.

Дополнительный признак длины побегов [9] для диагностики имматурного и молодого виргинильного состояния (10-30 см и 15-50 см, соответственно) в значительной степени перекрывается, поэтому выделение этапа молодого виргинильного состояния не представляется целесообразным.

Большинство особей семенного происхождения к концу первого вегетационного сезона достигают имматурного возрастного состояния, но некоторые остаются в ювенильном состоянии. После зимовки у таких растений продолжается моноподиальное нарастание главного побега, они достигают имматурного состояния только к концу второго года жизни.

Второй год жизни

Перезимовав, кусты семенного происхождения переходят в четвертое – виргинильное возрастное состояние. В этом возрастном состоянии начинается кущение и формирование морфоструктуры, характерной для взрослых особей *R. idaeus*. Растения в этом состоянии формируют 1-3 побега возобновления из пазушных почек в базальной части главного побега. Побеги возобновления несут сложные листья взрослого типа и не имеют железистого опушения. Начинается формирование органов вегетативного размножения – адвентивных почек на придаточных корнях.

Вегетативное размножение *R. idaeus* начинается в виргинильном возрастном состоянии при помощи корневых отпрысков. В течение первого сезона на придаточных корнях формируются многочисленные адвентивные почки. Некоторые из адвентивных почек трогаются в рост и к концу сезона из них образуются зачаточные этиолированные подземные корневые отпрыски, не имеющие физиологической независимости от материнского куста. Поэтому первый (подземный) этап формирования кустов вегетативного происхождения следует рассматривать как этап частного онтогенеза материнского растения. Относительная физиологическая независимость дочерних растений от материнского растения наступает в начале следующего вегетационного сезона с образованием придаточных корней в базальной части побега и формированием листьев в его апикальной части.

Для особей вегетативного происхождения из признаков, характерных для ювенильных растений, в первый год жизни отмечается только отсутствие кущения и моноподиальный характер роста единственного побега. Листья сложные, без железистого опушения. Таким образом, возрастное состояние особей вегетативного происхождения в начале первого года жизни соответствует третьему – имматурному состоянию. В течение вегетационного сезона, как и на побеге возобновления, в пазухах листьев отпрыска закладываются вегетативно-генеративные почки, а в базальной части образуются придаточные корни с адвентивными почками. Таким образом, возрастное состояние кустов вегетативного происхождения в конце первого сезона соответствует четвертому, виргинильному, состоянию. В последующие годы развитие кустов вегетативного и семенного происхождения проходит аналогично.

Результаты наших исследований второго года жизни особей согласуются с данными Р.П. Барыкиной [12]. Описанное выше виргинильное возрастное состояние соответствует средневозрастному виргинильному в диагнозе Г.Т. Давлетшиной и Н.Г. Улановой [9].

Третий год жизни

Большинство особей *R. idaeus* на третий год жизни переходят в пятое возрастное состояние – молодое генеративное. Из пазушных почек побега возобновления образуются вегетативно-генеративные побеги, называемые латералами. В молодом генеративном состоянии начинается базипетальное отмирание главной оси, что согласуется с данными Р.П. Барыкиной и Г.М. Синьковой [12; 13]. В неблагоприятных условиях некоторых природных местообитаний (на лишенной подстилки и гумусового горизонта подзолистой почве, на каменистых осыпях с недостаточным количеством мелкозема), наблюдается задержка особей в виргинильном возрастном состоянии не только на третий, но даже на пятый год жизни.

Четвертый и последующие годы жизни

С четвертого года жизни кусты переходят в шестое возрастное состояние – зрелое генеративное. Структура и размеры побегов и корневища соответствуют характерным для взрослых растений.

С пятого года жизни возможен переход куста в седьмое возрастное состояние – старое генеративное. В любом генеративном состоянии, молодым, зрелым или старым, в кусте может быть 1-2 стебля и 18-20 латералов на каждом. Поэтому в отличие от Г.Т. Давлетшиной и Н.Г. Улановой [5; 9] основным диагностическим признаком старого генеративного состояния мы предлагаем считать отсутствие формирующихся побегов возобновления, поскольку это автоматически исключает образование генеративных органов в последующий вегетационный сезон. Таким образом, старое генеративное состояние продолжается в СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ», ВЫПУСК 10

течение одного вегетационного сезона, и по его окончании куст вступает в постгенеративный период жизненного цикла.

Ввиду отсутствия качественных изменений на протяжении постгенеративного периода мы считаем целесообразным выделять только сенильное (восьмое) возрастное состояние. Этот период продолжается с момента отмирания стеблей в сентябре – октябре и до гибели куста зимой. Живых перезимовавших постгенеративных особей нами не отмечено.

Заключение

Проведено изучение возрастной изменчивости и жизненного цикла корнеотпрыскового кустарника *R. idaeus*. Установлено, что особи семенного происхождения в процессе онтогенеза проходят 8 возрастных состояний: проросток, ювенильное, имматурное, виргинильное, молодое, зрелое и старое генеративные, сенильное. Особи вегетативного происхождения (раметы) проходят только 6 последних возрастных состояний, в их жизненном цикле отсутствуют состояние проростка и ювенильное. Ввиду отсутствия качественных изменений разделение виргинильного возрастного состояния на молодое и зрелое признано нецелесообразным. В постгенеративном периоде выделяется только одно возрастное состояние – сенильное.

Проведено уточнение значимости отдельных диагностических признаков для определения возрастного состояния растений *R. idaeus*. Установлено, что использование признака степени расчлененности листовой пластинки на верхушке побега для диагностики возрастных состояний не представляется возможным. С увеличением возраста куста отмечается увеличение длины побегов и количества междоузлий в них.

Благодарности

Исследования выполнены при поддержке Государственного задания в рамках темы № 0399-2014-0002 раздел 52.2.1 «Разработка научных основ сохранения биологического разнообразия экосистем Уральского региона».

Список литературы

- 1 Мамаев С. А. *Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале)*. – Москва, 1973.
- 2 Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). – Москва, 1988.
- 3 Жмылев П. Ю., Алексеев Ю. Е., Карпухина Е. А., Баландин С. А. *Биоморфология растений : иллюстрированный словарь : учебное пособие*. – Москва, 2002.
- 4 Быструшкин А.Г. *О жизненной форме малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) // Вестник Челябинского государственного университета. Сер. 12. Экология и природопользование. 2005. №1. – С. 52-55.*
- 5 Давлетшина Г. Т., Уланова Н. Г. *Малина обыкновенная // Биологическая флора Московской области. – 1996. – Вып. 12. – С. 89-112.*
- 6 Журкина Л. А. *Анатомическое строение вегетативных органов и некоторые физиологические особенности малины обыкновенной в связи с зимостойкостью : автореф.*

дис. ... канд. биол. наук. – Пермь, 1969.

7 Синькова Г. М., Ефимов К. Ф. Сравнительная анатомо-морфологическая характеристика малины обыкновенной и малины Буша // Сб. науч. тр. по прикл. бот., ген. и селекции. ВИР. 1986. – Т. 106. – С. 87-94.

8 Иванова И. В. Переход от кустарников к травам в одной из эволюционных линий рода ежевика (*Rubus* L.). Бюл. МОИП. Отд. биол. 1968. – Т. 73. – Вып. 3. – С. 63-77.

9 Давлетшина Г. Т., Уланова Н. Г. Онтогенез малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. – Йошкар-Ола, 1997. – С. 48-54.

10 Онтогенетический атлас лекарственных растений. – Йошкар-Ола, 1997.

11 Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. – 1975. – №2. – С. 7-34.

12 Барыкина Р. П. Формирование куста у малины и ежевики в связи с их вегетативным размножением // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1964. – Т. 69. – Вып. 2. – С. 96-100.

13 Синькова Г. М. Виды подрода *idaeobatus* Focke рода *Rubus* L. флоры СССР и их значение для культуры малины : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ленинград, 1972.

УДК 581.2

Достовалова А.М., Прусова Н.Г.
Курганский государственный университет,
Курган

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ АГАРИКОВЫХ ГРИБОВ БЕРЕЗОВОГО И СОСНОВОГО ЛЕСА ЛОКАЛЬНОЙ ФЛОРЫ СЕЛА КАЗАРКИНО

Аннотация. В статье проводится сравнение морфологических характеристик представителей семейства Boletaceae, а также выявление экологических факторов, влияющих на их рост и развитие.

Ключевые слова: болетовые грибы, березовый лес, гименофор.

Dostovalova A.M., Prusova N.G.
Kurgan State University, Kurgan

MORPHOLOGICAL DISTINCTIONS OF SOME SPECIES OF AGARICALES OF BIRCH AND PINE WOOD OF LOCAL FLORA OF KAZARKINO VILLAGE

Abstract. In article the comparison of morphological characteristics of representatives of the Boletaceae family is drawn and also identification of the ecological factors, influencing their growth and development is revealed.

Keywords: boletes, birch wood, hymenophor.

Введение

Среди представителей большого царства грибов имеется особая группа – семейство болетовые (Boletaceae), большинство которых являются съедобными. Они употребляются в пищу в различном виде: в свежем и консервированном. Их питательность незначительна, но по содержа-

нию минеральных веществ и витаминов они равноценны овощам. В то же время из-за относительно тяжелой усвояемости, грибы не пригодны для диетического питания [1].

Плодовые тела болетовых грибов легко разделяются на шляпку и ножку. Окраска шляпки варьирует от бурой до почти белой [2]. Ножка гриба приподнимает шляпку над субстратом, обеспечивая лучшие условия для рассеивания спор. У болетовых грибов ножка расположена центрально, имеет плотную структуру, но редко встречаются виды с полостями, и цилиндрическую форму. Трубочатый гименофор, легко отделяющийся от шляпки, является главным признаком, отличающим болетовые грибы от других базидиальных грибов. Стенки трубочек свободно прилегают друг к другу, но очень редко трубочки срстаются, образуя пористый гименофор. Относительно ножки гименофор закреплен разнообразно, нередко он частично расположен на ней, избегая почти до основания. У молодых особей гименофор светлый, но по мере роста тела гриба темнеет и приобретает желтый, оливковый или грязно-бурый цвет [3].

Цель настоящей работы: сравнить расхождение морфологических характеристик подберезовика обыкновенного (*Leccinum scabrum* (Bull.) Gray), подосиновика красного (*Leccinum aurantiacum* (Bull.) Gray) и масленка зернистого (*Suillus granulatus* (L.) Kuntze), произрастающих в пределах березового фитоценоза.

Место исследования

Сбор материала проводился в период с 12 июня по 29 сентября 2017 года в березовом лесу, расположенном в окрестностях села Казаркино Макушинского района (юго-восточная территория Курганской области).



1 и 2 – участки березового леса; 3 – березовый лес с примесью сосны; 4 – участок соснового леса; 5 – березовый лес с примесью осины

Рисунок 1 – Спутниковая карта исследуемого лесного сообщества с точками сбора материала

На изучаемой территории было отмечено 5 точек (рисунок 1), в пределах которых проводился сбор грибов с последующим описанием и измерением их морфологических характеристик: длина и диаметр основания ножки, диаметр шляпки и цвет шляпки. Все данные заносились в таблицу,

на основании которой проводился сравнительный анализ этих показателей.

Результаты исследования

В рамках исследования проводился сбор и учет плодовых тел трех представителей семейства Boletaceae: подберезовика обыкновенного (*Leccinum scabrum* (Bull.) Gray), подосиновика красного (*Leccinum aurantiacum* (Bull.) Gray) и масленка зернистого (*Suillus granulatus* (L.) Kuntze).

Ножка гриба срезалась на уровне листовой подстилки с учетом возможности дальнейшего развития микоризы и роста новых плодовых тел. Всего грибов было собрано в количестве 172 шт.

Исследуемые морфологические характеристики после их измерения заносились в таблицу 1, где указывалось, в итоге, среднее значение этих показателей, рассчитанных по формуле:

$$a_{\text{ср.арифм.}} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n},$$

где a – данные величины,
 n – число этих величин.

Из рассмотренных грибов на данных участках

Таблица 1 – Морфологические характеристики изучаемых представителей семейства Boletaceae

Представитель семейства	Длина ножки, мм	Диаметр ножки, мм	Диаметр шляпки, мм	Преобладающая окраска шляпки
Подберезовик обыкновенный	66,25±4,5	23,4±1,2	70,01±3,9	темнопесочный (<i>Atro-arenicolor</i>)
Подосиновик красный	72,76±4,1	28,56±2	52,19±5,8	темнооранжевый (<i>Atro-aurantiacus</i>)
Масленок зернистый	29,16±1,7	8,93±0,5	43,08±1,7	рыжеватый (<i>Rufescens</i>)

Таблица 2 – Морфологические характеристики изучаемых представителей семейства Boletaceae в разных точках исследования

Представитель семейства	Длина ножки, мм	Диаметр ножки, мм	Диаметр шляпки, мм	Преобладающая окраска шляпки
1 точка (березовый лес)				
Подберезовик обыкновенный	77,6±5,5	20,8±1,2	77,3±6,8	темнопесочный (<i>Atro-arenicolor</i>)
Подосиновик красный	-	-	-	-
Масленок зернистый	-	-	-	-
2 точка (березовый лес)				
Подберезовик обыкновенный	55,5±5,9	25,9±1,9	61,5±4,9	темнопесочный (<i>Atro-arenicolor</i>)
Подосиновик красный	-	-	-	-
Масленок зернистый	-	-	-	-
3 точка (березовый лес с примесью сосны)				
Подберезовик обыкновенный	82,5±4,6	23,25±1,4	76,9±6,3	темноинкарнатный (<i>Intense incarnatus</i>)
Подосиновик красный	-	-	-	-
Масленок зернистый	33,9±3,8	10±0,9	41,25±4,8	рыжеватый (<i>Rufescens</i>)
4 точка (сосновый лес)				
Подберезовик обыкновенный	-	-	-	-
Подосиновик красный	-	-	-	-
Масленок зернистый	28,4±1,8	8,8±0,5	37,4±2,5	рыжеватый (<i>Rufescens</i>)
5 точка (березовый лес с примесью осины)				
Подберезовик обыкновенный	-	-	-	-
Подосиновик красный	72,8±4,1	28,6±2	51,8±5,8	темнооранжевый (<i>Atro-aurantiacus</i>)
Масленок зернистый	-	-	-	-

наибольшие длина и диаметр основания ножки принадлежит подосиновика красному, а наибольший диаметр шляпки – подберезовика обыкновенному. Размеры плодовых тел масленка зернистого в среднем оказались наименьшими. Полученное несоответствие объясняется видовыми особенностями анатомии и морфологии данных грибов.

Для наглядности полученные данные приведены в диаграмме на рисунке 2.

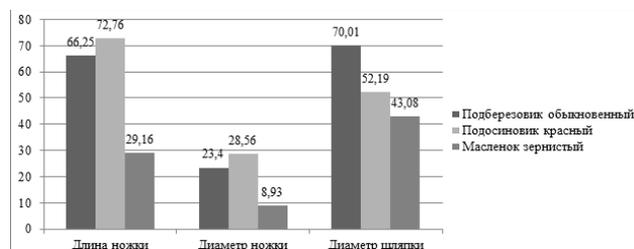


Рисунок 2 – Сравнение морфологических характеристик исследуемых грибов

Для более подробного рассмотрения морфологических характеристик описанных видов грибов все данные представлены в таблице 2.

Обсуждение полученных данных

Исследование показало, что длина ножки подберезовика, произрастающего в точке 3 (березовый лес с примесью сосны), преобладает над соответствующими размерами гриба, собранного в точках 1 и 2 (березовый лес): 4,9 мм – разница между 1 и 3 участками; 27 мм – между 2 и 3. Расхождение показателя – диаметр основания ножки – оказалось незначительным, наибольшие размеры были обнаружены в точке 2. Диаметр шляпки преобладает в точках 1 и 3.

Изменение окраски шляпки обабков из березового, соснового и березового с примесью сосны леса выявило следующие показатели: в березовом лесу преобладают грибы с темно-песочным цветом шляпки, а в сосновом окраска шляпки варьирует от темно-инкарнатного до темно-песочного цветов, с преобладанием первых.

Изменение размеров подосиновика красного происходит в пределах одного участка леса (точка 5).

Данные несоответствия морфологических характеристик одного представителя семейства в разных точках биоценоза объясняются различной степенью освещенности его участков, где проективное покрытие крон деревьев на почву позволяет пропускать порции света в разных количествах: освещенность в березовом лесу выше, чем в сосновом и березовом с примесью сосны лесах.

Так как свет способствует образованию количества красящих пигментов (меланин, каротиноиды), дающих соответствующую окраску шляпке, она меняется в зависимости от освещенности лесной подстилки. Вместе с тем свет необходим для правильного развития плодового тела и для синтеза веществ, способствующих защите спор от прямых солнечных лучей.

Яркость окраски шляпки обабка связана с количеством пигментов: чем больше света попадает на гриб, тем активнее он синтезирует красящие вещества, делающие цвет его шляпки темнее и ярче.

Наличие четко выраженной ярусности березового леса с примесью березы и значительного процента сомкнутости крон соснового леса приводит к уменьшению освещенности мохово-лишайникового яруса по сравнению с березовым лесом. Следовательно, на грибы попадает меньшее количество солнечного света, что сказывается на разнице линейных размеров плодовых тел.

Изменение морфологических характеристик подосиновика красного происходит в пределах одного участка леса (точка 5). При этом наблюдается закономерное увеличение размеров плодовых тел и усиление интенсивности окраски шляпки при прохождении от опушки леса к его центру.

Размеры масленка зернистого в точке 3 (березовый лес с примесью сосны) преобладают над размерами гриба в точке 4 (сосновый лес), что также может объясняться разницей освещенности участков леса, вследствие чего в сосновом лесу темнее.

Выводы

Разница в размерах плодовых тел грибов зависит от освещенности леса.

Окраска шляпки также зависит от количества падающего на нее солнечного света.

Размеры грибов, произрастающих в березовом с примесью сосны и березовом лесах, преобладают над размерами грибов березового леса.

Список литературы

- 1 Гарибова Л. В., Лекомцева С. Н. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов : учеб. пособие. – Москва : Т-во научных изданий КМК, 2005. – 220 с.
- 2 Жизнь растений. Т. 2. Грибы / под. ред. проф. М. В. Горленко. – Москва : Просвещение, 1976. – 459 с.
- 3 Кутафьева Н. П. Морфология грибов : учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск : Сиб. ун-в. изд-во, 2003. – 215 с.
- 4 Бондарцев А. С. Шкала цветов. – Москва-Ленинград : Изд-во академии наук СССР, 1954. – 17 с.

УДК 582. 572. 226:631. 42:614. 76/77

Евсеев В.В.

Курганский государственный университет,
Курган

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВОГРУНТОВ И ЛУКОВИЦ ТЮЛЬПАНОВ ЦВЕТОВОДЧЕСКОЙ АГРОФИРМЫ Г. КУРГАНА

Аннотация. В статье представлены итоги фитосанитарного мониторинга почвогрунтов и луковиц тюльпанов одной из цветочных фирм г. Кургана. Установлено наличие в посадочном материале корневого луковичного клеща, который является ведущим фактором, определяющим неблагоприятную фитосанитарную ситуацию в отдельных культивационных сооружениях агрофирмы. Даны рекомендации по защите культуры тюльпанов от выявленных в хозяйстве патогенов.

Ключевые слова: фитосанитарный мониторинг, тюльпаны, корневой луковичный клещ, фузариоз тюльпанов.

Yevsejev V.V.

Kurgan State University, Kurgan

PHYTOSANITARY CONDITION OF SOIL AND TULIP BULBS IN FLORICULTURAL FARM FIRM OF KURGAN

Abstract. The article presents the results of phytosanitary monitoring of soil and tulip bulbs of one of floricultural farm firms of Kurgan. The presence of wheat curl mite in the planting material is established. This is a leading factor, determining adverse phytosanitary situation in some indoor structures of farm firm. Recommendations are given for the

protection of tulip culture from identified pathogens and pests.

Keywords: phytosanitary monitoring, tulips, bulbous root mite, tulip fusarium.

Введение

Тюльпаны имеют огромную популярность в России. Их поистине восхитительные декоративные достоинства в сочетании с относительной неприхотливостью способствовали широкому возделыванию этой культуры в садах, парках, приусадебных участках. Тюльпаны по праву считаются одними из лучших цветов на срезку в весенние месяцы [1]. В Курганской области тюльпаны культивируются как населением на садово-огородных и приусадебных участках, так и крупными специализированными цветочными агрофирмами. Небольшую коллекцию тюльпанов имеет Ботанический сад Курганского госуниверситета. В степных ландшафтах Южного Зауралья на границе с Казахстаном встречаются популяции дикорастущего вида тюльпана, по красоте окраски цветов не уступающего селекционным формам.

Однако многолетние луковичные декоративные культуры весьма подвержены воздействию болезней и вредителей, из-за чего повреждения тюльпанов и потери товарной продукции происходят практически ежегодно. Поэтому в обеспечении успешного выращивания луковичных декоративных растений первостепенное значение имеет фитосанитарный мониторинг как почвогрунтов культивационных сооружений, так и посадочного материала [2].

В связи с этим целью работы было проведение фитосанитарного мониторинга почвогрунтов и луковиц тюльпанов тепличного цветочного хозяйства города Кургана.

Методика исследований. Объектами исследования были пять образцов почвогрунтов (из теплиц, где выращивались сорта тюльпанов Абу Хасан, Барселона, Парад, Банья Лука; один образец почвогрунта – контрольный), а также образцы посадочного материала (луковиц тюльпанов названных сортов).

Работы по организации фитосанитарного мониторинга образцов почвогрунтов и посадочного материала проведены на базе регионального центра фитосанитарного мониторинга почв агроландшафтов по Курганской области.

Отбор образцов почвогрунтов проводили с соблюдением правила рендомизации в нескольких точках культивационного сооружения, из верхнего слоя субстрата (0-15 см). Масса смешанного образца почвогрунта по каждому варианту – не менее 500 г. Луковицы тюльпанов для фитосанитарной экспертизы отбирались как с признаками поражения (больные), так и внешне здоровые.

Фитосанитарное состояние почвогрунтов тепличного хозяйства оценивали в лабораторных условиях методом мокрого просеивания и флотации, а также методом микробиологического посева раз-

ведений почвенной суспензии на соответствующие питательные среды. Все методы, примененные в исследовании, стандартные, гостированные, широко используемые в практике фитопатологических, микробиологических и почвоведческих работ.

Целью метода мокрого просеивания и флотации почвогрунтов было выявление в образцах почвы микросклероциев фитопатогенных грибов, в первую очередь возбудителя склероциальной и серой гнили луковиц тюльпана. Суть метода заключалась в том, что после сухого просеивания образцов почвогрунта в процессе пробоподготовки через обычный набор сит с размером отверстий 1-2 мм из полученной фракции грунта отбирался аналитический образец массой 15 г, который в дальнейшем подвергался процедуре мокрого просеивания через специальный комплект сит в условиях поступательного движения сит через толщу воды. Оставшаяся на последнем сите фракция почвенных частиц смывалась небольшим количеством воды в химические стаканы, где суспендировалась с концентрированным раствором химически чистой сахарозы. Полученная суспензия переносилась в центрифужные пробирки, а затем центрифугировалась с последующим рассевом флотата на селективную среду в чашки Петри (всего на каждый образец засеивалось 12 чашек). В качестве селективной среды использовалась картофельно-сахарозная среда с добавлением стрептомицина (для подавления роста бактерий) и медицинской желчи (для ограничения роста активных колоний микромицетов).

Целью метода посева разведений почвенной суспензии на питательные среды было выявление и количественная оценка уровня заселенности почвогрунта пропадами фитопатогенных грибов, в первую очередь возбудителей фузариоза тюльпанов. Суть метода заключается в том, что навеску воздушно-сухой почвы массой 10 г вносят в колбу с 90 мл стерильной воды, тщательно взбалтывают и готовят последовательные разведения до 1:1000. 1 мл последнего разведения высевает глубинным способом на селективную питательную среду (по 20 чашек Петри на каждый почвенный образец). Чашки инкубируют 5-10 суток при 25-27°C на рассеянном свете, что способствует лучшей пигментации грибов. Затем подсчитывают количество колоний и пересчитывают с учетом разведения на 1 г воздушно-сухой почвы. Порогом вредоносности считается наличие 50 пропагуд фузариев в 1 г почвы [5]. Вырастающие на чашках Петри колонии грибов отсеивались отдельно для идентификации. Идентификация микромицетов до рода и вида проводилась по соответствующим определителям.

Фитосанитарную экспертизу посадочного материала (луковиц тюльпанов) проводили методом визуального осмотра и методом закладки фрагментов луковиц во влажные камеры с целью выявления внутренней (латентной) инфекции. При анализе луковицы разрезали пополам и выявляли поражение нематодами (дитилленхоз тюльпанов), пенициллезом,

фузариозом, аспергиллезом, белой и серой гнилью и другими возбудителями болезней, повреждение нарциссовой мухой и корневым луковичным клещом.

Наличие активных фитогельминтов в посадочном материале проверялось вороночным методом: стеклянная воронка монтировалась на колонке для титрования, снабженной запорным вентиляем. В воронку вставлялась нейлоновая сетка (или марля), которая фиксировалась зажимами по краям воронки. На сетку помещали образцы измельченных луковиц тюльпанов, воронку заполняли водой и оставляли на 6-12 ч. Слой воды, находящийся возле запорного вентиля колонки, сливали в пенициллиновый флакон, а затем анализировали под микроскопом.

Результаты исследований. В ходе оценки фитосанитарного состояния почвогрунтов культивационных сооружений микросклероциев склероциальной и серой гнили тюльпанов обнаружено не было. Таким образом, почвогрунты хозяйства свободны от возбудителей белой и серой гнили. Однако фитосанитарный анализ почвогрунтов выявил их высокий уровень заселенности возбудителями пенициллеза тюльпанов – грибами *Penicillium corymbiferum* Westf. и *P. cyclopium* Westf. (рисунок 1).

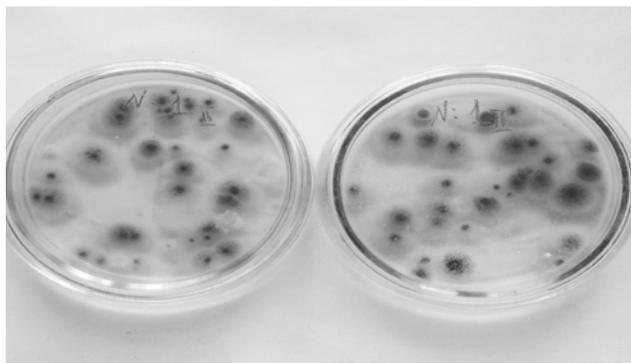


Рисунок 1 – Многочисленные синевато-зеленые колонии *Penicillium* sp. в посевах образцов почвогрунта культивационных сооружений (Лаборатория РЦ ФМПА, Курган, 2016)

Грибница возбудителей пенициллеза способна проникать в точку роста и поражать цветочную почку. При отрастании листьев у тюльпана на их концах появляются бурые засыхающие пятна, а при росте цветоноса у него полностью сгнивает бутон и отсутствует цветение. При сильном распространении развивается сухая гниль луковиц.

Кроме того, установлено заселение почвогрунта выше порога вредоносности грибами из рода *Fusarium* sp. – возбудителями фузариоза тюльпанов. На отдельных вариантах (в теплицах из-под сортов тюльпанов Барселона, Банья Лука) колоний фузариев на чашках формировалось так много, что они сливались друг с другом. Микроскопическими исследованиями установлено, что изоляты фузариев формировали преимущественно микроконидии (овальные или удлинённые) и редко макроконидии с 1-3 перегородками и хламидоспорами. Воздушный мицелий тонко-

пушисто-паутинистый, бледно-розоватый, бледно-розовато-лиловый. Совокупность культуральных и морфологических признаков выделенных штаммов позволяет идентифицировать их как вид *Fusarium oxysporum* (Schlecht) Snyd. et Hans. var. *orthoceras* (Appl. et Wr.) Bilai – фузарий сосудоспоровый. Гриб поражает корешки луковицы, проникает в сосудистую систему, корни буреют и засыхают, на донце появляются темные пятна. Пораженные луковицы имеют резкий запах, сгнивают и засыхают, становятся трухлявыми.

Внешним осмотром луковиц и вороночным методом наличие в посадочном материале фитопаразитических нематод (дитиленхов), а также личинок нарциссовой мухи не установлено. Однако в луковицах тюльпанов сортов Абу Хасан, Банья Лука обнаружен с высокой частотой встречаемости корневой луковичный клещ – *Rhizoglyphus echinopus* R. et F. Это исключительно мелкий вредитель (длиной 0,7-0,8 мм), поэтому его бывает трудно обнаружить [4]. Клещи имеют светло-желтое овальное тело, четыре пары ног. Клещи и их личинки истачивают донце луковицы, высасывают чешуйки и почки. Распространяются клещи с посадочным материалом и почвой (рисунок 2).

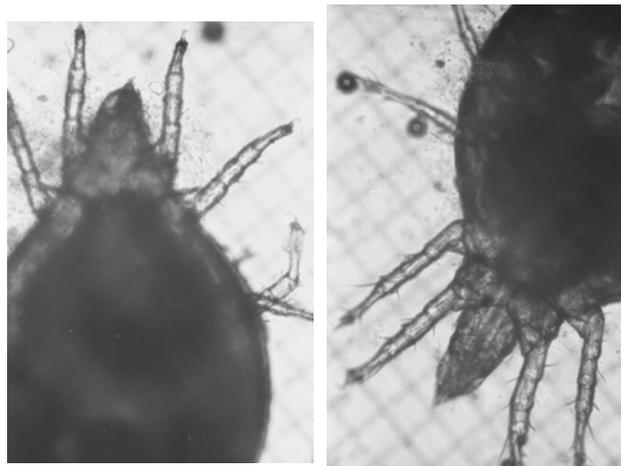


Рисунок 2 – Корневой луковичный клещ (микрофото, об. 10х, ок. 7х; Лаборатория РЦ ФМПА, Курган, 2016)

Хелицеры этого вида клещевидные, мощные, с крупными зубцами, коготок причленяется к лапке посредством парных склеритов. Предлапка мясистая, окружает в виде чехлика основание коготка. Ноги короткие, толстые, с крупными шипами на лапках [3]. Клещ обычно размножается в луковицах в период хранения. В луковицы вредитель проникает через донце. Клещ повреждает на луковицах зачатки цветоноса и листьев, вызывает загнивание луковиц.

Кроме клеща внешним осмотром луковиц установлено массовое поражение посадочного материала пенициллезом, а также отмечены луковицы, пораженные фузариозом (рисунок 3).

Следует отметить, что луковицы, пораженные фузариозом, были одновременно заселены и корневым луковичным клещом. Клещ в данном случае выступал в роли ведущего фактора,

открывающего ворота инфекции. Кроме спор грибов этот вредитель может переносить и некоторые вирусные болезни цветочно-декоративных культур. В связи с тем, что ранее в тепличном хозяйстве клещ не выявлялся, имеются все основания утверждать, что вредитель был завезен в хозяйство с партией посадочного материала от поставщика.



Рисунок 3 – Луковица тюльпана, пораженная пенициллезом с синевато-зеленоватыми подушечками спороношения на чешуйках (слева); луковица, пораженная фузариозом (донце луковицы тухлявое) (справа) (Лаборатория РЦ ФМПА, Курган, 2016)

Заключение

Установлено наличие в посадочном материале корневого луковичного клеща, который является ведущим фактором, определяющим неблагоприятную фитосанитарную ситуацию в отдельных культивационных сооружениях агрофирмы. Инфекции грибного происхождения – пенициллез, фузариоз – имеют в данном случае второстепенное значение. Их развитие связано с распространением клеща. Вероятно, корневой луковичный клещ был завезен в тепличный комплекс с посадочным материалом от поставщика, так как ранее в тепличном комплексе он никогда не обнаруживался.

Фитосанитарный мониторинг почвогрунтов агрофирмы не выявил контаминации субстрата патогенными грибами, имеющими в своем цикле развития склероциальную стадию (ризоктониоз или склероциальная гниль, серая гниль). Однако обследование почвогрунтов показало их высокую заселенность (выше порога вредоносности) грибами из родов *Penicillium* и *Fusarium* – возбудителями пенициллеза и фузариоза тюльпанов.

В связи с тем, что главным патогеном, определяющим фитосанитарную обстановку в хозяйстве, является вредитель – корневой луковичный клещ, усилия должны быть в первую очередь направлены на подавление популяции вредителя.

Список литературы

1 Геельхаар Х. Тюльпаны в саду / пер с нем. С.О. Эбель ; под ред. И. К. Артамоновой. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 138 с.

2 Евсеев В. В. Фитосанитарный мониторинг : учебное пособие. – Saarbrücken, Deutschland: Verlag Palmarium Academic Publishing, 2015. – 88 с.

3 Терезникова Е. М., Чумак П. Я. Защита цветочно-декоративных растений от вредителей : справочник. – Москва :

Агропромиздат, 1989. – 127 с.

4 Трейвас Л. Ю. Болезни и вредители декоративных садовых растений: Атлас-определитель. – Москва : Фитон XXI, 2013. – 192 с.

5 Шипилова Н. П., Иващенко В. Г. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах. – Санкт-Петербург : ВИЗР, 2008. – 84 с.

Региональный центр фитосанитарного мониторинга по Курганской области имеет возможность по договоренности с хозяйствами проводить фитосанитарный мониторинг тепличных грунтов и культивационных сооружений.

УДК 504.064 : 628.3/4

Евсеев В.В., Кириллов А.Е.

Курганский государственный университет, Курган

БИОЭКОЛОГИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫХ БАКТЕРИЙ СТОЧНЫХ ВОД И СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Представлена программа исследований крупной эколого-трофической группировки железо-марганцевых бактерий, имеющих большое практическое значение в функционировании современных водных природных и техногенных экосистем, в частности как агенты коррозии металлов. Несмотря на всю значимость этих микроорганизмов, отдельные вопросы биоэкологии, а также роль и практическое значение железо-марганцевых бактерий в техногенных системах и процессах до сих пор остаются изученными весьма поверхностно. Все это определяет актуальность, значительный научный и практический интерес исследований биоэкологии железо-марганцевых бактерий в рамках технологических процессов и техногенных систем промышленных предприятий. Впервые для региона исследования будет получена информация о биоэкологии железо-марганцевых бактерий и биопленок (состав и количественные характеристики) крупных техногенных и природных акваэкосистем, дана оценка индикаторной ценности как отдельных видов, так и биопленок железо-марганцевых бактерий, уточнена роль в процессах коррозии металлических изделий и конструкций.

Ключевые слова: биоэкология, железо-марганцевые бактерии, биоиндикация, биокоррозия металлов, система водоснабжения, программа исследований.

THE BIOECOLOGY AND PRACTICAL SIGNIFICANCE OF IRON-MANGANESE BACTERIA OF SEWAGE AND WATER SUPPLY SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Abstract. The article presents the program of studies of major ecological-trophic groups of iron-manganese bacteria, which are of great importance in the functioning of modern aquatic natural and anthropogenic ecosystems, in particular as agents of metal corrosion. In spite of the significance of these microorganisms, and also the role and practical significance of iron-manganese bacteria in anthropogenic systems and processes, separate questions of bio-ecology have been studied formally. This determines importance, great scientific and practical interest of bioecological research of iron-manganese bacteria in the context of technological processes and anthropogenic systems of industrial enterprises. First, in the history of the region of study there will be information about bio-ecology of iron-manganese bacteria and biofilm (contents and quantitative aspects) of large aquatic anthropogenic and natural ecosystems, the evaluation of indicator value, of separate kinds as well as biofilm of iron-manganese bacteria, the role of corrosion of metal goods and constructions is specified.

Keywords: bio-ecology, iron-manganese bacteria, bioindication, bio-metal corrosion, water supply system, program of research.

Введение. Крупная эколого-трофическая группировка железо-марганцевых бактерий играет ключевую роль в глобальных биогеохимических круговоротах железа и марганца – элементов, которые широко распространены в земной коре и имеют огромное практическое значение в жизни человека – доля потребления железа среди металлов составляет 95%, марганец же используется как незаменимая легирующая добавка при производстве стали. В связи с этим не менее велико практическое значение прокариотических организмов, окисляющих или восстанавливающих железо и марганец. Прокариоты, аэробно окисляющие железо, используются, прежде всего, в гидрометаллургии, в процессе извлечения металлов из природных месторождений. Кроме того, железобактерии играют важную роль в коррозии металлов. Биотехнологический потенциал бактерий, окисляющих или восстанавливающих марганец, с успехом может быть использован в решении таких задач, как разрушение рекальцитрантных субстратов при биоремедиации, предотвращении эвтрофикации путем извлечения растворенного марганца из очищаемых стоков и других водных экосистем [12; 13; 16]. Последнее весьма важно

для акваэкосистем Курганской области, специфика гидрохимии которых как раз связана с высоким содержанием марганца и железа [5].

Несмотря на всю значимость этой группировки микроорганизмов, отдельные вопросы биоэкологии и систематики, а также роль и практическое значение железо-марганцевых бактерий в техногенных системах и процессах остаются недостаточно изученными. Дискуссионным, например, остается вопрос о роли железобактерий в процессе коррозии металлов: дыхательную активность аэробных микроорганизмов, образующих биопленки на поверхности стальных изделий долгое время считали одним из ведущих факторов коррозии, однако сегодня этим взглядам противопоставляется гипотеза хемопротекторной функции биопленок на поверхности стальных изделий, согласно которой такие биопленки не способствуют коррозии, а напротив, защищают от нее [12].

На территории Курганской области никто не занимался изучением биоэкологии этой интересной и практически важной эколого-трофической группы микроорганизмов, в связи с чем до сих пор остается неизвестным их истинная роль в региональных техногенных системах, производствах и процессах, не получила оценки перспектива использования железо-марганцевых бактерий, например, в качестве организмов-биоиндикаторов состояния водных и наземных природных и техногенных экосистем. Все это определяет высокую актуальность, значительный научный и практический интерес исследований биоэкологии железо-марганцевых бактерий в рамках технологических процессов и техногенных систем промышленных предприятий Южного Зауралья.

В связи с этим **целью наших исследований** было изучить биоэкологию железо-марганцевых бактерий и биопленок (состав и количественные характеристики) техногенных акваэкосистем, дать оценку индикаторной ценности отдельных видов и биопленок железо-марганцевых бактерий в биомониторинге состояния окружающей среды, уточнить роль в процессах коррозии металлических изделий и конструкций.

При этом **задачами**, которые планировалось решить в рамках поставленной цели, были:

1 Дать оценку численности и биохимической активности железо-марганцевых бактерий в техногенных водотоках, сточных водах и природных акваэкосистемах.

2 Изучить качественный состав железо-марганцевых бактерий сточных вод, водопроводной системы промышленных предприятий, иловых отложений речных экосистем, из которых происходит забор воды и сброс промышленных стоков предприятия, выделить доминирующие формы микроорганизмов.

3 Оценить возможность использования отдельных видов и биопленок железо-марганцевых микроорганизмов для индикации степени эвтрофирования акваэкосистем и ремедиации (очист-

ки) сточных вод предприятия от катионов железа и марганца.

4 Провести гидрохимическое исследование воды водопроводной системы предприятия, сточных вод и речных экосистем.

5 Изучить роль железо-марганцевых бактерий в процессах биокоррозии металлических изделий и конструкций предприятия (водоводов, трубопроводов и др.).

6 Исследовать биоэкологию доминирующих форм железо-марганцевых бактерий: отношение к основным факторам среды обитания – кислороду, рН, температуре; процессы формирования биопленок на поверхности различных конструкций.

На исследование были выдвинуты **рабочие гипотезы**: имеющаяся в литературе информация об использовании водных микроорганизмов для биоиндикации и мониторинга состояния водных экосистем [1; 2; 7; 9] позволяет выдвинуть предположение о возможности использования в этих целях железо-марганцевых бактерий, в частности таких показателей, как видовое разнообразие биопленок, доминирование отдельных форм (нитчатых или одноклеточных), соотношение форм железо-марганцевых бактерий, соотношение между различными физиологическими группами водных микроорганизмов, степень их биохимической активности. Для выяснения характера изменения биопленок железо-марганцевых бактерий в техногенных системах и определения индикаторной ценности отдельных видов в различных по трофике и гидрологическим характеристикам акваэкосистемах требуется постановка модельных экспериментов.

Следует отметить, что экологические подходы к анализу водных микроорганизмов, в том числе железо-марганцевых бактерий, не столь разработаны, как при изучении микрофлоры наземных экосистем [10]. Временная и пространственная неоднородность водных экосистем (сезонная динамика, биологические циклы развития и др.), трудности отбора репрезентативных проб воды, недостаток сведений об индикаторной значимости видов в связи с региональными особенностями – все это существенным образом влияет на достоверность информации. В связи с этим существует необходимость в совершенствовании подходов и методов биологического мониторинга, расширения круга тест-объектов и получения их структурных и функциональных характеристик в целях более точного предсказания последствий загрязнения воды железом и марганцем, а также эффективности мероприятий по биоремедиации и защите акваэкосистем от процессов эвтрофикации.

Из литературных источников известно о роли железо-марганцевых бактерий и биопленок этих микроорганизмов, развивающихся на поверхности стальных изделий и конструкций, в процессах биокоррозии металлов [12; 16]. Считается, что железо-марганцевые бактерии выступают активными агентами коррозионных процессов, однако их ассоциации (биопленки) могут выполнять со-

вершенно противоположную функцию – протекторную. Изменение функциональной активности может, по-видимому, происходить и в условиях флуктуаций ОВП окружающей среды. Исходя из имеющихся сведений, можно предположить, что участие в процессе коррозии железо-марганцевых бактерий будет зависеть от условий окружающей среды (аэробные или анаэробные), а также от стадии формирования биопленки: на начальной стадии железо-марганцевые бактерии могут выступить в качестве активного агента коррозии металлов, а на конечной стадии формирования биопленки – как биопротекторы. Выяснить истинную роль железо-марганцевых бактерий в процессах коррозии следует путем постановки модельных экспериментов, предусматривающих варьирование окислительно-восстановительного потенциала в зоне коррозионного процесса, а также изучение процесса коррозии в присутствии биопленок, находящихся на различных стадиях формирования.

Научная новизна планируемых исследований заключается в том, что впервые в условиях Курганской области будет получена информация о биоэкологии железо-марганцевых бактерий и биопленок (состав и количественные характеристики) крупных техногенных и природных акваэкосистем, дана оценка индикаторной ценности как отдельных видов, так и биопленок железо-марганцевых бактерий в биомониторинге состояния окружающей среды, уточнена роль в процессах коррозии металлических изделий и конструкций. При этом будут предложены доступные для широкого круга специалистов методы оценки состояния техногенных и природных акваэкосистем по реакции отдельных видов или биопленок железо-марганцевых бактерий. Проведение исследований позволит решать практические задачи, связанные с организацией биологического мониторинга за состоянием водных акваэкосистем, защитой водоемов от эвтрофикации, предупреждении биокоррозии металлических изделий и конструкций промышленных предприятий Курганской области.

Схемы опытов и наблюдений

I Наблюдения за общей численностью, биомассой и составом железо-марганцевых бактерий.

Контроль – стерильная питательная среда (стерильный образец воды) в культивационных сосудах, чашках Петри, лунках серологического планшета (повторность 4-кратная).

Вариант наблюдения – образец воды, отобранной на мониторинговой точке, засеянный в питательную среду в колбах, чашках Петри (посев на агаровую среду), пластиковых культивационных сосудах с поролоновыми блоками и стеклами обрастания (пенопластовыми блоками и стеклами обрастания) (вариант – вода; вариант вода + питательная среда полная и неполная), в лунках серологического планшета (обязательно комбинация с введением в образец воды питательной среды; + железная стружка).

Учеты: подсчет колоний на агаровых питательных средах; подсчет клеток на стеклах обрастания, определение биомассы клеток, определение скорости формирования и стадий развития биопленок железо-марганцевых бактерий, определение числа нитчатых и одноклеточных форм.

II Наблюдения за развитием биопленок железо-марганцевых бактерий.

Контроль – стерильная питательная среда (стерильные образцы воды).

Опыт – лунки серологического планшета засеваются образцами воды (чистыми культурами железо-марганцевых бактерий). Инкубация в течение 10 суток. Далее по классической схеме работы с биопленками бактерий лунки планшета обрабатываются красителем, краситель экстрагируется спиртом, и с помощью спектрофотометра определяется степень развития биопленки, доля и роль планктонных клеток. Постановка опыта может быть проведена в специальных культивационных сосудах (пластиковых чашках Петри).

III Модельные эксперименты по изучению роли биопленок железомарганцевых бактерий в процессах биокоррозии металлических изделий.

Контроль – стерильная питательная среда (стерильные образцы воды).

Опыт в аэробных условиях – в стерильную питательную среду вводится стерильный сегмент металлической проволоки, затем среди инокулируется культурой железо-марганцевых бактерий. За процессами накопления гидроксида железа ведут наблюдения в аэробных условиях развития биопленок железо-марганцевых бактерий.

Опыт в анаэробных условиях – опыт проводится в культивационных сосудах, в которые стерильная питательная среда наливается высоким слоем, сегмент стальной проволоки помещают на дно сосуда и после инокуляции культурой железо-марганцевых бактерий культивационный сосуд закрывают резиновой пробкой либо помещают в анаэробный стат.

Методика проведения исследований

1 Методика отбора проб воды и грунтов для микробиологического анализа: пробы воды отбирают в поверхностном и придонном слое водоема при помощи батометра. Пробы воды для бактериологического анализа за исключением прямого счета необходимо отбирать в стерильную посуду. Для глубин, не превышающих 10 м, удобнее всего использовать бутылки Мейера. Пробы илов и грунтов отбирают дночерпателями различных конструкций. Согласно ГОСТа 18963-73 [3] для отбора проб воды используют стерильные флаконы вместимостью 0,5 л с притертой, каучуковой или корковой пробкой. Бумажный пакет или колпачок с флакона снимают вместе с пробкой непосредственно перед отбором пробы, не касаясь пробки руками. Наполняют флаконы с таким расчетом, чтобы при транспортировании не замочить пробку. Объем отбираемой пробы – 500 мл. Проба должна быть исследована не позже чем через 2 часа после

ее отбора. Анализ допускается проводить не позже чем через 6 часов после отбора пробы, сохраняя пробу при температуре от 1 до 5°C. Пробу воды отбирают с соблюдением правил стерильности: руки перед отбором проб должны быть обеззаражены.

2 Базовая методика учета численности железо-марганцевых бактерий: основных представителей железо-марганцевых бактерий учитывают методом посева образцов исходной воды, ее разведений и разведений образцов грунта (илов) на плотные или жидкие питательные среды. Посев проводят на среду Виноградского (г/л): NH_4NO_3 – 0,5; NaNO_3 – 0,5; K_2HPO_4 – 0,5; MgSO_4 – 0,5; CaCl_2 – 0,2; аммиачно-железная соль лимонной кислоты – 10 г; агар – 15; вода дистиллированная. Для выделения чистых культур *Leptothrix sp.* рекомендуется на 1 л воды брать ацетата марганца – 1,0 г, агара – 10 г. Базовой средой для учетов может стать ГА (голодный агар) – на основе проб воды, отобранной из мониторинговых точек, с введением ацетата марганца либо аммиачно-железной соли лимонной кислоты [15].

Учеты могут также проводиться на стеклах обрастания, которые либо закладываются в специальные пластиковые контейнеры между двумя стерильными поролоновыми блоками, пропитанными исследуемой водой, либо жидкой питательной средой; либо стекла укрепляются в корковые пробки или пенопластовые блоки и погружаются в водоем (пластиковый контейнер) стеклами вниз. Просмотр стекол (иммерсионный объектив) после инкубации в воде водоема или в пластиковом сосуде с образцами водопроводной воды дает возможность выявить и провести количественные учеты нитчатых форм железо-марганцевых бактерий (*L. ochracea*, *L. crassa*, перекрученные железные нити *Gallionella*). При обработке стекол 10%-й HCl железо растворяется, а нити обесцвечиваются. Если после обесцвечивания нанести каплю желтой кровяной соли $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, то в присутствии окисного железа образуется темно-синий осадок берлинской лазури [7].

Чистые культуры бактерий, окисляющих органические формы железа (*Siderocapsa*, *Seliberia*, *Pedomicrobium*), получают на среде Прингсхейма в модификации Тиллера: дрожжевой экстракт – 0,005%, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,002%, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,002%, агар Дифко – 1,5%, вода дистиллированная [11; 15].

Рекомендуется определять в пробах воды и грунта общее число сапротрофных бактерий, в том числе содержание спорных форм. Подсчет сапротрофов производится на МПА на третьи сутки после культивирования при t 20°C. На каждую пробу воды засевают не менее 4 чашек [8].

Объем воды для посева выбирают с таким расчетом, чтобы не менее чем на 2 чашках выросло от 20 до 300 колоний. Из каждой пробы должно быть посеяно не менее 2 десятикратных разбавлений в двух повторностях. При исследовании заведомо чистых вод с содержанием сапрофитов до 300 в 1 мл

делают посев проб воды без разбавления по 1 мл в двух повторностях. При исследовании воды неизвестной степени микробного загрязнения производят посев четырех десятикратных разведений [4].

3 Методика проведения микробиологического анализа и учета результатов: после тщательного перемешивания пробы (можно пипеткой) готовят разбавления и немедленно вносят по 1 мл воды из пробы или соответствующего разбавления в стерильные чашки Петри, слегка приоткрывая крышки. Сразу же после внесения воды в каждую чашку вливают 5-7 мл расплавленного и остуженного агара после фламбирования края посуды, в которой он содержался. Затем быстро смешивают содержимое чашек, равномерно распределяя по всему дну, избегая образования пузырьков воздуха, попадания агара на края и крышку чашки. Не допускается посев из разбавлений, приготовленных заранее. Тонкий слой агара ограничивает рост расплывчатых колоний, а другие колонии вырастают более крупными. При учете результатов подсчитывают все выросшие на чашке колонии, видимые при увеличении в 2 раза [4].

Подсчитанное число колоний на каждой чашке делят на объем воды в мл, засеянный на те чашки, на которых велся подсчет и вычисляют среднее арифметическое. Результат выражают в числе КОЕ в 1 мл исследуемой воды, округляя до 2-3 значимых чисел. Результаты можно представить на основании подсчета колоний на одной чашке (с обязательной отметкой в протоколе анализа), если на других чашках отмечен рост расплывчатых колоний, охватывающих всю поверхность чашки; если число колоний превышает 300; если при посеве из разбавлений выросло менее 20 колоний. В протоколе анализа отмечают особые обстоятельства, могущие повлиять на результат – превышение срока хранения пробы, изменение температуры и времени инкубации посевов, отклонение от правила при учете результатов и т.п.

4 Методика получения и исследования биопленок железомарганцевых бактерий: осуществляется параллельный посев проб воды с мониторинговых точек с помощью микропипетки – дозатора или обычной пипетки на 96-луночные планшеты и в пластиковые чашки Петри. Для инокуляции лунок планшета можно использовать следующую схему (рисунок 1).

На 1 планшете высевают необходимое количество образцов (штаммов), каждый образец (штамм) в 4 повторностях, кроме того 4 лунки для контроля фона (среда для культивирования железомарганцевых бактерий) культивирования. После инокуляции лунок планшета закрывают крышкой и инкубируют при 27°C в течение недели, после чего планшета извлекают и измеряют ОП выросших микробных взвесей + контрольных лунок. Затем суспензия из лунок отсасывается пипеткой, осуществляется промывание физиологическим раствором, чтобы удалить планктонные клетки. Одну из четырех лунок оставляют для измерения

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ», ВЫПУСК 10

КОЕ путем посева на плотную питательную среду, три других подвергают дальнейшей обработке. Выросшие в них биопленки окрашивают генциановым фиолетом (160 мкл/лунку, 45 мин, комнатная температура), дважды промывают физиологическим раствором, для экстракции красителя из пленки добавляют 96%-й этиловый спирт (200 мкл/лунку, 45 мин). Затем оценивают интенсивность окрашивания спирта в лунках планшетов на фотометре при 630 нм ОП выросших микробных взвесей, а также ОП экстрагированного с помощью спирта красителя определяют для того, чтобы пронаблюдать скорость размножения железомарганцевых бактерий и определить, как протекает их развитие: в планктоне или в составе прикрепленных к поверхности сообществ – биопленок [8].

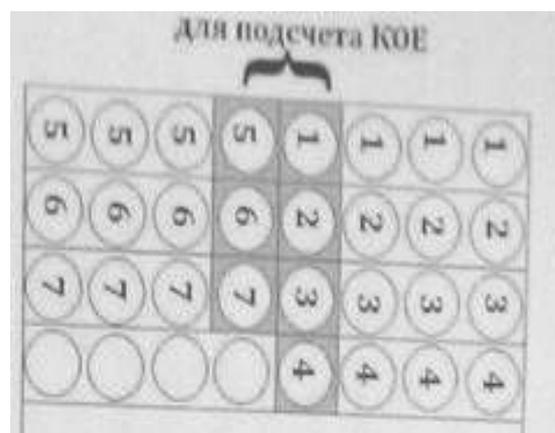


Рисунок 1 – Схема инокуляции лунок планшета для культивирования биопленок железомарганцевых бактерий

Получение биопленок на покровных стеклах в чашках Петри – параллельно с посевом на планшеты проводят выращивание биопленок в пластиковых чашках Петри для дальнейшей визуализации. Для каждого образца воды необходимо 4 чашки Петри. Выращивание биопленок ведут 10 дней. На дно чашек опускают при помощи пинцета стерильные обезжиренные покровные стекла. Вносим в образец воды 0,2 мл питательной среды (суспензии микроорганизма). Далее инкубируют 4 ч при температуре 27°C и добавляют свежую питательную среду до 2 мл. Учет результатов производят через 10 суток инкубирования из первых чашек Петри (визуализируем биопленку в световой микроскоп).

По уровню адсорбции красителя этанолом, измеренному в единицах оптической плотности (OD630) на фотометре ELx808 (BioTek, США), при длине волны 630 нм оценивают активность формирования биопленки. Для интерпретации полученных данных определяют способность железомарганцевых бактерий формировать биопленки в соответствии со следующими критериями: при значениях OD630 ниже 0,090 принято считать, что штаммы не обладают способностью к образованию биопленки; при 0,090 < OD630 ≤ 0,180 – штаммы обладают слабой; при 0,180 < OD630 ≤ 0,360 – средней; при OD630 > 0,360 – высокой способностью к образованию биопленки.

Ассоциации железо-марганцевых бактерий *in vitro* получают путем смешивания суточных культур штаммов в соотношении 1:1 в лунках планшетов.

5 **Методика выделения и культивирования железобактерий на минеральных средах, содержащих соли железа:** среда Лиске (для *Gallionella*) – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 1,5; KCl – 1,05; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,05; K_2HPO_4 – 0,05; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,01; дистиллированная вода – 1 л. Отдельно стерилизуют измельченную железную проволоку. Перед посевом ее вносят в колбочки (50 мг на 1 колбочку) и засевают образцами воды. Среду Лиске разливают в колбочки тонким слоем и стерилизуют при 1,5 атм. Культивирование ведут при комнатной температуре (или при температуре 10-15°C). Бактерии *Gallionella* образуют на дне колбочки охряные хлопья. Для получения культуры *Leptothrix* применяют агаризованную среду Виноградского с железоаммониевой солью лимонной кислоты. Колонии *Leptothrix* имеют на этой среде коричневую окраску [14].

6 **Методика изучения «микробного пейзажа» на стеклах обрастания:** для прямого микроскопирования стекло обрастания обрабатывают слабым раствором соляной кислоты, промывают водой, сушат, фиксируют и красят генциановым фиолетовым (эритрозин). На препарат наносят каплю иммерсионного масла и микроскопируют, используя иммерсионный объектив и окуляр 10^x. При просмотре препарата обнаруживают ярко окрашенные клетки или цепочки клеток, расположенные внутри бесцветных нитей или вышедшие из них. Подсчитывают клетки в поле зрения микроскопа. Каждое стекло обрастания микроскопируют в трех секторах: левом, среднем и правом по 30 полей зрения в каждом. Общее число полей зрения должно быть не менее 400. Пересчитывают количество объектов на площадь поверхности стекла (определяют плотность популяции) по формуле: $C = S * N / S_0$, где S – площадь, на которую проводится пересчет, см²; N – среднее количество объектов в поле зрения микроскопа; S₀ – площадь поля зрения, см².

Площадь поля зрения микроскопа при данном сочетании объектива и окуляра определяют с помощью объект-микрометра. Для этого объект-микрометр помещают на предметный столик микроскопа, наносят на него каплю иммерсионного масла и определяют вначале диаметр, а затем радиус поля зрения. Найденное значение радиуса подставляют в формулу $S = \pi R^2$. (Например, одно деление объект-микрометра равно 0,01 мм. В поле зрения микроскопа поместилось 10 делений, т.е. диаметр равен 0,1 мм, значит, R будет равно 0,05 мм, а S – 0,0078 мм² (3,14 * 0,05²)).

7 **Методика статистической обработки данных модельных экспериментов:** метод «хи-квадрат» (χ^2) – для расчёта методом χ^2 необходимо построить четырёхпольную решётку количества наблюдений за наличием и отсутствием на стеклах обрастания железо- и серобактерий.

Далее рассчитывают индекс ассоциативности (r_4).

$$r_4 = \frac{|a \times d - b \times c| - n/2}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}}$$

где a – число полей зрения, где встречаются железо- и серобактерии;

b – число полей зрения, где нет серобактерий и есть железобактерии;

c – число полей зрения, где нет железобактерий и есть серобактерии;

d – число полей зрения, где нет железо- и серобактерий;

n – число полей зрения.

Затем находим χ^2 .

$$\chi^2 = n \times r_4^2$$

где n – число полей зрения;

r_4 – индекс ассоциативности.

Полученные результаты необходимы для оценки взаимосвязи между ассоциациями железо- и серобактерий [6].

Список литературы

- 1 Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. – Москва : Наука, 2007. – 403 с.
- 2 Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. – Москва : Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
- 3 ГОСТ 18963-73 Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа / Санитарно-экологические нормативы качества воды (Сборник материалов). – Москва : Промэкознание, 1992. – 239 с.
- 4 Евсеев В. В. Лабораторный практикум по экологии микроорганизмов. – Курган : Изд-во КГУ, 2007. – 128 с.
- 5 Закарян Э. Л., Виссарионова М. Е., Бородин Т. Ю., Митрофанов П. Г., Мамонтов Ю. И. К вопросу о качестве питьевой воды в стужгородке Лесники // Экология и здоровье: материалы научно-практической конференции. – Курган : ИПП «Зауралье», 1996. – С. 87-89.
- 6 Кожевин П. А. Микробные популяции в природе. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 175 с.
- 7 Козлов М. Н., Дорофеев А. Г., Асеева В. Г. Микробиологический контроль активного шла биореакторов очистки сточных вод от биогенных элементов. – Москва : Наука, 2012. – 80 с.
- 8 Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов (1981 г.) // Санитарно-экологические нормативы качества воды (Сборник материалов). – Москва : Промэкознание, 1992. – 239 с.
- 9 Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1989. – 279 с.
- 10 Никитина З. И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 222 с.
- 11 Определитель бактерий Берджи : в 2 т. – Москва : Мир, 1997. – Т. 2. – 329 с.
- 12 Пиневич А. В. Микробиология железа и марганца. – Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2005. – 374 с.
- 13 Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. – Москва : Изд-во «Наука», 1980. – 240 с.
- 14 Сэги Й. Методы почвенной микробиологии / под ред. Г. С. Муромцева. – Москва, 1983.
- 15 Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева. Практикум по микробиологии : учебное пособие для вузов / под ред. Шильниковой В. К. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Дрофа, 2004. – 256 с.
16. Экология микроорганизмов / под ред. А. И. Нетрусова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.

Евсеев В.В.

*Курганский государственный университет
Порсев И.Н., Малинников А.А., Субботин И.А.,
Исаенко В.А.*

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган

КОРНЕВЫЕ ГНИЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Исследована сезонная динамика, проведен комплексный мониторинг, уточнена этиология корневых гнилей яровой пшеницы в условиях перехода на ресурсосберегающие технологии обработки почвы в Курганской области. Отмечено изменение соотношения в видовой структуре комплекса возбудителей корневых гнилей зерновых культур с превалированием микромицетов рода *Fusarium*. Показано, что значительное развитие корневых инфекций в почвах Курганской области связано с высокой насыщенностью севооборотов восприимчивыми к ним культурами, недостаточно высоким антагонистическим потенциалом полезной сапротрофной микрофлоры. Вместе с тем региональные технологии возделывания яровой пшеницы способны оказывать существенное влияние на фитосанитарное состояние почвы и растений. Высокой эффективностью в борьбе с корневыми гнилями отличается протравливание семян.

Ключевые слова: яровая пшеница, фунгициды, корневые гнили, урожайность, качество зерна.

Yevsejev V.V.

*Kurgan State University,
Porsev I.N., Malinnikov A.A., Subbotin I.A.,
Isaenko V.A.*

T.S. Maltsev Kurgan State Agricultural Academy

THE ROOT ROT OF SPRING WHEAT IN CONDITIONS OF REGIONAL AGRARIAN TECHNOLOGIES

Abstract. Seasonal dynamics is investigated, a complex monitoring is carried out, the etiology of root rot of spring wheat is clarified in conditions of transition to resource-saving technologies of soil treatment in the Kurgan region. Modification in proportion in species composition of the complex of root rot pathogens of cereal crops is marked with the prevalence of micromycetes of the genus *Fusarium*. It is shown that a significant development of root infections in the soils of the Kurgan region is connected with high satiation of crop rotation with susceptible crops, insufficiently high antagonistic potential useful saprotrophic microflora. At the same time, regional technology of spring wheat cultivation can have a

significant impact on phytosanitary condition of the soil and plants. High efficiency in protection from root rots of wheat is different from seed treatment.

Keywords: spring wheat, efficiency, fungicides, root rot, yield, quality of crops.

Введение. Современный этап развития земледелия в регионах неустойчивого увлажнения характеризуется двумя особенностями, значимыми для защиты растений: специализацией в возделывании одной культуры и минимизацией обработки почвы. Среди фитосанитарных проблем в технологиях возделывания яровой пшеницы особую значимость имеют корневые гнили, которые ежегодно снижают урожайность яровой пшеницы на 25% и более, вызывая изреживание посевов, угнетение роста, нарушение динамики органогенеза растений, ухудшение формирования элементов структуры урожайности, значительное снижение качества продукции. Развитие этой группы болезней в Зауралье давно уже носит характер медленной эпифитотии: до 80% площадей, занятых зерновыми культурами, заселены возбудителями корневых гнилей выше пороговых значений и имеют значительный многолетний запас (банк) семян сорняков в почве [1; 5]. В связи с этим работы по выявлению видового состава патогенного комплекса микромицетов, паразитирующих на корневой системе и прикорневой части стебля культурных злаков, изучению специфики биодинамики популяций возбудителей корневых гнилей и сапротрофной почвенной микрофлоры в условиях региональных агротехнологий, отличаются высокой актуальностью.

Методика исследований. Видовой состав патогенного комплекса возбудителей корневых гнилей пшеницы устанавливали стандартными методами. Органотропную специализацию и идентификацию грибов проводили в чашках Петри на 5-7 сутки культивирования [9]. Определение уровня заселенности почвы основным возбудителем корневой гнили – *Bipolaris sorokiniana* – вели методом флотации по R.J. Ledinham, S.H.F. Chinn [10].

Микробиологический анализ почв проводили с использованием общепринятой методики серийных разведений [4].

Бактерии, ассимилирующие органические формы азота, учитывают на мясо-пептонном агаре (МПА), актиномицеты и бактерии, использующие минеральные формы азота, – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофилы – на безазотной среде Эшби, олиготрофы – на голодном или почвенном агаре (ПА), грибы – на подкисленной среде Чапека.

Испытания современных фунгицидных протравителей семян проведены в 2013-2015 годах на Далматовском ГСУ Курганской области, производственные опыты в ООО «Рассвет» Шадринского района Курганской области. Фитоэкспертизу семян яровой пшеницы проводили методом рулонов, учет корневых гнилей – дифференцировано

по органам по методике В.А. Чулкиной, учет элементов структуры урожая – общепринятым методом. Полевые опыты закладывали по методикам государственного сортоиспытания. Размер делянки 50 м², повторность 4-кратная, размещение рендомизированное, предшественник – пар, в производственном испытании – предшественник яровая пшеница после пара. Посев сортов яровой пшеницы производили в третьей декаде мая с нормой высева 5 млн всхожих зёрен/га. Посев рядовой сеялкой СН-16 в производственных опытах посевным комплексом Джон Дир 1890. Объектом исследования в опыте с протравителями выступал сорт яровой пшеницы Тулеевская [3, 6-8]. Оценивалась эффективность применения протравителей: Скарлет, МЭ (микроэмульсия) – 0,4 л/т; Поларис, МЭ – 1,5 л/т; Бенефис, МЭ – 0,8 л/т (АО «Щёлково Агрохим», Россия); Кинто Дуо, КС (концентрат суспензия) – 2,5 л/т и Иншур Перформ, КС – 0,6 л/т (БАСФ, Германия). Особенность проведения производственных опытов в 2015 году состояла в том, что в схему был включён новый инсекто-фунгицидный протравитель Туарег, СМЭ – 1,4 л/т производства АО «Щёлково Агрохим» [6-8].

Все учеты и наблюдения были проведены по методическим указаниям по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур (1985) и ВИЗРа. Уборка проводилась комбайном САМПО. При статистической обработке данных использовали пакет SNEDECOR.

Результаты исследований. Нами исследована сезонная динамика, проведен комплексный мониторинг корневых гнилей и уточнена этиология корневых гнилей яровой пшеницы с переходом на ресурсосберегающие обработки почвы в Курганской области. Отмечено изменение соотношения темноцветных и светлоокрашенных гифомицетов в пользу грибов рода *Fusarium*, особенно на первичных корнях. Грибы рода *Fusarium* существуют в почве постоянно. Поражение растений возникает в условиях, способствующих угнетению растений (глубокая заделка семян, тяжелые почвы, холодные температуры, избыточное или недостаточное обеспеченность влагой и питательными веществами и пр). Фузариозы проявляются в нескольких формах: гниль корней и загнивание всходов, трахеомикоз или фузариозное сосудистое увядание и пр. Трахеомикозное увядание растений проявляется в период всходов, но чаще болезнь поражает растения на более поздних фазах их развития. Для болезни характерны потеря тургора листьев, их пожелтение, увядание и полное усыхание. Увядание часто проявляется очагами. Гибель растений, пораженных трахеомикозным увяданием, происходит преимущественно за счет токсинов, а также вследствие закупорки проводящих сосудов гифами гриба. Гриб способен распространяться по сосудам вверх.

В исследуемых нами образцах в наибольшем количестве обнаружены грибы *Fusarium avena-*

ceum (и/или *Fusarium tricinctum*, *Fusarium acuminatum*, *Fusarium torulosum*), продуцирующие токсины монилиформин, фузарин С, зеараленон. Несколько реже выделялся из растительных тканей и образцов почв *Fusarium culmorum*, продуцирующий токсины DON, ниваленон, фузаренон Х, фузарин С, зеараленон и *Fusarium sporotrichioides* (и/или *Fusarium langsethiae*), вырабатывающий Т-2, HT-2, DAS, зеараленон и фузарин С.

Штаммы *Fusarium culmorum* формировали на питательных средах развитый хлопьевидный, рыхлопушистый воздушный мицелий белой или охряной окраски (рисунок 1). Макроконидии веретеновидно-серповидные, слабо изогнуты, широкие с 3-5 перегородками, ножка в виде сосочка, апикальная клетка суженная. Хламидоспоры в цепочках или клубочках.

Для *F. sporotrichioides* был характерен пушистый воздушный мицелий, бело-розовый, позднее розоватый, карминовый. Этот гриб формирует два типа микроконидий – грушевидные (лимоновидные) и веретеновидные. Макроконидии эллиптически изогнутые, с 3-5 перегородками. Хламидоспоры интеркалярные, охряные или светло-коричневые (рисунок 2).



Рисунок 1 – Колония *F. culmorum* («Олимпус Е 400», оригинал; фото проф. В.В. Евсеева)

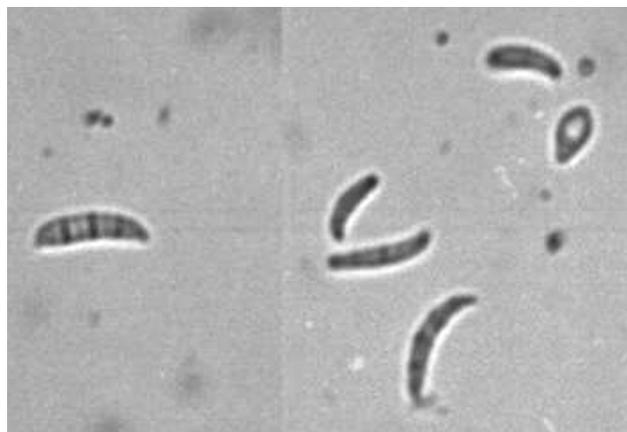


Рисунок 2 – *F. sporotrichioides*: грушевидные микроконидии и макроконидии с короткой, сильно изогнутой апикальной клеткой (Об. 20^х, ок. 15^х; оригинал; фото проф. В.В. Евсеева)

Другие виды фузариумов, в частности *Fusarium poae*, встречались редко.

Выявлена высокая заселенность зональных почв конидиями *B. sorokiniana*. Во все годы исследований (рисунок 3) заселенность почв грибом *Bipolaris sorokiniana* в полевых севооборотах превышала верхний предел порога вредоносности для выщелоченного чернозема (20-40 конидий/г почвы) в 2,2-14,5 раз.

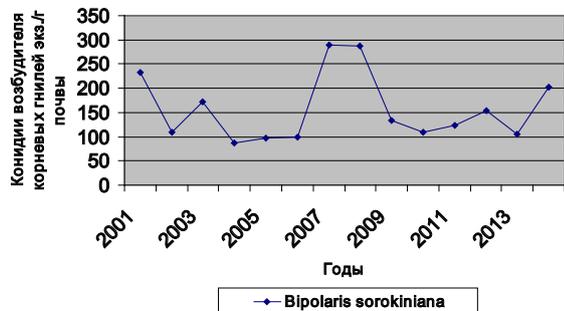


Рисунок 3 – Многолетняя динамика заселенности почв возбудителем обыкновенной корневой гнили – *Bipolaris sorokiniana* в агроэкосистемах полевых севооборотов северо-западной зоны Курганской области

Современные региональные технологии возделывания яровой пшеницы характеризуются значительным разнообразием, включают широкий набор предшественников, приемов обработки почвы, систем органоминерального питания, а также сортовой агротехники, оказывающих существенное влияние на фитосанитарное состояние почвы и растений [5].

Механизм действия агротехнических приемов связан с ограничением длительности выживания фитопатогенов в почве, повышением численности и активности антагонистов, а также повышением устойчивости и выносливости растений к фитопатогенам. При внесении соломы и растительных остатков для повышения супрессивности почв важно учитывать соотношение C:N. При внесении соломы с высоким (C:N= 80) соотношением углерода к азоту (ячменной, пшеничной) происходит подавление грибов типа *Fusarium solani*, *Ophiobolus graminis*, а с низким (C:N= 18) соотношением (сои, люцерны) подавляется *B. sorokiniana*. Поэтому горох, вика, соя являются одними из лучших фитосанитарных предшественников яровой пшеницы [5].

Наблюдения за фитосанитарным состоянием почвы показывают, что значительно возрастает заселенность почвы конидиями в посевах бесспорной пшеницы, а также при поверхностной обработке по сравнению с отвальной обработкой. Численность конидий варьирует в зависимости от уровня влажности почвы и гидротермических условий года наблюдения и агротехнологий выращивания пшеницы (таблица 1).

Там, где пшеница размещалась по пару и по гороху, в почве к моменту уборки еще сохранялись значительные запасы влаги, что приводило к длительному и эффективному функционированию

антагонистической микрофлоры и существенно-му освобождению почвы от пропагул возбудителя обыкновенной корневой гнили.

Таблица 1 – Фитосанитарное состояние чернозема выщелоченного (опытное поле КГСХА, 2000-2004 гг.; перед уборкой)

Варианты	Количество спор <i>Bipolaris sorokiniana</i> в 1 г возд.-сухой почвы, шт.		Влажность почвы, %
	0-10 см	10-20 см	0-20 см
Поверхностная обработка почвы			
Бесспорная пшеница	80	100	11,9
Пшеница в севообороте	60	80	13,7
Отвальная обработка почвы			
Бесспорная пшеница	60	60	16,1
Пшеница по пару	20	29	25,3
Пшеница по пшенице	40	70	18,0
Пшеница по гороху	8	20	21,3

Среди антагонистов возбудителей корневых гнилей следует отметить группу аммонификаторов, хемоорганотрофных микроорганизмов, участвующих в минерализации белоксодержащих субстратов (органических остатков растительного, животного и микробного происхождения), а также карбамида, хитина. Основная роль аммонификаторов заключается в формировании благоприятного пищевого режима растений, однако они заслуживают особого внимания специалистов по защите растений как группировка прокариот, обладающая выраженными антагонистическими свойствами в отношении фитопатогенных грибов.

Важную роль в почве выполняет группировка азотфиксаторов и олигонитрофилов, так как биологическая азотфиксация – самый экологичный способ обеспечения растений азотом. Многие из этих бактерий также являются антагонистами возбудителя корневой гнили, но весьма чувствительны к недостатку влаги в почве.

Мощными антагонистами в отношении возбудителя обыкновенной корневой гнили выступают актиномицеты. Они прекрасно переносят высыхание почвы и не теряют своей активности в условиях низкой влажности почвы. Динамика их численности зависит от количества и химического состава органических остатков и гумуса.

Многочисленной и полифункциональной группой почвенного микронаселения являются бактерии-олиготрофы. Бактерии данной группы характеризуются способностью к использованию источников энергии содержащихся в среде в ничтожной концентрации. Подобно актиномицетам они могут проявлять антагонистические свойства в отношении возбудителя корневой гнили.

Корреляционный анализ связи численности основных эколого-трофических групп бактерий с показателем влажности верхнего слоя почвы (0-20 см) выявил довольно тесную зависимость (таблица 2).

Наблюдения за влиянием влажности почвы на жизнедеятельность популяции возбудителя обыкновенной корневой гнили и ассоциаций почвенных бактерий показали, что фитопатоген прекрасно адаптирован к условиям почвенной засухи. При влажности почвы, близкой к влажности устойчивого завядания растений (5,5-13,5%) он практически не имеет конкурентов среди почвенных бактерий-антагонистов (за исключением актиномицетов). Но это вовсе не означает, что численность популяции возбудителя корневой гнили нельзя успешно контролировать в жестких климатических условиях Зауралья с помощью сапротрофной микрофлоры. Любой агротехнический прием, направленный на поддержание влажности верхнего слоя почвы в пределах 20,0-25,0%, будет способствовать активации антагонистов и существенному очищению почвы от пропагул возбудителя корневой гнили [2].

Однако в условиях недостаточного увлажнения и периодического пересыхания верхнего слоя почвы ни в коем случае не стоит сбрасывать со счетов такой прием защиты растений от корневых гнилей как протравливание семян. Поэтому в задачу наших исследований входило определение эффективности протравителей семян и влияние их на качество зерна яровой пшеницы [3].

Применение современных протравителей позволило достоверно повысить урожайность по

всем вариантам (таблица 3). Так по препарату Скарлет, МЭ получена урожайность 25,6 ц/га, по препаратам Бенефис, МЭ и Поларис, МЭ – 25,2 ц/га, по препарату Кинто Дуо, КС – 24,6 ц/га, Иншур Перформ, КС – 24,8 ц/га.

Наибольшая хозяйственная эффективность получена по препаратам АО «Щёлково Агрохим» от 111,5% по препаратам Поларис, МЭ и Бенефис, МЭ до 113% по препарату Скарлет, МЭ. Все препараты показали очень высокую хозяйственную эффективность.

Как известно, при относительно высокой урожайности зерно яровой пшеницы может иметь низкое содержание белка, что существенно снижает его качество. Применение протравителей семян позволило значительно улучшить потребительскую ценность зерна пшеницы, которая зависит, главным образом, от технологических свойств. Возросли содержание клейковины, белка, сила муки (таблица 4).

Негативное воздействие корневых гнилей на качество зерна яровой пшеницы проявилось лишь в контроле. Это выразилось в снижении содержания клейковины в зерне контрольного варианта и снижении натуры за счёт преобладания щуплых зёрен.

Заключение

Многолетний мониторинг за видовым составом и развитием возбудителей корневых гнилей

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между численностью основных групп почвенных бактерий и влажностью почвы

Экологический фактор	Основные эколого-трофические группы бактерий			
	аммонификаторы	олиготрофы	актиномицеты	олигонитрофилы
Влажность почвы	$r = 0,66 \pm 0,16$; $t_{\text{ф}} = 4,12$	$r = 0,79 \pm 0,13$; $t_{\text{ф}} = 6,11$	$r = 0,39 \pm 0,20$; $t_{\text{ф}} = 1,96$	$r = 0,70 \pm 0,15$; $t_{\text{ф}} = 4,61$

Таблица 3 – Влияние протравителей на урожайность яровой пшеницы сорта Тулеевская (Далматовский ГСУ)

Вариант	Урожайность					
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее		
	ц/га	ц/га	ц/га	ц/га	+ к конт-ролю, ц/га	+ к конт-ролю, %
Контроль	13,8	23,5	30,5	22,6	-	-
Скарлет, МЭ	15,8	26,6	34,3	25,6	3,0	13,3
Иншур Перформ, КС	15,7	25,2	33,4	24,8	2,2	9,7
Бенефис, МЭ	16,3	25,7	33,6	25,2	2,6	10,3
Кинто Дуо, КС	15,5	25,3	32,9	24,6	2,0	8,8
Поларис, МЭ	15,8	25,3	34,4	25,2	2,6	10,3
НСР 05	1,10	1,17	1,05		1,1	

Таблица 4 – Определение содержания и качества сырой клейковины в зерне пшеницы Тулеевская в зависимости от протравителя

Вариант	Содержание сырой клейковины, %	Качество клейковины на приборе, ИДК-1, е.п.	Группа качества клейковины	Натура, г/л
Контроль	21,9	80	2	735
Скарлет, МЭ, 0,4 л/т	24,8	85	2	780
Иншур Перформ, КС, 0,6 л/т	24,0	80	2	772
Бенефис, МЭ, 0,8 л/т	24,8	80	2	785
Кинто Дуо, КС, 2,5 л/т	23,2	75	1	780
Поларис, МЭ, 1,2 л/т	23,6	70	1	785
Туарег, СМЭ, 1,4 л/т	25,6	90	2	790
НСР05	0,6			

яровой пшеницы показал доминирование среди грибных патогенов, приуроченных к корневой системе пшеницы и растительным остаткам, представителей рода *Fusarium*, среди которых высокой частотой встречаемости отличаются *F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. acuminatum* и *F. torulosum*. Все обнаруженные грибы являются продуцентами токсинов, которые не только провоцируют гибель посевов, но и представляют опасность для жизни и здоровья сельскохозяйственных животных и человека. Выявлена высокая заселенность зональных почв конидиями *B. sorokiniana*, что связано с пониженной антагонистической активностью основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в условиях недостаточного увлажнения корнеобитаемого слоя почвы.

Для сдерживания развития корневых гнилей зерновых культур необходимо соблюдение севооборота и других рекомендуемых агротехнических приемов, оптимальные сроки сева, своевременная уборка и сушка зерна; протравливание семян, использование устойчивых сортов, подбор эффективных биопрепаратов для оздоровления биоценоза в целом. Любой агротехнический прием, направленный на поддержание влажности верхнего слоя почвы в пределах 20,0-25,0%, будет способствовать активации антагонистов и существенному очищению почвы от пропагул возбудителей корневой гнили.

В рамках региональных агротехнологий по-прежнему высоко эффективным приемом в борьбе с корневыми гнилями остается протравливание семян перед посевом. Отмечено положительное влияние всех фунгицидных протравителей, особенно препаратов Скарлет, МЭ, Бенефис, МЭ и Поларис, МЭ, на урожайность и качество зерна пшеницы.

Список литературы

- 1 Евсеев В. В. Фитосанитарный мониторинг почв агроландшафтов Курганской области // Вестник защиты растений. – 2014. – № 2. – С. 58-63.
- 2 Евсеев В. В. Экологически безопасная защита зерновых культур от болезней. – Saarbrücken, Deutschland: Verlag Palmarium Academic Publishing, 2015. – 272 с.
- 3 Малинников А. А., Порсев И. Н., Евсеев В. В. Эффективность современных протравителей семян яровой пшеницы // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Естественные науки». – 2013. – № 3 (30). – Вып. 6. – С. 114-116.
- 4 Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – Москва : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
- 5 Немченко В. В. и др. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях. – Куртамыш : ГУП «Куртамышская типография», 2011. – 525 с.
- 6 Порсев И. Н., Торопова Е. Ю., Малинников А. А. Эффективность протравителей семян в ограничении корневых гнилей яровой пшеницы // Защита и карантин растений. – 2016. – № 2. – С. 24-25.
- 7 Порсев И. Н., Малинников А. А., Торопова Е. Ю., Субботин И. А. Испытание инновационных протравителей в производственных условиях ООО «Рассвет» Шадринского района Курганской области // Вестник Курганской ГСХА. – 2016. – № 3. – С. 47-51.
- 8 Порсев И. Н., Торопова Е. Ю., Исаенко В. А., Малинников А. А., Субботин И. А. Корневые гнили яровой

пшеницы в Зауралье и меры борьбы с ними // АПК России. – 2017. – Т.24. №1. – С.212-219.

9 Шпилова Н. П., Иващенко В. Г. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах. – Санкт-Петербурге : ВИЗР, 2008. – 84 с.

10 Ledingham R.J., Chinn S.H.F. A flotation method for obtaining spores of *Helminthosporium sativum* from soil // Can. J. Botany. 1955. 33. P. 298-303.

УДК 581.1

Меньщикова Я.В., Лушникова Т.А.
Курганский государственный университет,
Курган

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ РАСТВОРАМИ ЦИРКОНА И СУЛЬФАТА КАЛИЯ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРЦЕВ И ТОМАТОВ

Аннотация. Обработка растворами регулятора роста циркон и сульфата калия стимулирует рост и повышает урожайность и качество плодов перцев и томатов.

Ключевые слова: томаты, перец, регуляторы роста, калий, рост, урожайность.

Menshchikova Y.V., Lushnikova T.A.
Kurgan State University, Kurgan

INFLUENCE OF NONROOT PROCESSING WITH SOLUTIONS OF ZIRCON AND SULPHATE POTASSIUM ON GROWTH AND PRODUCTIVITY PEPPER AND TOMATO

Abstract. Processing with regulators of growth - zircon and sulphate potassium – initiates the growth and raises the productivity and quality of pepper and tomato fruits.

Keywords: tomatoes, pepper, regulators of growth, potassium, growth, productivity.

Введение

Овощеводство является одним из важнейших направлений сельского хозяйства, в интересах которого является повышение урожайности. Для этих целей используются различные регуляторы роста и удобрения, которые способствуют интенсификации роста, развития и в результате повышению как количества, так и качества урожая [2; 3; 4].

Цель работы: изучить влияние сульфата калия и синтетического регулятора роста и развития растений «Циркон» при их раздельном и совместном применении на рост и урожайность томатов сорта Джина и перцев сорта Калифорнийское чудо.

Методы исследования

Полевой опыт проводился на базе личного подсобного хозяйства (г. Курган) в течении 2016-2017 гг. Выращивание перца сладкого и томатов проводилось в условиях открытого грунта через рассаду. Обработку растений перца растворами циркона и сульфата калия проводили дважды: 25 марта и 29 мая. Обработка томатов также проводилась дважды: 22 апреля и 31 мая. Перцы высаживали в почву 19 мая двурядным способом по схеме 60 x 30, т.е. 6 раст./м², а томаты – 21 мая двурядным способом по схеме 60 x 40, т.е. 4 раст./м². В ходе эксперимента наряду агротехническими мероприятиями проводились наблюдения и учеты биометрических показателей роста растений. Полученные результаты исследования подвергли статистической обработке данных [1].

Результаты исследования и их обсуждение

1 Влияние внекорневой обработки растворами циркона и сульфата калия на рост перцев и томатов

Проведенные измерения высоты побегов перца сладкого и томатов от посева семян до пикировки растений (рисунок 1, 2) показали, что обработка проростков растений растворами циркона и особенно сульфата калия способствовала усилению роста побегов растений. При этом наиболее интенсивным ростом отличались проростки перца и томата, подвергнутые совместной обработке растворами циркона и сульфата калия.

Проведенные измерения после высадки рассады в грунт (рисунок 3, 4) показали, что стимулирующее влияние изучаемых регуляторов на рост побегов сохранилось. Важно отметить, что наиболее высоким ростом отличались растения, подвергнутые совместной обработке растворами циркона и сульфата калия. Интересно отметить, что при совместном применении циркона и сульфата калия их действие на высоту растений перца сладкого и томатов суммировалось, что свидетельствует об аддитивном характере взаимодействия между изучаемыми регуляторами.

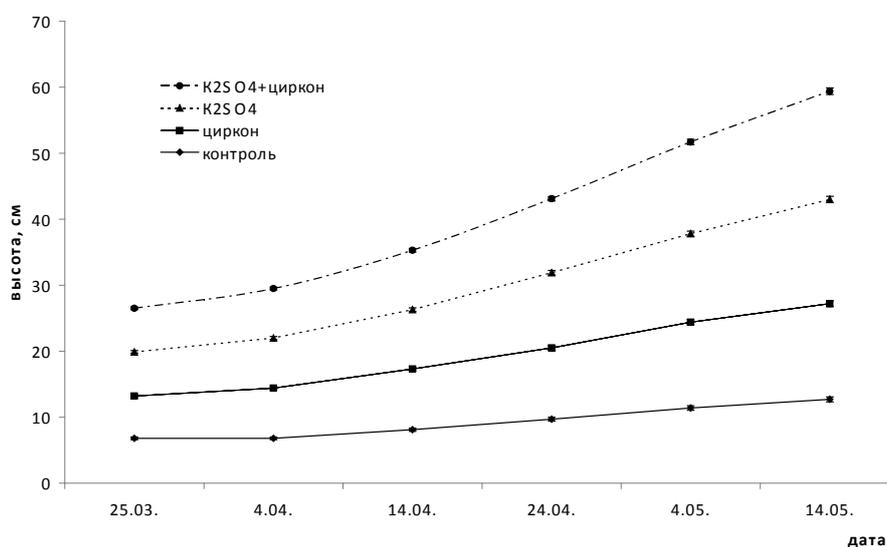


Рисунок 1 – Изменение высоты побегов перца сладкого от посева до высадки в грунт

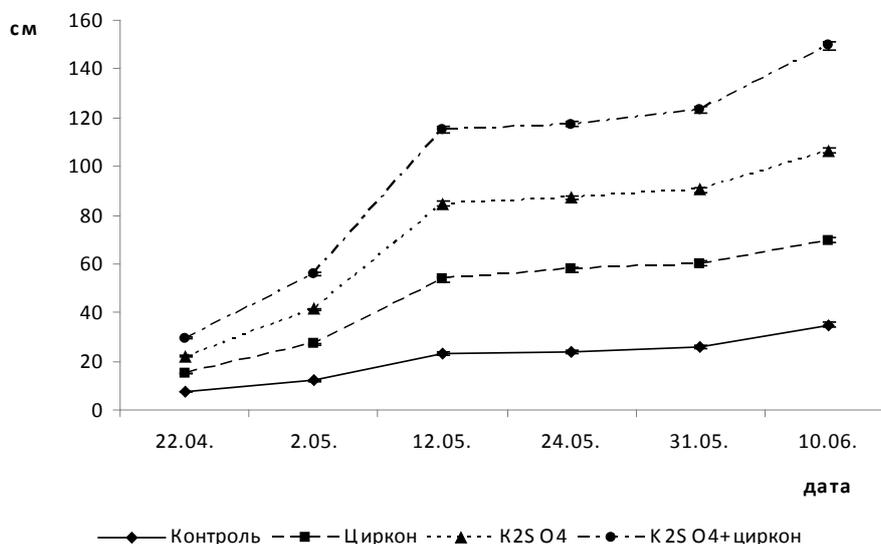


Рисунок 2 – Изменение высоты побегов томатов от посева до высадки в грунт

Измерение размеров листьев на протяжении вегетационного периода показало, что обработка растворами циркона и особенно сульфата калия способствовала увеличению длины и ширины листьев перцев и томатов. При этом наибольшими размерами листовых пластинок отличались растения перца подвергнутые совместной обработке растворами циркона и сульфата калия. Так, например, 4 мая под влиянием обработки сульфатом калия длина листьев увеличилась с 3,3 см до 3,5 см (повышение составило 6%), ширина листьев – с 1,9 см до 2 см (повышение составило 5%); под влиянием обработки раствором циркона длина листьев увеличилась до 3,6 см (повышение составило 9%) и ширина листьев – до 2,1 см (повышение составило 10%); под влиянием одновременной обработки цирконом и сульфатом калия длина листьев увеличилась до 3,8 см (повышение составило 15%), ширина листьев – до 2,3 см (повышение составило 21%). Сходная картина наблюдалась и в

другие даты проведенных измерений. Таким образом, при совместном применении циркона и сульфата калия их действие на размеры листьев растений перца сладкого суммировалось, что говорит об аддитивном характере взаимодействия между изучаемыми регуляторами.

2 Влияние внекорневой обработки растворами циркона и сульфата калия на урожайность перцев и томатов

При анализе структуры урожая нами учитывались число и размеры плодов перца сладкого и томатов. Анализ полученных данных (таблица 1) показал, что наименьшей урожайностью характеризовались растения перца сладкого контрольного варианта. Обработка растений растворами циркона и сульфата калия способствовала увеличению урожайности. Так, урожайность перца сладкого сорта Калифорнийское чудо под влиянием обработки сульфатом калия повысилась с 2,348 кг/м² до 2,668 кг/м², а под влиянием опрыскивания рас-

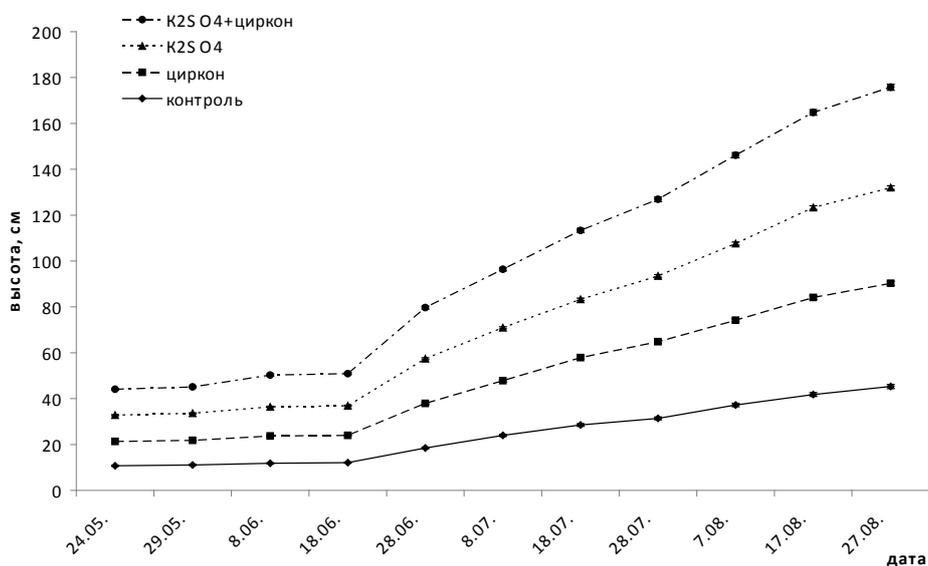


Рисунок 3 – Изменение высоты побегов перца сладкого после высадки в грунт

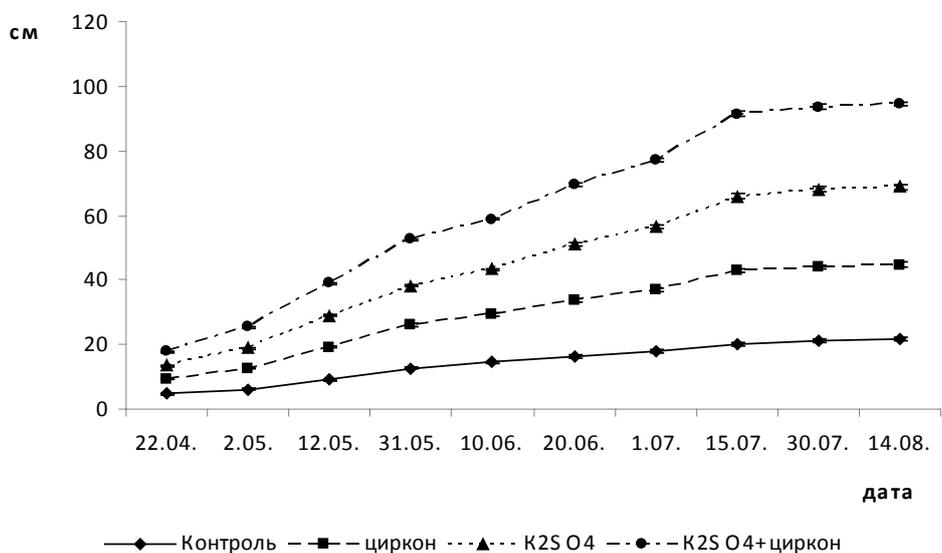


Рисунок 4 – Изменение высоты побегов томатов после высадки в грунт

твором циркона – до 3,275 кг/м². Повышение составило 14% и 40%, соответственно. Повешение урожайности обработанных растений перца сладкого происходило за счет увеличения размеров и числа плодов на кустах. Интересно, что больше всего плодов было у растений перца сладкого, подвергнутого одновременной обработке растворами циркона и сульфата калия. Урожайность в этом варианте опыта составила 4,142 кг/м² (повышение на 76% по сравнению с контрольным вариантом). Таким образом, при совместном применении циркона и сульфата калия их действие на урожайность растений перца сладкого суммировалось, т.е. проявился аддитивный характер взаимодействия между изучаемыми регуляторами. Сходная картина структуры урожая наблюдается и у томатов (таблица 2).

Так, урожайность томатов сорта Джина под влиянием обработки сульфатом калия повысилась на 62%, а под влиянием опрыскивания раствором циркона – на 47%. Повешение урожайности обработанных растений томатов происходило за счет увеличения размеров и числа плодов на кустах. Больше всего плодов было у растений томатов, одновременно обработанных растворами циркона и сульфата калия. Урожайность в этом варианте опыта была наибольшей среди всех опытных вариантов и составила 13,267 кг/м² (повышение составило 161% по сравнению с контрольным вариантом). Таким образом, при совместном применении циркона и сульфата калия их действие на урожайность растений перца сладкого суммировалось, т.е. проявился аддитив-

Таблица 1 – Структура урожая перца сладкого сорта Калифорнийское чудо

Элементы урожайности		Вариант			
		Контроль	Циркон	K ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄ +циркон
Число плодов с 10 растений, шт.	Крупные	2±0,06	3±0,09	5±0,15	10±0,30
		100%	150%	250%	500%
	Средние	25±0,75	38±1,14	27±0,81	35±1,05
		100%	152%	108%	140%
	Мелкие	12±0,36	12±0,31	11±0,33	12±0,36
100%		100%	91,7%	100%	
Всего	40±1,20	53±1,59	43±1,29	57±1,71	
		100%	132,5%	107,5%	142,5%
Масса плодов с 10 растений, кг	Крупные	0,490±0,014	0,623±0,018	1,026±0,030	1,92±0,057
		100%	127,14%	209,39%	391,84%
	Средние	2,805±0,084	4,186±0,125	2,953±0,088	4,360±0,130
		100%	149,23%	105,28%	155,4%
	Мелкие	0,519±0,015	0,650±0,019	0,468±0,014	0,623±0,017
100%		125,24%	90,17%	120%	
Всего	3,913±0,110	5,459±0,165	4,447±0,123	6,903±0,204	
	100%	139,51%	113,65%	176,4%	
Урожайность, кг/м ²		2,348±0,070	3,275±0,098	2,668±0,047	4,142±0,107
		100%	140%	114%	176%

Таблица 2 – Структура урожая томатов сорта Джина

Элементы урожайности		Вариант			
		Контроль	Циркон	K ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄ +циркон
Число плодов с 10 растений, шт.	Крупные	8±0,4	18±0,7	10±0,4	23±1,0
		100%	225%	125%	287,5%
	Средние	31±1	49±2	36±1	58±2
		100%	158,06%	116,13%	187,1%
	Мелкие	120±5	132±6	228±9	369±15
100%		110%	190%	307%	
Итого	159±7	199±8	174±7	450±18	
	100%	119,5%	109,43%	283,02%	
Масса плодов с 10 растений, кг	Крупные	1,656±0,078	3,900±0,102	2,217±0,095	5,222±0,198
		100%	235%	133%	315%
	Средние	4,489±0,201	6,433±0,231	4,978±0,149	8,456±0,321
		100%	143%	110%	188%
	Мелкие	6,533±0,258	8,389±0,401	13,428±0,520	19,491±0,745
100%		128%	205%	298%	
Итого	12,678±0,590	18,722±0,814	20,623±0,872	33,169±1,125	
	100%	147%	162%	261%	
Урожайность, кг/м ²		5,071±0,150	7,488±0,257	8,249±0,328	13,267±0,533
		100%	147%	162%	261%

ный характер взаимодействия между изучаемыми регуляторами.

Сопоставляя полученные результаты во всех опытных вариантах, можно отметить, что томаты оказались наиболее чувствительны к некорневой обработке изучаемыми регуляторами роста.

3 Влияние внекорневой обработки растворами циркона и сульфата калия на биохимические характеристики плодов перцев и томатов

Содержание витаминов обуславливает биологическую ценность плодов перцев и томатов. Большое значение имеет присутствие в плодах витамина С. Определение содержания аскорбиновой кислоты в плодах изучаемых культур (рисунок 5) показало, что в результате обработки растений растворами циркона и сульфата калия её количество значительно повысилось. Наибольшие показатели получились при совместной обработке данными препаратами. Интересно отметить, что в плодах перцев содержание витамина С было значительно выше, чем в плодах томатов.

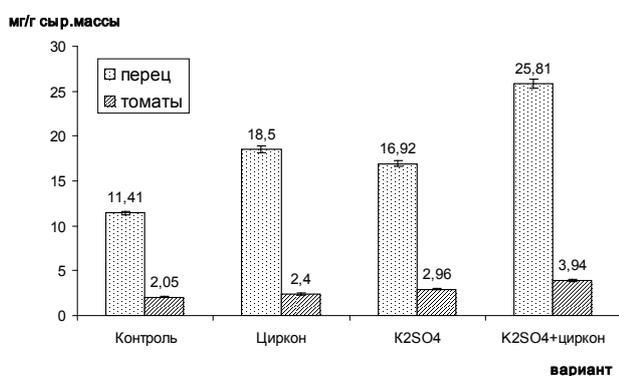


Рисунок 5 – Влияние циркона и сульфата калия на содержание витамина С в плодах перцев и томатов

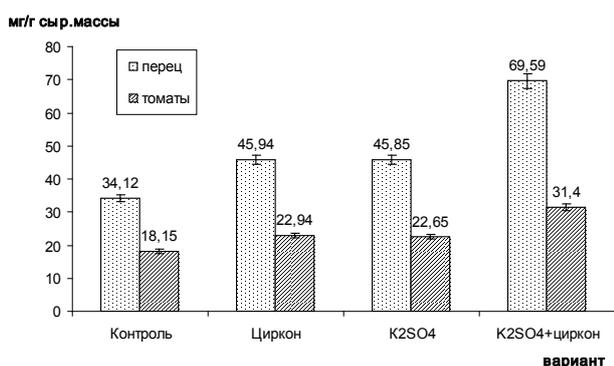


Рисунок 6 – Влияние циркона и сульфата калия на содержание провитамина А в плодах перцев и томатов

Определение содержания β-каротина (провитамина А) в плодах сладкого перца сорта Калифорнийское чудо и плодах томата сорта Джина (рисунок 6) показало, что в результате обработки растений растворами циркона и сульфата калия его количество повысилось во всех опытных вариантах. Наибольшим количеством провитамина А характеризовались плоды растений подвергнутые совместной обработке цирконом и

сульфатом калия. Важно отметить, что в плодах перцев содержание провитамина А также было значительно выше, чем в плодах томатов.

Выводы

Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1 Обработка растений перца сладкого и томатов растворами циркона и сульфата калия активизирует процессы роста, способствуя увеличению высоты побегов, размеров листьев.

2 Сульфат калия оказывает большее влияние на интенсивность роста надземных органов, чем циркон.

3 Опрыскивание растений растворами циркона и сульфата калия способствует повышению урожайности перца сладкого сорта Калифорнийское чудо и томатов сорта Джина.

4 Обработка растений перца и томатов растворами циркона и сульфата калия способствует увеличению содержания витаминов в плодах.

5 Наибольший стимулирующий эффект на рост и урожайность перцев и томатов оказывает одновременная обработка растворами циркона и сульфата калия. При совместном использовании растворами циркона и сульфата калия действие этих регуляторов на рост и урожайность перца суммируется, что говорит об аддитивном характере взаимодействия между изучаемыми регуляторами.

Список литературы

1 Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2 Котов В. П., Адрицкая Н. А., Завялова Т. И.

Биологические основы получения высоких урожаев овощных культур : учебное пособие. – Санкт-Петербург : Изд-во «Лань», 2010 – 128 с.: ил.

3 Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. *Физиология растений*. – Москва : Высшая школа, 2005. – 736 с.

4 *Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / под ред. Н. Н. Третьякова*. – Москва : Колос, 1998. – 640 с.

УДК 004.056.2; 504.064.36; 504.064.38

**Зубов Я.М., Полякова Е.Н., Дик Д.И.,
Человечкова А.В., Москвин В.В.,
Никифорова Т.А., Ревняков Е.Н.**
*Курганский государственный университет,
Курган*

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА РАСТЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются основные концепции системы мониторинга, предлагаемой для контроля микроклимата при выращивании растений. В случае возникновения критических ситуаций указанная система позволит обслуживающему персоналу оперативно предпринять действия, направленные на сохранение оптимальных климатических условий.

Ключевые слова: микроклимат, мониторинг,

система мониторинга, контроль состояния среды, автоматизированная система управления.

*Zubov Y.M., Polyakova E.N., Dik D.I.,
Chelovechkova A.V., Moskvina V.V., Nikiforova T.A.,
Revnyakov Y.N.*
Kurgan State University, Kurgan

MICROCLIMATE MONITORING SYSTEM FOR GROWING PLANTS

Abstract. The article discusses the basic concepts of monitoring system proposed for the control of the microclimate in the cultivation of plants. In case of critical situations the system will allow the maintenance personnel to promptly take actions aimed at preserving optimal climatic conditions.

Keywords: microclimate monitoring, monitoring system, environmental control, automated control system.

Введение

При решении многих задач современной биотехнологии, генетики, физиологии растений и животноводства необходима постановка эксперимента в строго определенных условиях с возможностью фиксации не только конечного результата, но и непосредственно процесса реакции самого объекта. В частности, при клональном микроразмножении растения проходят серию стадий, на каждую из которых оказывают влияние интенсивность различных факторов среды, в первую очередь температуры, влажности, сектора и интенсивности освежения. Регулируя эти параметры и оценивая реакцию на них эксплантов, можно не просто подобрать оптимальные, но и изучить зависимость от среды различных генетических элементов и ферментных систем растений. Наличие камеры искусственного регулируемого микроклимата дает огромные возможности изучения живых организмов. Такая камера должна обеспечивать регулирование показателей микроклимата в широких пределах:

- 1) температура от 0°C до +40°C,
- 2) относительная влажность от 40% до 90%,
- 3) общая освещенность от 0 до 15000 лм,
- 4) регулирования спектра освещения.

В случае нарушения показателей микроклимата под воздействием внешней среды или из-за неполадки камеры искусственного регулирования должна обеспечиваться возможность оперативно реагирования обслуживающего персонала на возникновение отклонений.

Аналогично в процессе выращивания растений в теплицах часто возникают трудности при поддержании требуемых микроклиматических показателей в сооружении. Это положение часто усугубляется отсутствием обслуживающего персонала в течение определенного времени. При этом возможно, например, замерзание растений при снижении температур в рабочих зонах таких

сооружений, увядание их при перегреве из-за высокого уровня солнечной радиации в теплице в дневные часы и т.д.

Для решения указанных проблем необходимо обеспечить постоянное поступление в центр управления (ЦУ) данных о показателях микроклимата. Эта проблема может быть решена с помощью автоматизированной системы управления и сбора данных (АСУСБ). АСУСБ обеспечивает оперативность сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга, а также при необходимости возможность оперативного управления микроклиматом оператором.

Функциональная модель модуля системы мониторинга

Представленные на общедоступном рынке системы мониторинга имеют значительную стоимость. Поэтому для удешевления системы было принято решение использовать в качестве ядра АСУСБ популярное программное обеспечение мониторинга с открытым исходным кодом Zabbix. Использование указанного программного обеспечения позволит существенно сократить стоимость разработки и повысить ее надежность. Программное обеспечение Zabbix было выбрано, поскольку оно дает возможность вести мониторинг многочисленных параметров сети, жизнеспособности и целостности серверов. Zabbix использует гибкий механизм оповещений, что позволяет пользователям конфигурировать уведомления, основанные на e-mail, практически для любого события. Это позволяет быстро реагировать на проблемы с серверами. Zabbix предлагает отличные функции отчетности и визуализации, основанные на данных истории. Веб-интерфейс обеспечивает доступ к информации о состоянии вашей сети и жизнеспособности ваших серверов из любого места. Правильно настроенный Zabbix может сыграть важную роль в мониторинге ИТ-инфраструктуры. Это может быть использовано и для небольших организаций с несколькими серверами, и для крупных организаций с большим количеством серверов [1].

Были выделены следующие задачи:

- провести сравнительный анализ систем мониторинга и контроля микроклимата;
- сформулировать требования к системе мониторинга и контроля микроклимата;
- создать эскизный проект системы мониторинга и контроля микроклимата;
- создать технический проект системы контроля микроклимата;
- разработать программный комплекс системы контроля микроклимата;
- выполнить тестирование и отладку программного комплекса.

На основе проведенного анализа поставленных перед нами задач была построена функциональная модель [2] разрабатываемой системы (рисунок 1). Система состоит из датчиков, под-

ключаемых к агентам сбора информации. Агенты сбора передают информацию на Zabbix сервер, который используется для просмотра состояния АСУСБ операторами системы.

В рамках определения требований к системе была разработана диаграмма вариантов использования (рисунок 2). С системой могут работать два действующих лица:

– администратор, отвечающий за конфигурирование системы;

– пользователь, осуществляющий мониторинг микроклимата и при необходимости оперативное управление.

Исходя из выявленных требований, был разработан и реализован прототип системы на базе платформы Arduino [3].

Результаты тестирования системы мониторинга

В качестве тестовой проверки предложенной системы мониторинга микроклимата были прове-

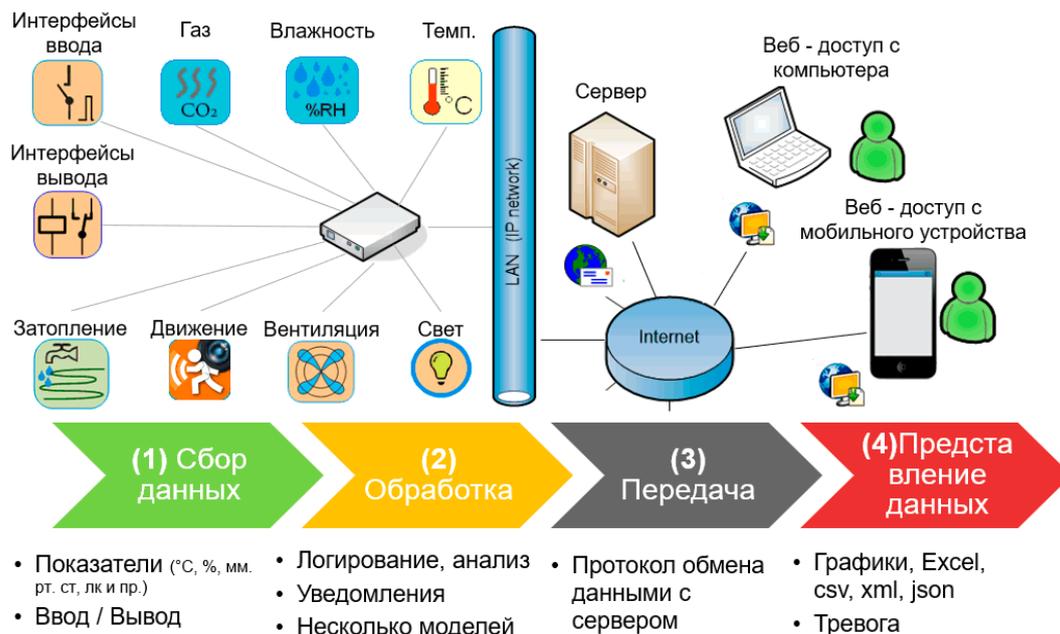


Рисунок 1 – Функциональная модель

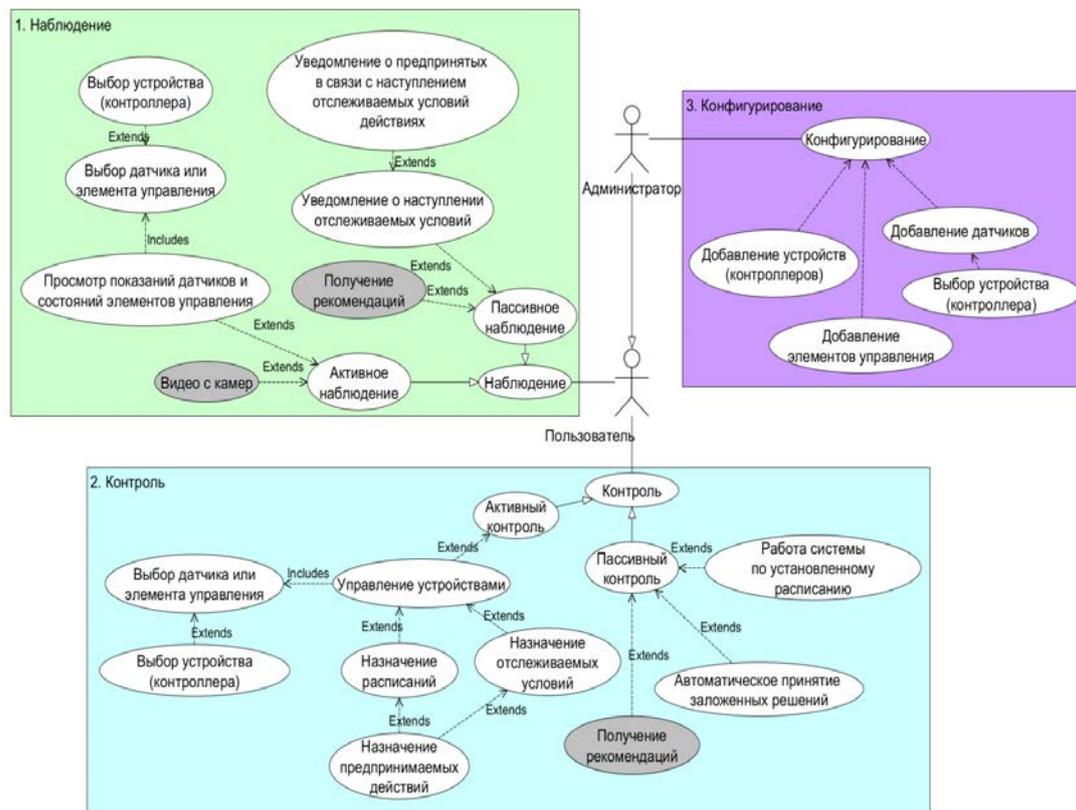


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования

дены тестовые испытания, заключавшиеся в продолжительном пребывании системы в состоянии штатного функционирования. В этом состоянии происходило регулярное считывание показаний датчиков и обновление полученных данных на сервере, доступном в сети Интернет.

Предоставляемый сервером веб-интерфейс отображает графики различных условий микроклимата: температуры и влажности (рисунок 3); концентрации углекислого газа (рисунок 4). Также можно наблюдать наличие движения на подконтрольном объекте (рисунок 5). Отображение можно редактировать: изменять охватываемый

период времени, формат вывода графической информации. Время хранения данных в базе данных можно задать отдельно для каждого датчика. У пользователя есть возможность создать триггеры на заданные граничные показания и настроить оповещение на почту или через SMS.

В предлагаемой системе с помощью установленных на объекте датчиков будут измеряться внешние метеорологические параметры. Для каждого измеряемого внутри объекта параметра можно будет установить контрольные и аварийные границы, что позволит автоматически отслеживать состояние микроклимата на объекте и сво-

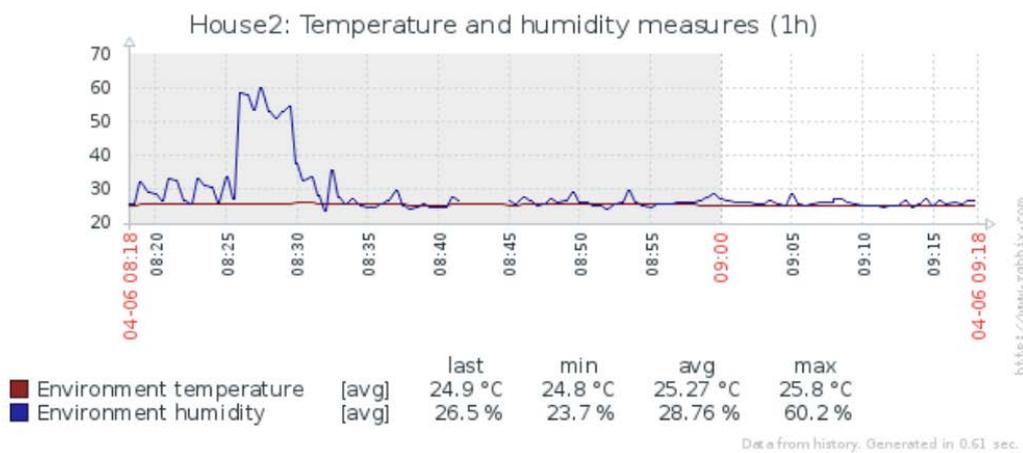


Рисунок 3 – График температуры и влажности

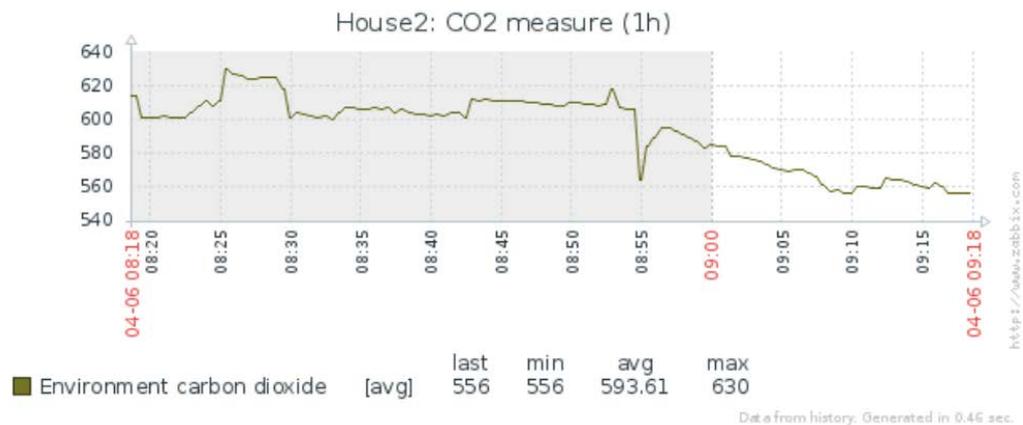


Рисунок 4 – График концентрации углекислого газа в воздухе

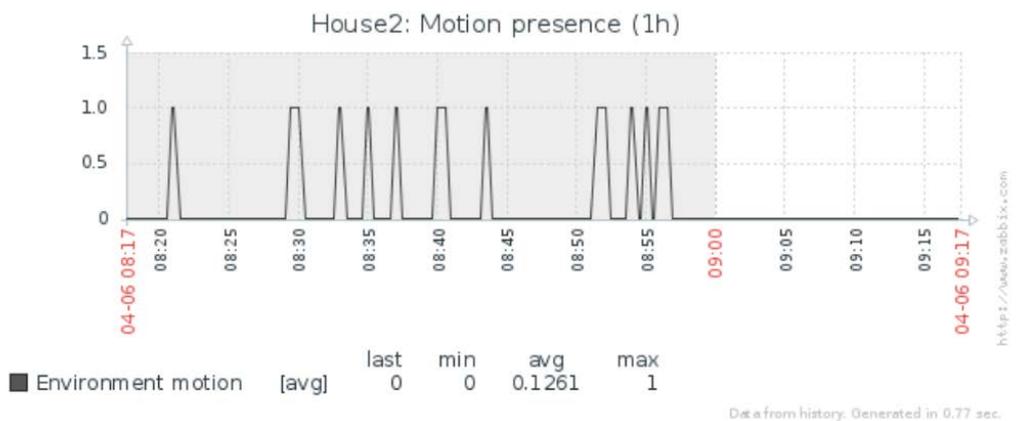


Рисунок 5 – График наличия движения

евременно сигнализировать об отклонениях от оптимального состояния. Благодаря мониторингу показаний датчиков центр управления может предпринять действия, направленные на обеспечение оптимальных условий работы для объекта мониторинга.

Заключение

Для решения поставленных задач использовались методы системного анализа, а также современные методы выявления требований в программных системах. Процесс проектирования структуры был начат с представления системы на понижающихся уровнях абстракции с использованием современных средств моделирования систем, таких как язык UML. Процесс разработки проходит при поддержке современного прикладного программного обеспечения, исполняющего функции систем контроля версий, интегрированных сред разработки. Разработка системы опирается на современные стандарты в сфере проводной и беспроводной связи.

Была произведена работа по изучению, исследованию и тестированию различных аппаратных решений, используемых в системах автоматизации, контроля, в системах умного дома. Произведен анализ рынка АСУСБ, выявлены преимущества и недостатки представленных программных и аппаратных решений. Изучены различные аспекты идентификации и аутентификации пользователей системы, реализованы программные алгоритмы. Рассмотрены на практике различные угрозы передачи и хранения информации.

Применённые в работе современные информационные технологии обеспечивают предложенной системе мониторинга ряд преимуществ:

- открытые протоколы и спецификации;
- кроссплатформенность;
- снижение накладных расходов на обновление ПО;
- пониженные требования к производительности клиентского оборудования;
- низкий порог вхождения.

Планируется провести тестирование предложенной системы мониторинга и контроля в теплицах Ботанического сада Курганского государственного университета.

Список литературы

- 1 Зубов Я. М., Ильин И. И. Прототип системы удалённого мониторинга // Наука, образование, общество: актуальные вопросы и перспективы развития : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции : в 4 ч. – Москва : ООО «АР-Консалт». – 2015. – С. 65-66.
- 2 Зубов Я. М., Ильин И. И., Москвин В. В., Полякова Е. Н. Интегрируемая система мониторинга // Вестник УрФО «Безопасность в информационной сфере». – 2016. – № 4(22). – С. 35-37.
- 3 Зубов Я. М., Ильин И. И., Москвин В. В. Модель системы контроля и управления доступом на предприятии на базе Arduino // Вестник УрФО «Безопасность в информационной сфере». – № 4(14). – 2014. – С. 9-13.

УДК 581.2

Прусова Н.Г., Кузнецова В.А.
Курганский государственный университет,
Курган

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОРАЖЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЗЛАКОВЫХ РАСТЕНИЙ СПОРЫНЬЕЙ ПУРПУРНОЙ ВБЛИЗИ ВОДОЕМОВ ГОРОДА КУРГАНА И ЧАСТООЗЕРСКОГО РАЙОНА КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье проводится сравнительный анализ пораженности злаковых растений (*Triticum aestivum* L, *Bromus inermis* LEYSS, *Elytrigia repens* L) спорыньей пурпурной (*Claviceps purpurea* Tul). Данные растения произрастают вблизи водоемов на территории города Кургана и в Частоозерском районе Курганской области.

Ключевые слова: спорынья пурпурная, злаковые растения, фунгициды, процент пораженности, склеротий.

Prusova N.G., Kuznetsova V.A.
Kurgan State University, Kurgan

COMPARATIVE ANALYSIS OF PREVALENCE OF SOME SPECIES OF CEREALS BY PURPLE ERGOT NEAR RESERVOIRS OF THE CITY OF KURGAN AND CHASTOOZERSKIY DISTRICT OF KURGAN REGION

Abstract. In article the comparative analysis of prevalence of cereals (*Triticumaestivum* L, *Bromusinermis* LEYSS, *Elytrigiarepens* L) by an ergot of purple (*Clavicepspurpurea*Tul) is carried out. These plants grow near reservoirs on the territory of the city of Kurgan and in Chastoozerskiy district of Kurgan region.

Keywords: purple ergot, cereals, fungicides, percent of prevalence, sclerotium.

Введение

Спорынья пурпурная (*Claviceps purpurea* Tul) – гриб-паразит, который поражает как культурные, так и дикорастущие злаковые растения, при этом снижает урожайность и качество семян растений-хозяев. Также данный гриб-паразит – один из наиболее давно известных ядовитых грибов, в склероциях которого содержатся алкалоиды, имеющие токсические свойства.

Цель настоящей работы: определить массовость поражения пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L), коостреца безостого (*Bromus inermis* LEYSS) и пырея ползучего (*Elytrigia repens* L) спорыньей пурпурной в условиях городской территории и территории

Частоозерского района Курганской области, сравнить количественные показатели поражения на данных территориях, сделать выводы о благоприятных условиях жизни и развития гриба.

Место исследования

Данное исследование проводилось в течение вегетационного сезона 2017 года (июль-август) в окрестностях города Кургана и на территории Частоозерского района в разных направлениях. Места исследования представлены на карте (рисунки 1-2).

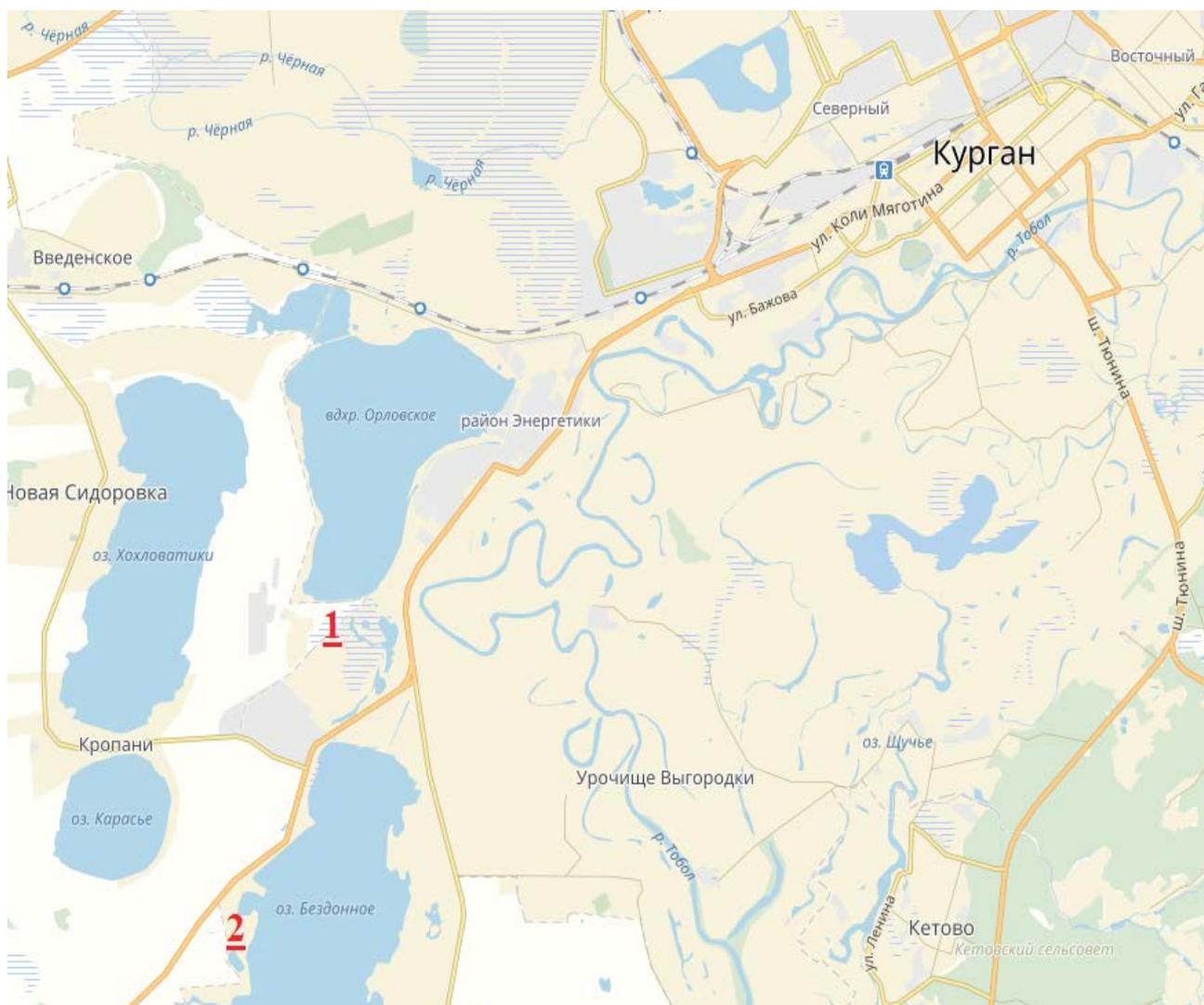
Из обследованных территорий, которые выбирались в городских условиях и в условиях естественного местообитания дикорастущих злаковых растений и агроудий (поле, засеяное пшеницей мягкой), было выбрано несколько точек, а в их пределах по две пробные площадки размером $1 \times 1 \text{ м}^2$.

С двух пробных площадок в точке исследования подсчитывались средние значения: общее количество побегов, количество пораженных спорышной побегов, общее количество зерен и число склероциев в соцветиях. Учет проводился с помощью формулы расчета среднего арифметического значения:

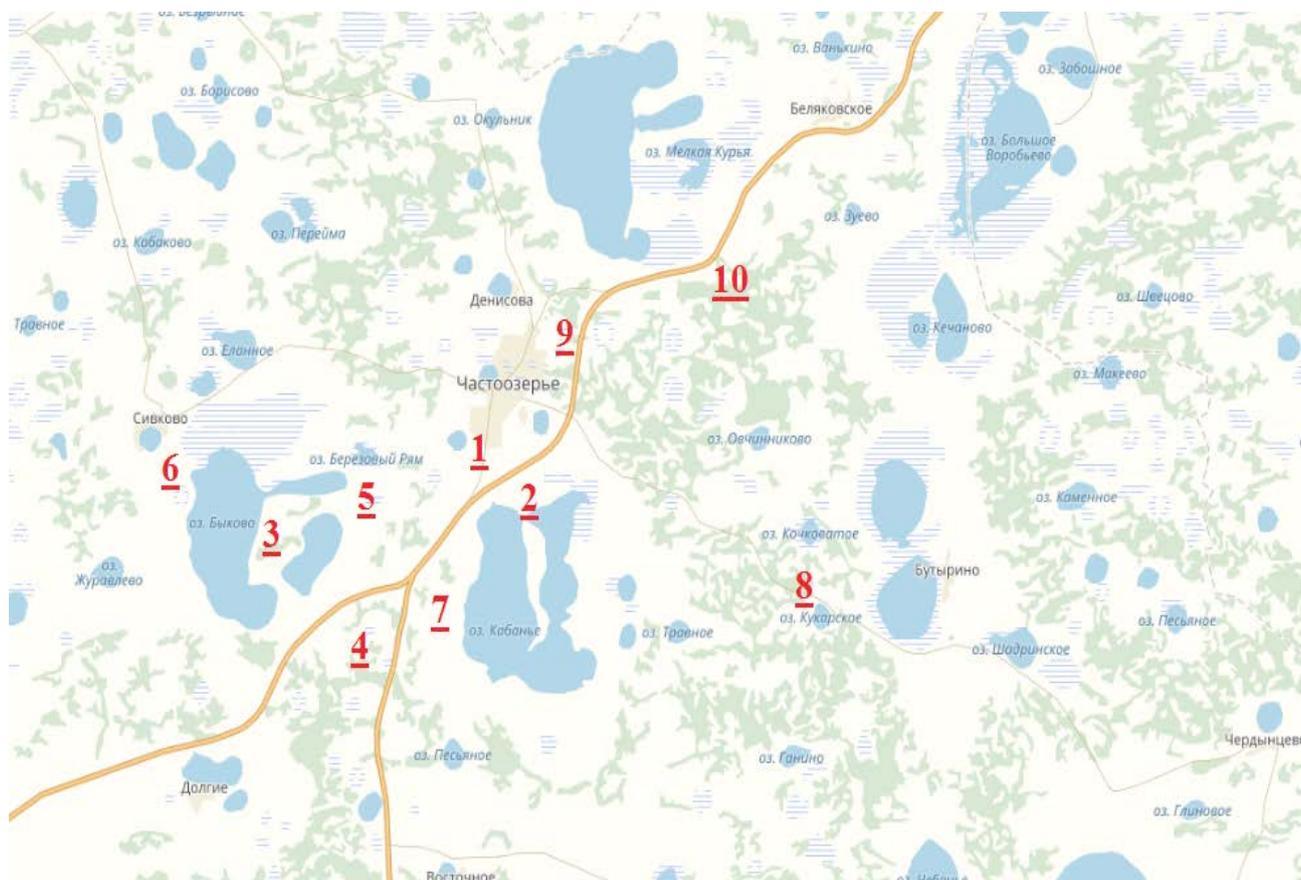
$$a (\text{ср. арифм}) = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n},$$

где $a_1, a_2 \dots a_n$ – составляющие величины (общее количество побегов; количество пораженных побегов; общее количество зерен; общее количество склероциев в соцветиях); n – число этих величин.

Затем по математической пропорции $\left(\frac{\text{все}}{\text{часть}} = \frac{100\%}{\text{часть в \%}} \right)$ подсчитывался процент пораженных побегов от общего их числа и процент склероциев от общего количества зерновок.



1 – Орловское водохранилище, г. Курган – низинный пуг; 2 – Окрестности озера Бездонное, г. Курган
Рисунок 1 – Карта города Кургана с точками исследования



1,2 – ИП В.Н. Ильяков; 3,4 – ЗАО «Восток»; 5 – КФХ Союз; 6 – СПК «Лада»; 7 – ИП Д.В. Зверев; 8 – ИП Р.Х. Кантаев; 9 – ИП В.Г. Верещагин; 10 – КФХ Котенева

Рисунок 2 – Карта Частоозерского района с точками исследования

Результаты исследования

Таблица 1 – Количество пораженных побегов злаковых растений спорыньей на территории г. Кургана

Курган						
	Общее кол-во побегов (шт.)	Кол-во пораженных побегов (шт.)	Пораженность побегов в процентах	Общее кол-во зерен (тыс. шт.)	Общее кол-во склероциев (шт.)	Процентное соотношение склероциев от кол-ва зерновок
Озеро Бездонное						
Пшеница мягкая	210±2	8±1	4±1	12,2±0,12	8±4	0,07±0,02
Кострец безостый	142±8	23±1	16±0	21,3±1,17	63±24	0,3±0,011
Пырей ползучий	115±15	24±3	21±6	3,3±0,43	60±7	1,8±0
Орловское водохранилище						
Пшеница мягкая	207±2	10±1	5±1	12±0,12	13±4	0,11±0,02
Кострец безостый	131±8	21±1	16±0	19,7±1,17	29±24	0,14±0,011
Пырей ползучий	94±15	28±3	30±6	2,7±0,43	49±7	1,8±0
Среднее	150	19	15	11,9	37	0,70

По результатам проведенного исследования были получены следующие данные: самый высокий процент поражения как культурных, так и дикорастущих злаковых растений в городе Кургане составляет в среднем 15% пораженных побегов, 0,7% склероциев в соцветиях, тогда как в Частоозерском районе эти показатели ниже и составляют 11% и 0,48%, соответственно. Все числовые данные представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 2 – Количество пораженных побегов злаковых растений спорыньей в пределах Частоозерского района Курганской области

Частоозерье						
	Общее кол-во побегов (шт.)	Кол-во пораженных побегов (шт.)	Пораженность побегов в процентах	Общее кол-во зерен (тыс. шт.)	Общее кол-во склероциев (шт.)	Процентное соотношение склероциев от кол-ва зерновок
ИП Ильтяков В Н						
Пшеница мягкая	217±3	0±2	0±0,4	12,6±0,16	0±2	0±0,007
Кострец безостый	147±8	19±2	13±2	22,2±1,15	23±2	0,1±0,017
Пырей ползучий	98±3	26±3	27±2	2,8±0,1	40±5	1,4±0,18
ИП Ильтяков В Н						
Пшеница мягкая	209±3	0±2	0±0,4	12,1±0,16	0±2	0±0,007
Кострец безостый	120±8	18±2	15±2	18,5±1,15	21±2	0,1±0,017
Пырей ползучий	87±3	8±3	9±2	2,5±0,1	23±5	0,9±0,18
ЗАО «Восток»						
Пшеница мягкая	214±3	3±2	1±0,4	12,4±0,16	4±2	0,03±0,007
Кострец безостый	94±8	8±2	9±2	14,1±1,15	21±2	0,1±0,017
Пырей ползучий	89±3	4±3	4±2	2,6±0,1	13±5	0,5±0,18
ЗАО «Восток»						
Пшеница мягкая	210±3	3±2	1±0,4	12,2±0,16	5±2	0,04±0,007
Кострец безостый	81±8	3±2	4±2	12,2±1,15	9±2	0,1±0,017
Пырей ползучий	97±3	27±3	28±2	2,8±0,1	41±5	1,46±0,18
КФХ Союз						
Пшеница мягкая	211±3	1±2	0,3±0,4	12,2±0,16	1±2	0,01±0,007
Кострец безостый	99±8	2±2	2±2	14,9±1,15	4±2	0,03±0,017
Пырей ползучий	104±3	20±2	20±2	3±0,1	42±5	1,39±0,18
СПК «Лада»						
Пшеница мягкая	219±3	3±2	1±0,4	12,7±0,16	4±2	0,03±0,007
Кострец безостый	101±8	9±2	9±2	15,2±1,15	21±2	0,1±0,017
Пырей ползучий	70±3	21±3	30±2	2±0,1	30±5	1,77±0,18
ИП Зверев Д В						
Пшеница мягкая	223±3	2±2	1±0,4	12,9±0,16	3±2	0,02±0,007
Кострец безостый	69±8	11±2	16±2	10,4±1,15	21±2	0,2±0,017
Пырей ползучий	103±3	28±3	27±2	2±0,1	54±5	1,8±0,18
ИП Кантаев Р Х						
Пшеница мягкая	218±3	3±2	1±0,4	12,6±0,16	3±2	0,02±0,007
Кострец безостый	78±8	12±2	15±2	11,7±1,15	19±2	0,2±0,017
Пырей ползучий	90±3	4±3	4±2	2,6±0,1	9±5	0,3±0,18
КФХ Котенева						
Пшеница мягкая	210±3	5±2	2±0,4	12,2±0,16	7±2	0,05±0,007
Кострец безостый	96±8	14±2	15±2	14,4±1,15	17±2	0,1±0,017
Пырей ползучий	98±3	28±3	29±2	2,8±0,1	45±5	1,6±0,18
ИП Верещагин В Г						
Пшеница мягкая	237±3	9±2	4±0,4	13,7±0,16	9±2	0,06±0,007
Кострец безостый	114±8	17±2	15±2	17,1±1,15	24±2	0,1±0,017
Пырей ползучий	83±3	21±3	25±2	2,4±0,1	42±5	1,7±0,18
Среднее	136	11	11	10,1	19	0,48

Различия пораженности растений патогенным грибом на городской территории, а именно, на озере Бездонном и на Орловском водохранилище, можно объяснить различной близостью данных точек исследования к водоемам. Растения, произрастающие на территории Орловского водохранилища, располагались почти у самого водоема (15-20 м) в отличие от злаков во второй точке исследования (оз.Бездонное), где расстояние от них до водоема составило 50-60 м. Большая удаленность растений от источника влаги способствует их меньшему поражению.

Самым восприимчивым к спорынье оказался пырей ползучий, т.к. это растение является не устойчивым к данному заболеванию, тогда как пшеница мягкая имеет сортовую устойчивость и обрабатывается фунгицидами.

Так как существует большой разброс в подсчете побегов и зерен, которые собирались на разных участках, то при вычислении погрешности имеются существенные различия.

Несмотря на более северное расположение Частоозерского района, среднемесячная температура воздуха за июнь, июль и август составила 18,5°C; 19°C; 18,5°C, соответственно, а среднемесячное количество осадков за эти месяцы – 1 мм; 1,6 мм; 0,5 мм, соответственно. Температура воздуха в Кургане за вегетационный сезон 2017 года (июнь-август) держалась на отметке 18°C, а количество осадков было выше и составило 1,83 мм; 2,27 мм; 1,94 мм.

Данными показателями можно объяснить более высокий процент поражения пшеницы мягкой, костреца безостого и пырея ползучего в городе Кургане, так как спорынья лучше растет и развивается в условиях более высокой влажности воздуха, которая вблизи водоемов является обязательным фактором соответствующих местообитаний. А температура воздушной среды соответствует оптимальным характеристикам развития патогена.

Различия пораженности спорыньей по территории Частоозерского района Курганской области можно объяснить также близостью растений-хозяев к водоемам, но это относится только к дикорастущим злакам. Разную степень пораженности пшеницы мягкой можно объяснить различиями условий местообитания и сортовой устойчивостью.

На исследуемых территориях отмечены следующие сорта пшеницы мягкой: Омская 36, Тобольская, Новосибирская, Радуга и др. Из данных сортов высокой устойчивостью к болезням отличается Тобольская пшеница. Остальные сорта имеют умеренную устойчивость к патогенам. Кроме того, существуют различия в способах предпосевной и послепосевной обработки у разных хозяйств.

В ходе исследования на полях, принадлежащих индивидуальному предпринимателю Ильтякову В.Н. (точки 1 и 2 исследования на рисунке 2) на пробных площадках не было обнаружено ни одного пораженного колоса пшеницы мягкой. Ильтяков В.Н. проводит протравливание

семян перед посевом, кроме того, он единственный, кто обрабатывает пшеницу фунгицидами.

Процентные показатели пораженности на полях ЗАО «Восток» (точки 3 и 4 на рисунке 2), КФХ Союз (5 точка исследования), СПК «Лада» (точка 6 исследования), ИП Д.В. Зверев (точка 7 исследования), ИП Р.Х. Кантаев (точка 8 исследования) примерно одинаковы и составляют 1% пораженных побегов, кроме КФХ Союз, где процент поражения побегов составил 0,3%. Данный показатель связан с высокоустойчивым к различным болезням сортом пшеницы. Процент склероциев в соцветиях на перечисленных полях составил от 0,01% до 0,04%. На данных территориях проводилось только протравливание семян, фунгицидами посева не обрабатывались, поэтому пораженность выше, чем у ИП Ильтякова.

На полях КФХ Катенева (точка 10 исследования) и ИП Верещагина (точка 9 исследования) показатели пораженности самые высокие и варьируют от 2% до 4% пораженных побегов и от 0,05% до 0,06% склероциев в соцветиях. На данных территориях не проводится ни предпосевной обработки, ни обработки фунгицидами.

Выводы

Самый высокий процент поражения злаковых растений выявлен в городе Кургане и составляет 15% пораженных побегов, 0,7% склероциев в соцветиях, что связано с более низкими температурами воздуха и более высоким количеством осадков в пределах городской территории.

Самыми пораженными растениями-хозяевами на городской территории явились злаки, произрастающие на Орловском водохранилище.

Самый низкий процент поражения пшеницы мягкой по территории Частоозерского района выявлен на полях ИП В.Н. Ильтякова, что связано с предпосевной обработкой семян, а также применением фунгицидов во время вегетации растений.

Самый высокий процент поражения пшеницы мягкой внутри Частоозерского района обнаружен на поле ИП В.Г. Верещагина, т.к. на данной территории не проводилась предпосевная обработка и обработка фунгицидами.

Самым пораженным из дикорастущих злаковых растений явился кострец безостый во всех точках исследования.

Самыми благоприятными условиями для развития спорыньи пурпурной явились холодная и ветряная погода, близость к растениям-хозяевам источника увлажнения или обильные осадки за период вегетации, а также отсутствие предпосевной и послепосевной обработки фунгицидами культурных растений.

Список литературы

- 1 Зузук Б. М., Куцк П. В., Спорынья. Аналитический обзор // Провизор. – 2002. – № 11.*
- 2 Жизнь растений : в 6 т. / гл. ред. чл.-кор. АН СССР, проф. М. В. Горленко. – Москва : Просвещение, 1976. – 459 с.*
- 3 URL: <https://rp5.ru/>.*

Тарунина Л.Г., Сайгафарова А.К.
Курганский государственный университет,
Курган

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА ГОРОДА КУРГАНА

Аннотация. В статье приводятся результаты флористического исследования Центрального парка культуры и отдыха г. Кургана.

Ключевые слова: урбанофлора, мхи.

Tarunina L.G., Saygafarova A.K.
Kurgan State University, Kurgan

FLORISTIC STUDY OF THE CENTRAL PARK OF CULTURE AND RECREATION OF THE CITY OF KURGAN

Abstract. The article presents the results of a floristic study of the Central Park of Culture and Recreation in the city of Kurgan.

Keywords: urban flora, mosses.

Введение

Центральный парк культуры и отдыха г. Кургана – популярное место отдыха горожан. На территории парка находятся Курганская детская железная дорога, городок аттракционов, скалодром, стадион для пляжных видов спорта. В парке большое количество памятников и скульптурных композиций. На его территории регулярно проходят различные праздничные и спортивные мероприятия.

Цель нашей работы – изучить флористическое разнообразие Центрального парка культуры и отдыха города Кургана. В задачи исследования входило: 1) провести инвентаризацию видового состава растений парка; 2) дать эколого-биологическую характеристику флоры.

1 Материалы и методы

Научно-исследовательская работа проводилась в 2015-2017 гг., собранный гербарный материал хранится на кафедре биологии КГУ. В камеральных условиях устанавливалась видовая принадлежность собранных сосудистых растений и мхов. Растения определяли с помощью доступных определителей [1; 2; 3].

Центральный парк культуры и отдыха г. Кургана заложен в 1969 году. Парк расположен в центральном районе города и граничит с микрорайоном Шевелёвка. Рядом с парком проходят улицы: Гоголя, 7-я Больничная, 5-я Больничная, Карельцева, Пушкина. С южной стороны к парку примыкает пляж «Бабы пески», расположенный на берегу реки Тобол. ЦПКиО – это удобная площадка для проведения ботанических экскурсий

школьников, студентов и просто любителей природы родного края, так как он находится в шаговой доступности. Особенностью парка является то, что он расположен на островке, образованном старицей реки Тобол (Битевкой), что определяет его климатические и экологические особенности.

2 Результаты и обсуждение

На территории парка нами собраны и определены 124 вида сосудистых растений из 98 родов, 42 семейств и 3 отделов. Наибольшее число видов сосудистых растений принадлежит отделу Magnoliophyta (120), из них 103 относятся к классу Magnoliopsida и 17 видов к классу Liliopsida. Цветковые растения относятся к 40 семействам и 95 родам. Остальные два отдела немногочисленны и представлены отделом Рynophyta, включающим в себя 3 вида: *Picea x fennica*, *Picea obovata*, *Larix sibirica*, и отделом Equisetophyta – 1 вид *Equisetum palustre* (таблица 1).

Таблица 1 – Таксономическое разнообразие флоры ЦПКиО г. Кургана

Систематическая группа		Число семейств	Число родов	Число видов	% от общего числа видов
Отдел Bryophyta		11	13	13	9.5
Отдел Equisetophyta		1	1	1	0.7
Отдел Рynophyta		1	2	3	2.2
Отдел Magnoliophyta	Класс Magnoliopsida	33	79	103	75.2
	Класс Liliopsida	7	16	17	12.4
Всего:		53	111	137	100

Наибольшим числом видов отмечены семейства: Asteraceae (17 видов), Fabaceae (11), Poaceae (11), Rosaceae (8), Brassicaceae (6), Urticaceae (5), Salicaceae (5), Caryophyllaceae (5). В остальных 34 семействах насчитывается 1-4 вида (рисунок 1).

Большую часть парка занимают древесные растения, которые формируют своеобразный микроклимат, делят парк на отдельные зоны отдыха. Основу древесных насаждений составляют такие виды, как тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), ива белая (*Salix alba*), клён ясенелистный (*Acer negundo*), ель финская (*Picea x fennica*), ель сибирская (*Picea obovata*), яблоня ягодная (*Malus baccata*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*), вяз гладкий (*Ulmus laevis*), вяз мелколистный (*Ulmus parvifolia*), берёза повислая (*Betula pendula*), бе-

рёза Крылова (*Betula krylovii*), тополь черный (*Populus nigra*), тополь белый (*Populus alba*), клён татарский (*Acer tataricum*), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*).

Спектр жизненных форм сосудистых растений парка представлен 18 видами древесных растений (14%), 5 видами кустарников (4%), 63 видами травянистых многолетников (51%), 26 видами травянистых однолетников (21%), травянистых двулетников – 9 видов (7%), полукустарников – 2 вида (2%) и один вид полукустарничек (1%) (таблица 2).

Таблица 2 – Спектр жизненных форм сосудистых растений ЦПКиО г. Кургана

Жизненная форма	Число видов	Доля во флоре, %
Деревья	18	14,5
Кустарники	5	4,0
Травянистые многолетники	63	50,8
Травянистые однолетники	26	21,0
Травянистые двулетники	9	7,3
Полукустарники	2	1,6
Полукустарнички	1	0,8
ВСЕГО:	124	100,0

Следует отметить, что на территории парка произрастает 98 видов травянистых растений, из которых 29 видов относятся к рудеральным (29,6%). Это свидетельствует о высокой рекреационной нагрузке на травяной покров и нарушении почвенного покрова.

Нами впервые была изучена бриофлора ЦПКиО. Мхи на территории парка произрастают на различных субстратах: деревьях, пнях, на почве, на объектах антропогенного происхождения. В ходе исследования было выявлено 13 видов, относящихся к 11 семействам и 13 родам. Самым массовым видом в парке является платигириум ползучий (*Platygyrium repens*), он произрастает как на почве, так и на стволах деревьев. Большинство видов эвритопны – поселяются на различных субстратах, однако серпопалеска тонкая (*Serpoleskea subtilis*) встречена нами только на стволах деревьев. К типичным эпигейным мхам относится поля чернотубовая (*Pohlia melanodon*). Пять видов, помимо природных субстратов, часто селятся на нарушенных местообитаниях (пыльные стволы деревьев, обочины дорог, субстраты антропогенного происхождения): бриум дернистый (*Bryum caespiticum*), брахитециум полевой (*Brachythecium campestre*), дитрихум цилиндрический (*Ditrichum cylindricum*), барбула полудюймовая (*Barbula unguiculata*), цератодон пурпурный (*Ceratodon purpureus*).

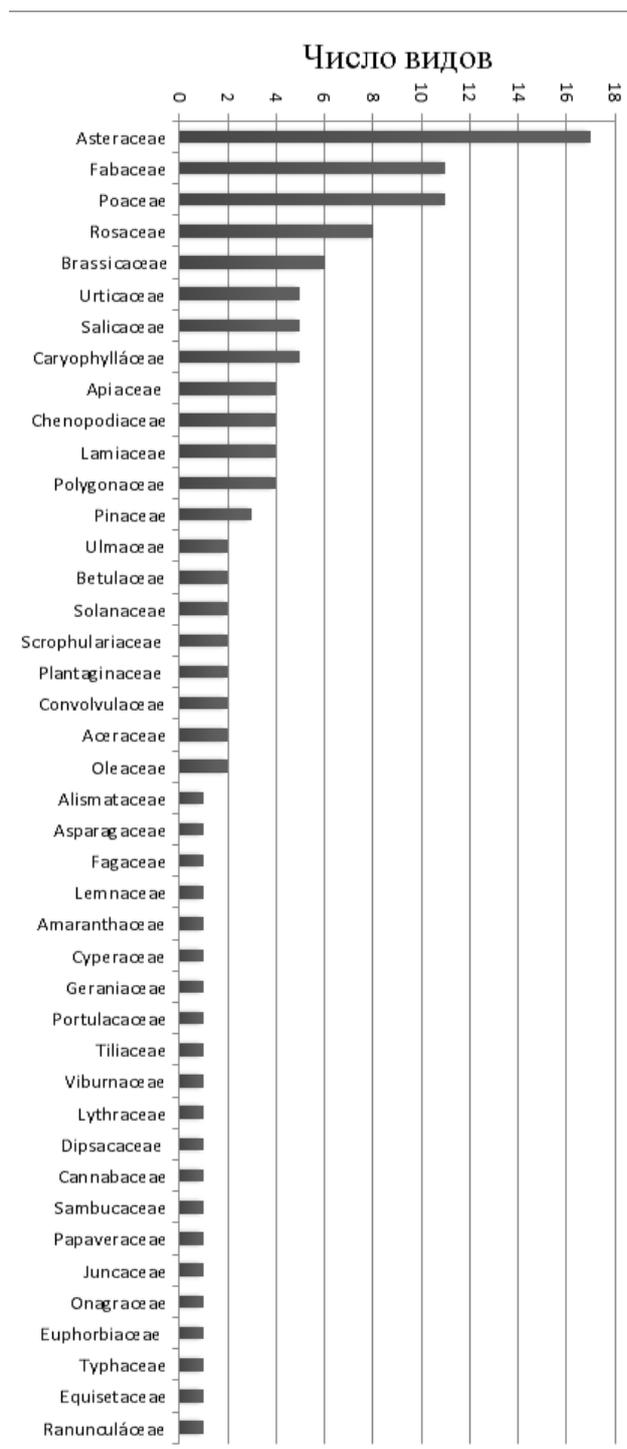


Рисунок 1 – Распределение семейств сосудистых растений по числу видов

Обсуждение результатов

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1 Флора ЦПКиО города Кургана, по предварительным данным, представлена 137 видами высших растений, относящихся к 111 родам, 53 семействам из 4 отделов.

2 Наибольшим числом видов отмечены семейства Asteraceae (17 видов), Fabaceae (11), Poaceae (11), Rosaceae (8), Brassicaceae (6), Urticaceae (5), Salicaceae (5), Caryophyllaceae (5).

3 Спектр жизненных форм растений выглядит

следующим образом: древесные растения составляют 14% от общего количества видов, кустарники 4%, травянистые многолетники 51%, травянистые однолетники 21%, травянистые двулетники 7%, полукустарники 2%, полукустарнички 1%.

4 Основу древесных насаждений парка составляют хвойные и лиственные растения 17 видов.

5 Впервые была изучена бриофлора ЦПКиО. На его территории произрастают 13 видов мхов, относящиеся к 13 родам и 11 семействам.

6 Среди мхов встречаются как типичные эпифитные и эпигейные виды, так и виды эврибионты, поселяющиеся на разнообразных субстратах.

Список литературы

1 *Краткий определитель мохообразных Подмосковья: определитель / Е. А. Игнатова [и др.] ; под ред. В. Г. Онипченко. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 320 с.*

2 *Науменко Н. И. Флора и растительность Южного Зауралья : монография. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2008. – 512 с. + цв. вкл. (40 с.).*

3 *Нейштадт М. И. Определитель растений средней полосы Европейской части СССР : пособие для студентов педагогических институтов и учителей. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1963. – 640 с.*

УДК 546.763:544.422

*Агеенко Е.И., Соболева Ю.О., Николайчук П.А.
Челябинский государственный университет,
Челябинск*

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХРОМА (III) С ЭДТА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ: ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКЕ

Аннотация. Фотометрическим методом изучена кинетика реакции образования комплексного иона хрома (III) с ЭДТА в водном растворе. Показана возможность одновременного определения частных порядков реакции по каждому из реагентов. Исследовано влияние температуры и гидрокарбонат-ионов в качестве катализатора на скорость реакции. Показано, что данная реакция прекрасно подходит для экспериментальной демонстрации закономерностей формальной кинетики и может быть использована в университетском лабораторном практикуме. Разработаны методические указания для студентов.

Ключевые слова: взаимодействие хрома (III) с ЭДТА, химическая кинетика, частные порядки реакции, влияние температуры на скорость реакции, неорганический катализ, лабораторный практикум.

*Ageenko E.I., Soboleva Y.O., Nikolaychuk P.A.
Chelyabinsk State University, Chelyabinsk*

PHOTOMETRICAL KINETIC STUDY OF INTERACTION OF CHROMIUM (III) WITH EDTA IN WATER SOLUTION: LABORATORY EXPERIMENT ON A CHEMICAL KINETICS

Abstract. The kinetics reaction of the formation of complex ion of chromium (III) with EDTA in water solution has been studied. The possibility of simultaneous determination of partial reaction order is shown with respect to all reactants. The influence of temperature and hydrocarbonate-ions as a catalyst on the reaction rate has been studied. It is shown that this reaction is very suitable for the experimental demonstration of formal kinetics regularities and can be used in a university laboratory practice course. The methodical instructions for students have been developed.

Keywords: Interaction of chromium (III) with EDTA, chemical kinetics, partial reaction order, influence of temperature on reaction rate, inorganic catalysis, laboratory experiment.

Введение

Реакция взаимодействия ионов хрома (III) с ЭДТА имеет большое значение в неорганической химии хрома и изучена очень тщательно и всесторонне. Образующийся комплекс отличается

высокой устойчивостью ($\beta_{[CrY]} = 10^{23}$ [1]) и насыщенной фиолетовой окраской, что предопределило его широчайшее использование в аналитической химии. Разработано огромное множество методик определения хрома различных степеней окисления в различных объектах, количествах и средах; в присутствии различных мешающих веществ как с индикаторной, так и с инструментальной фиксацией точки эквивалентности [2-43]. Кроме того, этот комплекс нашёл применение в электро- и радиохимии, химии окружающей среды, материаловедении, биологии и медицине [44-56]. Спектрометрическими методами изучена структура комплекса в водном растворе [57-61], исследуется влияние конкурирующих металлокомплексобразователей, лигандов и наличия в растворе окислителей на реакцию образования комплекса [62-76].

Большое количество исследований посвящено изучению механизма и кинетики реакции образования комплексного иона [53; 65; 75; 77-98]. За последние шесть десятилетий предлагаемый механизм реакции и кинетическое уравнение для её лимитирующей стадии несколько раз пересматривались. Последние исследования [96; 98] показали, что хотя механизм реакции сложный и включает в себя большое количество интермедиатов и связывающих их последовательных, параллельных и обратимых процессов, скорость её лимитирующей стадии прямо пропорциональна концентрациям ионов Cr^{3+} и H_2Y^{2-} и обратно пропорциональна концентрации ионов H^+ в растворе. Также скорость реакции существенно зависит от температуры [99], и, кроме того, реакция ускоряется при наличии в растворе карбонат- или гидрокарбонат-ионов [52; 53; 100]. Как ион Cr^{3+} , так и образующийся комплексный ион имеют максимум поглощения в области 530-560 нм [94-97], что позволяет следить за ходом реакции с помощью фотоколориметрического метода. Вышеперечисленные факторы делают реакцию образования комплексного иона $[CrY]$ – подходящей для экспериментальной демонстрации закономерностей формальной кинетики. Несмотря на это, примеров использования этой реакции в университетских лабораторных практикумах очень мало [99; 101], а те, что имеются, предлагают решение лишь ограниченного круга задач. Так, автор работы [101], основываясь на ныне устаревших понятиях о механизме реакции, ошибочно полагает скорость лимитирующей стадии независимой от концентрации ЭДТА в растворе

и предлагает студентам, пользуясь методом изолирования Оствальда [102], доказать, что реакция имеет первый частный порядок по ионам хрома (III). Авторы работы [99] фокусируются лишь на определении энергии активации лимитирующей стадии реакции.

Цель настоящей работы : с помощью фотокolorиметрического метода изучить кинетику реакции образования комплексного иона хрома (III) с ЭДТА при различных концентрациях реагентов, проверить возможность одновременного определения частных порядков реакции по всем реагентам, изучить влияние температуры и катализатора (гидрокарбонат-ионов) на скорость реакции и разработать методические указания для студентов по выполнению основанного на данной реакции лабораторного эксперимента.

1 Экспериментальная часть

1.1 Реактивы и оборудование

По данным авторов работ [42, 97], образование комплексного иона сопровождается наиболее контрастным переходом окраски при концентрациях хрома в растворе порядка 1 г/л . Для исследования были приготовлены растворы ионов хрома (III) с концентрациями (в пересчёте на хром) 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 г/л . Для приготовления раствора можно использовать любую из доступных в лаборатории солей: сульфат, хлорид или нитрат хрома (III), а также хромокалиевые квасцы. Растворы были приготовлены путём растворения соответствующих навесок сухих веществ в 500,00 мл дистиллированной воды. Были приготовлены растворы ЭДТА с концентрациями 0,05 и 0,1 моль/л из стандарт-титров. Для регулирования pH были приготовлены растворы HCl с концентрацией приблизительно 2 моль/л (путём разбавления концентрированного раствора) и растворы NaOH с концентрациями приблизительно 2 и 6 моль/л (из сухого вещества). В данной работе для регулирования pH нельзя использовать водный раствор аммиака (поскольку он образует окрашенные комплексные соединения с хромом (III), мешающие определению [89]) и растворы карбоната натрия (поскольку карбонат-ионы влияют на скорость реакции [100]). Для изучения влияния катализатора на скорость реакции был приготовлен раствор гидрокарбоната натрия с концентрацией 0,10 моль/л путём растворения навески сухого вещества в 50,00 мл дистиллированной воды. Растворы с концентрациями 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} и 10^{-5} моль/л были приготовлены из исходного раствора путём последовательного разбавления.

Все растворы были приготовлены из реактивов фирмы Реахим квалификации «ч». Для взятия навесок использовались аналитические весы ВЛ-120М (производитель – фирма *Госметр*, точность взвешивания $\pm 0,0001$ г). Для контроля pH растворов использовался pH-метр – милливольтметр pH-121 (производитель – *Гомельский завод измерительных приборов*, точность определения

pH $\pm 0,05$ единиц pH). Для фотометрических измерений использовался концентрационный фотокolorиметр КФК-2 (производитель – *Загорский оптико-механический завод*, точность определения светопропускания $\pm 0,1\%$). Все измерения светопропускания растворов были проведены в стеклянных кюветах с длиной светового пути 10 мм при длине волны 540 нм относительно дистиллированной воды. Для термостатирования растворов использовалась водяная баня LT-2 (производитель – фирма *LabTex*, точность поддержания заданной температуры $\pm 0,5$ °C). Для приготовления растворов и отбора аликвот использовались стеклянные мерные колбы и пипетки второго класса точности.

1.2 Определение частных порядков реакции

Реакционные смеси для фотометрических измерений были приготовлены по схеме, представленной в таблице 1. Всего исследовано 32 смеси с различным начальным содержанием реагентов.

Приготовление смесей осуществлялось следующим образом: в химический стакан объёмом 50 мл с помощью мерных пипеток последовательно добавлялись 25,0 мл реагента А и 0,50 мл реагента Б. Смесь термостатировалась в водяной бане при температуре 25 °C в течение 20 минут, после чего измерялось значение её pH. Затем к смеси добавлялось 5,0 мл реагента В, момент добавления считался моментом начала реакции. Реакционная смесь вновь помещалась в термостат. Через определённые промежутки времени (от 30 секунд до 1 минуты, в зависимости от скорости изменения показаний прибора) из неё отбирались пробы, помещались в кювету с длиной оптического пути 10 мм, и фиксировалось значение светопропускания раствора при длине волны 540 нм относительно дистиллированной воды. Измерения проводились до тех пор, пока значение светопропускания за последние 10 минут менялось не более, чем на 1%. Примеры типичных кинетических кривых (в координатах «время – оптическая плотность») показаны на рисунке 1.

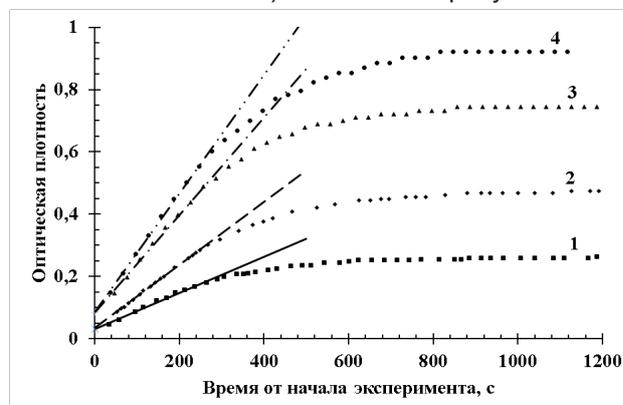


Рисунок 1 – Типичные кинетические кривые для реакционных смесей с различным начальным содержанием компонентов и определение начальных скоростей реакции. Линии 1, 2, 3 и 4 соответствуют кинетическим кривым опытов № 32, 31, 30 и 29 из таблицы 1

1.3 Изучение влияния температуры на скорость реакции

Для исследования влияния температуры на скорость реакции была выбрана смесь № 5 из таблицы 1. Эксперименты проводились аналогично описанному в секции 2.2 с тем исключением, что термостатирование реакционных смесей выполнялось при температурах 30, 35, 40 и 45 °С.

1.4 Изучение влияния катализатора на скорость реакции

Для исследования влияния катализатора на скорость реакции была выбрана смесь № 5 из таблицы 1. Эксперименты проводились аналогично описанному в секции 2.2 с тем исключением, что в качестве реагента Б в реакционную смесь добавлялись растворы гидрокарбоната натрия с концентрациями от 10^{-1} до 10^{-5} моль/л.

1.5 Обработка результатов эксперимента

Для каждого опыта рассчитывалось значение начальной скорости реакции. При этом нет необходимости пересчитывать значения оптических плотностей в концентрации комплексного иона. Начальная скорость реакции определялась как угловой коэффициент начального линейного участка кинетической кривой (примеры показаны на рисунке 1), и принималось допущение, что она пропорциональна исходным концентрациям реагентов в растворе. Параметры уравнения линейной регрессии определялись с помощью метода наименьших квадратов [103].

2 Результаты и их обсуждение

2.1 Определение частных порядков реакции методом Вант-Гоффа

Для определения частных порядков реакции по ионам хрома (III), ЭДТА и ионам водорода использовался дифференциальный метод Вант-Гоффа [104]. В соответствии с ним для каждого из опытов выражение для закона действующих масс [105] записывается в логарифмическом виде

$$\lg \omega_0 = \lg k + \alpha \cdot \lg c_0(\text{Cr}^{3+}) + \beta \cdot \lg c_0(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) + \gamma \cdot \lg c_0(\text{H}^+), \quad (1)$$

где ω_0 – начальная скорость реакции, с^{-1} ; k – эффективная константа скорости реакции; $c_0(\text{Cr}^{3+})$, $c_0(\text{H}_2\text{Y}^{2-})$ и $c_0(\text{H}^+)$ – концентрации ионов хрома (III), ЭДТА и ионов водорода в реакционной смеси в начальный момент реакции; α , β и γ – частные порядки реакции по ионам хрома (III), ЭДТА и ионов водорода. Для каждого из опытов концентрации участников реакции в начальный момент времени вычислены из концентраций реагентов А и В и измеренных рН растворов с учётом разбавления, а начальная скорость вычисляется, как изложено в секции 2.5. Результаты сведены в таблицу 2.

Полученная переопределённая система из 32 линейных уравнений вида (1) с 4 неизвестными ($\lg k$, α , β и γ) была сведена к системе из 4 нормальных уравнений с 4 неизвестными методами линейной алгебры [106; 107], а затем решена по методу Крамера [108]. Вычисленные подобным образом частные порядки реакции представлены в таблице 3. Как видно, фотоколориметрический эксперимент позволяет с удовлетворительной точностью определить частные порядки реакции,

Таблица 1 – Схема приготовления реакционных смесей для определения частных порядков реакции

№ опыта	Реагент А – раствор ЭДТА	Реагент Б	рН раствора после добавления реагента Б	Реагент В – раствор ионов хрома (III)	№ опыта	Реагент А – раствор ЭДТА	Реагент Б	рН раствора после добавления реагента Б	Реагент В – раствор ионов хрома (III)
	$c(\text{H}_2\text{Y}^{2-})$, моль/л		$c(\text{Cr}^{3+})$, г/л	$c(\text{H}_2\text{Y}^{2-})$, моль/л		$c(\text{Cr}^{3+})$, г/л			
1	0,05	2М HCl	3,1	2,0	17	0,1	2М HCl	3,1	2,0
2	0,05	2М HCl	3,1	1,5	18	0,1	2М HCl	3,1	1,5
3	0,05	2М HCl	3,1	1,0	19	0,1	2М HCl	3,1	1,0
4	0,05	2М HCl	3,1	0,5	20	0,1	2М HCl	3,1	0,5
5	0,05	H ₂ O	4,6	2,0	21	0,1	H ₂ O	4,6	2,0
6	0,05	H ₂ O	4,6	1,5	22	0,1	H ₂ O	4,6	1,5
7	0,05	H ₂ O	4,6	1,0	23	0,1	H ₂ O	4,6	1,0
8	0,05	H ₂ O	4,6	0,5	24	0,1	H ₂ O	4,6	0,5
9	0,05	2М NaOH	5,6	2,0	25	0,1	2М NaOH	5,6	2,0
10	0,05	2М NaOH	5,6	1,5	26	0,1	2М NaOH	5,6	1,5
11	0,05	2М NaOH	5,6	1,0	27	0,1	2М NaOH	5,6	1,0
12	0,05	2М NaOH	5,6	0,5	28	0,1	2М NaOH	5,6	0,5
13	0,05	6М NaOH	6,4	2,0	29	0,1	6М NaOH	6,4	2,0
14	0,05	6М NaOH	6,4	1,5	30	0,1	6М NaOH	6,4	1,5
15	0,05	6М NaOH	6,4	1,0	31	0,1	6М NaOH	6,4	1,0
16	0,05	6М NaOH	6,4	0,5	32	0,1	6М NaOH	6,4	0,5

что делает его пригодным для постановки лабораторной работы.

Таблица 2 – Зависимость начальной скорости реакции от начальных концентраций реагирующих веществ

№ опыта	№ опыта				№ опыта				
	$-\lg [c_0(\text{Cr}^{3+}), \text{моль/л}]$	$-\lg [c_0(\text{H}_2\text{Y}^{2-}), \text{моль/л}]$	$-\lg [c_0(\text{H}^+), \text{моль/л}]$	$-\lg [\omega_0, \text{с}^{-1}]$	$-\lg [c_0(\text{Cr}^{3+}), \text{моль/л}]$	$-\lg [c_0(\text{H}_2\text{Y}^{2-}), \text{моль/л}]$	$-\lg [c_0(\text{H}^+), \text{моль/л}]$	$-\lg [\omega_0, \text{с}^{-1}]$	
1	2,200	1,387	3,228	5,187	17	2,200	1,086	3,478	4,421
2	2,325	1,387	3,208	5,757	18	2,325	1,086	3,478	4,484
3	2,501	1,387	3,188	5,636	19	2,501	1,086	3,478	4,750
4	2,802	1,387	3,188	5,779	20	2,802	1,086	3,478	5,071
5	2,200	1,387	4,618	4,197	21	2,200	1,086	4,618	4,221
6	2,325	1,387	4,618	4,341	22	2,325	1,086	4,618	4,331
7	2,501	1,387	4,718	4,537	23	2,501	1,086	4,618	4,385
8	2,802	1,387	4,718	4,773	24	2,802	1,086	4,618	4,582
9	2,200	1,387	5,268	3,396	25	2,200	1,086	5,268	3,078
10	2,325	1,387	5,678	3,355	26	2,325	1,086	5,178	3,509
11	2,501	1,387	5,718	3,437	27	2,501	1,086	5,168	3,866
12	2,802	1,387	5,588	3,741	28	2,802	1,086	5,228	4,037
13	2,200	1,387	6,148	2,735	29	2,200	1,086	6,148	2,501
14	2,325	1,387	6,188	2,791	30	2,325	1,086	6,188	2,665
15	2,501	1,387	6,438	2,987	31	2,501	1,086	6,128	2,931
16	2,802	1,387	6,458	3,209	32	2,802	1,086	6,178	3,070

Однако, поскольку выполнение эксперимента студентами в объёме, представленном выше, в рамках одной лабораторной работы невозможно, был проверен способ вычисления частных порядков реакции, основанный лишь на 8 экспериментах, в которых каждая из исходных концентраций реагентов принимает лишь два значения. Для этого были выбраны результаты опытов № 1, 4, 13, 16, 17, 20, 29 и 32 из таблицы 1, составлена матрица плана полного факторного эксперимента [109], и частные порядки реакции вычислены по формулам для определения параметров модели. Результаты также представлены в таблице 3. Обработка экспериментальных данных по методу полного факторного эксперимента хотя и показала худшую по сравнению с обработкой по методу системы нормальных уравнений сходимость с литературными данными, но в рамках студенческой лабораторной работы её можно считать удовлетворительной.

2.2 Определение температурного коэффициента Вант-Гоффа реакции

В соответствии с эмпирическим правилом Вант-Гоффа [104] температурный коэффициент скорости реакции может быть выражен уравнением

$$\frac{\omega_{T_2}}{\omega_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10 K}}, \quad (2)$$

в котором ω_{T_1} и ω_{T_2} – скорости реакции при температурах T_1 и T_2 , соответственно, причём $T_2 > T_1$; γ – температурный коэффициент скорости реакции. Если принять температуру $T_1 = 298,15 \text{ K}$ постоянной, а температуру $T = T_2$ считать переменной, то уравнение (2) может быть линеаризовано в виде

$$\lg \frac{\omega_T}{\omega_{298,15 \text{ K}}} = \frac{T - 298,15 \text{ K}}{10 \text{ K}} \cdot \lg \gamma. \quad (3)$$

Таблица 3 – Частные порядки реакции по ионам хрома (III), ЭДТА и ионам водорода и эффективная константа скорости реакции

Реагент	Литературные данные [96; 98]	Экспериментальные данные	
		Метод системы нормальных уравнений	Метод полного факторного эксперимента
Cr^{3+}	1	1,015	1,153
H_2Y^{2-}	1	1,005	0,948
H^+	-1	-0,809	-0,766
$\lg k$		-4,219	-3,997

Значения экспериментально определённых скоростей реакции при различных температурах, а также величины, необходимые для расчёта температурного коэффициента реакции, приведены

в таблице 4. График зависимости $\lg \frac{\omega_T}{\omega_{298,15 \text{ K}}}$ от $\frac{T - 298,15 \text{ K}}{10 \text{ K}}$ приведён на рисунке 2. При обработке полученной зависимости по методу наименьших квадратов [103] получено значение $\lg \gamma = 0,48 \pm 0,02$, откуда следует $\gamma = 3,0 \pm 0,1$.

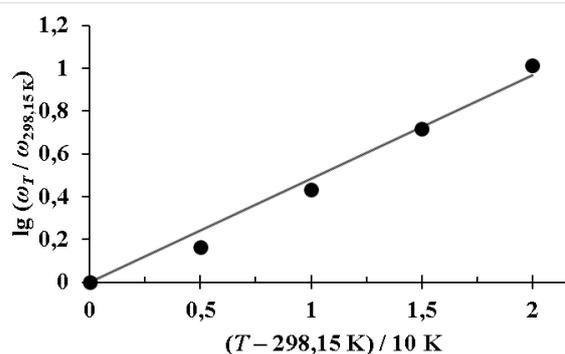


Рисунок 2 – Определение температурного коэффициента реакции

2.3 Определение параметров уравнения Аррениуса для реакции

В соответствии с уравнением Аррениуса [110] для графического определения эффективной энергии активации реакции и предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса необходимо построить график зависимости $\ln \omega_T$ от $\frac{1}{T}$.

Необходимые для расчёта величины приведены в таблице 4, график представлен на рисунке 3.

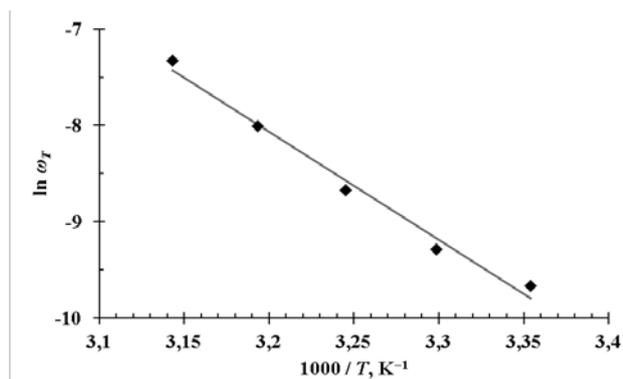


Рисунок 3 – Определение эффективной энергии активации и предэкспоненциального множителя для реакции

Обработка зависимости по методу наименьших квадратов приводит к следующим значениям параметров: $\ln A = 28 \pm 2$ и

$$\frac{E_A}{R} = (11300 \pm 800) \text{ К}, \text{ откуда следует}$$

$$A = (14 \pm 3) \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1} \text{ и } E_A = (94 \pm 6) \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}.$$

2.4 Определение параметров уравнения Эйринга для реакции

В соответствии с уравнением Эйринга [111–113] для графического определения эффективных энтальпии и энтропии активации реакции нужно построить график зависимости $\ln \frac{\omega_T}{T}$ от $\frac{1}{T}$.

Необходимые для расчёта величины приведены в таблице 4, график представлен на рисунке 4.

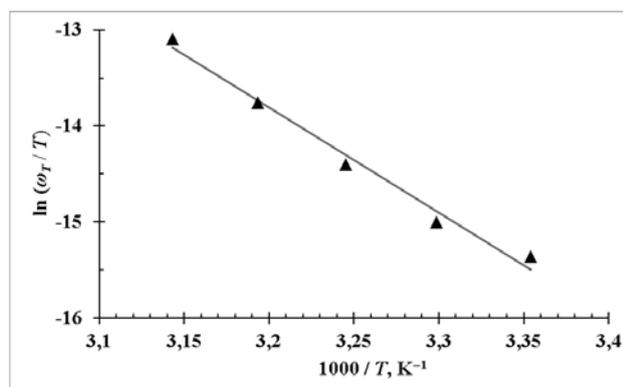


Рисунок 4 – Определение эффективных энтальпии и энтропии активации для реакции

Таблица 4 – Параметры температурной зависимости скорости реакции

$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$-\lg [\omega, \text{с}^{-1}]$	$\frac{T - 298,15 \text{ К}}{10 \text{ К}}$	$\lg \frac{\omega_T}{\omega_{298,15 \text{ К}}}$	$\frac{I}{T} \cdot 10^3, \text{К}^{-1}$	$-\ln \omega_T$	$-\ln \frac{\omega_T}{T}$
25	298,15	4,197	0	0	3,354	9,664	15,361
30	303,15	4,033	0,5	0,164	3,299	9,285	14,999
35	308,15	3,766	1	0,431	3,245	8,671	14,402
40	313,15	3,478	1,5	0,719	3,193	8,009	13,756
45	318,15	3,184	2	1,013	3,143	7,331	13,093

Обработка зависимости по методу наименьших квадратов приводит к следующим значениям параметров:

$$\left(\ln \frac{k_B}{h} + \frac{\Delta S^\ddagger}{R} \right) = 21 \pm 2 \quad \text{и} \quad \frac{\Delta H^\ddagger}{R} = (10900 \pm 800) \text{ К},$$

откуда следует $\Delta H^\ddagger = (91 \pm 6) \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$ и

$$\Delta S^\ddagger = -(20 \pm 10) \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

2.5 Влияние концентрации гидрокарбонат-ионов на скорость реакции

Увеличение скорости реакции при добавлении в реакционную смесь раствора гидрокарбоната натрия обуславливается не только собственным каталитическим действием гидрокарбонат-ионов, но и увеличением pH раствора. Поэтому оценка каталитических свойств гидрокарбонатов производилась с помощью величины

$$\zeta = \frac{\omega_k}{\omega_p}, \quad (4)$$

где $\omega_k, \text{с}^{-1}$ – экспериментально определённая по описанной в секции 2.5 методике скорость реакции в присутствии катализатора; $\omega_p, \text{с}^{-1}$ – рассчитанная по формуле (1) с использованием данных из таблицы 3 гипотетическая скорость реакции при аналогичных условиях, но в отсутствие катализатора. Величина ζ показывает, во сколько раз ускоряется реакция за счёт введения катализатора. Результаты экспериментов и расчётов представлены в таблице 5. Показано, что каталитический эффект гидрокарбонат-ионов усиливается с ростом концентрации катализатора.

Таблица 5 – Влияние концентрации гидрокарбонат-ионов на скорость реакции

$-\lg [c(\text{HCO}_3^-), \text{моль/л}]$	pH раствора после добавления катализатора	$-\lg [\omega_p, \text{с}^{-1}]$	$-\lg [\omega_k, \text{с}^{-1}]$	ζ
5	4,60	4,303	4,282	1,05
4	4,60	4,303	4,239	1,16
3	4,68	4,243	4,146	1,25
2	4,69	4,235	4,050	1,53
1	5,01	3,999	3,595	2,54

2.6 Апробация работы

Результаты исследований показывают, что зависимость скорости реакции образования

комплексного иона хрома (III) с ЭДТА от концентраций реагирующих веществ, температуры и концентрации катализатора воспроизводится достаточно наглядно для того, чтобы реакция могла быть использована в лабораторном практикуме по химической кинетике. Апробация лабораторной работы была проведена в осеннем семестре 2016 / 2017 учебного года в рамках лабораторного практикума по химической кинетике для студентов 4 курса на кафедре аналитической и физической химии Челябинского государственного университета. Полученные студентами результаты в целом хорошо воспроизводят данные настоящего исследования. Разработанные методические указания для студентов по выполнению лабораторной работы приведены в приложении.

3 Выводы

1 Фотометрическим методом с помощью дифференциального метода Вант-Гоффа определены частные порядки реакции образования комплексного иона хрома (III) с ЭДТА по ионам хрома (III), ЭДТА и ионам водорода. Значения частных порядков реакции, вычисленные путём составления системы нормальных уравнений, составляют 1,015; 1,005 и -0,809, соответственно; значения, вычисленные по формулам модели полного факторного эксперимента, составляют 1,153; 0,948 и -0,766, соответственно. Результаты хорошо согласуются с предложенным в литературе кинетическим уравнением скорости лимитирующей стадии реакции.

2 Исследована зависимость скорости реакции от температуры. Определены температурный коэффициент реакции ($\gamma = 3,0 \pm 0,1$), энергия активации и предэкспоненциальный множитель

$$E_A = (94 \pm 6) \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}, \text{ а также энтропия и}$$

$$\Delta H^\ddagger = (91 \pm 6) \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

и

$$\Delta S^\ddagger = -(20 \pm 10) \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

3 Исследована зависимость скорости реакции от концентрации катализатора (гидрокарбонат-ионов). Установлено, что каталитический эффект становится сильнее с ростом концентрации катализатора.

4 Показана возможность использования данной реакции для постановки лабораторной работы по химической кинетике. Разработаны методические рекомендации для студентов по выполнению работы.

Список литературы

1 Anderegg G. *Critical Survey of Stability Constants of EDTA Complexes // IUPAC chemical data series, International Union of Pure and Applied Chemistry Commission on Equilibrium Data. Critical evaluation of equilibrium constants in solution: Stability constants of metal complexes. Vol. 14. Oxford: Pergamon Press, 1977. 42 p.*
2 Schwarzenbach G., Biedermann W. // *Helv Chim Acta.*

1948. Bd. 31. H. 2. S. 459.
3 Kinnunen I., Wennerstrand B. // *Chemist-Analyst. 1955. Vol. 44. N 1. P. 33.*
4 Wehber P. // *Fresenius' Z Anal Chem. 1956. Bd. 150. H. 3. S. 186.*
5 Weiner R., Ney E. // *Fresenius' Z Anal Chem. 1957. Bd. 157. H. 2. S. 105.*
6 Kinnunen I., Wennerstrand B. // *Chemist-Analyst. 1957. Vol. 46. N 3. P. 92.*
7 Wilkins D. H., Hibbs L. E. // *Anal Chim Acta. 1959. Vol. 20. P. 427.*
8 Liteanu C., Crisan I., Calu C. // *Stud Univ Victor Babeş Bolyai Ser I Matem Fiz Chim. 1959. T. 4. N 2. P. 105.*
9 Verma M. R., Agarwal K. C. // *J Sci Ind Res. 1960. Vol. 19. N 6. P. 319.*
10 Sherif F. G., Raafat B. I. // *Anal Chem. 1963. Vol. 35. N 13. P. 2116.*
11 Tanaka N., Ebata K. // *J Electroanal Chem. 1964. Vol. 8. N 2. P. 120.*
12 Bellin P., Fouchecourt P. // *Comptes Rendus Hebdomadaires Séances de l'Académie des Sciences. Série C. Sciences Chimiques. 1966. T. 263. Pt. 1. P. 539.*
13 Chiacchierini E. // *Annali di Chimica (Rome). 1966. Vol. 56. N 12. P. 1405.*
14 Horiuchi Y., Osamu I. // *Iwate Daigaku Kogakubu Kenkyu Hokoku. 1966. Vol. 19. P. 91.*
15 Crisan J. A., Daniel A. // *Stud Univ Babeş-Bolyai Ser Chem. 1967. T. 12. N 2. P. 135.*
16 Szekeres L., Kardos E., Szekeres G. L. // *Microchim Acta. 1967. Vol. 12. N 2. P. 147.*
17 Verma M. R., Agarwal K. C., Amar V. K. // *Ind J Chem. 1967. Vol. 5. N 1. P. 79.*
18 Horiuchi Y., Sekiguchi S. // *Iwate Daigaku Kogakubu Kenkyu Hokoku. 1968. Vol. 21. P. 61.*
19 Макаров-Землянский Я. Я., Павлов Н. Н. // *Науч Труд Моск Техн Инст Лёэк Пром. 1969. № 36. С. 99.*
20 Kar K. R., Singh S. // *Microchim Acta. 1970. Vol. 58. N 2. P. 279.*
21 Szekeres L. // *Microchem J. 1972. Vol. 17. N 3. P. 360.*
22 Bustin D. I., Mocák J. // *Talanta. 1973. Vol. 20. N 11. P. 1185.*
23 Bustin D. I., Mocák J. // *Talanta. 1973. Vol. 20. N 11. P. 1191.*
24 Irving H. M. N. H., Al-Jarrah R. H. // *Anal Chim Acta. 1973. Vol. 63. N 1. P. 79.*
25 Ohashi K., Suzuki T., Kubo K., Yamamoto K. // *Bunseki Kagaku. 1976. Vol. 25. N 10. P. 693.*
26 Gupta J. P., Garg B. S., Lata S., Singh R. P. // *Proc Ind Nat Sci Acad A. 1981. Vol. 43. N 3. P. 300.*
27 Bustin D., Rievaj M. // *Chem Zvesti. 1987. Vol. 41. N 2. P. 227.*
28 Inoue Y., Sakai T., Kumagai H. // *J Chromatogr A. 1995. Vol. 706. N 2. P. 127.*
29 Yung G. Y., Kim Y. S., Lim H. B. // *Anal Sci. 1997. Vol. 13. N 3. P. 463.*
30 de Souza E. M., Wagener A. de L. R., Farias P. // *Croat Chem Acta. 1997. Vol. 70. N 1. P. 259.*
31 Costa A. C. S., Assis J. C. R., Torres A. L. C., Ferreira S. L. C., Teixeira M. de G. A. K. L. S. G. // *Quím Nova. 1999. Vol. 22. N 2. P. 194.*
32 Yadav V. K., Upadhyay R., Sharma K., Goswami A. K., Purohit D. N. // *Asian J Chem. 2000. Vol. 12. N 3. P. 887.*
33 Marczenko Z., Balcerzak M. *Separation, Preconcentration and Spectrophotometry in Inorganic Analysis. Amsterdam: Elsevier, 2000. 528 p.*
34 Chang Y.-L., Jiang S.-J. // *J Anal At Spectrom. 2001. Vol. 16. N 8. P. 858.*
35 Threeprom J., Purachaka S., Potipan L. // *J Chromatogr A. 2005. Vol. 1073. N 1. P. 291.*
36 Ilyas M., Malik M. A., Andrabi S. M. Z., Khan Z. // *Res Lett Phys Chem. 2007. Vol. 2007. ID 82901. 5 p.*
37 Soares R., Carneiro M. C., Monteiro M. I. C., Henrique S. de S. Jr, Pontes F. V. M., da Silva L. I. D., Neto A. A., Santelli R. E. // *Chem Spec Bioavail. 2009. Vol. 21. N 3. P. 153.*
38 Hussain Z., Nazir A., Shafique U., Salman M. // *J Sci Res (Punjab). 2010. Vol. XXXX. N 1. P. 9.*
39 Pribil R. *Applied Complexometry: Pergamon Series in*

- Analytical Chemistry. Amsterdam: Elsevier, 2013. 456 p.
- 40 Píbil R. *Analytical Applications of EDTA and Related Compounds: International Series of Monographs in Analytical Chemistry*. Amsterdam: Elsevier, 2013. 390 p.
- 41 Flaschka H. A. *EDTA Titrations: An Introduction to Theory and Practice*. Amsterdam: Elsevier, 2013. 144 p.
- 42 Рудомёткина Т. Ф., Иванов В. М. // *Вестн Моск Ун-та Сер 2. Хим.* – 2013. – Т. 54. – № 3. – С. 164.
- 43 Belete T., Hussien A., Rao V. M. // *J Health Sci*. 2014. Vol. 4. N 5. P. 105.
- 44 Downes A. M., McDonald I. W. // *Br J Nutr*. 1964. Vol. 18. N 1. P. 153.
- 45 Brien T. G., O'Hagan R., Muldowney F. P. // *Acta Radiol Ther Phys Biol*. 1969. Vol. 8. N 6. P. 523.
- 46 Jenkins R. T., Bell R. A. // *Gut*. 1987. Vol. 28. N 1. P. 110.
- 47 Zhang X., Yang H., Bard A. J. // *J Am Chem Soc*. 1987. Vol. 109. N 7. P. 1916.
- 48 Farrell R. P., Lay P. A. // *Comm Inorg Chem*. 1992. Vol. 13. N 3. P. 133.
- 49 Allen H. E., Chen P.-H. // *Environ Progr*. 1993. Vol. 12. N 4. P. 284.
- 50 Mårtensson J., Groth S., Rehling M., Gref M. // *J Nucl Med*. 1998. Vol. 39. N 12. P. 2131.
- 51 Bae C.-H., Roberts E. P. L., Dryfe R. A. W. // *Electrochim Acta*. 2002. Vol. 48. N 3. P. 279.
- 52 Ключковский С. П., Сабиров Д. Ш. // *Вестн Башкир Ун-та.* – 2008. – Т. 13. – № 3. – С. 483.
- 53 Balaska F., Bencheikh-Lehocine M., Chikhi M., Meniai A.-H., Bouledjoudja A. // *Energy Proc*. 2012. Vol. 19. P. 249.
- 54 Resende J. E., Gonçalves M. A., Oliveira L. C. A., da Cunha E. F. F., Ramalho T. C. // *J. Chem*. 2014. Vol. 2014. ID 754526. 8 p.
- 55 Protzenko V. S., Kityk A. A., Danilov F. I. // *Электр Обраб Матер*. 2014. Т. 50. № 5. С. 13.
- 56 Rollinson C. L. *The Chemistry of Chromium, Molybdenum and Tungsten: Pergamon International Library of Science, Technology, Engineering and Social Studies*. Amsterdam: Elsevier, 2015. 161 p.
- 57 Brintzinger H., Thiele H., Müller U. // *Z Anorg Allg Chem*. 1943. Bd. 251. H. 3. S. 285.
- 58 Thorneley R. N. F., Sykes A. G. // *J Chem Soc A Inorg Phys Theor*. 1969. P. 742.
- 59 Wheeler W. D., Legg J. I. // *Inorg Chem*. 1984. Vol. 23. N 23. P. 3798.
- 60 Kanamori K., Kawai K. // *Inorg Chem*. 1986. Vol. 25. N 20. P. 3711.
- 61 Liu B., Chai J., Feng S. S., Yang B. S. // *Spectrochim Acta Part A Mol Biomol Spectr*. 2015. Vol. 140. P. 437.
- 62 Beck M. T., Durham D. A. // *J Inorg Nucl Chem*. 1971. Vol. 33. N 2. P. 461.
- 63 Ševčík P., Treindl L. // *Chem Zvesti*. 1973. Vol. 27. N 3. P. 306.
- 64 Ogino H., Watanabe T., Tanaka N. // *Inorg Chem*. 1975. Vol. 14. N 9. P. 2093.
- 65 Yamamoto K., Ohashi K. // *Bull Chem Soc Jpn*. 1976. Vol. 49. N 9. P. 2433.
- 66 Ogino H., Shimura M., Tanaka N. // *Inorg Chem*. 1979. Vol. 18. N 9. P. 2497.
- 67 Leupin P., Sykes A. G., Wieghardt K. // *Inorg Chem*. 1983. Vol. 22. N 8. P. 1253.
- 68 Easom K. A., Bose R. N. // *Inorg Chem*. 1988. Vol. 27. N 13. P. 2331.
- 69 Garg V. K., Relan P. S. // *Proc Ind Nat Sci Acad A*. 1996. Vol. 62. N 1. P. 45.
- 70 Khan Z., Kabir-ud-Din // *Trans Met Chem*. 2002. Vol. 27. N 8. P. 832.
- 71 Abid M., Khan Z. // *Trans Met Chem*. 2003. Vol. 28. N 1. P. 79.
- 72 Khan Z., Raiu, Kabir-ud-Din // *Ind J Chem B*. 2004. Vol. 43. P. 149.
- 73 Uluçınar Ş., Nur Onar A. // *Chem Spec Bioavail*. 2005. Vol. 17. N 2. P. 31.
- 74 Ewais H. A., Ismael M. K., Abdel-Khalek A. A. // *J Saud Chem Soc*. 2009. Vol. 13. N 2. P. 219.
- 75 Luo Z., Chatterjee N. // *Chem Spec Bioavail*. 2010. Vol. 22. N 1. P. 25.
- 76 Singh D., Agnihotri A., Seth C. S. // *Current Sci*. 2017. Vol. 112. N 10. P. 2034.
- 77 Hamm R. E. // *J Am Chem Soc*. 1953. Vol. 75. N 22. P. 5670.
- 78 Furlani C., Morpurgo G., Sartori G. // *Z Anorg Allg Chem*. 1960. Bd. 303. H. 1. S. 1.
- 79 Espenson J. H. // *Inorg Chem*. 1969. Vol. 8. N 7. P. 1554.
- 80 Banerjee D., Chaudhuri P. // *J Inorg Nucl Chem*. 1970. Vol. 32. N 8. P. 2697.
- 81 Banerjee D., Chaudhuri P. // *Z. Anorg Allg Chem*. 1970. Bd. 372. H. 2. S. 268.
- 82 Thorneley R. N. F., Sykes A. G., Gans P. // *J Chem Soc A Inorg Phys Theor*. 1971. P. 1494.
- 83 Géher-Glücklich J., Beck M. T. // *Acta Chim Acad Sci Hung*. 1971. Vol. 70. N 2. P. 235.
- 84 Géher-Glücklich J., Beck M. T. // *Acta Chim Acad Sci Hung*. 1971. Vol. 70. N 2. P. 247.
- 85 Григорьев Б. С., Макаров-Землянский Я. Я., Павлов Н. Н. // *Ж Физ Хим*. 1974. Т. 48. № 5. С. 1173.
- 86 Лаптев Н. Ю., Корнеев В. И., Ионоу Л. Б. // *Ж Физ Хим*. 1976. Т. 50. № 7. С. 1699.
- 87 Корнеев В. И., Харитонова С. Л. // *Ж Физ Хим*. 1976. Т. 50. № 7. С. 1703.
- 88 Beck M. T., Tóth Z. // *Bull Chem Soc Jpn*. 1979. Vol. 52. N 2. P. 598.
- 89 McAuley A. *Inorganic Reaction Mechanisms*. Vol. 6. London: Royal Society of Chemistry, 1979. 472 p.
- 90 Сараић С., Гал И. Ј. // *Гласник Хемиског Друштва Београд*. 1982. Књ. 47. Св. 8. С. 417.
- 91 Anis S. S. // *Mater Chem Phys*. 2001. Vol. 72. N 1. P. 88.
- 92 Meenakshisundaram S., Vinothini R. // *Croat Chem Acta*. 2003. Vol. 76. N 1. P. 75.
- 93 Twigg M. V. *Mechanisms of Inorganic and Organometallic Reactions*. Vol. 2. Berlin: Springer, 2012. 453 p.
- 94 Abdel-Messih M. F. // *Adv Chem Eng Sci*. 2013. Vol. 3. N 1. P. 98.
- 95 El-Hag M. A., Saleh G. F. // *Phys Chem Ind J*. 2014. Vol. 9. N 9. P. 312.
- 96 Cerar J. // *Acta Chim Slov*. 2015. Vol. 62. N 3. P. 538.
- 97 El-Hag M. A., Eldiabani G. S., Lateef M. A. A. // *J Adv Chem Sci*. 2015. Vol. 1. N 2. P. 34.
- 98 Perez-Benito J. F. // *Int J Chem Kinet*. 2017. Vol. 49. N 4. P. 234.
- 99 Barreto J. C., Brown D., Dubetz T., Kakareka J., Alberte R. S. // *Chem Educator*. 2005. Vol. 10. N 3. P. 196.
- 100 Agger R. M., Hedrick C. E. // *J Chem Educ*. 1966. Vol. 43. N 10. P. 541.
- 101 Hedrick C. E. // *J Chem Educ*. 1965. Vol. 42. N 9. P. 479.
- 102 Ostwald W. *Lehrbuch der allgemeinen Chemie. II. Band, zweiter Teil, fünfte Lieferung*. Leipzig: Verlag von W. Engelmann, 1902. 943 p.
- 103 Adrain R. // *The Analyst; or Mathematical Museum*. 1808. Vol. 1. N 4. P. 93.
- 104 van't Hoff, J. H. *Études de dynamique chimique*. Amsterdam: Frederik Müller, 1884. 242 p.
- 105 Gulberg C., Waage P. // *Forhandlinger I Videnskabs-selskabet I Christiania*. 1864. P. 35.
- 106 Williams G. // *Am Math Month*. 1990. Vol. 97. N 6. P. 511.
- 107 Anton H., Rorres C. *Elementary Linear Algebra, 9th edition*. New York: John Wiley and Sons, 2005.
- 108 Cramer G. *Introduction à l'Analyse des lignes Courbes algébriques*. Geneve, 1750. 680 p.
- 109 Fisher R. // *Journal of the Ministry of Agriculture of Great Britain*. 1926. Vol. 33. P. 503.
- 110 Arrhenius S. // *Z Phys Chem. Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre*. 1889. Vol. 4. N 1. P. 96.
- 111 Eyring H. // *J Chem Phys*. 1935. Vol. 3. N 2. P. 107.
- 112 Eyring H., Polanyi M. // *Z Phys Chem B, Chemie der Elementarprozesse, Aufbau der Materie*. 1931. Vol. 12. N 3. P. 279.
- 113 Evans M. G., Polanyi M. // *Trans Faraday Soc*. 1935. Vol. 31. P. 875.

Приложение
Методические указания для студентов по
выполнению лабораторной работы

Цель работы: изучить кинетику реакции образования комплексного иона хрома (III) с ЭДТА фотометрическим методом, определить частные порядки реакции по ионам хрома (III), ЭДТА и ионом водорода, изучить влияние температуры на скорость реакции, изучить каталитический эффект гидрокарбонат-ионов на реакцию.

Оборудование и реактивы:

- фотоколориметр КФК-2 или аналогичный;
- кюветы стеклянные для фотометрических измерений с длиной светового пути 10 мм;
- рН-метр – милливольтметр рН-121 или аналогичный;
- баня водяная LT-2 или аналогичная, интервал поддерживаемых температур от 20 до 50 °С;
- стаканы химические, 50 мл;
- колбы мерные, 25,0; 50,0 мл и 100,0 мл;
- пипетки мерные, 25,0; 5,0 и 1,0 мл;
- растворы хрома (III), 2 г/л и 0,5 г/л;
- растворы ЭДТА, 0,10 моль/л и 0,05 моль/л;
- раствор гидрокарбоната натрия, 0,10 моль/л;
- растворы HCl (примерно 2 моль/л) и NaOH (примерно 6 моль/л);
- вода дистиллированная.

Порядок выполнения работы

I Определение частных порядков реакции по реагирующим веществам.

- подготовить к работе рН-метр и фотоколориметр. Подготовить кюветы для фотоколориметрических измерений с длиной оптического пути 10 мм, установить 100 % светопропускания при длине волны 540 нм по дистиллированной воде.

• приготовление реакционных смесей производить по следующей схеме:

№ опыта	Реагент А	Реагент Б	Реагент В
1	ЭДТА, 0,10 М	HCl, 2 М	Cr ³⁺ , 2 г/л
2	ЭДТА, 0,10 М	HCl, 2 М	Cr ³⁺ , 0,5 г/л
3	ЭДТА, 0,10 М	NaOH, 6 М	Cr ³⁺ , 2 г/л
4	ЭДТА, 0,10 М	NaOH, 6 М	Cr ³⁺ , 0,5 г/л
5	ЭДТА, 0,05 М	HCl, 2 М	Cr ³⁺ , 2 г/л
6	ЭДТА, 0,05 М	HCl, 2 М	Cr ³⁺ , 0,5 г/л
7	ЭДТА, 0,05 М	NaOH, 6 М	Cr ³⁺ , 2 г/л
8	ЭДТА, 0,05 М	NaOH, 6 М	Cr ³⁺ , 0,5 г/л

• в восемь химических стаканов поместить по 25,0 мл реагента А и по 0,5 мл реагента Б для соответствующих опытов. Смеси поместить в водяную баню, в которой поддерживается температура 25 °С и термостатировать в течение 15 минут. Измерить рН смесей, после чего вновь поместить их в термостат.

• дальнейшие действия проводить с каждой смесью по очереди! Работу с каждой следующей смесью начинать только после завершения работ с предыдущей.

• прилить к смеси 5,0 мл реагента В и зафиксировать момент начала реакции. Реакционную смесь вновь поместить в термостат.

• через каждые 30 секунд отбирать аликвоту из реакционной смеси, помещать её в кювету для фотометрических измерений и измерять светопропускание раствора при длине волны 540 нм относительно дистиллированной воды, после чего взятую аликвоту возвращать в реакционную смесь.

• опыт с каждой из восьми смесей проводить в течение 15 минут.

Далее провести один из опытов (II или III) по указанию преподавателя.

II Изучение зависимости скорости реакции от температуры.

• в четыре химических стаканов поместить по 25,0 мл реагента А и по 0,5 мл реагента Б для реакционной смеси № 1 из опыта I. Далее работу проводить аналогично описанной в опыте I, за тем исключением, что термостатирование реакционных смесей проводить при температурах 30, 35, 40 и 45 °С, соответственно.

III Изучение влияния катализатора на скорость реакции.

• из исходного раствора гидрокарбоната натрия с концентрацией 0,10 М приготовить путём последовательного разбавления растворы с концентрациями 10⁻², 10⁻³ и 10⁻⁴ М.

• приготовление реакционных смесей производить по следующей схеме:

№ опыта	Реагент А	Реагент Б	Реагент В
1	ЭДТА, 0,10 М	NaHCO ₃ , 10 ⁻¹ М	Cr ³⁺ , 2 г/л
2	ЭДТА, 0,10 М	NaHCO ₃ , 10 ⁻² М	Cr ³⁺ , 2 г/л
3	ЭДТА, 0,10 М	NaHCO ₃ , 10 ⁻³ М	Cr ³⁺ , 2 г/л
4	ЭДТА, 0,10 М	NaHCO ₃ , 10 ⁻⁴ М	Cr ³⁺ , 2 г/л

• далее работу проводить аналогично описанной в опыте I.

Обработка результатов эксперимента

• для каждого из опытов результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1:

t, с	T, °C	% A

• построить кинетические кривые в координатах «оптическая плотность – время». Выделить начальные линейные участки кинетических кривых и, обработав их по методу наименьших квадратов, найти значения начальных скоростей реакции ω₀.

• для каждого из опытов вычислить концентрации участников реакции в начальный момент времени исходя из концентраций реагентов А и В и измеренных рН растворов с учётом их разбавления.

I Определение частных порядков реакции по реагирующим веществам.

• составить матрицу плана полного факторного эксперимента с 3 независимыми переменными (десятичные логарифмы начальных концентраций ионов хрома (III), ЭДТА и ионов водорода) и значениями lg ω₀ в качестве зависимой переменной:

lg [c ₀ (Cr ³⁺), моль/л]	lg [c ₀ (H ₂ Y ²⁻), моль/л]	lg [c ₀ (H ⁺), моль/л]	lg [ω ₀ , с ⁻¹]

• по формулам для нахождения параметров

модели полного факторного эксперимента определить частные порядки реакции по ионам хрома (III), ЭДТА и ионам водорода, а также эффективную константу скорости реакции. Сравнить найденные частные порядки с литературными данными.

II Изучение зависимости скорости реакции от температуры.

• для каждого из опытов результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2.

• построить график зависимости $\lg \frac{\omega_T}{\omega_{298,15 K}}$

от $\frac{T - 298,15 K}{10 K}$. Обработать полученную зависимость методом наименьших квадратов и определить значение температурного коэффициента реакции.

• построить график зависимости $\ln \omega_T$ от $\frac{1}{T}$. Обработать полученную зависимость методом наименьших квадратов и определить значения эффективной энергии активации и предэкспоненциального множителя для реакции.

• построить график зависимости $\ln \frac{\omega_T}{T}$ от $\frac{1}{T}$. Обработать полученную зависимость методом наименьших квадратов и определить значения эффективных энтальпии и энтропии активации для реакции.

• сделать вывод о применимости уравнений Вант-Гоффа, Аррениуса и Эйринга для описания температурной зависимости скорости реакции.

III Изучение влияния катализатора на скорость реакции.

• для каждого из опытов, пользуясь значениями частных порядков реакции и эффективной константы скорости, полученными в опыте I, вычислить гипотетическую скорость реакции при условиях эксперимента в отсутствие катализатора.

• вычислить отношение измеренной скорости реакции в присутствии катализатора (ω_k) к вычисленной скорости реакции в его отсутствии (ω_p):

$$\zeta = \frac{\omega_k}{\omega_p}$$

Для каждого из опытов результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.

Таблица 3

$\lg [c(\text{HCO}_3^-), \text{ моль/л}]$	$\lg [\omega_p, \text{ с}^{-1}]$	$\lg [\omega_k, \text{ с}^{-1}]$	ζ

Сделать вывод о влиянии катализатора на скорость реакции.

Таблица 2

$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{ K}$	$-\lg [\omega, \text{ с}^{-1}]$	$\frac{T - 298,15 K}{10 K}$	$\lg \frac{\omega_T}{\omega_{298,15 K}}$	$\frac{1}{T} \cdot 10^3, \text{ K}^{-1}$	$-\ln \omega_T$	$-\ln \frac{\omega_T}{T}$

Евсеев В.В., Ведерникова И.О.
Курганский государственный университет,
Курган

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ, ИМПРЕГНИРОВАННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Аннотация. Проведен микробиологический мониторинг воздействия угольных сорбентов с выработанной сорбционной емкостью по тяжелым металлам на ключевые эколого-трофические группы почвенных микроорганизмов и активность трансформации микробным сообществом почвенного органического вещества. Методом постановки стекол обрастания в почву, компостирующуюся совместно с отработанными угольными сорбентами, выявлена реакция почвенного микробного сообщества и отдельных видов и групп почвенных микроорганизмов на присутствие в почве частиц сорбента с повышенной концентрацией тяжелых металлов. Впервые в условиях региона исследования установлен состав ассоциаций почвенных микроорганизмов, колонизирующих угольные сорбенты, импрегнированные тяжелыми металлами.

Ключевые слова: микробиологический мониторинг, угольные сорбенты, тяжелые металлы, эколого-трофические группы микроорганизмов.

Yevsejev V.V., Vedernikova I.O.
Kurgan State University, Kurgan

MICROBIOLOGICAL MONITORING OF RECYCLING OF THE WORKED- OUT COAL SORBING AGENTS IMPREGNATED BY HEAVY METALS

Abstract. The article conducts microbiological monitoring of influence of coal sorbing agents with worked-out sorbing capacity on heavy metals on the basic ecological trophic groups of microorganisms of soil microorganisms and activity of transformation of soil organic substance by microbial community. With the help of the method of glass fixation into the ground, composted together with worked-out coal sorbing agents, the reaction of soil microbial community and separate kinds and groups of soil microorganisms to presence of particles of sorbing agents with the

raised concentration of heavy metals in the ground is revealed. For the first time in conditions of region of research contents of associations of the soil microorganisms, colonizing coal sorbing agents, impregnated by heavy metals is stated.

Keywords: microbiological monitoring, coal sorbing agents, heavy metals, ecological trophic groups of microorganisms.

Введение. В последнее время на кафедре физической и прикладной химии Курганского государственного университета активно ведутся работы по синтезу активированных углей из природного сырья, обладающих специфическими сорбционными характеристиками [1]. Утилизационный потенциал микромезопористых сорбентов на базе активированных углей с успехом может быть использован в решении ряда острых региональных проблем, характерных для территории Курганской области, в частности для предотвращения загрязнения природных и урбоэкосистем высокотоксичными продуктами техногенеза, ежегодно поступающими в окружающую среду от промышленных предприятий, коммунального хозяйства области и сопредельных территорий (Челябинск, Екатеринбург, Тюмень).

В связи с этим представлялось важным оценить степень влияния угольных сорбентов с выработанной сорбционной емкостью по различным группам экотоксикантов в условиях их компостирования с почвой на основные эколого-трофические группы почвенных микроорганизмов и активность трансформации микробными ассоциациями почвенного органического вещества. Внедрение результатов микробиологического мониторинга в виде рекомендаций на промышленных предприятиях Зауралья позволило бы, с одной стороны, реализовать эффективную систему биоиндикации состояния почв, загрязняемых промышленными отходами, с другой – внедрить экологически безопасные биотехнологии утилизации и (или) восстановления и повторного использования сорбентов в целях защиты окружающей природной среды от продуктов техногенеза.

Поскольку микробиологический мониторинг наземных экосистем базируется на оценке жизнедеятельности микробного компонента (деструкционная деятельность почвенной биоты; средорегулирующие функции микроорганизмов в процессах миграции и трансформации загрязняющих веществ; аккумулялирующая роль микробного компонента, снижающая токсичность загрязненных почв и индикаторная роль микроорганизмов для определения качества среды обитания [8, 14]), приоритетными направлениями нашей работы стали:

- учет численности в пробах почвы с оработанными сорбентами ключевых эколого-трофических групп микроорганизмов;

- определение деструкционных и минерализационных процессов в почвах с оработанными сорбентами;

- определение состава микробных ассоциаций, колонизирующих оработанные сорбенты.

При этом исходили из того, что как отдельные виды микроорганизмов, так и их крупные эколого-трофические группировки, развивающиеся в различных объектах окружающей природной среды (почва, растительные остатки) обладают достаточно высокой чувствительностью к различным ксенобиотикам. В общем виде по степени чувствительности микроорганизмы могут быть ранжированы в виде следующего ряда: водоросли > грибы (особенно четко реагируют на техногенный прессинг фитопатогенные грибы) > бактерии (прежде всего аммонификаторы и нитрификаторы) > актиномицеты (так как часто трофически связаны с мицелием почвенных грибов). Реакция микроорганизмов на токсиканты может проявляться как на клеточном, так и на популяционном уровне, а также на уровне изменения структуры микробных сообществ.

Методика исследований. Объектами исследования были выбраны основные эколого-трофические группы почвенных микроорганизмов: аммонификаторы (учеты численности проведены на мясо-пептонном агаре – МПА), олиготрофы (учеты на голодном агаре – ГА), олигонитрофилы (учеты на синтетической среде Эшби), амилолитические бактерии и актиномицеты (учеты на крахмалоаммиачном агаре – КАА), почвенные микромицеты (учеты на подкисленной синтетической среде Чапека).

Оценка интенсивности трансформации почвенного органического вещества и структурных перестроек в микробном сообществе почвы, контактировавшей с продуктами техногенеза, дана с использованием показателя эвтрофности бактериального комплекса МПА/ПА; индекса олиготрофности ПА/МПА; индекса минерализации азотсодержащих органических веществ почвы КАА/МПА; показателя олигонитрофильности Эшби/МПА; показателя микробиологической трансформации почвенного органического вещества – Пм ((МПА + КАА) × (МПА/КАА)) [17].

Показатель эвтрофности бактериального комплекса почвы: значения больше единицы указывают на выраженное преобладание аммонифицирующей группировки бактерий, активизацию процессов минерализации свежего органического вещества.

Коэффициент олиготрофности – отношение количества олиготрофных микробов, растущих на бедных средах, к общей численности бактерий, растущих на богатых средах. Коэффициент олиготрофности отражает складывающиеся в почве питательные режимы. Высокие его значения связаны с уменьшением количества органотрофных микробов и свидетельствуют об обеднении пула органических веществ в почве. Об этом свидетельствует и Пм. Низкие значения Пм и высокие значения индекса олиготрофности указывают на замедление процессов иммобилизации в цикле

превращений азота в почве и характеризуют вариант как экологически менее благоприятный.

Индекс минерализации: его высокие значения говорят о высоком уровне мобилизации питательных элементов в почве.

Показатель олигонитрофильности отражает активность развития в почве группировки азотфиксаторов и олигонитрофилов, обладающих уникальной способностью связывать молекулярный азот атмосферы. Поэтому азотфиксирующие бактерии представляют особую ценность для почвы.

Материалами для исследований служили модифицированные угольные сорбенты с выработанной сорбционной емкостью по тяжелым металлам (ТМ) – оксидам хрома и марганца; песчаная боровая почва, отобранная из слоя 0-20 см, так как именно в этом слое происходит основное накопление продуктов техногенеза.

Почву компостировали вместе с отработанными угольными сорбентами, импрегнированными тяжелыми металлами, в пластиковых контейнерах при комнатной температуре и оптимальном увлажнении в четырехкратной повторности в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями [2].

Лабораторные модельные эксперименты проводили с привлечением стандартных методик работы с микроорганизмами [13]. Анализ «микробных пейзажей» почвы, контактировавшей с отработанными угольными сорбентами, выполнили методом стекол обрастания по Холодному [11]: угольный порошок напыляли на стерильное предметное стекло, предварительно покрытое тонкой агаровой пленкой (частицы сорбента наносили на стекло по методу Новогрудского – через капроновый фильтр, которым затягивали с одного конца стеклянную трубку или носик воронки), затем стекла упаковывали в защитные чехлы из газовой ткани и закапывали в верхний слой борového песка, помещенного в пластиковые емкости. После инкубации в течение месяца стекла извлекали, окрашивали водным раствором генцианвиолета и микроскопировали в световом микроскопе. При этом на каждом стекле в 90 полях зрения микроскопа регистрировали развитие или отсутствие «микробных пейзажей» возле частиц угольного сорбента. Наблюдения сопровождали микрофотографированием.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена методом однофакторного дисперсионного анализа [6].

Результаты исследований. Микробиологический мониторинг почвы, контактировавшей с отработанными угольными сорбентами, выявил отрицательное влияние сорбентов с выработанной сорбционной емкостью по тяжелым металлам на почвенные микроорганизмы. Это объясняется тем, что катионы тяжелых металлов легко взаимодействуют с различными функциональными группами атомов в составе многих органических соединений, образуя комплексы с гидроксильными, СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ», ВЫПУСК 10

карбоксильными, фосфатными и аминогруппами, а также ковалентные связи с сульфгидрильными группами белков. Вследствие этого токсическое действие тяжелых металлов носит неспецифический характер, так как они способны взаимодействовать практически со всеми типами веществ, участвующими в метаболизме клеток, в том числе с молекулами ферментов [3; 9; 15].

В контрольном варианте, где в почву вносили чистый угольный сорбент, не загрязненный тяжелыми металлами, заметного подавления микробиологической активности песчаной боровой почвы не обнаружено. Более того, через определенный срок инкубации обилие отдельных групп почвенных микроорганизмов возрастало. Так, количество клеток аммонифицирующих бактерий увеличивалось с 2 млн КОЕ/г абсолютно сухой почвы (1-й срок посева) до 8 млн КОЕ/г почвы (3-й срок посева) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Динамика численности колониеобразующих единиц (КОЕ) эколого-трофических групп микроорганизмов в контрольном варианте (почва + чистый угольный сорбент) по трем срокам анализа (КГУ, 2017 г.)

Микробиологические анализы боровой почвы, выполненные через месяц после того, как она компостировалась с отработанными угольными сорбентами, импрегнированными хромом и марганцем, выявили достаточно четкую реакцию всех четырех эколого-трофических групп микроорганизмов на присутствие в почве оксидов ТМ (таблица 1).

Таблица 1 – Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в почве, контактировавшей с отработанными угольными сорбентами, импрегнированными хромом и марганцем

Варианты	Число КОЕ микроорганизмов, млн кл. / г абсолютно сухой почвы			
	олигонитрофилы (Эшби)	олиготрофы (ГА)	аммонификаторы (МПА)	амилолитики (КАА)
Контроль	2,05	2,47	3,48	1,11
Хром	2,56	2,00	2,41	0,97
Марганец	1,48	1,54	1,95	0,34
НСР05	0,62	0,60	1,00	0,21

Примечание: КОЕ – колониеобразующие единицы; контроль – почва, компостированная с угольным сорбентом без ТМ.

По данным, имеющимся в литературе, хром является наиболее токсичным среди других ТМ. Ранжирование по уровню экологической опасности химических элементов по отношению к почве позволило отнести исследователям хром к первому классу опасности, а марганец к третьему классу [2; 10].

В наших модельных экспериментах обнаружилась противоположная закономерность – наиболее сильное негативное воздействие на микрофлору почвы легкого гранулометрического состава оказывал марганец, что, вероятно, связано со спецификой сорбции и десорбции ТМ на поверхности частиц модифицированного угольного сорбента. По характеру влияния тяжелых металлов на биологическую активность почвы можно предполагать, что хром оказался наиболее прочно связан с частицами угольного сорбента, процессы десорбции и поступления его в почву происходили медленно, в результате чего концентрация хрома в окружающей угольные частицы почве была невелика, и это приводило в большинстве случаев к недоверенному угнетающему либо слабому стимулирующему влиянию химического элемента на основные эколого-трофические группы микроорганизмов. Марганец, очевидно, быстрее десорбировался с угольных частиц, концентрация его в окружающей почве существенно возрастала, что приводило к выраженному токсическому действию этого элемента на все эколого-трофические группы микроорганизмов.

Связь между повышением содержания тяжелых металлов в почве и снижением ее биологической активности отмечена в работах других исследователей [15]. Показано, например, что свинцовое загрязнение в малых дозах стимулирует рост численности некоторых групп почвенных бактерий, что авторы объясняют изменением проницаемости клеточных мембран и более эффективным усвоением клетками сложных органических веществ (биополимеров). При внесении оксида свинца в количестве 1-5 ПДК численность амилolitikов возрастала, но дальнейшее повышение концентрации до 10 ПДК приводило к резкому снижению численности бактерий [5]. Свинец не оказывал заметного ингибирующего действия на азотфиксирующую активность почвы, а при низких концентрациях давал стимулирующий эффект [16].

Подобная ситуация отмечена и в наших исследованиях. Так, хром оказывал стимулирующее влияние на олигонитрофильную группировку микроорганизмов, а марганец существенно снижал ее численность. Следует отметить, что группировка азотфиксаторов и олигонитрофилов играет в почве исключительно важную роль, так как биологическая азотфиксация – самый экологичный способ обеспечения растений азотом. Значимость этой группы микроорганизмов для круговорота азота, плодородия почвы и ее достаточно четкая реакция на присутствие в почве тяжелых метал-

лов позволяет рекомендовать оценку численности олигонитрофилов для биоиндикации загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Не менее чувствительной группой почвенных микроорганизмов являются аммонификаторы. Присутствие в почве угольных сорбентов, импрегнированных хромом и марганцем, вызвало достоверное снижение численности КОЕ этой группировки (с 3,5 млн клеток на контрольном варианте до 2,4 млн КОЕ в присутствии хрома, и 2 млн клеток в присутствии марганца).

Олиготрофы и бактерии, растущие на крахмало-аммиачном агаре, дали четкую реакцию только на марганец.

Оценка активности минерализации почвенного органического вещества в почве, контактировавшей с отработанными угольными сорбентами, с использованием специальных коэффициентов, выявила ряд характерных особенностей (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели трансформации углерод- и азотсодержащих почвенных соединений боровой песчаной почвы в условиях компостирования с отработанными угольными сорбентами, импрегнированными ТМ

Варианты	Усредненные значения коэффициентов			
	МПА/ГА	КАА/МПА	Эшби/МПА	ГА/МПА
Контроль (без ТМ)	1,42	0,35	0,63	0,75
Хром	1,23	0,40	1,07	0,69
Марганец	1,26	0,17	0,77	0,80

Показатель эвтрофности бактериального комплекса почвы (МПА/ГА) был выше единицы на всех вариантах, что указывает на активизацию процессов минерализации свежего органического вещества, хотя этот показатель несколько снижался в условиях присутствия в почве хрома и марганца. Индекс олиготрофности в опыте существенно не изменялся и оставался низким, что можно расценивать как положительное явление – чем меньше олиготрофность, тем богаче почва биогенными элементами. Индекс минерализации (КАА/МПА) ни в одном из вариантов не достигал единицы, особенно незначительные величины этого показателя отмечены для варианта с марганцем, что говорит о крайне низком уровне мобилизации питательных элементов в почве. Таким образом, присутствие марганца в почве приводило к существенному торможению минерализационных процессов и снижению биогенности почвы. Показатель олигонитрофильности заметно возрастал в почве, контактировавшей с хромом.

Интегральный показатель Пм – показатель микробиологической трансформации почвенного органического вещества – отличался высокими значениями в контрольном варианте во все сроки анализа (6,1 – 25,0 – 36,8), в то время как в вариантах с тяжелыми металлами его значения были существенно ниже. Так, в варианте с хромом Пм варьировал от 4,4 до 8,6 и 23,1 по трем срокам анализа. В варианте с марганцем его значения из-

менялись, соответственно, от 3,4 до 12,7 и 18,7. Все это свидетельствует о нарушениях процессов трансформации азотсодержащих соединений почвы под влиянием тяжелых металлов.

В наших исследованиях не было установлено выраженного влияния хрома и марганца на почвенные микроскопические грибы (таблица 3). Другими исследователями выявлены сходные тенденции. Отмечено, например, что под влиянием тяжелых металлов количество почвенных грибов и бактерий не изменяется [7].

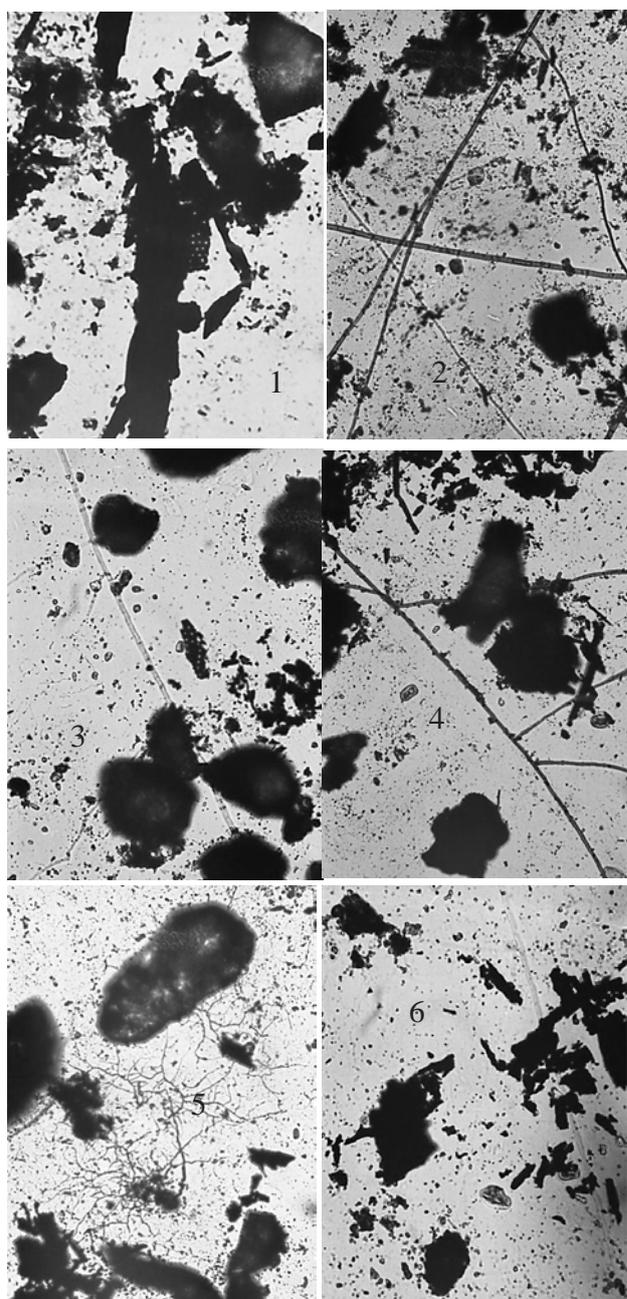
Таблица 3 – Влияние угольных сорбентов на почвенные микромицеты борového песка

Вариант	Численность почвенных микромицетов, тыс. кл. / г абсолютно сухой почвы (среда Чапека)				Среднее число КОЕ
	1	2	3	4	
Контроль	93,0	105,0	129,0	140,0	116,7
Хром	175,0	117,0	175,0	164,0	157,7
Марганец	93,0	152,0	117,0	117,0	119,7
НСР05	F _ф = 2,80 < F ₀₅ = 5,14 Существенных отличий нет				-

Вместе с тем следует отметить, что под влиянием хрома обилие грибных зачатков в почве увеличивалось. Известно, что микроорганизмы способны к иммобилизации токсичных элементов. Показано, что штаммы грибов, выделенные из почв с высоким содержанием ТМ, способны к более высокой биоаккумуляции металлов, чем штаммы из незагрязненной почвы [8]. Загрязнение тяжелыми металлами может отразиться не только на численности спор и вегетативных клеток почвенных грибов, но и на содержании мицелия и распределении почвенных микромицетов [12].

Микроскопия стекол обрастания позволила выявить ряд характерных моментов в реактивности микробного сообщества, в частности микроскопических грибов, на присутствие в почве как чистых угольных частиц (контроль), так и частиц сорбента с выработанной сорбционной емкостью по хрому и марганцу.

Угольный сорбент распределялся по поверхности стекла в виде частиц пластинчатой формы размером от 10 до 50-100 мкм и более. Через месяц после инкубации стекол в почве на препаратах как контрольного варианта, так и вариантов с хромом и марганцем, можно было встретить поля зрения со скоплениями угольных частиц, вокруг которых отсутствовали клетки микроорганизмов, однако совместное присутствие частиц угольного сорбента и почвенных частиц или органо-минеральных агрегатов способствовало развитию актиномицетов и гиф грибов (рисунок 2).



1 – стерильная зона вокруг частиц сорбента; 2 – темноцветный мицелий гифомицетов, проходящий на расстоянии от угольных частиц; 3 – светлоокрашенный мицелий среди песчаных частиц; 4 – гифы гриба демонстрируют реакцию избегания угольного сорбента; 5 – гифы актиномицетов среди песчаных частиц; 6 – деградация и лизис гифы гриба в условиях контакта с угольными частицами (Оригинал. Об. 20х, ок. 10х. Фото проф. В.В. Евсеева)

Рисунок 2 – Характер микропейзажей возле частиц угольного сорбента и песчаных агрегатов на стеклах обрастания

В контрольном варианте иногда можно было обнаружить почвенных нематод, но они не встречались на стеклах, где были нанесены частицы сорбента с тяжелыми металлами. Мицелий грибов на стеклах с угольными частичками, импрегнированными хромом и марганцем, встречается довольно часто. Гифы микромицетов иногда проходили через все поле зрения «транзитом», пере-

секая при этом угольные частицы, но чаще мицелий локализовался на значительном расстоянии от частиц сорбента, либо, если гифа отклонялась в сторону угольной частицы, то на некотором расстоянии от нее останавливала свой рост, при этом часто наблюдался лизис гиф, уменьшение их диаметра. Отмечено преобладание возле угольных частиц темноцветного мицелия (представители семейства *Dematiaceae*), что, по-видимому, связано с проекторной функцией меланиновых грибных пигментов. Светлоокрашенный грибной мицелий (представители семейства *Moniliaceae*) встречался возле угольных частиц гораздо реже.

Таким образом, действие угольного сорбента с выработанной сорбционной емкостью по тяжелым металлам на микроорганизмы почвы избирательно. Избирательность проявляется в отрицательном хемотаксисе – гифы актиномицетов и грибов, достигая зоны диффузии тяжелого металла, прекращают рост в этом направлении и «обходят» частицы сорбента стороной.

Заключение

Учет численности в пробах почвы с обработанными сорбентами ключевых эколого-трофических групп микроорганизмов выявил достаточно четкую реакцию почвенной микрофлоры на присутствие в почве оксидов хрома и марганца, за исключением группировки почвенных микроскопических грибов, флуктуации численности которой по вариантам опыта оказались статистически недостоверными.

Наиболее сильное негативное воздействие на микрофлору почвы легкого гранулометрического состава оказывал марганец, что, вероятно, связано со спецификой сорбции и десорбции ТМ на поверхности частиц модифицированного угольного сорбента.

Особая значимость аммонифицирующей и олигонитрофильной группировок микроорганизмов для круговорота азота, плодородия почвы и их достаточно четкая реакция на присутствие в почве тяжелых металлов позволяет рекомендовать оценку численности олигонитрофилов и аммонификаторов для биоиндикации загрязнения окружающей среды продуктами техногенеза, в частности тяжелыми металлами.

Оценка интенсивности трансформации почвенного органического вещества и структурных перестроек в микробном сообществе почвы, контактировавшей с ТМ, выявила существенное снижение уровня минерализационных процессов в почве в присутствии марганца и возрастание величины показателя олигонитрофильности (Эшби/МПА) в почве, контактировавшей с угольными сорбентами, импрегнированными хромом.

Список литературы

1 Бикмухаметова Р. Р., Шаров А. В. Синтез и свойства аминированных углей из отходов обмолота зерна пшеницы // *Вестник Курганского государственного университета. Серия «Естественные науки»*. – 2016. – № 4 (43). – Вып. 9. – С. 61-63.

2 Вернигорова Н. А., Колесников С. И. Оценка устойчивости коричневой выщелоченной почвы государственного природного заповедника «Утриш» к загрязнению нефтью и тяжелыми металлами по биологическим показателям // *Экология и биология почв: материалы международной научной конференции 17-19 ноября 2014 г.* / отв. ред. К. Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – С. 499-503.

3 Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв / под ред. Л. А. Гришиной. – Москва: Изд-во МГУ, 1990. – 205 с.

4 Гришина Л. А., Колцик Г. Н., Сапегина И. В. Биологическая активность почв и скорость деструкционных процессов // *Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв* / под ред. Л. А. Гришиной. – Москва: Изд-во МГУ, 1990. – С. 81-94.

5 Денисова Т. В., Кузина А. А. Оценка влияния переменного магнитного поля и химического загрязнения на биологическую активность почвы // *Экология и биология почв. Материалы международной научной конференции 17-19 ноября 2014 г.* / отв. ред. К. Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – С. 64-68.

6 Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. – Москва: Изд-во МГУ, 1972. – 292 с.

7 Евдокимова Г. А. Микробиологическая активность почв при загрязнении тяжелыми металлами // *Почвоведение*. – 1982. – №6. – С. 125-132.

8 Евдокимова Г. А., Корнейкова М. В., Мозговая Н. П., Мязин В. А., Редькина В. В. Роль почвенной микробиоты в устойчивости почв к загрязнению и их биоремедиации // *Экология и биология почв: материалы международной научной конференции 17-19 ноября 2014 г.* / отв. ред. К. Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – С. 259-262.

9 Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат, 2006. – 385 с.

10 Колесников С. И., Казеев К. Ш., Денисова Т. В. Влияние антропогенных воздействий на биологические свойства почв юга России (Некоторые научные результаты научной школы «Экология почв» Южного федерального университета) // *Экология и биология почв: материалы международной научной конференции 17-19 ноября 2014 г.* / отв. ред. К. Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – С. 531-534.

11 Колешко О. И. Экология микроорганизмов почвы. Лаб. практикум. – Минск: Выш. школа, 1981. – 176 с.

12 Марфенина О. Е. Изменение структурных и морфо-экологических показателей микроскопических грибов при загрязнении почв тяжелыми металлами // *Экотоксикология и охрана природы*. – Рига, 1988. – С. 103-104.

13 Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. Москва: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

14 Никитина З. И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 222 с.

15 Скворцов И. Н., Ли С. К., Ворожейкина И. П. Зависимость некоторых показателей биологической активности почв от уровня концентрации тяжелых металлов // *Тяжелые металлы в окружающей среде*. – Москва, 1980. – С. 121-125.

16 Умаров М. М., Азиева Е. Е. Некоторые биохимические показатели загрязнения почв тяжелыми металлами // *Тяжелые металлы в окружающей среде*. – Москва, 1980. – С. 109-115.

17 Шатохина С. Ф., Христенко С. И., Лапта Л. И. Особенности функционирования основных азоттрансформирующих групп микроорганизмов в черноземе южном при различных системах удобрения // *Агрехимия*. – 2000. – № 9. – С. 35-40.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ, грант № 17-44-450483 p_a

*Плотникова О.М., Иванова А.Ю., Каминская А.С.
Курганский государственный университет,
Курган*

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ КАК МАРКЕРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. Показано, что для оценки токсичности загрязнения окружающей среды метилфосфонатами и моноэтаноламинном, входящими в состав битумно-солевых масс после уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ, и гербицидом глифосатом можно использовать изменение активности аминотрансфераз крови теплокровных животных и пигментного состава высших растений.

Ключевые слова: метилфосфоновая кислота, моноэтаноламин, глифосат, лабораторные мыши, аминотрансферазы, пигменты растений.

*Plotnikova O.M., Ivanova A.Y., Kaminskaya A.S.
Kurgan State University, Kurgan*

BIOCHEMICAL INDICATORS OF LIVING ORGANISMS AS MARKERS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Abstract. It is shown that for the toxicity assessment of environmental pollution by methylphosphonates and monoethanolamines, being a part of bitumen-salt masses after the destruction of organophosphorus agents, and herbicide with glyphosate one can use the change of the activity of blood aminotransferases of warm-blooded animals and the pigment composition of higher plants.

Keywords: methylphosphonic acid, monoethanolamine, glyphosate, laboratory mice, aminotransferases, plant pigments

Введение

Контроль качества окружающей среды в настоящее время проводится в основном химико-аналитическими методами, позволяющими определять индивидуальные вещества при довольно высоких концентрациях, и методами биотестирования, позволяющими лишь констатировать факт биотоксичности. Эти методы не отвечают на вопрос, каково действие на живые организмы токсичных веществ при низких концентрациях, которые не могут быть зафиксированы традиционными химико-аналитическими исследованиями. В связи с этим изучение адаптации организма к изменяющимся условиям окружающей среды на уровне биохимических реакций особенно интересно, так как это позволяет более детально рассмотреть влияние антропогенного фактора на биосферу. Наиболее информативными для человека являются биоиндикаторы – теплокровные

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ», ВЫПУСК 10

организмы и растения на уровне их биохимических показателей, с помощью которых можно оценить влияние низких концентраций загрязняющих веществ окружающей среды на ранних стадиях воздействия.

Эти вопросы весьма актуальны и социально значимы для Курганской области. Во-первых, в связи с необходимостью контроля качества окружающей среды в районе полигона битумно-солевых масс (БСМ), включающих продукты деструкции отравляющих веществ химического оружия, складированных в Щучанском районе. Во-вторых, в связи с необходимостью контролировать последствия действия гербицидов, содержащих глифосат, повсеместно используемых в настоящее время при выращивании сельскохозяйственной продукции в Курганской области.

Вещества битумно-солевых масс и глифосат являются веществами антропогенного характера и являются ксенобиотиками специфического строения с фосфор-углеродной связью. В качестве основных продуктов миграции из битумно-солевых масс при уничтожении, например, зарина фигурируют моноэтаноламин и изопропиловые эфиры метилфосфоновой кислоты [8]. В литературе весьма скудно представлены сведения о процессах вымывания из БСМ нелетучих водорастворимых компонентов и степени их токсичности [9]. Между тем выделяющиеся из БСМ продукты в случае вымывания их грунтовыми водами из мест захоронения БСМ могут интегрально оказаться токсичными для теплокровных организмов.

Результаты проведенного нами исследования свидетельствовали о том, что при длительном соприкосновении битумно-солевых масс с водой процесс вымывания водорастворимых компонентов БСМ в водную среду возможен. Кроме того, образовавшиеся водные растворы обладали значительной острой токсичностью для млекопитающих [16]. Возможность вымывания водой из битумно-солевых масс остаточных количеств токсичных продуктов указывает на необходимость контроля их надлежащего хранения.

Другим распространенным ксенобиотиком в настоящее время является глифосат, действующее вещество гербицидов «Раундап», «Ураган», «Торнадо». Воздействие глифосата на живые организмы противоречивы, а его производство изначально было лоббировано американской фирмой производителем «Монсанто». На основании собственных данных о низкой токсичности глифосата «Монсанто» начала многотоннажное производство глифосата и его распространение по всему миру.

Однако повсеместное применение глифосата в течение десятилетий показало, что он способен снижать активность детоксицирующих ферментов печени [20], может проявлять антихолинэстеразную активность [22], а при длительном воздействии – мутагенность [21]. Глифосат, хотя и устойчивое соединение, но при попадании в почву с

течением времени постепенно распадается с образованием еще более устойчивого метаболита из группы фосфонатов – аминометилфосфоновой кислоты ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{PO}_3\text{H}_2$), которую обнаруживали в зерновых, выращенных на полях через год после обработки глифосатом [19].

Полученные нами данные позволили предположить, что такие фосфонаты, как глифосат, воздействуют на гомеостаз и общее состояние теплокровных организмов: в достаточно высоких концентрациях приводят к снижению интенсивности процессов перекисного окисления, а в низких концентрациях – к увеличению интенсивности этих реакций для белковых молекул, что служит защитой для мембран клеток [15].

Эти факты указали на необходимость и возможность выявления биохимических показателей – маркеров, с помощью которых можно по возможности максимально просто оценить влияние загрязнения на биологические объекты. Это имеет важность с точки зрения безопасности для всех опасных химических производств и загрязненных территорий независимо от их места нахождения, а также чрезвычайно важную социальную значимость.

Итак, целью исследования было обобщение ранее полученных экспериментальных данных и проведение дополнительных исследований для выявления наиболее информативных биохимических показателей живых организмов для их дальнейшего использования с целью оценки возможного влияния содержащихся в битумно-солевых массах метилфосфонатов и моноэтаноламина и повсеместно используемого при выращивании сельскохозяйственной продукции гербицида глифосата на жизнедеятельность организма.

1 Объекты исследования

1.1 Характеристика веществ, взятых для изучения их токсичности

Метилфосфоновая кислота и моноэтаноламин – вещества битумных масс после уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ. Основными продуктами детоксикации зарина согласно паспорту отхода битумно-солевой массы являются кальциевые соли метилфосфоновой кислоты и ее кислого эфира, диизопропиловый эфир метилфосфоновой кислоты, фторид кальция, аминоэтилизопропил-метилфосфонат, зарин в количестве менее $1 \times 10^{-8}\%$ и битум (до 97,5%).

Метилфосфоновая кислота (МФК, $\text{CH}_3\text{PO}(\text{OH})_2$) содержит малополярную фосфоруглеродную связь, отличающуюся особой устойчивостью к гидролизу и термическому расщеплению, но она способна к гомолитическому разрыву по радикальному механизму [12], поэтому может стать источником устойчивых свободных радикалов, которые приводят к активации антиоксидантной системы и негативно сказываются на функционировании обменных процессов организмов животных и растений. Эфиры МФК в природных

средах постепенно превращаются в саму МФК и ее соли, которые достаточно устойчивы и поэтому могут быть использованы в качестве маркера загрязнения окружающей среды.

Моноэтаноламин (МЭА, $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}_2$) является β -этаноламином, поэтому сочетает в себе свойства первичных спиртов и первичных аминов, т.е. может образовывать водородные связи, проявлять кислотные свойства, быть эффективным нуклеофилом, а также образовывать соли различного состава. Его производное ацетилхолин выполняет в организмах теплокровных важнейшую функцию нейромедиатора. Моноэтаноламин широко используется человеком – применяется в процессах очистки технологических кислых газов на предприятиях нефтеперерабатывающей, газодобывающей и химической отраслей промышленности, используется как сырье для получения эмульгаторов, диспергаторов, стабилизаторов пен, моющих и чистящих средств, шампуней и др.

Гербицид глифосат или N-(фосфонометил)-глицин ($\text{HOOC}-\text{CH}_2\text{NHCH}_2-\text{PO}_3\text{H}_2$) можно рассматривать как производное метилфосфоновой кислоты и аминуксусной кислоты или глицина, т.е. характеризуется наличием фосфоновой, карбоксильной и аминогруппы, за счет которых глифосат в почвах может достаточно прочно связываться с ионами тяжелых металлов, образуя комплексные соединения хелатного типа. Именно поэтому в растения глифосат проникает в основном через листья и очень незначительно через корни.

Известно, что глифосат в виде солей является достаточно стойким соединением. Кроме того, связывание глифосата в почвах с ионами металлов приводит к возможности накопления глифосата в компонентах окружающей среды, и прежде всего в почвах и поверхностных водах озер и рек, за счет смывания с обработанных глифосатом полей. Может накапливаться в донных отложениях, играющих роль вторичного источника глифосата для рыб. Под воздействие глифосата могут попадать территории, не предусмотренные для обработки, например, при разбрызгивании пестицида с трактора или при обработке с самолета, в последнем случае мимо цели пролетает до 40-80% гербицида.

По отношению к человеку глифосат-содержащие препараты имеют 3 класс опасности. Для глифосата установлены нормативы содержания в виде предельно допустимых концентраций (ПДК): в почве – 0,5 мг/кг, в воде водоемов – 0,02 мг/дм³. Нормативы загрязнения глифосатом сравнимы с ПДК таких известных загрязняющих веществ, как нефтепродукты (ПДК в воде – 0,05 мг/дм³) и сероводород (ПДК в почве – 0,4 мг/кг) [4]. В виду того, что глифосат в природе естественным путем не образуется, а в воде и почве разлагается достаточно медленно, поэтому его появление в природных средах однозначно является признаком антропогенного загрязнения.

1.2 Характеристика живых организмов – объектов исследования

Лабораторные мыши традиционно используются в научных исследованиях в области биологии, медицины, сельского хозяйства, в оборонной, фармацевтической и других отраслях науки и промышленности. В качестве тест-объекта были взяты белые лабораторные мыши одной возрастной и весовой категории, проживающие в обычных условиях вивария. Токсикант вводился внутримышечно или перорально (контрольной группе – физиологический раствор), забор крови производился методом декапитации. Цельную кровь в гепаринизированных пробирках Эппендорфа центрифугировали, после чего плазму или эритроцитарную массу использовали в дальнейшем для серии анализов.

Бактериальную культуру в качестве тест-объекта использовали в виде препарата лиофилизированных люминесцентных бактерий «Эколюм» [10]. Тест-система люминесцентных бактерий реагирует на токсичные соединения разнообразной химической природы с порогом определения порядка 0,01 мг/л и предназначена для контроля токсичности воды и водных вытяжек различных объектов окружающей среды. При оценке индекса токсичности анализируемые пробы классифицируются на три группы: I группа – значение токсичности меньше 20 – образец не токсичен; II – значение токсичности 20-49,9 – образец токсичен; III – значение токсичности от 50 и выше – образец сильно токсичен.

Овес посевной (*Avena sativa* L.) традиционно используется как тест-культура в различных исследованиях. Овес культивируется почти повсеместно, но возделывается в основном один вид овса – овес посевной. В Курганской области наибольшее распространение получили сорта овса посевного Скакун, Улов, Галоп, Алтайский крупнозерный. В качестве тест-объекта был взят овес посевной сорта «Скакун» как распространенная сельскохозяйственная культура в Курганской области.

1.3 Характеристика показателей токсичности

Биолюминесценция бактериальной культуры «Эколюм» осуществляется благодаря бактериям, содержащим люциферазу. Уменьшение интенсивности биолюминесценции при воздействии химических веществ, присутствующих в анализируемой пробе, пропорционально токсическому эффекту. При определении индекса токсичности всегда проводили параллельное измерение контрольных не содержащих токсических веществ и опытных проб – по три образца контрольных и опытных проб.

Ферменты, характеризующие состояния печени. Аминотрансферазы АЛТ (аланинаминотрансфераза) и АСТ (аспартатаминотрансфераза). Повышение уровня АЛТ является специфическим показателем разрушения печеночных клеток, что возможно при токсических поражениях печени СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ», ВЫПУСК 10

[18]. По степени повышения АЛТ можно судить об активности и масштабах поражения печени. АСТ больше всего проявляет свою активность в сердечной мышце и печени. Обнаружение его повышенного содержания в плазме крови говорит о патологии этих органов. Синхронное повышение уровня этих ферментов является свидетельством печеночного цитолиза при поражении этого органа.

Холинэстеразная система принимает непосредственное участие в ответе на любой стресс в живых системах, обеспечивая состояние повышенной функциональной активности. Сывороточная холинэстераза (ХЭ) выполняет в организме защитные функции. В частности, она предохраняет от инактивации ацетилхолинэстеразу, поскольку с большой скоростью гидролизует ингибитор данного фермента – бутирилхолин. Холинэстераза является главным ферментом, который метаболизирует кокаин и его производные с образованием нетоксичных продуктов распада [6].

Вещества перекисного окисления.

Продукты окислительной модификации белков играют важную роль в обороте протеинов в организме. Накопление окисленных белков рассматривается как один из факторов регуляции синтеза и распада протеинов, активации протеолитических протеаз, избирательно разрушающих окислительные белки. Фактически разрушение окислительных белков рассматривается как проявление вторичной антиоксидантной защиты в организме [3]. При их определении использовали метод, основанный на реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белков с 2,4-динитрофенилгидразином с образованием альдегидо- и кетопроизводных (АФГ и КФГ).

Продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ) является чувствительным тестом на образование свободных радикалов [11]. В биологических мембранах окислению подвергаются полиненасыщенные жирные кислоты, поэтому из мембраны исчезают легко окисляемые фосфолипиды, в результате чего мембрана обогащается насыщенными фосфолипидами и «стареет». Гидроперекиси липидов разрушаются с образованием вторичных продуктов перекисного окисления липидов: альдегидов, кетонов, спиртов и эпоксидов, в том числе малонового диальдегида (МДА), который является мутагеном и обладает выраженной токсичностью, подавляет гликолиз и окислительное фосфорилирование, ингибирует синтез нуклеиновых кислот, белка и различных ферментов, угнетает тканевое дыхание [2]. Этот альдегид образует шиффовы основания с аминокетонами белка, выступая в качестве «сшивающего» агента, в результате чего образуются нерастворимые липид-белковые комплексы. Концентрация малонового диальдегида в сыворотке крови отражает активность процессов ПОЛ в организме: высокое содержание малонового диальдегида соответствует тяжелой степени эндогенной интоксикации.

2 Результаты исследований

Все полученные экспериментальные обрабатывались методами непараметрической статистики [5]. Результаты исследования представляли в виде медианы, на основании которой считали различия значений в процентах (%) в опытных группах относительно контрольных. Достоверность различий между двумя выборками оценивали с использованием W-критерия Вилкоксона-Манна-Уитни для независимых выборок. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали менее 0,05. При обсуждении результатов на всех приведенных рисунках контроль принят за 100%, а значения процентов указаны только в случае достоверных отличий при $p < 0,05$.

2.1 Результаты оценки токсичности специфических веществ метилфосфоновой кислоты и моноэтаноламина – продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ химического оружия

Оценка токсичности метилфосфоновой кислоты по влиянию на биохимические показатели теплокровных. Для изучения влияния на биохимические показатели теплокровных животных лабораторным мышам вводили нейтрализованные растворы метилфосфоновой кислоты различной концентрации и определяли в плазме крови биохимические показатели, характеризующие основные стадии метаболизма.

Результаты острого эксперимента показали, что метилфосфоновая кислота в высоких и очень низких дозах влияла на активность основных печеночных ферментов самцов лабораторных мышей – ХЭ, АЛТ и АСТ, приводя через трое суток после внутримышечного введения, в основном, к уменьшению их активности [13]. Анализ полученных данных выявил, что наиболее информативными являются изменения активности аминотрансфераз и холинэстеразы (рисунок 1).

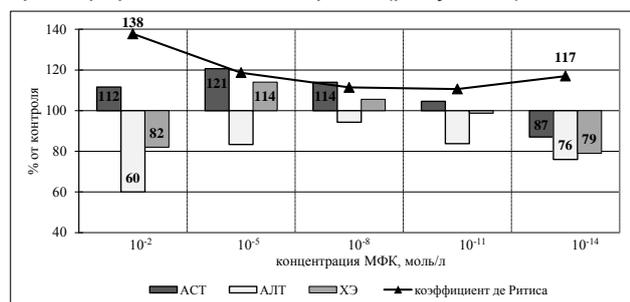


Рисунок 1 – Изменение активности ХЭ, АЛТ и АСТ и коэффициента де Ритиса в плазме крови лабораторных мышей через трое суток после внутримышечного введения МФК. Здесь и далее значения процентов указаны только в случае достоверных отличий при $p < 0,05$

Выполненный хронический эксперимент в течение трех месяцев показал, что еженедельное внутримышечное введение самцам лабораторных мышей растворов как в высокой, так и низкой концентрации МФК сопровождалось повышением

активности холинэстеразы и аминотрансфераз (рисунок 2).

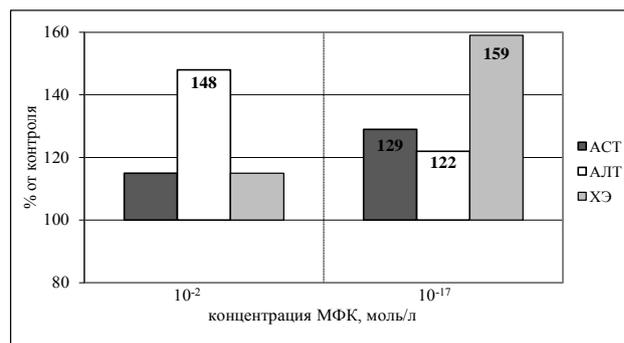


Рисунок 2 – Изменение активности АЛТ, АСТ и ХЭ в плазме крови лабораторных мышей через 3 месяца после еженедельного введения растворов МФК

При изучении действия различных доз МФК на лабораторных мышей было доказано влияние МФК на интенсивность окислительной модификации белков (рисунок 3). При этом МФК в низких дозах вызывало у мышей интенсификацию образования продуктов окисления белков, регистрируемых в виде АФГ и КФГ относительно контрольных групп – рост в 1,24 и 1,38 раза. Это характерно для глубокого разрушения белковых структур при ослаблении компенсационных возможностей организма. Повышение окислительной модификации белков скорее связано как с повышением уровня активных форм кислорода, так и с изменением конформационной структуры белков, что приводит к большей доступности аминокислотных остатков для окисления.

Эти данные позволили утверждать, что мыши как представители теплокровных животных в достаточной мере подвержены влиянию МФК, особенно в низких дозах, которое направлено в основном на изменение структуры белковых молекул, что сопровождалось повышением активности холинэстеразы и значительным ростом продуктов окисления белков. Влияние низких доз МФК возможно по регуляторному механизму, который опосредован образующимися наноассоциатами [17].

Таким образом, такие показатели крови, как активность ферментов аминотрансфераз и холинэстеразы, характеризующие функциональное состояние печени, и показатели окисления белков могут быть рекомендованы для использования в качестве критерия оценки токсичности при загрязнении окружающей среды МФК и ее производными.

Оценка токсичности метилфосфоновой кислоты по влиянию на антиоксидантную систему растений. Для изучения влияния на антиоксидантную систему овса органического фосфора в виде метилфосфоновой кислоты определялось изменение содержания хлорофилла, хлорофилльный индекс как интегральный показатель и ферментативная активность (рисунок 4).

Было найдено, что под влиянием МФК в зеленых проростках овса содержание хлорофилла а и

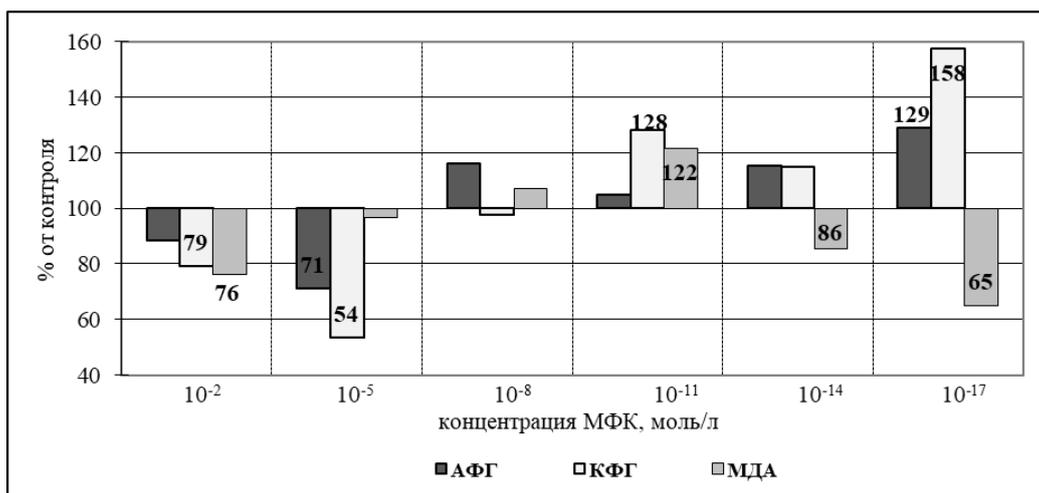


Рисунок 3 – Изменение содержания продуктов окисления белков (АФГ и КФГ) и липидов (МДА) в крови лабораторных мышей после введения растворов МФК

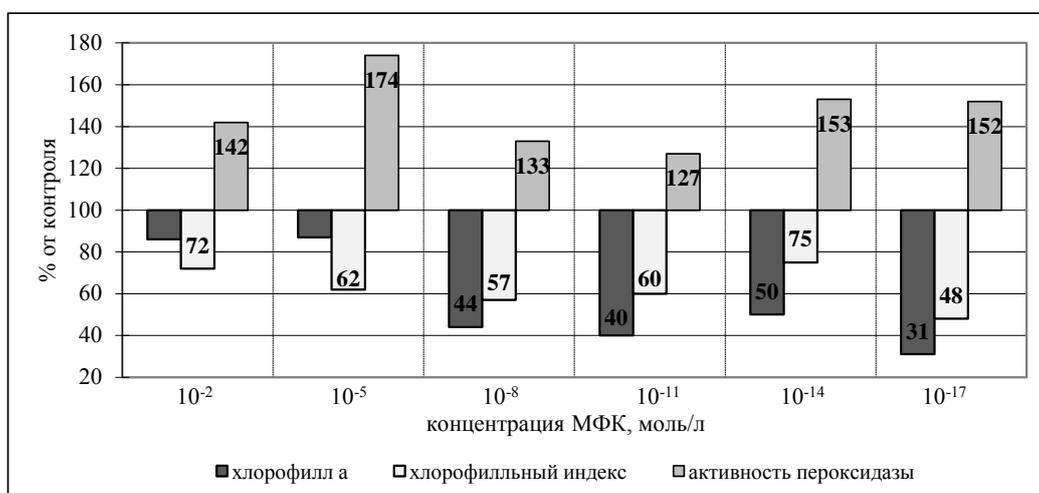


Рисунок 4 – Изменение содержания хлорофилла а, хлорофилльного индекса и активности пероксидазы в зеленых проростках овса, выращенного на питательных растворах с МФК

интегральный хлорофилльный индекс значительно снижался – максимально в 2-3 раза при более низких концентрациях МФК. Активность пероксидаз повышалась в 1,3-1,7 раза, при этом было отмечено, что контроль активности пероксидаз следует вести в фазе 3 или 4 листа роста растений.

Таким образом, такие показатели высших растений, как хлорофилл, хлорофилльный индекс и активность пероксидаз, можно использовать в качестве биохимического теста в контроле загрязнения природной среды метилфосфонатами и их производными.

Оценка токсичности моноэтаноламина по влиянию на биохимические показатели теплокровных. В исследовании было определено, что под влиянием моноэтаноламина активность изученных аминотрансфераз и холинэстеразы оставалась пониженной на 20-40% от контроля в течение 2-5 суток после введения раствора МЭА в концентрации 10⁻² моль/л, что соответствовало дозе 1 мг/кг массы животного (рисунок 5).

В хроническом 3-месячном эксперименте после одноразового введения МЭА интегральный показатель де Ритиса – отношение АСТ/АЛТ – повышался в 1,3-1,5 раза при повышении активности

аминотрансфераз, особенно АЛТ, при этом активность этих характеризующих функции печени ферментов восстанавливалась до контрольных значений только к 12-м суткам. Активность холинэстеразы понижалась в среднем в 1,5 раза, что связано, скорее всего, с нарушением функций печени под действием этого токсиканта [14].

Таким образом, моноэтаноламин в низких концентрациях у здоровых животных вызывал понижение активности холинэстеразы и аминотрансфераз в течение недели, при хроническом влиянии происходило стойкое повышение активности АЛТ и снижение активности холинэстеразы.

Оценка токсичности моноэтаноламина по влиянию на антиоксидантную систему растений. Исследования содержания в листьях овса хлорофилла и активности ферментов под влиянием растворов МЭА в различных концентрациях показало (рисунок 6), что моноэтаноламин угнетает образование хлорофилла и вызывает повышение активности пероксидазы при достаточно низких концентрациях - от 10⁻⁸ до 10⁻¹⁷ моль/л [1].

Таким образом, моноэтаноламин, как представитель специфических органических оснований, влиял на показатели окислительного

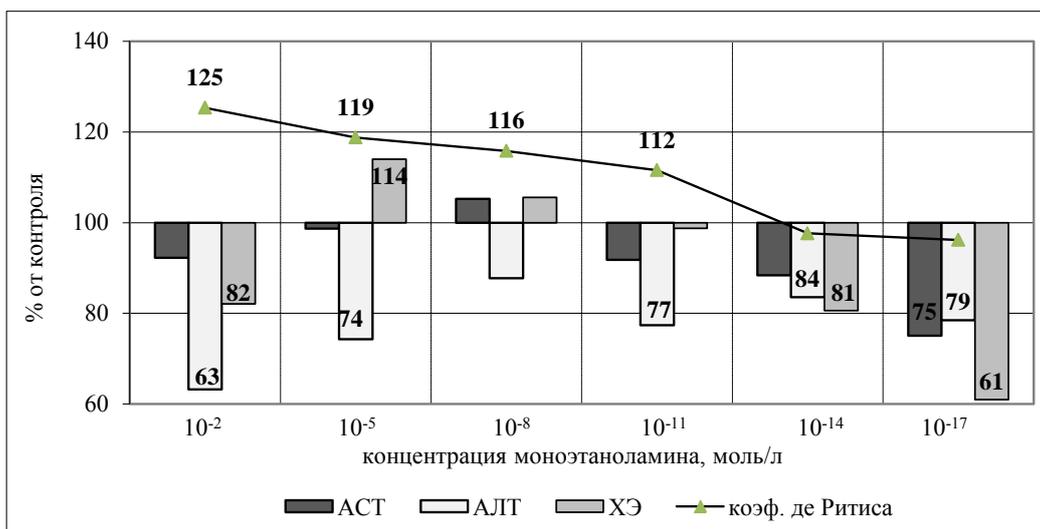


Рисунок 5 – Изменение активности АЛТ, АСТ и ХЭ в плазме крови лабораторных мышей после введения растворов моноэтаноламина различной концентрации

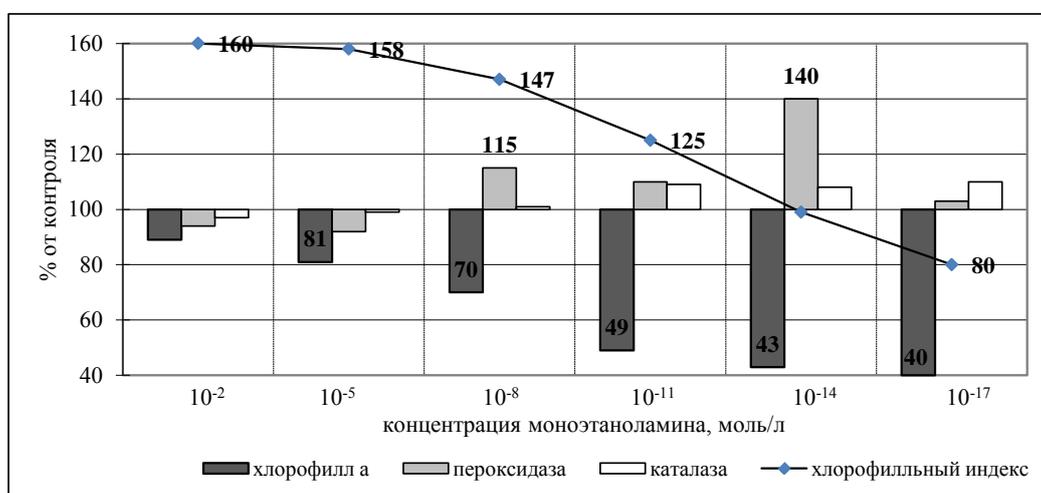


Рисунок 6 – Изменение содержания хлорофилла а, хлорофилльного индекса и активности пероксидазы и каталазы в зеленых проростках овса, выращенного на питательных растворах с различной концентрацией моноэтаноламина

стресса высших растений, вызывая снижение хлорофилла в 1,4-2,5 раза и увеличивая активность пероксидазы даже при очень низких концентрациях.

2.2 Оценка токсичности гербицида глифосата, используемого при выращивании сельскохозяйственной продукции в Курганской области

Оценка токсичности глифосата по влиянию на бактериальную систему «Эколюм». При оценке токсичности растворов глифосата наблюдали минимальную токсичность только при концентрации глифосата 10⁻⁵ и 10⁻⁶ моль/л (II группа, образцы токсичны). Однако дальнейшее снижение концентрации глифосата не привело к ожидаемому снижению степени токсичности – все растворы вплоть до разбавления до 10⁻¹⁸ моль/л оставались сильно токсичными [7]. Таким образом, доказано, что бактериальную тест-систему «Эколюм» можно использовать для оценки токсичности водных вытяжек глифосата, учитывая, что токсичными будут растворы не только с высокими концентрациями, но и с очень низкими концентрациями глифосата в анализируемой пробе.

Оценка токсичности глифосата по влиянию на биохимические показатели теплокровных. При исследовании влияния различных концентраций растворов глифосата на активность аминотрансфераз и холинэстеразы в плазме крови белых лабораторных мышей было выявлено, что глифосат, как представитель производных метилфосфонатов, у здоровых животных вызвал стойкое понижение активности аминотрансфераз в 1,2-1,3 раза даже при очень низких концентрациях глифосата (рисунок 7). Интегральный показатель АСТ/АЛТ достоверно увеличивался в 1,2-1,5 раза. Отмечено и снижение активности холинэстеразы на 10-15% вплоть до концентрации глифосата 10⁻¹⁵ моль/л.

При исследовании влияния растворов глифосата на показатели окислительного стресса было показано (рисунок 8), что в диапазоне концентрации (от 10⁻³ до 10⁻¹² моль/л) наблюдалось увеличение продуктов перекисного окисления липидов (МДА) и продуктов окислительной модификации белков до альдегидо- и кетопроизводных (АФГ и КФГ).

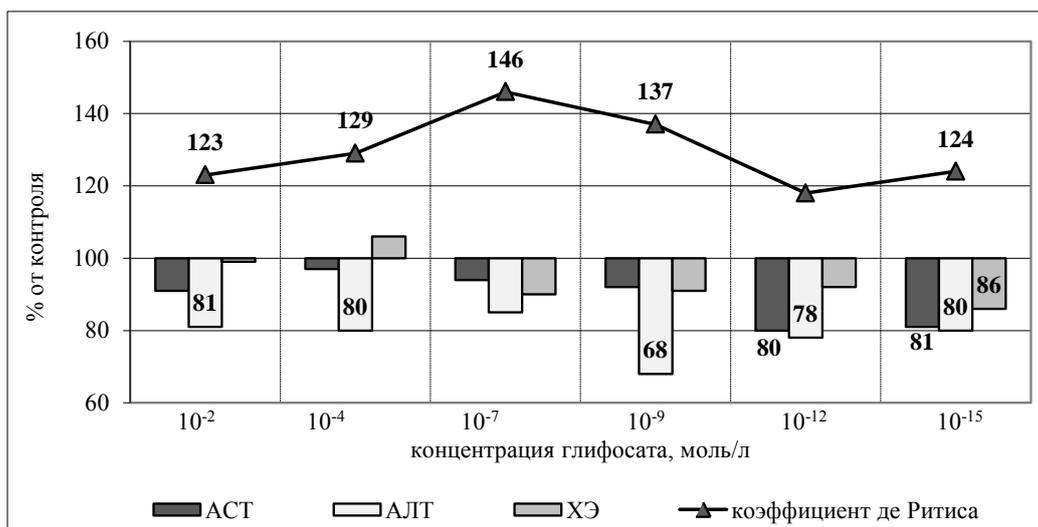


Рисунок 7 – Изменение активности ХЭ, АЛТ и АСТ и коэффициента де Ритиса в плазме крови лабораторных мышей после разового введения растворов глифосата

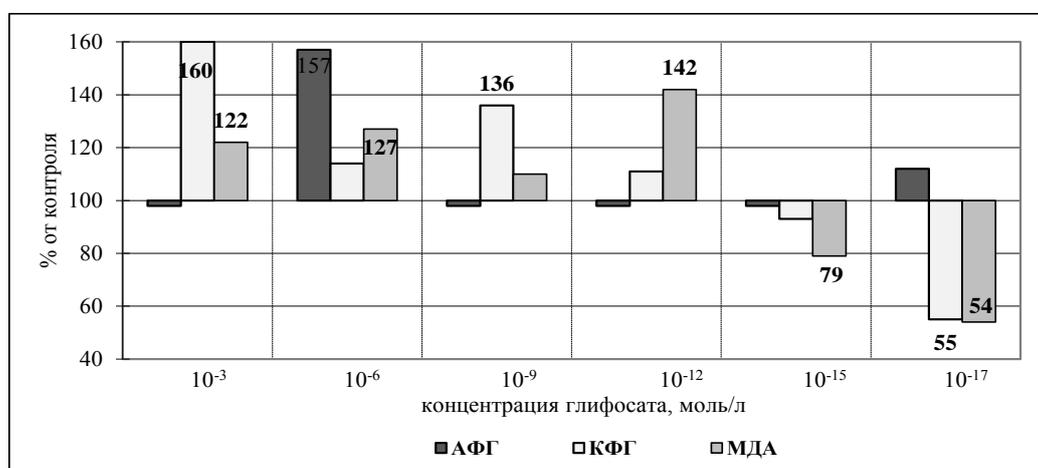


Рисунок 8 – Изменение содержания продуктов окисления белков (АФГ и КФГ) и липидов (МДА) в крови лабораторных мышей после введения растворов глифосата

В связи с этим можно предположить, что влияние глифосата активирует свободно-радикальные процессы организма белых лабораторных мышей и приводит к накоплению токсических веществ.

Таким образом, такие показатели крови как активность ферментов аминотрансфераз, холинэстеразы и интегральный показатель де Ритиса (АСТ/АЛТ), характеризующие функциональное состояние печени, могут быть рекомендованы для использования в качестве критерия оценки токсичности при загрязнении окружающей среды гербицидом глифосатом.

Оценка токсичности глифосата по влиянию на антиоксидантную систему растений была проведена по изменению активности ферментов антиоксидантной защиты в листьях овса посевного (рисунок 9). Показано, что при действии глифосата в любых концентрациях активность пероксидаз заметно ниже контроля, что может быть связано с истощением ресурсов антиоксидантной системы защиты растений.

Кроме того, было выявлено, что содержание хлорофилла под влиянием глифосата снижалось, особенно при низких концентрациях глифосата –

10⁻¹⁴–10⁻¹⁶ моль/л – содержание пигментов уменьшалось в среднем в 1,4 раза, т.е. проявлялся явный ингибирующий эффект.

Таким образом, глифосат угнетал у высших растений синтез хлорофилла, приводя к его снижению даже при низких концентрациях, и снижал активность пероксидаз, что доказывает возможность использовать в качестве биохимического теста высших растений в контроле загрязнения среды глифосатом таких показателей, как хлорофилл и активность пероксидаз.

Закключение

Результаты выполненных исследований показали, что в качестве критериев загрязнения объектов окружающей среды метилфосфонатами и моноэтаноламином, входящими в состав битумно-солевых масс после уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ, и гербицидом глифосатом, повсеместно применяемым при выращивании сельскохозяйственной продукции, можно использовать показатели крови мышей – активность аминотрансфераз и холинэстеразы, характеризующих белковообразующую функцию

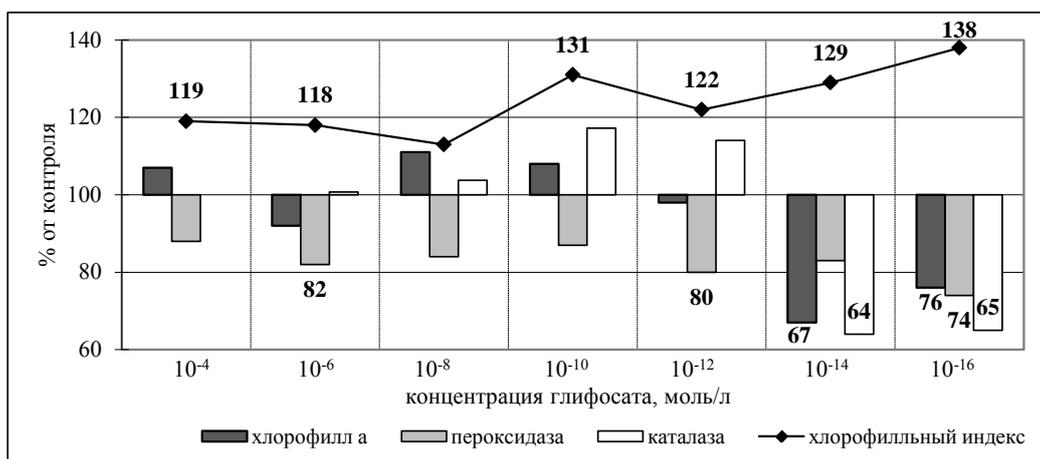


Рисунок 9 – Изменение содержания хлорофилла а, хлорофилльного индекса и активности пероксидазы и каталазы в зеленых проростках овса, выращенного на питательных растворах с глифосатом концентрацией 10⁻⁴ – 10⁻¹⁶ моль/л

печени, и интегральный коэффициент де Ритиса, а также показатели высших растений – хлорофилл а, хлорофилльный индекс и активность пероксидаз.

Список литературы

- 1 Быкова Н. Ю., Плотникова О. М. Изменение показателей антиоксидантной системы растений при воздействии моноэтанолamina // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : мат. XII Всероссийская научно-практ. конф. с междунар. участием. – Киров : Изд-во «Веси», 2014. – Кн. 2. – С. 139-141.
- 2 Владимиров Ю. А. Свободнорадикальное окисление липидов и физические свойства липидного слоя биологических мембран // Биофизика. – 1987. – Т. 32. № 5. – С. 830-844.
- 3 Вьюшина А. В., Вайдо А. И., Герасимова И. А. Процессы перекисного окисления белков у крыс, селективных по порогу возбудимости нервной системы // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2002. – Т. 133. – № 3. – С. 292-296.
- 4 Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). Гигиенические нормативы ГН 1.2.2701-10.
- 5 Гланц С. Медико-биологическая статистика. – Москва : Практика, 1998. – 459 с.
- 6 Камышиников В. С. Клинико-биохимическая лабораторная диагностика : справочник : в 2 т. Т. 2. – 2-е изд. – Москва : Интерпресссервис, 2003. – С. 395-401.
- 7 Кускина Л. А., Плотникова О. М. Влияние глифосата различных концентраций на тест-систему «Эколюм» // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем : матер. XIII Всероссийская научно-практ. конф. – Киров : Веси, 2015. Кн. 2. – С. 264-265.
- 8 Малочкина Е. И., Зотова Т. А., Торубаров А. И., Жаков В. А., Сокальский М. А., Шелученко В. В., Петрунин В. А. Химико-аналитические исследования и токсикологическая оценка продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ, вымываемых из битумно-солевых масс // Токсикологический вестник. – 2006. – № 5. – С. 22-27.
- 9 Малочкина Е. И., Ходаковская О. А., Горбунова З. И., Зотова Т. А., Шелученко В. В. Изучение хронического воздействия продуктов выщелачивания из битумно-солевых масс, полученных при уничтожении зарина, зомана и российского VX // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 11. – С. 14-19.
- 10 Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм». – Москва : МПР РФ. М., 2004.
- 11 Перекисное окисление и стресс. В. А. Барабой. – Санкт-Петербург : Наука, 1992. – 148 с.
- 12 Плотникова О. М. Влияние метилфосфоновой кислоты на основные звенья гомеостаза белых лабораторных мышей : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Казань, 2012. – 44 с.
- 13 Плотникова О. М., Евдокимов А. Н., Григорович М. А. Изменение активности ряда ферментов после введения метилфосфоновой кислоты самцам лабораторных мышей // Вестник Тверского государственного университета. – 2012. – № 16. – С. 58-66.
- 14 Плотникова О. М., Евдокимов А. Н., Григорович М. А. О возможности использования ферментативных методов для диагностики влияния метилфосфонатов и моноэтанолamina на теплокровных животных в районах расположения объектов уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. – 2013. – № 3. – С. 76-80.
- 15 Плотникова О. М., Зернова Е. Е., Двухватская К. П. К вопросу о повсеместном применении гербицида глифосата в борьбе с сорняками // XIII Зырянские чтения : материалы Всероссийская научно-практ. конф. – Курган, 2015. – С. 274-276.
- 16 Плотникова О. М., Кудрин Б. И., Максимовских С. Ю., Григорович М. А., Евдокимов А. Н. Острая токсичность водорастворимых компонентов из битумно-солевых масс, полученных при уничтожении зарина // Химическое разоружение-2015: Итоги и аспекты технологических решений, экоаналитического контроля и медицинского мониторинга «СHEMDET-2015» : мат-лы IV Всерос. конф. – Ижевск, 2015. – С. 155-159.
- 17 Рыжкина И. С., Киселева Ю. В., Муртазина Л. И., Пальмина Н. П., Белов В. В., Мальцева Е. Л., Шерман Е. Д., Тимошева А. П., акад. Коновалов А. И. Влияние концентрации α-токоферола на самоорганизацию, физико-химические свойства растворов и структуру биологических мембран // Доклады академии наук. – 2011. – Т. 438. – № 5. – С. 635-639.
- 18 Справочник по лабораторным методам исследования / под ред. Л. А. Даниловой. – Санкт-Петербург : Питер, 2003. – 736 с.
- 19 Caroline C. Glyphosate (Roundup) // Journal of pesticide reform. 1998. V.18. № 3. P.2.
- 20 Daruich J., Zirulnik F., Gimenez M.S. Effect of the herbicide glyphosate on enzymatic activity in pregnant rats and their fetuses // Environ. Res. 2001. A. V.85. P.226-231.
- 21 Glyphosate. The Pesticide Manual // American chemical society. 1997. P. 56.
- 22 Paganelli A., Gnazzo V., Acosta H., et al. Glyphosate-based herbicides produce terato-genic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling // Chem. Res. Toxicol., 2010, 23 (10), pp 1586-1595.

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 637.35.04

Ермолаев В.А.
Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет),
Кемерово
Махачева Е.В.
ООО «РМ Консалтинг», Новосибирск

АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СЫРАХ ПОСЛЕ ВАКУУМНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты микроструктурного исследования сыров. Приведены соответствующие фотографии, установлены размеры некоторых компонентов сыров. Установлено влияние вакуумной сушки на микроструктуру сыров. Проанализирована микроструктура сухого сыра в процессе хранения.

Ключевые слова: сыр, микроструктура, вакуумная сушка.

Ermolaev V.A.
Kemerovo Agricultural Institute,
Makhacheva E.V.
RM Consulting LLC

ANALYSIS OF MICROSTRUCTURAL CHANGES IN CHEESES AFTER VACUUM DEWATERING

Abstract. The article presents the results of a microstructural study of cheeses. The corresponding photos are given, the sizes of some components of cheeses are stated. The effect of vacuum drying on the microstructure of cheeses is established. The microstructure of dry cheese during storage is analyzed.

Keywords: cheese, microstructure, vacuum drying.

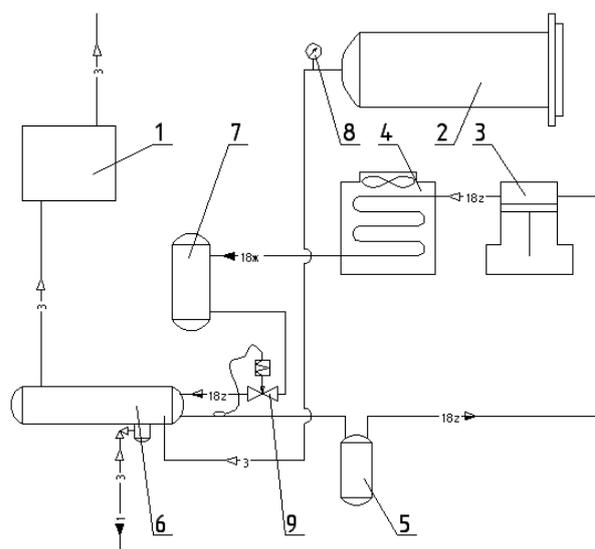
Сыр представляет собой питательный легкоусвояемый продукт, который содержит в себе большое количество биологически ценных веществ: витаминов, белков, микро- и макроэлементов, незаменимых аминокислот и т.д. [1; 2] Одной из технологий переработки данного продукта является сушка. Обезвоживание позволяет значительно повысить сроки годности продукта и снизить расходы на его транспортировку и хранение. Кроме того, сушка может использоваться как неотъемлемый процесс при использовании сыра в качестве добавок в другие продукты, например в хлебобулочные изделия. При этом в последнее время все большее распространение получает вакуумная сушка [3; 4]. Такой способ обезвоживания позволяет проводить процесс при относитель-

но невысокой температуре, что исключает пагубное воздействие нагрева на ценные компоненты пищевых продуктов.

В процессе сушки сыров происходит целый ряд физико-химических преобразований, влияющих на реологические, органолептические, микробиологические и другие свойства. Исследование микроструктуры позволяет получить более полную информацию о состоянии продукта, что немаловажно при разработке соответствующих технологий [5].

Таким образом, целью настоящей работы являлось исследование влияния сушки на микроструктурные преобразования в сырах.

Для проведения экспериментальных исследований использовалась установка, схема которой представлена на рисунке 1.



1 – вакуумный насос; 2 – рабочая камера; 3 – компрессор;
4 – конденсатор; 5 – отделитель жидкости;
6 – десублиматор; 7 – ресивер; 8 – вакуумметр;
9 – терморегулирующий вентиль

Рисунок 1 – Схема экспериментальной вакуумной сушильной установки

Исследуемый продукт на поддоне загружается в рабочую камеру, которая герметично закрывается крышкой. Далее включается вакуумный насос, понижающий давление в камере до необходимого значения. В данном случае обезвоживание проводили при остаточном давлении в камере 2-3 кПа. После этого включаются инфракрасные лампы нагрева, подводящие тепло к продукту. Сыры сушили при температуре 60°C. Влажный пар, уходящий из продукта через трубопровод, направляется в десублиматор, где осуществляется процесс вымораживания влаги на испарителе холодильной машины.

Фотографии микроструктуры получали с использованием растрового сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6390 LA (рисунок 2).



Рисунок 2 – Растровый сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-6390 LA

На рисунке 3 представлены фотографии среза сыров до и после вакуумного обезвоживания.

Обнаружено, что после вакуумной сушки сыры не дают существенной усадки и становятся пористым. До сушки линейный размер сыров «Советский» и «Голландский» составлял 117 и 120 мм. После вакуумного обезвоживания этот показатель стал равен 114 и 115 мм, соответственно. Диаметральный размер сыра «Озерный» до сушки составлял 130 мм, а после обезвоживания – 124 мм. Таким образом, линейная усадка сыров после вакуумной сушки составляет менее 5%. При этом содержание влаги в сухих сырах также не превышало 5%.

На рисунке 4 приведены фотографии микроструктуры сыров до и после сушки при кратности увеличения 100. Каждый сыр характеризуется своей микроструктурой, однако наблюдаются общие черты для всех исследованных сыров, в частности наличие одних и тех же элементов. Макрозерна сыров содержат в себе различного рода включения – микрозерна: жировые включения, отложения солей кальция в форме кристаллов, а также колонии микроорганизмов.

В структуре сыров присутствует большое количество микропустот различной формы, которые по большей части располагаются на стыке нескольких макрозерен. Наличие таких микропустот обусловлено образованием газов в процессе созревания сыров. На поверхности сыров до сушки можно увидеть равномерно распределенные глобулы жира, размером от 50 до 300 мкм. При детальном рассмотрении можно наблюдать ячеистую структуру, представляющую собой белковый матрикс с капиллярами, диаметром от 5 до 8 мкм и толщиной стенок 10-12 мкм. В указанных капиллярах присутствует влага. Поверхность сыра до сушки замкнутая, что свидетельствует о достаточно высоком влагосодержании, которое составляет для сыров «Советский», «Голландский» и «Озерный», соответственно, 40, 44 и 48%.

до сушки:



а



б



в

после сушки:



а



б

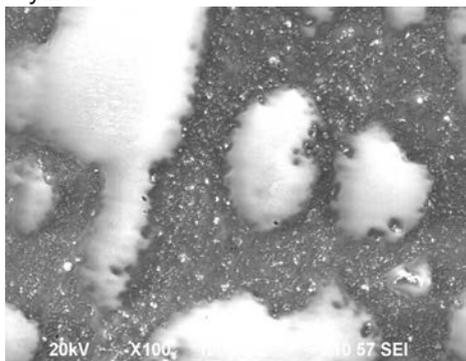


в

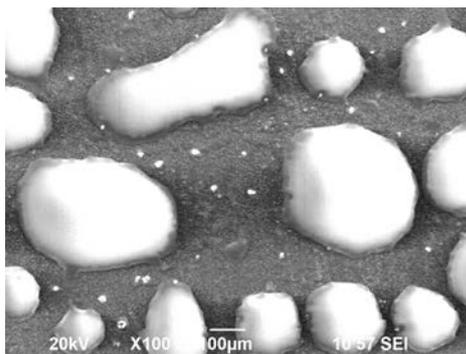
Рисунок 3 – Срез сыров до и после сушки: а – «Советский», б – «Голландский», в – «Озерный»

После вакуумной сушки в сырах наблюдается развитая, «развернутая» поверхность с четко выделенной структурой капилляров. В обезвоженном продукте благодаря низкому содержанию влаги (около 5%) более отчетливо видна структура и микрокапилляры, которых не было видно на фотографиях микроструктуры сыра до сушки.

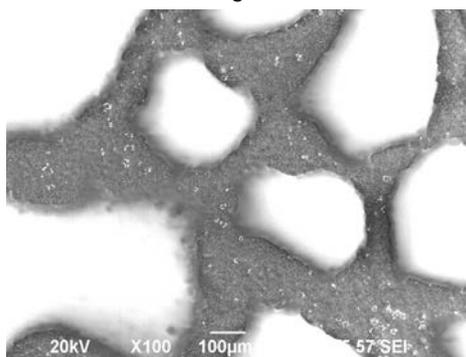
до сушки:



а

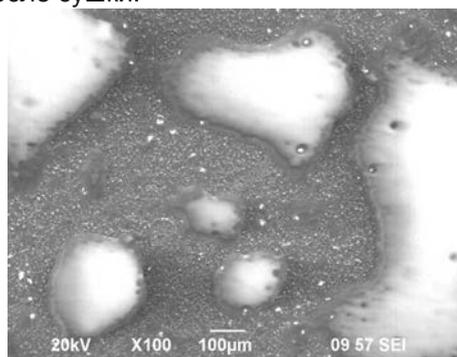


б

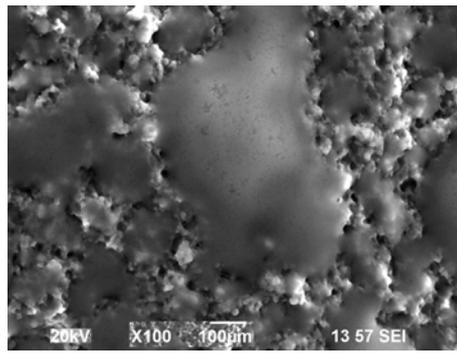


в

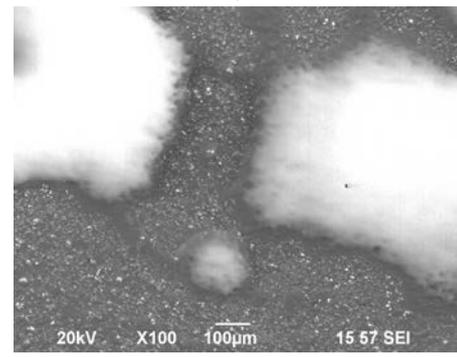
после сушки:



а



б



в

а – «Советский», б – «Голландский», в – «Озерный»

Рисунок 4 – Фотографии микроструктуры сыров до и после сушки

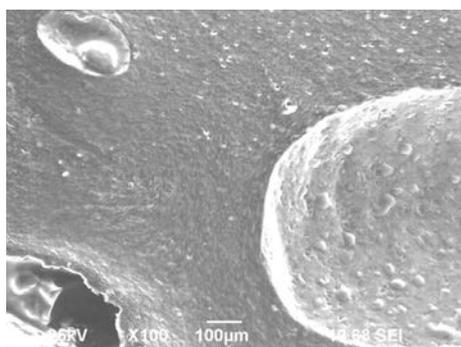
Процесс вакуумной сушки протекает при положительной температуре, после выхода установки на режим по давлению в камере включаются инфракрасные лампы нагрева, осуществляется подвод теплоты, в результате чего при пониженном давлении влага достаточно быстро вскипает и стремится покинуть белковую массу сыра. Наблюдается интенсивное парообразование и диффузия влаги с поверхности сыра. Вследствие высокой скорости перемещения влаги наружу происходит деформация структуры сыра. Капилляры, в которых ранее находилась влага, после вакуумного обезвоживания не дают усадки и даже увеличиваются в размерах до 5-15 мкм.

После удаления влаги отдельные жировые глобулы объединяются в более крупные образования, размер которых достигает 100-600 мкм. Таким образом, в сухом сыре размер жировых глобул практически в 2 раза больше, чем в сыре до сушки.

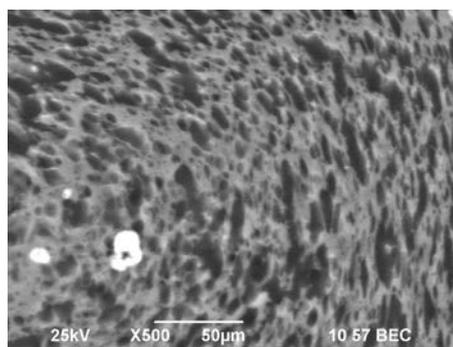
Далее провели исследования по анализу микроструктуры сухого сыра в процессе хранения. В качестве продукта выбрали сыр марки «Голландский». Хранение продукта осуществляли в течение года. На рисунке 5 приведены фотографии микроструктуры данного сыра сразу после сушки, а также через 6 и 12 месяцев хранения.

В только что обезвоженном сыре при степени увеличения 100 на поверхности можно наблюдать частицы равномерно распределенного фосфата кальция (рисунок 5а), размер которых составляет 15-20 мкм. В процессе хранения размеры частиц фосфата кальция не меняются.

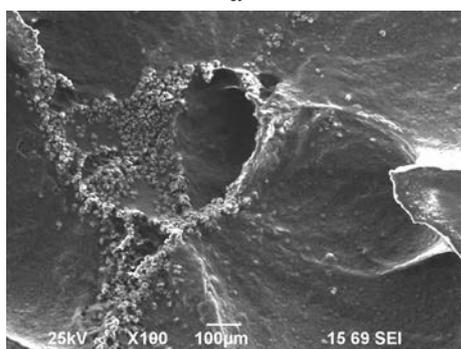
На фотографиях через 6 месяцев хранения сыра видны скопления отдельных частиц фосфата кальция. На фотографии при кратности увеличения 500 достаточно хорошо просматриваются микрозерна, которые формируют белковый матрикс и микрокапилляры, размеры которых составляют 10-20 мкм.



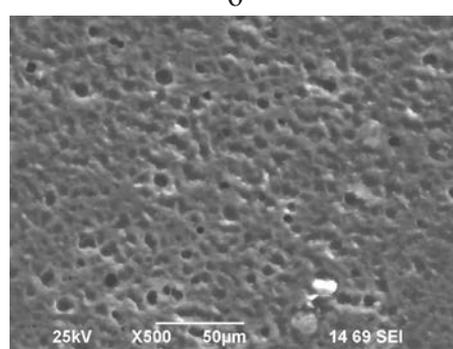
а



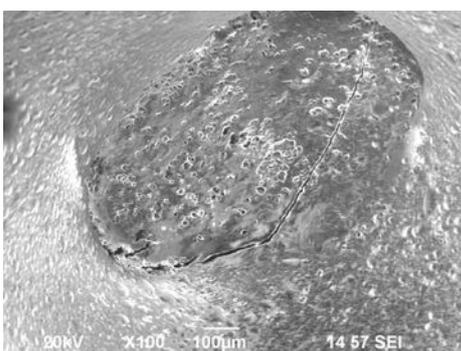
б



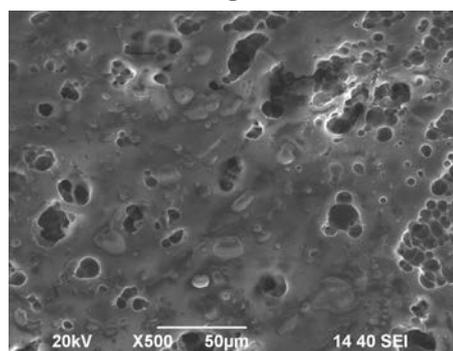
в



г



д



е

а, б – после сушки (0 месяцев хранения); в, г – после сушки 6 месяцев хранения; д, е – после сушки 12 месяцев хранения
Рисунок 5 – Микроструктура «Голландского» сыра

При хранении сухого сыра не наблюдалось изменений в размерах капилляров. Через 12 месяцев хранения на фотографиях микроструктуры было обнаружено скалывание от краев капилляров сухих частиц диаметром 1–2 мкм. Скалывание сухих частиц от краев капилляров обусловлено деформацией и ударами при упаковке и транспортировке данного продукта. В процессе хранения размеры белковых прослоек не меняются.

В целом не наблюдается существенных изменений в микроструктуре сухого сыра в процессе хранения. Сухой сыр характеризуется пористой структурой, что подтверждает его повышенную способность к восстановлению и сорбции влаги при хранении. Данный продукт легко рассыпается при незначительных нагрузках. На рисунке 5д на поверхности сыра обнаружены трещины толщиной 5 мкм.

Таким образом, в результате проведенной работы была исследована микроструктура сыров до и после сушки. Обнаружены основные компоненты микроструктуры – белковый матрикс, жировые глобулы, микрокапилляры, частицы солей фос-

фата кальция, установлены размеры данных элементов. Проанализирована микроструктура сухого сыра в процессе хранения. Установлено, что при хранении в структуре сухого сыра не происходит существенных изменений. Представленные результаты имеют теоретическую и практическую ценность для работников пищевой промышленности, технологов, научных сотрудников.

Список литературы

- 1 Абросимов М. Мировое производство сыра // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 2. – С. 10-11.
- 2 Архипова Л. М. Разработка сублимационной сушки мягких сыров : дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 1999. – 135 с.
- 3 Ермолаев В. А., Просеков А. Ю. Вакуумные технологии молочно-белковых концентратов : монография. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2010. – 212 с.
- 4 *Drying Technologies in Food Processing* / Edited by Chen X.D., Mujumdar A.S. United Kingdom: Blackwell Publishing, 2008. – 322 p.
- 5 Голубева Л. В., Авакимян А. Б., Гребенщиков А. В., Китаев С. Ю. Микроструктура сыров до и после копчения // Молочная промышленность. – 2009. – № 8. – С. 67-68.

Куликов В.А.
Курганский государственный университет,
Курган

УЧИТЕЛЬ – НЕ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, А ОБРАЗ ЖИЗНИ

Аннотация. Статья посвящена памяти педагога Вологодской Зинаиды Алексеевны.

Ключевые слова: учитель, педагог, Вологодская Зинаида Алексеевна.

Kulikov V.A.
Kurgan State University, Kurgan

TEACHER IS NOT A PROFESSION BUT A WAY OF LIFE

Abstract. The article is dedicated to the memory of the teacher Vologodskaya Zinaida Alexeevna

Keywords: teacher, Vologodskaya Zinaida Alexeevna.

*Есть женщины в русских селеньях
 С спокойною важностью лиц,
 С красивою силой в движеньях,
 С походкой, со взглядом цариц, –
 Их разве слепой не заметит,
 А зрячий о них говорит:
 «Пройдет – словно солнце осветит!
 Посмотрит – рублем подарит!»*
 Н.А. Некрасов.

На 28 марта 2017 года приходится 40 дней, как ушла из жизни Вологодская Зинаида Алексеевна, которую никогда не забудут учителя физики и математики в школах города и области (рисунок 1).



Рисунок 1 – Зинаида Алексеевна Вологодская

Ее необыкновенно яркий талант педагога формировала школа, работа с детьми на ниве народного просвещения, которому она посвятила всю свою жизнь, отдавая свои знания и жар своей души. Создавать мыслящий интеллект – это девиз ее педагогической деятельности. Именно такие женщины напутствовали мальчишек и девчонок, говоря словами Н.А. Некрасова:

*Скоро ты узнаешь в школе,
 Как архангельский мужик
 По своей и божьей воле
 Стал разумен и велик!*

Наш мир так устроен, что женщине отведена ответственная роль хранительницы рода человеческого. Поэтому она имеет особые свойства характера. Если в XIX веке Н.А. Некрасов в своей поэме отмечал эту особенность женщины, которая и «коня на скаку остановит, в горящую избу войдет... и в беде не сробеет – спасет!» И это в условиях самодержавия и крепостного права.

В XX веке стихи Н.А. Некрасова звучали бы по-другому. Но она все равно вышла победительницей, несмотря на море крови и слез, обрушившихся на ее долю в России. Революция, Гражданская война, коллективизация, 37-й год, Вторая Мировая война не смогли поколебать чувство любви к детям и к своей Родине. Женщины, не смотря ни на что, учили детей в школах и вузах, создав самую лучшую систему образования и воспитания в мире.

Я, Куликов В.А., 60 лет своей жизни отдал системе образования и благодарен судьбе за то, что 50 из них работал с таким удивительным, до фанатизма влюбленным в профессию учителем человеком – Вологодской Зинаидой Алексеевной. О ее жизни следует писать мемуары, которые пригодятся для подготовки студентов педагогической направленности. Перед такими личностями, как она, стоит преклонять колени. Она заслужила это своим трудом, достигнув такого уровня, когда говорят, что она гениальна.

На канале «Культура» чествовали в связи с 70-летием великого танцора нашей страны Владимира Васильева. Таланты со всего мира дарили ему самые выдающиеся концертные номера своих театров и своего творчества. И все они подчеркивали в процессе своего выступления только одно – юбиляра нельзя сравнить ни с кем, так как он гениален.

А.С. Пушкина также невозможно сравнить ни с одним поэтом, так как он был гениален. И тогда понятно, почему В.Г. Белинский не смог дать правильный ответ на то, что такое явление, как Пушкин, может в России появиться через 200 лет.

З.А. Вологодская отличалась этим качеством и любила студенту задавать вопрос: «Что написано на памятнике Исааку Ньютону?» А в ее глазах всегда светились искорки.

В автобиографии, написанной ее рукой, значится, что Вологодская З.А. родилась 17 октября 1922 года в семье крестьянина в с. Бурханкуль

Бурханкульского района. 1930-1937 годы – учеба в школе, а с 1937-го по 1940-й – учеба в Соликамском педучилище. После нескольких лет работы в школе в качестве учителя математики и физики Зинаида Алексеевна совершенствовала свои педагогические знания в Шадринском пединституте, а с 1960 года уже работала преподавателем на кафедре физики Курганского пединститута. В 1967 году защитила кандидатскую диссертацию по методике физики в ЛГПИ им. А.И. Герцена. С 1969-го по 1978 год она декан физико-математического факультета, а с 1979 года руководила кафедрой теоретической физики КГПИ. В 1970 году Зинаиде Алексеевне Вологодской присвоено звание профессора кафедры теоретической физики. Являлась «отличником просвещения СССР», «Отличником народного просвещения», награждена Орденом «Дружбы народов» в 1981 году.

Муж, Виталий Николаевич Вологодский, – специалист в области теоретической физики, кандидат педагогических наук. Сын Николай стал авиаинженером на одном из оборонных заводов страны. Дочь Александра получила музыкальное образование (рисунок 2).

Как только Зинаида Алексеевна стала руководителем физико-математического факультета КГПИ, она начала проводить в жизнь такие мероприятия, которые в значительной степени разнообразили жизнь на факультете как среди преподавателей, так и среди студентов.

Поскольку необъятное нельзя объять, то придется остановиться только на некоторых из них.

В 1971 году по инициативе З.А. Вологодской была проведена конференция по методике физики для вузов Урала, Сибири и Дальнего Востока. Был издан сборник тезисов докладов участников

конференции. В работе конференции принимали участие ведущие ученые педагогических вузов страны.

Зинаида Алексеевна всегда принимала активное участие в проведении Олимпиад по физике в Курганской области и проведении физических вечеров в средних школах города и области. Кафедра физики постоянно занималась вопросами набора студентов совместно с деканатом, обеспечивая конкурс порядка четырех человек на место.

Зинаиде Алексеевне Вологодской полностью принадлежит идея создания студенческой республики «Физмат», имеющей свой герб, гимн и устав. В течение учебного года студенческими делами на факультете занимался выбранный президент и его помощник вместе с деканатом. Перед началом летней сессии проходил День науки, на котором сначала выступали приглашенные ученые, а потом докладывали о своих научных проектах студенты-физики всех пяти курсов. Вечером в субботу на автобусах студентов отправляли вместе с преподавателями в спортивный лагерь поселка Темляки, где подводили итоги научной работы студентов. Затем разрешалось зажечь костер, и студентам предоставлялась возможность организовать свой отдых, включая воскресенье. Вечером все студенты (после проверки на вечерней линейке) на автобусах возвращались в родные Пенаты.

Герб республики студенты создали сами (рисунок 3). Для реализации идеи создания республики «Физмат» и проведения Дня науки Зинаида Алексеевна отправила студента Александра Жуматия на День науки в Омский пединститут. Потом он на этом материале защитил дипломную работу и оказал Зинаиде Алексеевне и кафедре большую помощь.



Рисунок 2 – Стенд, посвященный кафедре физики КГПИ



Рисунок 3 – Герб республики «Физмат»

Что касается гимна для физиков и математиков, то благодаря Рему Владимировичу Смирнову их пришлось брать в Ленинградском и Московском университетах. Р.В. Смирнов после войны закончил мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова. После окончания университета был направлен на работу в Шадринский пединститут, где и работала, и училась З.А. Вологодская. Р.В. Смирнов помог найти удачный выбор гимнов.

Студенты-физики принимали активное участие в проведении физических вечеров, которые готовила З.А. Вологодская. Она оставила яркое впечатление всей педагогической работы. Разве можно забыть запуск шара Монгольфье в средней школе г. Куртамыша (студент Николай Иванчев и студенты его группы)? Выпускники кафедры физики всегда будут помнить ее заповеди: «В человеке все должно быть прекрасно: и лицо, и одежда, и душа, и мысли» (А.П. Чехов), «Ребенка надо правильно посадить в седло!», «Последний алтын всегда надо отдать детям» и т.д.

Песня «Раскинулось поле по модулю пять...» написана Виктором Павловичем Скитовичем в 1946 году, которая стала гимном «Матмеха» в Ленинградском госуниверситете.

*Раскинулось поле по модулю пять,
Вдали полиномы стояли.
Студент не сумел производную взять,
Ему в деканате сказали:*

*Анализ нельзя на арапа сдавать,
Кудяшев тобой недоволен,
Изволь теорему Коши доказать,
Иль будешь с мат-меха уволен.*

*Хотел доказать, да сознанья уж нет,
В глазах у него помутилось.
И, бросив на землю коварный билет,
Упал, сердце в ноль обратилось.*

*Напрасно билет предлагали другой,
Старались привезть его в чувство.
И Мухин сказал, покачав головой:
– Вот кара ему за беспутство.*

*Всю ночь в деканате покойник лежал,
В штаны Пифагора одетый,
В руках квадратичную форму держал
И синус на вектор надетый.*

*К ногам привязали ему интеграл,
И в матрицу труп обернули.
А вместо молитвы какой-то нахал
Прочел теорему Бернулли.*

*Напрасно старушка ждет сына домой,
Ей скажут – она зарыдает,
А синуса график волна за волной
По оси абсцисс убегают.*

*Марксизм свое веское слово сказал –
Материя не исчезает.
Загнется студент – на могиле его
Такой же лопух вырастает.*

Автором песни «Тот, кто физиком стал...» является Анатолий Владимирович Лемыш, студент 2 курса мехмата МГУ им. М.В. Ломоносова. Он вспоминает: «Я решил написать песню на мотив «Дубинушки». Я часто слышал по радио, как эту песню поет Шаляпин. Она мне очень нравилась в его исполнении. Его могучий бас удивительно соответствовал смыслу этой песни... Мне хотелось, чтобы эта песня была не бурлацкая, а студенческая...»

*Тот, кто физиком стал,
Тот грустить перестал,
На физфаке не жизнь, а малина.
Только физика – соль,
Остальное все – ноль,
А филолог и химик – дубина.*

Припев:
*Эх, дубинушка, ухнем!
Может, физика сама пойдет!
Подучим, подучим, да бросим.*

*На физфаке живем,
Интегралы жуем,
Мы квантуем моменты и спины.
А как станет невмочь,
Все учебники прочь
И затащим родную Дубину.*

Припев:
*Котелок не варит,
А студент все сидит,
Над конспектами гнет свою спину.
Сто экзаменов сдал,
Реферат написал,
А остался дубина дубиной.*

Припев:

*Деканат весь кипит,
Сам декан говорит:
«Неприглядна ученья картина!»
Мы на это плюем
И уверены в том,
Что и сам он – большая...*

Припев:

*Как пришел в институт –
был я «кровь с молоком».
Волос пышный, красавец мужчина...
А теперь посмотри – голова босиком...!
И могила исправит мне спину...*

Припев:

*Эх, дубинушка, ухнем!
Эх, да сессия сама пойдёт!
Подучим, подучим, да скинем!!!...*

Зинаида Алексеевна Вологодская в течение своей жизни никогда не расставалась с учениками. Мне часто приходилось с ней участвовать в проведении физических мероприятий: конференций, занятий, в подведении итогов конкурсов научных проектов в Лесниковском лицее одаренных детей, в школах города и области. Ученик 47-й гимназии Петя Климай стал победителем международной Олимпиады по физике. В настоящее время живет в США. Студенты-физики Влад Бесман и Вадим Шейхман стали в разные года победителями как математической, так и физической Олимпиад в СССР. Шейхман работает в США, а Бесман – в Москве. По инициативе З.А. Вологодской только в нашей области создано и работает научное общество учащихся (НОУ) «Эврика».

Но, к сожалению, пришли другие времена в 90-е годы, и «все смешалось в доме Облонских». В школе оставили для физики 2 часа в неделю, закрыли физические журналы, физика стала невостребована в России. У студентов потерялась необходимость в приобретении этой специальности, поскольку в эпоху экономического кризиса исчезла возможность найти работу. В школах нет учителей физики, математики, информатики. Пединститут прекратил свое существование так же, как и физико-математический факультет, исчезают физические кафедры. На 1 курс набирают случайных людей. Доктор педагогических наук, крупный специалист в области профориентации начал торговать таблетками, доказав этим, что в эпоху рыночной экономики профориентация является направлением в науке лженаучным. Преподавательский состав в связи с малыми зарплатами (в 10 раз меньше, чем у чиновников вуза!) вынужден зарабатывать на жизнь, занимаясь репетиторством, благодаря огрехам школьного образования.

Но мы времена не выбираем, мы в них живем и умираем – не нами это сказано. Надо ве-

рнуть и в то, что вернется время, когда не только учить физику (а значит и готовить инженеров!) и математику будет надо, но потребуются и специалисты-методисты. Знать – это одно, а учить наукам – это другое. Хочется закончить это воспоминание о З.А. Вологодской не на грустной ноте, а выразить уверенность в том, что в России придут такие времена, когда наследие З.А. Вологодской по методике физического образования станет востребованным. А сейчас со всех регионов России приходят соболезнования. Вот одно из последних.

Профессор О.Г. Марков, г. Орел: «Выражаю соболезнование всем, знавшим ее и родным, и скорблю сам».

Несмотря на грусть расставания, образ Зинаиды Алексеевны вызывает положительные эмоции, и в душе звучат слова известной песни:

*Еще косою острою
В лучах трава не скошена.
Еще не вся черемуха
К тебе в окошке брошена!
А жаль!*

Зинаида Алексеевна! Мы всегда будем помнить о Вас! Республика «Физмат» скорбит! Вечная память! Могущество государства зависит не от количества добытого газа и нефти, а от количества созданных Вами мыслящих интеллектов!

Все, кто еще продолжает работать в системе образования, не забывают слова Ф.И. Тютчева:

*Умом Россию не понять,
Аршином общим не измерить:
У ней особенная стать –
В Россию надо только верить.*

УДК 378.12

Левченко Е.Ю.
*Курганский государственный университет,
Курган*

ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В КУРГАНЕ ЗА 65 ЛЕТ: ЛЮДИ И ВЕХИ

Аннотация. В статье кратко описывается история кафедры «Теоретическая и экспериментальная физика, компьютерные методы физики» Курганского государственного университета с момента её основания в 1952 году по настоящее время.

Ключевые слова: кафедра физики, Курган, люди, вехи.

Levchenko E.Y.
Kurgan State University, Kurgan

PHYSICAL EDUCATION IN KURGAN OVER 65 YEARS: PEOPLE AND MILESTONES

Abstract. The article describes the history of the Department "Theoretical and experimental phys-

ics, computer methods of physics” Kurgan state University since its founding in 1952 to the present.

Keywords: department of physics, Kurgan, people, milestones.

В каждой школе Кургана можно встретить выпускника физико-математического факультета педагогического института, а в каждом кабинете физики – выпускника кафедры физики КГУ (ныне факультет естественных наук).

История кафедры начинается с 1952 года, когда в педагогическом институте была создана кафедра физики. Первым заведующим кафедрой стал молодой выпускник Пермского госуниверситета, старший преподаватель Р.И. Малафеев, ныне профессор, доктор педагогических наук (рисунок 1). Основной задачей кафедры была организация базы физического и политехнического образования в Курганской области. В первые годы были организованы не только основные физические лаборатории, но и мастерские для формирования политехнических навыков. При кафедре существовал небольшой автопарк для обучения студентов машиноведению и практике вождения автомобиля и мотоцикла. Первоначально студенты обучались на специальности «Физика с основами производства».

С началом космической эры с 1958 года на кафедре работала станция по наблюдению за искусственными спутниками Земли, основателем которой был Р.В. Смирнов. К дежурству на ней привлекались преподаватели (В.Н. Балахнев, П.И. Иванов и А.Н. Коновалов) и студенты.



Рисунок 1 – Р.И. Малафеев с коллегами по кафедре (слева направо: М.Л. Варлакова, Л.М. Богомолова, В.И. Лырчинова, Р.И. Малафеев, Е.Ю. Левченко, И.Г. Калеганова, Л.В. Тыщенко)

В 1959 году кафедру возглавил выпускник аспирантуры Ленинградского государственного пединститута (ныне Российский государственный педуниверситет) Игорь Васильевич Федоров. Именно с него в научной работе кафедры появилась тематика, связанная с фундаментальными исследованиями в области физики термоэлектрических явлений. В последующие годы на кафедре сформировалась научная школа физиков-экспери-

ментаторов во главе с кандидатом физико-математических наук, профессором Владимиром Лукичем Налетовым.

С начала 60-х годов на кафедре физики начинают формироваться два научных направления: научные исследования в области физики твердого тела и научно-методическое направление, связанное с теорией и методикой обучения физике.

В этот период кафедру возглавляет кандидат физико-математических наук, доцент Куликов Виктор Александрович. Он много сделал для создания и оснащения специализированных лабораторий, в которых можно было проводить полноценные научные исследования. Исследования проводятся в тесном сотрудничестве с ведущими вузами. В результате на кафедре появляется группа высококвалифицированных ученых в области физики твердого тела (кандидаты наук, доценты А.С. Парахин, В.М. Овсянов, Т.Н. Новгородова, В.И. Бочегов, Т.В. Дензанова, А.П. Тыщенко). При кафедре открывается аспирантура, которой руководит профессор В.Л. Налетов. Большое внимание уделяется прикладным и внедренческим аспектам. Проводятся дорогостоящие научно-исследовательские работы совместно с предприятиями ряда городов России и Курганской области, оформляется серия авторских свидетельств на наукоемкие изобретения. Особые успехи были достигнуты в области технологий получения сверхчистых материалов. Рост научных исследований продолжается до начала кризисных явлений 90-х годов.

В 70-80-х годах пополняется и расширяется учебная база кафедры физики. Создаются новые лаборатории, в которых применяются современные эффективные методы обучения – автоматизированный программный контроль, фронтальная организация практикума. Созданная лаборатория электроники и радиотехники (доцент П.М. Логиновских) до сих пор отвечает современным стандартам.

С 1971 по 1979 год физико-математический факультет возглавляла З.А. Вологодская, доцент кафедры теоретической физики, кандидат педагогических наук. Это был творческий декан, отличавшийся высоким профессионализмом, пользовавшийся большим авторитетом у преподавателей и студентов. З.А. Вологодская много сделала для сплочения коллектива студентов и преподавателей. По ее инициативе на физмате возникла республика «Физмат», в которой ежегодно весной проводился День науки, собиравший всех студентов и преподавателей, так как проходил всегда задорно и весело.

В 1979 году в связи с расширением научных исследований кафедра была разделена на две: кафедру теоретической физики и кафедру общей физики в составе физико-математического факультета. В мае 2003 года кафедра общей физики была переименована в кафедру физики

конденсированного состояния вещества (ФКСВ) и вошла в состав факультета естественных наук, а в 2005 году получила название «Кафедра экспериментальной физики» (зав. кафедрой – кандидат физико-математических наук, доцент Василий Иванович Бочегов (рисунок 2)). На протяжении ряда лет эта кафедра являлась выпускающей для физических специальностей и занималась подготовкой многих специальностей по курсам общей физики, физики конденсированного состояния вещества, радиоэлектроники.

В настоящее время экспериментальная работа по физике проводится в рамках научной темы «Экспериментальное и теоретическое исследование свойств кристаллических веществ, применяемых в термоэлектричестве». Разработана новая методика расчета основных параметров электронов в кристаллических полуметаллах. Результаты исследований используются при поиске и прогнозировании свойств веществ, используемых в полупроводниковой технике, включая термоэлектричество. На основе проведенных научно-технологических исследований по этой теме с 2005 года ведется хозяйственная инновационная работа по очистке полупроводниковых материалов.

Кафедра теоретической физики была образована в 1979 году. У ее истоков стояли первые заведующие кафедрой, профессора Радиогел Иванович Малафеев и Зинаида Алексеевна Вологодская. Именно они основали научную школу в области теории и методики обучения физике. В этот период на кафедре разрабатывались и совершенствовались основные курсы теоретической физики. Их блестяще читали Рэм Владимирович Смирнов, Лидия Ивановна Асеева, Лидия Михайловна Богомолова.



Рисунок 2 – В.И. Бочегов в научно-исследовательской лаборатории термоэлектричества

В первые годы много внимания уделялось развитию лабораторий методики преподавания физики. При активном участии Аркадия Николаевича Коновалова был оборудован кабинет астрономии, в котором и сегодня часто проводят экскурсии для школьников. Научная работа кафедры в то время была связана с разработкой вопросов методики преподавания физики в средней школе. Большое внимание уделялось таким вопросам, как проблемное обучение, развитие самостоятельности учащихся, формирование интереса школьников к физике. Ведущие преподаватели участвовали в подготовке и издании фундаментальных учебников «Самостоятельная работа учащихся по физике в средней школе» (1981 год), «Методика преподавания физики в 7-8 классах средней школы» (1990 год) и «Проблемное обучение физике в школе» (1993 год).

На кафедре ежегодно издается сборник научных трудов. Научно-методическая работа сосредоточена в основном на решении вопросов развития самостоятельности и творческого мышления студентов. Реализована региональная программа «Одаренные дети», в выполнении которой активное участие приняли З.А. Вологодская, В.И. Лырчикова, Л.В. Тыщенко; руководитель программы Р.И. Малафеев был удостоен премии Губернатора Курганской области (1998 год), по итогам работы были изданы сборники творческих задач для учащихся.

С 1984 г. по 1994 г. кафедрой заведовала доцент, кандидат педагогических наук Валентина Игоревна Лырчикова, с 1994 г. по 1998 г. – кандидат педагогических наук, доцент Людмила Викторовна Тыщенко. В этот период сформировалась научная школа Радиогела Ивановича Малафеева (рисунок 3).



Рисунок 3 – Р.И. Малафеев на лекции по классической механике

Если исходить из всей совокупности норм и требований, предъявляемых к научным школам, то школу Р. И. Малафеева можно назвать молодой. Однако, судя по тому, что сделано ученым и его учениками, следует отметить, что корни этого научного формирования уходят в середину далеких теперь 60-х годов. Именно тогда заведующий кафедрой физики Курганского педагогического института обратился к теме «Интеллектуальное развитие учащихся в процессе обучения физике». Это направление педагогической науки так увлекло Радиогела Ивановича, что стало его призванием. По сей день, открывая все новые и новые грани этой сложной научно-практической проблемы, он упорно, настойчиво работает сам и постоянно вовлекает в ее исследование работников вузов и учителей школ.

Работая с учащимися, студентами и учителями, овладевая глубоко учебными предметами, он увлекся темой «Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике». Тема всегда актуальна, а степень ее теоретической разработанности во многом может определять и уровень учебного процесса в целом, и уровень работы каждого учителя.

По этой теме Радиогел Иванович и написал диссертацию, успешно защитив ее в Московском областном пединституте имени Н.К. Крупской, стал кандидатом педагогических наук, а вскоре и доцентом.

С начала 60-х годов и по сегодняшний день он плодотворно сотрудничает с учителями школ, тем самым обеспечивая единство науки и педагогической практики.

Первым учителем, кто очень заинтересовался исследованиями Радиогела Ивановича, была Евгения Федоровна Самыгина, работавшая на кафедре и в средней школе № 11 г. Кургана. Позже ей было присвоено почетное звание «Заслуженный учитель школы РСФСР». Совместно они разрабатывали технологии обучения, направленные на активизацию познавательной деятельности учащихся на уроках физики, проводили педагогические эксперименты, подвергая результаты тщательному анализу. Результаты их исследований нашли отражение в книге «Развитие творческих способностей учащихся. Из опыта преподавания физики в 11 школе г. Кургана», которая была опубликована в 1966 году.

В 1962 году при кафедре физики пединститута Радиогелом Ивановичем был организован кружок для учащихся 8-х классов школ города, увлекающихся физикой. Уже в конце учебного года некоторые члены кружка, и прежде всего ученики Е.Ф. Самыгиной, становятся победителями первой олимпиады по физике, которая проводилась учеными Сибирского филиала Академии наук СССР. Летом того же года 6 учеников кружка приглашаются в Новосибирский академгородок, успешно выдерживают вступительные экзамены и зачисляются в первую в стране физматшколу.

Коллегами Радиогела Ивановича в его неустанный

научном труде были не только учителя, помогавшие апробировать и воплощать в практику его идеи, но и студенты, выполнявшие под его руководством дипломные работы. К ним у преподавателя был повышенный интерес и достаточно высокие требования. Именно такой подход обеспечивал взаимную ответственность, высокий уровень студенческих работ. Приведем для примера такие факты: в 1972-73 учебном году работа студентки Л.В. Щеновой по теме «Творческий кружок по физике» была представлена на Всесоюзный конкурс. В рецензии отмечен высокий теоретический уровень работы, самостоятельный творческий взгляд на проблему, актуальность и глубина содержания. Студентка награждена дипломом Министерства высшего и среднего специального образования СССР и Центрального Комитета ВЛКСМ. Материалы некоторых дипломных работ публиковались в центральном педагогическом журнале «Физика в школе».

Совместным трудом Р.И. Малафеева и доцентов кафедры Л.В. Тыщенко и В.И. Лырчиковой подготовлен и опубликован ряд пособий по методике и технике школьного физического эксперимента, которыми уже много лет пользуются студенты старших курсов при выполнении лабораторных работ. Диапазон направлений и проблем, по которым Р.И. Малафеевым осуществлялась научно-исследовательская работа, всегда был очень широк. В результате определилась тема его докторской диссертации: «Проблемное обучение в преподавании физики».

Защита докторской диссертации состоялась в 1990 году в Академии педагогических наук СССР. Все члены совета единогласно проголосовали за присуждение Р.И. Малафееву ученой степени доктора педагогических наук. В 1991 году Радиогелу Ивановичу присваивается ученое звание профессора.

Академик АПН СССР, доктор педагогических наук В.Г. Разумовский, в то время являвшийся вице-президентом академии, писал: «Имя Р.И. Малафеева хорошо известно дидактам, методистам и учителям на протяжении трех десятилетий... Им создана теория развития учащихся на основе единой, логически цельной и охватывающей все звенья учебного процесса системы проблемного обучения. Практическое значение исследования подтверждено широким использованием его книг и методических рекомендаций, учителями и методистами страны».

Присвоение Р.И. Малафееву ученой степени доктора педагогических наук и ученого звания «профессор» сразу же повлияло на решение такого общественно значимого вопроса, как открытие аспирантуры при кафедре теоретической физики, теории и методики обучения физике. К настоящему времени в аспирантуре защищено 14 кандидатских диссертаций. Ученица Р.И. Малафеева, проректор Института повышения квалификации Н.А. Криволапова защитила докторскую диссертацию. В настоящее время она является одним из

ведущих ученых-методистов Курганской области.

В 1994 году Радиогел Иванович избран действительным членом Академии педагогических и социальных наук. К настоящему времени Радиогелом Ивановичем опубликовано более 160 научных работ, в том числе более 20 книг и учебных пособий.

С середины 80-х годов на кафедре серьезно развиваются фундаментальные исследования по теоретической и экспериментальной физике. В них участвуют молодые специалисты: кандидаты физико-математических наук, доценты В.О. Швалев (физика поверхностных явлений), Е.Л. Филистов (теория гравитации), Е.Ю. Левченко (научное направление – спектроскопия сложных органических молекул).

С 1998 г. развивается новое направление исследований (руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Е.Ю. Левченко), связанное с использованием компьютерных методов в физике и обучении физике. В это время на кафедре работает три профессора и четыре доцента. Четкой организации учебного процесса способствует работа учебно-вспомогательно-го персонала, которой долгое время руководит Ирина Гавриловна Калеганова.

С 1998 года кафедру теоретической физики, компьютерных методов физики возглавляет Евгений Юрьевич Левченко (рисунок 4). Под его руководством создается лаборатория компьютерных методов физики, которая оснащается оригинальным, разработанным на кафедре оборудованием. Расширяется тематика дипломных работ. Аспирантура при кафедре продолжает работать над современными методами обучения предметам естественнонаучного цикла с использованием компьютеров – за последние пять лет защищено четыре кандидатские диссертации (А.В. Говорков, И.Н. Рогова, Л.И. Говоркова, М.С. Таранов). На рисунке 6 работа аспирантов кафедры. В настоящее время старшие преподаватели кафедры М.Г. Варлакова и В.Г. Вапнярчук работают над кандидатскими диссертациями.



Рисунок 4 – Заведующий кафедрой «Теоретическая и экспериментальная физика, компьютерные методы физики КГУ» Е.Ю. Левченко



Рисунок 5 – В кабинете астрономии

Кандидат педагогических наук Андрей Викторович Говорков активно разрабатывает проблему компьютерных методов в натурном учебном физическом эксперименте: в эти исследования были поощрены грантом областного Правительства, выигран конкурс по двум областным грантам, защищена кандидатская диссертация.

В 2009 году произошло слияние выпускающих физических кафедр. В настоящее время все педагогические, учебно-методические и научные ресурсы сосредоточены на кафедре «Теоретическая и экспериментальная физика, компьютерные методы физики». На кафедре работали 2 профессора, 11 доцентов и два старших преподавателя. В очной аспирантуре обучается четыре человека.

Выпускники специальности «Физика» кроме физико-технологических предприятий (Т.Г. Кардаполов – директор ООО «Роснаносвет ЯНАО», Е.Н. Селезнев – НИИ ядерных материалов, С.В. Накоряков – гл.специалист по инновациям ЯНАО и т.д.) успешно трудятся в различных сферах. Некоторые стали руководителями системы образования (доктор педагогических наук Б.А. Куган – начальник Главного управления образования Курганской области, С.М. Пан – первый заместитель начальника ГлавУО, И.С. Сбродов – начальник отдела образования департамента социальной политики Администрации г. Кургана, доктор педагогических наук Н.А. Криволапова – проректор института повышения квалификации работников образования) и известными в области учителями (Н.К. Казина, Н.В. Раузетдинова и др.), многие работают на государственной службе. Малым и средним бизнесом успешно занимаются Д.Р. Баженов и А.Е. Горобец («Оргтехсервис»), Д.М. Пелявин («Товарищество предпринимателей»), Ю.Н. Богомолова («Формоза»).

Фундаментальная подготовка позволяет выпускникам быстро осваивать новые востребованные профессии и рынки труда.



Рисунок 6 – Научная работа аспирантов кафедры

УДК 621.86.065.4+531

Марфицын С.В., Марфицын В.П.
ООО «Дельта», Курган

О ВЕРОЯТНОСТНОМ ПОДХОДЕ К УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ

Аннотация. Статья посвящена обоснованию правомерности вероятностного подхода к вопросу об ударной нагрузке. Объясняются некоторые феномены поведения сталей.

Ключевые слова: ударная нагрузка, энтропийные процессы, восстановительные процессы, полиномы Чебышева

Marfitsyn S.V., Marfitsyn V.P.
Delta LLC, Kurgan

ABOUT PROBABILISTIC APPROACH TO IMPACT LOADS

Abstract. The article is devoted to the substantiation of legitimacy of the approach to the impact load issue. We explain some phenomena of steel behavior.

Keywords: impact load, entropy processes, regenerative processes, the Chebyshev polynomials.

При применении полиномов Чебышева 1-го рода в сопротивлении материалов рассматривается отношение рабочего напряжения к напряжению предела текучести металла. Причем за предельное состояние это отношение принимается равным единице [1]. Покажем, что вероятность достижения предельного состояния может принимать значение равное двум. Для этого обратимся к определению вероятности достижения предельного состояния [2].

Вероятность достижения предельного состояния выражается формулой [2].

$$P = \exp\left(\frac{\Delta U}{T} \frac{T_n}{U_n}\right) - 1, \quad (1)$$

где $\frac{\Delta U}{T}$ – приращение энтропии за промежуток времени от начала отчета;

ΔU – энергия, превратившаяся в работу пластической деформации;

T – средняя абсолютная температура за промежуток времени;

$\frac{T_n}{U_n}$ – начальный упругий энтропийный напор к моменту текучести;

$U_n = U_T$ – потенциальная энергия образца до достижения предела текучести;

T_n – средняя температура за промежуток времени до достижения предела текучести.

Используя формулу Эйлера для комплексного числа, имеем

$$e^{i\pi n} = -1,$$

где i – мнимая единица; $\pi = 3,14\dots$;
 $n = 1, 3, 5, 7, \dots$

Тогда уравнение (1) принимает вид

$$P = e^{\frac{\Delta U}{T} \frac{T_n}{U_n}} + e^{i\pi n}.$$

Обозначим энтропийно-энергетический пара-

метр $\frac{\Delta U}{T} \frac{T_n}{U_n}$ через φ , а энтропийно-энергетический параметр $e^{i\pi n}$ через φ_1 , тогда

$$P = e^{\varphi} + e^{i\varphi_1}.$$

При $t \rightarrow 0$ и $\varphi \rightarrow 0$. Тогда $e^0 + e^{i0} = 1 + 1 = 2$.

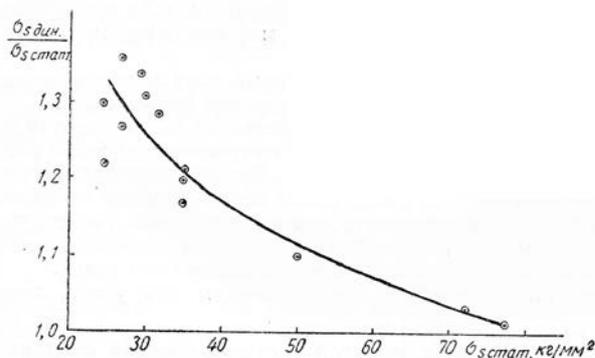


Рисунок 1 – Зависимость отношения динамического предела текучести к статическому от величины статического предела текучести

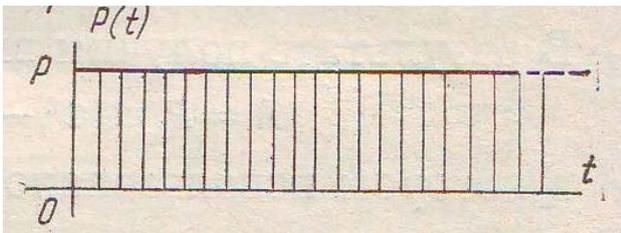


Рисунок 4 – Действие внезапно приложенной силы $P = P(t)$ при для $t > 0$

Общее решение его запишем в формуле

$$Y = c_1 \cos \omega t + c_2 \sin \omega t + \frac{P}{m\omega^2},$$

где первые два слагаемых составляют решение однородного уравнения, а последнее – частное решение, удовлетворяющее равенству. Постоянные c_1 и c_2 должны быть найдены из начальных условий, которые примем нулевыми, то есть при $t=0$ будем считать $y=0$ и $\dot{y}=0$. Эти два условия дают уравнение

$$c_1 + \frac{P}{m\omega^2} = 0; \quad \dot{y} = 0,$$

из которых найдем $c_2 = 0; c_1 = -\frac{P}{m\omega^2}$.

Если вместо ω^2 в выражении $\frac{P}{m\omega^2}$ подставить значение, то это выражение получит смысл статического перемещения точки приложения силы P . Обозначим его

$$\frac{P}{m\omega^2} = P \delta_{11} = y_{ст}.$$

Тогда окончательное решение запишется так:

$$Y = y_{ст}(1 - \cos \omega t).$$

Решение представляет собой незатухающие колебания с частотой свободных колебаний ω около статического положения, равного $Y = y_{ст}$, амплитудой $A = y_{ст}$ (рисунок 5).

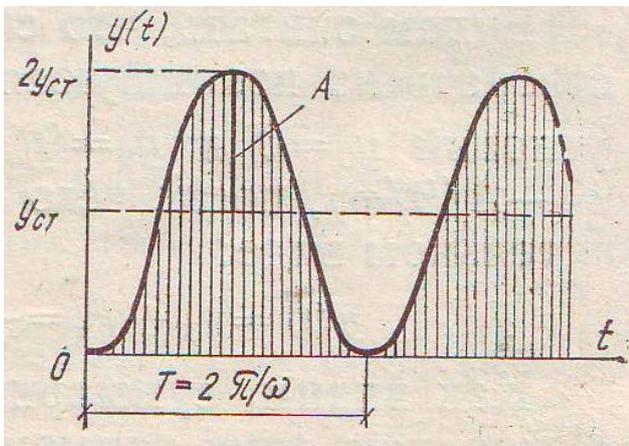


Рисунок 5 – Графическое решение окончательного решения

Максимальное отклонение $y_{max} = 2 y_{ст}$, а динамический коэффициент

$$\mu = \frac{y_{max}}{2y_{ст}} = 2.$$

Этот результат известен из элементарной теории удара, где как известно μ определяется формулой:

$$\mu = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\chi_{ст}}}.$$

При падении груза с высоты $h = 0$ динамический коэффициент μ получается также равным двум [8].

Вывод. Вероятностный подход является одним из методов изучения удара. На основании вышеизложенного можно сделать предположение, что при механическом ударе в металле происходят те же колебательные явления, что при тепловом ударе, и вероятность достижения предельного состояния при динамических нагрузках может быть равна двум.

Список литературы

- 1 Марфицын С. В., Марфицын В. П. Применение полиномов Чебышева 1-го рода для описания устойчивых состояний металла при постоянных и переменных нагрузках // Вестник Курганского госуниверситета. Серия «Технические науки». – 2016. – Вып. 11. – №3 (42). – С. 96.
- 2 Марфицын С. В., Марфицын А. В., Макаров В. И., Марфицын В. П. К вопросу повышения сопротивляемости материалов в условиях энергетического минимума. – Курган, 1996.
- 3 Пономарев С. Д. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. – Москва, 1959. – Т.3. – С. 483, 484.
- 4 Полухин П. И., Горелик С. С., Воронцов В. К. Физические основы пластической деформации. – Москва : Металлургия, 1982. – С. 456, 457.
- 5 Макаров В. М., Зисельман В. Г. Рулонные сосуды высокого давления. – Москва : Машиностроение, 1983. – 168 с.
- 6 Макаров В. И., Марфицын А. В., Марфицын С. В., Марфицын В. П. Использование энтропийной вероятностной зависимости при рассмотрении некоторых констант материалов. ВИНТИ РАН № 2303-В97. – С. 4.
- 7 Сеницын А. П. Расчет конструкций на тепловой удар. Издательство литературы по строительству. – Москва, 1971. – С. 20, 26, 27.
- 8 Смирнов А. Ф., Александров А. В., Пащенко Б. Я., Шапошников Н. Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений под ред. чл.корр. АН СССР А. Ф. Смирнова. – Москва : Стройиздат, 1984. – С. 52.

Попов И.П.
Курганская государственная
сельскохозяйственная академия
им. Т.С. Мальцева, Курган

СРЕДСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ. ЧАСТЬ 1

Аннотация. Вводится понятие о слагаемых векторных произведениях, которыми являются первая, или ортоположительная часть, и вторая, или ортоотрицательная часть; дальнейшим развитием этого понятия является представление о сопряженных векторах, векторном дифференциальном поверхностном операторе, поверхностном градиенте, производной по поверхности, поверхностных дивергенции и роторе. Рассматриваются поверхностные функции, их поверхностное дифференцирование и интегрирование. Показаны особенности поверхностных функций, для которых все слагаемые являются функциями не менее чем двух переменных. Кроме того, поверхностные функции имеют смешанные частные производные второго порядка, при этом по крайней мере одна из смешанных частных производных второго порядка от любого слагаемого не обращается в нуль. Доказывается теорема о восстановлении поверхностной функции по ее поверхностному градиенту. Вводится понятие о линейной комбинации координат и ее делении на вектор, нулевом и мнимом нулевом векторных операторах, псевдовекторах и комбинированных векторах. Приведен ряд разложений с использованием введенных операций.

Ключевые слова: вектор, оператор, поверхностный, координаты, градиент, дивергенция, ротор, ортоположительный, ортоотрицательный.

Popov I.P.
Kurgan State Agricultural Academy named
TS Maltsev

MEANS OF THE SURFACE VECTOR ANALYSIS AND THEIR APPLICATION TO DETERMINE PARAMETERS OF THE PHYSICAL FIELDS. PART 1

Abstract. We introduce the notion of the terms of vector products, which are the first or ortopozhitelnaya part and the second part or ortootritsatelnaya; further development of this concept is the notion of conjugate vectors, vector differential operator of the surface, the surface gradient, the derivative on the surface, the surface divergence and rotor. Treated surface functions, their surface differentiation and integration.

The features of surface functions for which all terms are functions of at least two variables, in addition, surface features have mixed partial derivatives of the second order, with at least one of the mixed partial derivatives of second order of any term does not vanish. We prove a theorem on the restoration of surface features on its surface gradient. We introduce the notion of a linear combination of coordinates and its division by a vector zero and zero imaginary vector operators, pseudo and combined vectors. Is a series of expansions using these operations.

Keywords: vector, operator, surface coordinates, gradient, divergence, rotor, ort, positive, negative.

Введение

Работа посвящена рассмотрению ряда операций на пространстве гладких функций и векторных полей в \mathbb{R}^3 [1-3]. В качестве исходного пункта могут выступать нулевые величины. Их можно условно разделить на две категории. К первой относятся величины, содержимое которых «пусто». Ко второй – состоящие из величин, сумма которых равна нулю. Сюда же относится векторное произведение оператора Гамильтона (набла) на самого себя. При этом использование взаимно противоположных компонентов этого произведения создает определенные перспективы, в частности, развития элементов *поверхностного векторного анализа*, приложением которого может быть определение энергетических параметров силовых, например, электромагнитных полей [4-11]. К таким элементам могут быть отнесены векторный дифференциальный поверхностный оператор, поверхностный градиент, производная по произвольной поверхности, поверхностные дивергенция и ротор, являющиеся аналогами соответствующих величин первого порядка. Названные операции относятся к поверхностному дифференцированию, которое можно рассматривать в качестве обратной задачи к поверхностному интегрированию. Перечисленные операции могут использоваться для получения разложений ряда векторных представлений второго порядка, часть которых имеет аналоги первого порядка. В ряде случаев для этого придется прибегнуть к специальным методам, таким, как сопряжение векторов, использование линейной комбинации координат, ее деление на вектор, введение нулевого и мнимого нулевого векторных операторов, псевдовекторов и комбинированных векторов.

1 Слагаемые векторных произведений

Для векторов \mathbf{G} и \mathbf{H} имеет место операция векторного произведения

$$\mathbf{G} \times \mathbf{H} = (G_y H_z - G_z H_y) \mathbf{i} + (G_z H_x - G_x H_z) \mathbf{j} + (G_x H_y - G_y H_x) \mathbf{k}$$

Его можно представить в виде:

$$\mathbf{G} \times \mathbf{H} = (G_y H_z \mathbf{i} + G_z H_x \mathbf{j} + G_x H_y \mathbf{k}) - (G_z H_y \mathbf{i} + G_x H_z \mathbf{j} + G_y H_x \mathbf{k})$$

Определение 1.1. Операция

$$\mathbf{G} \times_1 \mathbf{H} := G_y H_z \mathbf{i} + G_z H_x \mathbf{j} + G_x H_y \mathbf{k}$$

является *первой, или ортоположительной, частью векторного произведения* $\mathbf{G} \times \mathbf{H}$ векторных полей

$$\mathbf{G} = G_x \mathbf{i} + G_y \mathbf{j} + G_z \mathbf{k}$$

$$\mathbf{H} = H_x \mathbf{i} + H_y \mathbf{j} + H_z \mathbf{k}$$

Определение 1.2. Операция

$$\mathbf{G} \times_{II} \mathbf{H} := \mathbf{H} \times_1 \mathbf{G} = G_z H_y \mathbf{i} + G_x H_z \mathbf{j} + G_y H_x \mathbf{k}$$

является *второй, или ортоотрицательной, частью векторного произведения*.

Очевидно, что

$$\mathbf{G} \times \mathbf{H} = \mathbf{G} \times_1 \mathbf{H} - \mathbf{H} \times_1 \mathbf{G} = \mathbf{G} \times_1 \mathbf{H} - \mathbf{G} \times_{II} \mathbf{H}.$$

Все вышесказанное справедливо и для ротора.

Определение 1.3. Операция

$$\text{rot}_I \mathbf{M} := \nabla \times_1 \mathbf{M} = \frac{\partial M_z}{\partial y} \mathbf{i} + \frac{\partial M_x}{\partial z} \mathbf{j} + \frac{\partial M_y}{\partial x} \mathbf{k}$$

является *первой, или ортоположительной, частью ротора* $\text{rot} \mathbf{M}$ векторного поля

$$\mathbf{M} = M_x \mathbf{i} + M_y \mathbf{j} + M_z \mathbf{k}$$

Определение 1.4. Операция

$$\text{rot}_{II} \mathbf{M} := \nabla \times_{II} \mathbf{M} = \frac{\partial M_y}{\partial z} \mathbf{i} + \frac{\partial M_z}{\partial x} \mathbf{j} + \frac{\partial M_x}{\partial y} \mathbf{k}$$

является *второй, или ортоотрицательной, частью ротора* $\text{rot} \mathbf{M}$.

Очевидно, что

$$\text{rot} \mathbf{M} = \text{rot}_I \mathbf{M} - \text{rot}_{II} \mathbf{M}$$

$$\text{или } \nabla \times \mathbf{M} = \nabla \times_1 \mathbf{M} - \nabla \times_{II} \mathbf{M}.$$

2 Сопряженные векторы

Определение 2.1. Операция

$$\mathbf{G} \times^* \mathbf{H} := \mathbf{G} \times_1 \mathbf{H} - \mathbf{H} \times_1 \mathbf{G} = \mathbf{G} \times_1 \mathbf{H} + \mathbf{G} \times_{II} \mathbf{H}$$

является *сопряженным векторным произведением* векторных полей \mathbf{G} и \mathbf{H} .

Определение 2.2. Операция

$$\text{rot}^* \mathbf{M} := \text{rot}_I \mathbf{M} + \text{rot}_{II} \mathbf{M}$$

$$\text{или } \nabla \times^* \mathbf{M} = \nabla \times_1 \mathbf{M} + \nabla \times_{II} \mathbf{M}$$

является *сопряженным ротором* векторного поля \mathbf{M} .

Определение 2.3. Оператор

$$\nabla_s := \nabla \times_1 \nabla = \nabla \times_{II} \nabla = \frac{\nabla \times^* \nabla}{2} =$$

$$= \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} \mathbf{i} + \frac{\partial^2}{\partial x \partial z} \mathbf{j} + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \mathbf{k}$$

является *векторным дифференциальным поверхностным оператором*.

3 Поверхностный градиент и производная по поверхности

Определение 3.1. Вектор

$$\text{grad}_s W := \nabla_s W = \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \mathbf{i} + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \mathbf{j} + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \mathbf{k} \quad (3.1)$$

является *поверхностным градиентом* функ-

ции W .

По аналогии с производной по направлению вычисляется *производная по поверхности*

$$\begin{aligned} \frac{d_s^2 W}{d\sigma} &:= (\text{grad}_s W) \cdot \mathbf{n} = \\ &= \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \cos \varphi + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \cos \psi + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \cos \theta \end{aligned} \quad (3.2)$$

Здесь

$\mathbf{n} = \mathbf{i} \cos \varphi + \mathbf{j} \cos \psi + \mathbf{k} \cos \theta$ – поле единичных нормалей поверхности дифференцирования.

Теорема 3.1. *Производная функции $W(x, y, z)$ (скалярного поля) по некоторой поверхности равна проекции поверхностного градиента на единичный вектор нормали к этой поверхности (в соответствующей точке).*

$$\frac{d_s^2 W}{d\sigma} = |\text{grad}_s W| \cos(\text{grad}_s W, \mathbf{n})$$

Справедливость этой теоремы непосредственно вытекает из (3.2).

Следствие. *Поверхностный градиент скалярного поля равен по величине производной поля по поверхности, для которой эта производная (в соответствующей точке) является максимальной, и совпадает по направлению с единичным вектором нормали к этой поверхности.*

$$\max \left(\frac{d_s^2 W}{d\sigma} \right) = |\text{grad}_s W| =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)^2}$$

Пусть для функции $U(x, y, z)$, все слагаемые которой являются функциями не менее чем двух переменных, имеющей смешанные частные производные второго порядка, по крайней мере одна из смешанных частных производных второго порядка от любого слагаемого не обращается в нуль. Для однообразия терминологии такая функция может быть названа *поверхностной*.

Теорема 3.2. *Поверхностная функция $U(x, y, z)$ может быть восстановлена по ее поверхностному градиенту \mathbf{G} в соответствии с формулой:*

$$\begin{aligned} U &= \iint G_x dydz + \iint G_y dx dz + \iint G_z dx dy - 2V = \\ &= P_1(x, y, z) + P_2(y, z) + Q_1(x, y, z) + \\ &+ Q_2(x, z) + R_1(x, y, z) + R_2(x, y) - 2V. \end{aligned}$$

При этом

$$V = P_1 = Q_1 = R_1,$$

а интегралы понимаются как повторные неопределенные с нулевыми аддитивными составляющими.

Доказательство

$$\frac{\partial G_x}{\partial x} = \frac{\partial^3 U}{\partial x \partial y \partial z} = \frac{\partial G_y}{\partial y} = \frac{\partial G_z}{\partial z} \quad (3.3)$$

U можно искать в виде:
 $U = \iint G_x dydz + \iint G_y dx dz +$
 $+ \iint G_z dx dy + f(x, y, z)$

При этом

$$\begin{aligned} \iint G_x dydz &= P_1(x, y, z) + P_2(y, z), \\ \iint G_y dx dz &= Q_1(x, y, z) + Q_2(x, z), \\ \iint G_z dx dy &= R_1(x, y, z) + R_2(x, y), \\ \frac{\partial^3}{\partial x \partial y \partial z} \iint G_x dydz &= \frac{\partial G_x}{\partial x} = \frac{\partial^3 P_1}{\partial x \partial y \partial z}, \\ \frac{\partial^3}{\partial x \partial y \partial z} \iint G_y dx dz &= \frac{\partial G_y}{\partial y} = \frac{\partial^3 Q_1}{\partial x \partial y \partial z}, \\ \frac{\partial^3}{\partial x \partial y \partial z} \iint G_z dx dy &= \frac{\partial G_z}{\partial z} = \frac{\partial^3 R_1}{\partial x \partial y \partial z}. \end{aligned}$$

С учетом (3.3)

$$P_1 = Q_1 = R_1 = V(x, y, z).$$

Тогда

$$f(x, y, z) = -2V.$$

При этом

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} &= \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} \left[\iint G_x dydz + \right. \\ &+ \left. \iint G_y dx dz + \iint G_z dx dy + f(x, y, z) \right] = \\ &= G_x + \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} [Q_1 + Q_2(x, z) + \\ &+ R_1 + R_2(x, y) - 2V] = G_x. \end{aligned}$$

Аналогично

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = G_y,$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = G_z.$$

Теорема доказана.

Замечание 1. Равенство нулю аддитивных составляющих повторных неопределенных интегралов вытекает из того, что в поверхностных функциях соответствующих слагаемых нет.

Замечание 2. Поверхностная функция может быть восстановлена по ее поверхностному градиенту и с помощью поверхностного интеграла, однако это решение может оказаться более громоздким из-за необходимости определения поверхности интегрирования. Кроме того, при поверхностном интегрировании могут появляться константы и функции одной переменной, вследствие чего возникает необходимость прибегать к их отбрасыванию, т.е. к произволу [12–15].

Пример.

$$\text{grad}_s U = \left(3z^2 - \frac{x}{y^2} \right) \mathbf{i} +$$

$$+ \left[\frac{1}{y} - \sin(x+z) \right] \mathbf{j} + \left(2y - \frac{z}{y^2} \right) \mathbf{k},$$

$$U = yz^3 + \frac{xz}{y} + \frac{xz}{y} + \sin(x+z) + xy^2 +$$

$$+ \frac{xz}{y} - 2 \frac{xz}{y} = yz^3 + \frac{xz}{y} + \sin(x+z) + xy^2 +$$

4 Поверхностная дивергенция и поверхностный ротор

В (3.1) имеет место произведение вектора ∇_s на скаляр W . Могут быть рассмотрены скалярное и векторное произведения ∇_s на вектор \mathbf{M} .

Определение 4.1. Операция

$$\text{div}_s \mathbf{M} := \nabla_s \cdot \mathbf{M} = \frac{\partial^2 M_x}{\partial y \partial z} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 M_z}{\partial x \partial y}$$

является поверхностной дивергенцией векторного поля \mathbf{M} .

Определение 4.2. Операция

$$\begin{aligned} \text{rot}_s \mathbf{M} := \nabla_s \times \mathbf{M} &= \left(\frac{\partial^2 M_z}{\partial x \partial z} - \frac{\partial^2 M_y}{\partial x \partial y} \right) \mathbf{i} + \\ &+ \left(\frac{\partial^2 M_x}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 M_z}{\partial y \partial z} \right) \mathbf{j} + \left(\frac{\partial^2 M_y}{\partial y \partial z} - \frac{\partial^2 M_x}{\partial x \partial z} \right) \mathbf{k} \end{aligned}$$

является поверхностным ротором векторного поля \mathbf{M} .

Определение 4.3. Операция

$$\begin{aligned} \text{rot}_{s,I} \mathbf{M} := \nabla_s \times_I \mathbf{M} &= \\ &= \frac{\partial^2 M_z}{\partial x \partial z} \mathbf{i} + \frac{\partial^2 M_x}{\partial x \partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y \partial z} \mathbf{k} \end{aligned}$$

является *первой, или ортоположительной, частью поверхностного ротора* $\text{rot}_s \mathbf{M}$.

Определение 4.4. Операция

$$\begin{aligned} \text{rot}_{s,II} \mathbf{M} := \nabla_s \times_{II} \mathbf{M} &= \\ &= \frac{\partial^2 M_y}{\partial x \partial y} \mathbf{i} + \frac{\partial^2 M_z}{\partial y \partial z} \mathbf{j} + \frac{\partial^2 M_x}{\partial x \partial z} \mathbf{k} \end{aligned}$$

является *второй, или ортоотрицательной, частью поверхностного ротора* $\text{rot}_s \mathbf{M}$.

$$\text{rot}_s \mathbf{M} = \text{rot}_{s,I} \mathbf{M} - \text{rot}_{s,II} \mathbf{M}$$

$$\text{или } \nabla_s \times \mathbf{M} = \nabla_s \times_I \mathbf{M} - \nabla_s \times_{II} \mathbf{M}$$

Определение 4.5. Операция

$$\text{rot}_s^* \mathbf{M} := \text{rot}_{s,I} \mathbf{M} + \text{rot}_{s,II} \mathbf{M}$$

$$\text{или } \nabla_s \times^* \mathbf{M} := \nabla_s \times_I \mathbf{M} + \nabla_s \times_{II} \mathbf{M}$$

является *сопряженным поверхностным ротором векторного поля* \mathbf{M} .

5 Некоторые формулы

$$\nabla_s (\alpha V + \beta W) = \alpha \nabla_s V + \beta \nabla_s W$$

$$(\alpha = \text{const}, \beta = \text{const}).$$

$$\nabla_s \cdot (\alpha \mathbf{E} + \beta \mathbf{F}) = \alpha \nabla_s \cdot \mathbf{E} + \beta \nabla_s \cdot \mathbf{F}$$

$$\nabla_s \times (\alpha \mathbf{E} + \beta \mathbf{F}) = \alpha \nabla_s \times \mathbf{E} + \beta \nabla_s \times \mathbf{F}$$

$$\Delta_s \equiv \nabla_s \cdot \nabla_s \equiv \frac{\partial^4}{\partial y^2 \partial z^2} + \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial z^2} + \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2}$$

$$\nabla \cdot \nabla_s \equiv \nabla_s \cdot \nabla \equiv 3 \frac{\partial^3}{\partial x \partial y \partial z}$$

$$\nabla \times \nabla_s \equiv -\nabla_s \times \nabla \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \mathbf{i} +$$

$$+ \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \mathbf{k}$$

$$\nabla \times_I \nabla_s = \frac{\partial^3}{\partial x \partial y^2} \mathbf{i} + \frac{\partial^3}{\partial y \partial z^2} \mathbf{j} + \frac{\partial^3}{\partial z \partial x^2} \mathbf{k}$$

$$\nabla \times_{II} \nabla_s = \frac{\partial^3}{\partial x \partial z^2} \mathbf{i} + \frac{\partial^3}{\partial y \partial x^2} \mathbf{j} + \frac{\partial^3}{\partial z \partial y^2} \mathbf{k}$$

$$\Delta_s W \equiv \left(\frac{\partial^4}{\partial y^2 \partial z^2} + \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial z^2} + \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} \right) W(x, y, z) =$$

$$= \operatorname{div}_s \operatorname{grad}_s W = \nabla_s \cdot \nabla_s W$$

$$\Delta_s (\alpha V + \beta W) = \alpha \Delta_s V + \beta \Delta_s W$$

$$\Delta_s \mathbf{F} \equiv \Delta_s F_x \mathbf{i} + \Delta_s F_y \mathbf{j} + \Delta_s F_z \mathbf{k}$$

$$\operatorname{div} \operatorname{rot}_s \mathbf{F} = \nabla \cdot (\nabla_s \times \mathbf{F}) =$$

$$= -\operatorname{div}_s \operatorname{rot} \mathbf{F} = -\nabla_s \cdot (\nabla \times \mathbf{F})$$

$$\operatorname{grad} \operatorname{div}_s \mathbf{F} = \nabla (\nabla_s \cdot \mathbf{F}) =$$

$$= \nabla_s \times (\nabla \times \mathbf{F}) + (\nabla \cdot \nabla_s) \mathbf{F}$$

$$\operatorname{grad}_s \operatorname{div} \mathbf{F} = \nabla_s (\nabla \cdot \mathbf{F}) =$$

$$= \nabla \times (\nabla_s \times \mathbf{F}) + (\nabla \cdot \nabla_s) \mathbf{F}$$

$$\operatorname{grad}_s \operatorname{div}_s \mathbf{F} = \nabla_s (\nabla_s \cdot \mathbf{F}) = \nabla_s \times (\nabla_s \times \mathbf{F}) + \Delta_s \mathbf{F}$$

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot}_s \mathbf{F} = \nabla \times (\nabla_s \times \mathbf{F}) = \nabla_s (\nabla \cdot \mathbf{F}) - (\nabla \cdot \nabla_s) \mathbf{F}$$

$$\operatorname{rot}_s \operatorname{rot} \mathbf{F} = \nabla_s \times (\nabla \times \mathbf{F}) = \nabla (\nabla_s \cdot \mathbf{F}) - (\nabla \cdot \nabla_s) \mathbf{F}$$

$$\operatorname{rot}_s \operatorname{rot}_s \mathbf{F} = \nabla_s \times (\nabla_s \times \mathbf{F}) = \nabla_s (\nabla_s \cdot \mathbf{F}) - \Delta_s \mathbf{F}$$

$$\operatorname{rot}_s \operatorname{grad}_s W = \nabla_s \times \nabla_s W \equiv 0$$

$$\operatorname{div}_s \operatorname{rot}_s \mathbf{F} = \nabla_s \cdot (\nabla_s \times \mathbf{F}) \equiv 0$$

$$\nabla_s (VW) = W \nabla_s V + V \nabla_s W + \nabla V \times^* \nabla W$$

$$\nabla_s \cdot (W\mathbf{F}) = W \nabla_s \cdot \mathbf{F} + (\nabla_s W) \cdot \mathbf{F} + \nabla W \cdot (\nabla \times^* \mathbf{F})$$

Известные методы не позволяют получить аналогичные формулы для выражений $\nabla_s (\mathbf{F} \cdot \mathbf{G})$, $\nabla_s \cdot (\mathbf{F} \times \mathbf{G})$, $(\mathbf{G} \cdot \nabla_s) W\mathbf{F}$, $\nabla_s \times (W\mathbf{F})$, $\nabla_s \times (\mathbf{F} \times \mathbf{G})$, $(\mathbf{G} \cdot \nabla_s) \mathbf{F}$, $\Delta_s (VW)$. Для их получения, а также для решения других задач существующий арсенал средств операций с векторами может быть расширен за счет введения в рассмотрение линейной комбинации координат и ее деления на вектор, нулевого и мнимого нулевого векторных

дифференциальных операторов, псевдовекторов и комбинированных векторов.

Список литературы

- 1 Попов И. П. *Mathematical modeling of the formal analogy wave functions // Applied mathematics and control sciences.* – 2016. – № 1. – С. 9-14.
- 2 Попов И. П. *Скалярное и векторное дифференцирование векторов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1: Математика. Физика.* – 2016. – №3 (34). – С. 19-27.
- 3 Попов И. П. *О некоторых операциях над векторами // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1: Математика. Физика.* – 2014. – №5 (24). – С. 55-61.
- 4 Попов И. П. *О некоторых аспектах магнитоэлектрического взаимодействия // Вестник Челябинского государственного университета. Физика.* – 2009. – Вып. 5. – №24(162). – С. 34-39.
- 5 Попов И. П. *Об электромагнитной системе единиц // Вестник Челябинского государственного университета. Физика.* – 2010. – Вып. 7. – №12(193). – С. 78-79.
- 6 Попов И. П. *О пространственной конфигурации вихревого электрического поля // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки.* – 2009. – Вып. 2. – №1(15). – С. 50, 51.
- 7 Попов И. П. *Дуально-инверсный аналог силы Ампера для магнитопровода с изменяющимся магнитным потоком, находящегося в электрическом поле // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки.* – 2009. – Вып. 2. – №1(15). – С. 51, 52.
- 8 Попов И. П. *О некоторых изоморфизмах между электромагнитными и магнитоэлектрическими соотношениями // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки.* – 2010. – Вып. 5. – №1(17). – С. 94-96.
- 9 Попов И. П. *Два подхода классиков электромагнетизма к взаимодействию проводников с токами // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки.* – 2015. – Вып. 7. – № 1(35). – С. 55, 56.
- 10 Попов И. П. *Силы, возникающие в вихревом электрическом поле между магнитопроводами с изменяющимися магнитными потоками // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки.* – 2010. – Вып. 5. – №1(17). – С. 93, 94.
- 11 Попов И. П. *Диэлектрическое сопротивление и аналог закона Ома для цепи потока электрического смещения // Сборник научных трудов аспирантов и соискателей Курганского государственного университета.* – 2010. – Вып. XII. – С. 19, 20.
- 12 Попов И. П. *Интегрирование градиента в R3 // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика.* – 2016. – № 2(33). – С. 44-46.
- 13 Попов И. П. *Оптимизация способа определения функции по ее градиенту // Вестник Тверского государственного технического университета.* – 2017. – № 1(31). – С. 9-12.
- 14 Попов И. П. *Применение неопределенного интеграла для восстановления функции по ее градиенту // Вестник Амурского государственного университета. Естественные и экономические науки.* – 2017. – Вып. 77. – С. 18-21.
- 15 Попов И. П. *Определение функции по ее градиенту // Вестник Ульяновского государственного технического университета.* – 2016. – № 2. – С. 31-33.

Попов И.П.
Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган

ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА И ПРИЁМНИКА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СИГНАЛА

Аннотация. Определено влияние движения приёмника относительно неподвижного источника, а также движения источника относительно неподвижного приёмника на распространение волнового электромагнитного сигнала.

Ключевые слова: электромагнитные волны, скорость, источник, приёмник.

Popov I.P.
Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev

INFLUENCE OF TRANSMITTER AND RECEIVER MOVEMENT ON TRANSMISSION OF WAVE ELECTROMAGNETIC SIGNAL

Abstract. Influence of movement of receiver in relation to immovable transmitter is determined, also movement of transmitter in relation to immovable receiver on transmission of wave electromagnetic signal is defined.

Keywords: electromagnetic waves, velocity, transmitter, receiver.

Введение

Определение скорости электромагнитных волн в вакууме как

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \tag{1}$$

производилось без учета движения их источника и приёмника [1-11]. Однако оно может быть учтено.

Определение скорости волнового электромагнитного импульса

Пусть источник И с часами неподвижно установлен в координате $x_0 = 0$ связанной с ним системы координат (рисунок 1) [12]. В момент времени t_0 он излучает волновой электромагнитный импульс.

К источнику со скоростью v приближается приёмник П.

Устройство А с часами, синхронизированными с часами источника, установлено неподвижно относительно источника в координате x_2 . Оно регистрирует прохождение приёмника через эту координату в момент времени t_0 .

Устройство Б с часами, синхронизированными с часами источника, установлено неподвижно

относительно источника в координате x_1 . Оно регистрирует прохождение и приёмника, и импульса через эту координату в момент времени t_1 .

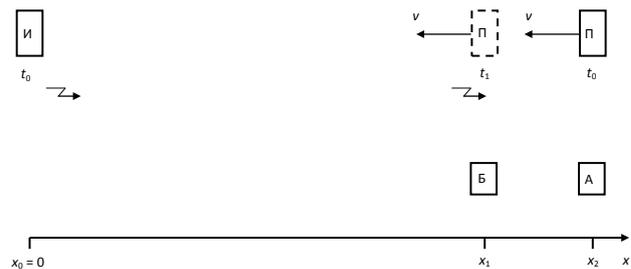


Рисунок 1 – Система измерения скорости электромагнитного сигнала

По данным неподвижных наблюдателей скаляр скорости приёмника

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_1 - t_0},$$

скаляр скорости волнового электромагнитного импульса относительно источника

$$c = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} = \frac{x_1}{t_1 - t_0}.$$

По их же данным скорость перемещения импульса относительно приёмника определяется как отношение расстояния между ними

$$x_2 - x_0 = x_2$$

ко времени

$$t_1 - t_0,$$

за которое они это расстояние преодолеют, т.е. сблизятся

$$c^* = \frac{x_2}{t_1 - t_0} = \frac{x_2 - x_1 + x_1}{t_1 - t_0} = \frac{x_2 - x_1}{t_1 - t_0} + \frac{x_1}{t_1 - t_0} = v + c. \tag{2}$$

Страховочный учет релятивистских эффектов

По мнению наблюдателя, движущегося вместе с приёмником, система отсчета, связанная с приёмником, неподвижна, а система отсчета, связанная с источником, движется со скоростью v . К приёмнику приближается импульс, расстояние до которого равно

$$x_2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \tag{3}$$

Этот импульс достигнет приёмника за время

$$(t_1 - t_0) \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \tag{4}$$

(величины x_2 , t_1 и t_0 движущийся наблюдатель может получить по радио от неподвижных наблюдателей и учесть релятивистские поправки). Следовательно, по мнению движущегося на-

блюдателя, импульс приближается к приёмнику со скоростью

$$c^* = \frac{x_2 \sqrt{1 - v^2/c^2}}{(t_1 - t_0) \sqrt{1 - v^2/c^2}} = v + c \quad (5)$$

К этому же результату движущийся наблюдатель придет и без учета релятивистских поправок.

Источник движется, приёмник неподвижен. В системе координат, связанной с источником, источник неподвижен, а приёмник приближается к нему со скоростью v . В этой системе координат выполняется соотношение (2). При переходе к системе координат, связанной с приёмником, в том числе с учетом (3) и (4) реализуется выражение (5).

Практической иллюстрацией полученного результата является разница во времени прохождения радиосигналов на Марс при их передаче с противоположных точек экватора Земли при максимальном расстоянии между планетами

$$\Delta t = S_m \left(\frac{1}{c - v_y} - \frac{1}{c + v_y} \right) = 4 \cdot 10^8 \times$$

$$\times \left(\frac{1}{300000 - 0,46} - \frac{1}{300000 + 0,46} \right) \approx 0,004(c)$$

Здесь S_m – максимальное расстояние между Землей и Марсом (км), c – скорость света в вакууме (км/с), v_y – тангенциальная скорость вращения точки экватора Земли (км/с).

Заключение

Таким образом, скорость электромагнитных волн в вакууме складывается из (1) и разности скоростей источника и приёмника.

Список литературы

- 1 Попов И. П. Построение абстрактной модели силового поля типа электромагнитного. Часть 2 // «Наука. Инновации. Технологии». – 2015. – № 3. – С. 63-78.
- 2 Попов И. П. Роль псевдовекторов в математическом моделировании формального аналога электромагнитного поля // Вестник Псковского государственного университета. Естественные и физико-математические науки. – 2016. – Вып. 8. – С. 110-127.
- 3 Popov I. P. Mathematical modeling of the formal analogy of electromagnetic field // Applied mathematics and control sciences. – 2016. – № 4. – P. 36-60.
- 4 Попов И. П. Приложение мнимых векторов к моделированию абстрактного силового поля // Вестник Амурского государственного университета. Естественные и экономические науки. – 2016. – Выпуск 73. – С. 10-24.
- 5 Попов И. П. Построение модели квазиэлектромагнитного поля. Часть 2 // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. – 2016. – Вып. 9. – № 4(43). – С. 73-79.
- 6 Попов И. П. Мнимые векторы. Построение в R3 математической модели полевого взаимодействия по типу электромагнитного // Вектор современной науки. – 2017. – № 1. URL: vektorsn.esrae.ru/1-5 (дата обращения: 02.06.2017).
- 7 Попов И. П. Об электромагнитной системе единиц // Вестник Челябинского государственного университета. Физика. – 2010. – Вып. 7. – №12(193). – С. 78,79.
- 8 Попов И. П. Сведение постоянной Планка к классическим фундаментальным константам // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. – 2014. – Вып. 3. – С. 51-54.

9 Попов И. П. Электромагнитное представление квантовых величин // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – Вып. 3. – №2(18). – С. 59-62.

10 Попов И. П. Сопоставление квантового и макроописания магнитного потока // Сборник научных трудов аспирантов и соискателей Курганского государственного университета. – 2011. – Вып. XIII. – С. 26.

11 Попов И.П. Формулы для постоянной Планка, массы электрона и других величин // Вектор современной науки. – 2017. – № 1. URL: vektorsn.esrae.ru/1-6 (дата обращения: 07.06.2017).

12 Попов И. П. Лабораторная установка для регистрации физического явления изменения скорости электромагнитных волн на величину разности скоростей источника и приёмника (варианты) // Бюллетень изобретений и полезных моделей. – 2002. – № 28. – С. 431-433.

УДК 530.145.65

Попов И.П.
Курганская государственная
сельскохозяйственная академия
им. Т.С. Мальцева, Курган

О КОНЕЧНОСТИ РАЗМЕРА ЭЛЕКТРОНА

Аннотация. Установлен размер электрона, определенный с учетом энергии спинового движения, который хорошо согласуется с его квантово-механической ориентировочной оценкой. При этом полная энергия электрона при отсутствии поступательного движения равна сумме его электростатической энергии и энергии спинового движения.

Ключевые слова: электрон, спин, момент инерции, циклическая частота, постоянная тонкой структуры.

Popov I. P.
Kurgan State Agricultural Academy named after
T.S. Maltsev

ABOUT EXTREMITY OF THE ELECTRON SIZE

Abstract. The size of the electron is determined, which has been done taking into account the energy of spin motion, which is in good agreement with its quantum mechanical estimated rate. The total energy of an electron in the absence of forward motion is equal to the sum of its electrostatic energy and the energy of spin motion.

Keywords: electron, spin, moment of inertia, angular frequency, fine structure constant.

Введение

Существует точка зрения, что в классической релятивистской механике электрону нельзя приписывать конечных размеров.

Однако если бы электрон был точечным, то энергия его электростатического поля была бы бесконечно большой

$$W = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = \infty$$

что делает указанную точку зрения неприемлемой.

В учебной литературе отмечается, что квантово-механическая ориентировочная оценка размера области локализации свободного электрона превышает его классический радиус кратно постоянной тонкой структуры α^{-1} .

Также отмечено, что электростатическая энергия электрона составляет $\frac{3}{4}$ его полной энергии при отсутствии поступательного движения. Предполагается, что оставшаяся $\frac{1}{4}$ часть может приходиться на энергию, обусловленную силами, препятствующими электростатическим силам разорвать электрон на *части*. Однако разорвать его на части можно лишь при условии, что электрон *состоит* из этих частей. Все, что в настоящее время известно об электроне, говорит в пользу его целостности и неделимости [1-8], поэтому указанной четверти энергии можно поискать другое толкование, а именно, связать ее со спином.

Связь со спином

Спин электрона

$$L_{es} = \frac{\sqrt{3}}{2} \hbar$$

где \hbar – постоянная Планка.

Момент количества движения равен

$$\mathbf{L} = J\boldsymbol{\omega},$$

где J – момент инерции, $\boldsymbol{\omega}$ – циклическая частота.

В классических расчетах использовалась сферическая модель электрона. Для единообразия ее можно сохранить. Момент инерции для сферы

$$J = \frac{2}{3} mR^2$$

Циклическая частота равна

$$\omega = \frac{L}{J} = \frac{3\sqrt{3}\hbar}{4m_e R^2}$$

Пусть

$$R = k\lambda_e = \frac{kh}{m_e c} = \frac{2\pi k\hbar}{m_e c},$$

где k – безразмерный коэффициент, который предстоит отыскать, λ_e – комптоновская длина волны электрона.

Определение размера электрона

Энергия спинового движения равна

$$W = \frac{\mathbf{L}\boldsymbol{\omega}}{2} = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{3}\hbar}{2} \frac{3\sqrt{3}\hbar}{4m_e R^2} = \frac{9\hbar^2}{16m_e} \frac{m_e^2 c^2}{4\pi^2 k^2 \hbar^2} = \frac{9m_e c^2}{64\pi^2 k^2} = \frac{m_e c^2}{4}$$

Искомый коэффициент равен

$$k = \frac{3}{4\pi}$$

Отсюда размер электрона

$$R = \frac{3}{4\pi} \lambda_e$$

Для сравнения его с классическим радиусом электрона

$$r_e = \frac{\mu_0 e^2}{4\pi m_e}$$

можно использовать формулу постоянной тонкой структуры

$$\alpha = \frac{\mu_0 c e^2}{2\hbar}$$

$$\hbar = \frac{\mu_0 c e^2 \alpha^{-1}}{2}$$

$$R = \frac{3}{4\pi} \lambda_e = \frac{3}{4\pi} \frac{\hbar}{m_e c} = \frac{3}{8\pi} \frac{\mu_0 e^2 \alpha^{-1}}{m_e}$$

Следовательно,

$$R = \frac{3}{2} \alpha^{-1} r_e$$

Заключение

Таким образом, определение размера электрона, выполненное с учетом энергии спинового движения, хорошо согласуется с квантово-механической ориентировочной оценкой размера области его локализации. При этом полная энергия электрона при отсутствии поступательного движения равна сумме его электростатической энергии и энергии спинового движения.

Список литературы

- 1 Попов И. П. Об электромагнитной системе единиц // Вестник Челябинского государственного университета. Физика. – 2010. – Вып.7. – №12(193). – С. 78-79.
- 2 Попов И. П. О влиянии инертности частицы на ее волновое представление // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2013. – № 04(95). – С. 90-94.
- 3 Попов И. П. Сведение постоянной Планка к классическим фундаментальным константам // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. – 2014. – Вып. 3. – С. 51-54.
- 4 Попов И. П. Электромагнитное представление квантовых величин // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – Вып. 3. – №2(18). – С. 59-62.
- 5 Попов И. П. Квантово-волновая теория эффекта Комптона как альтернатива теории упругого рассеяния // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. – 2013. – Вып. 6. – № 3(30). – С. 48, 49.
- 6 Попов И. П. Сопоставление квантового и макроописания магнитного потока // Сборник научных трудов аспирантов и соискателей Курганского государственного университета. – 2011. – Вып. XIII. – С. 26.
- 7 Попов И. П. Формулы для постоянной Планка, массы электрона и других величин // Вектор современной науки. – 2017. – № 1. URL: vektorsn.esrae.ru/1-6 (дата обращения: 07.06.2017).
- 8 Попов И. П. Корпускулярный и волновой подходы к теории эффекта Комптона // Естественные и технические науки. – 2013. – № 1(63). – С. 41-43.
- 9 Попов И.П. Скорость распространения волновой

функции // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2015. – № 4. – С. 42-43.

10 Попов И. П. Определение фазовой скорости волн де Бройля на основе интерференции и дифракции единичных частиц // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. – 2014. – Вып. 3. – С. 48, 50.

11 Попов И. П. Оценка нижнего предела вероятного значения фазовой скорости волновой функции // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. – 2015. – Вып. 7. – № 1(35). – С. 56, 57.

12 Попов И. П. О фазовой скорости волн де Бройля // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. – 2015. – Вып. 8. – № 4(38). – С. 115-116.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 378.12

*Несговорова Н.П., Азева Г.Ф., Савельев В.Г.
Курганский государственный университет,
Курган*

КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ – КРАТКАЯ ЛЕТОПИСЬ СЛАВНЫХ ДЕЛ

Аннотация. Кафедра географии и природопользования является одним из крупных подразделений факультета естественных наук. Ее деятельность охватывает все направления рекомендуемой деятельности. Наиболее значимые результаты получены в научном, образовательном направлениях. Ведет кафедра и просветительскую деятельность среди населения благодаря активной профессиональной деятельности ее выпускников.

Ключевые слова: кафедра, география, природопользование, экология.

*Nesgovorova N.P., Azeva G.F., Saveliev V.G.
Kurgan State University, Kurgan*

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT - BRIEF CHRONICLE OF NICE CASES

Abstract. The Department of Geography and Nature Management is one of the major departments of the Faculty of Natural Sciences. Its activities cover all areas of recommended activities. The most significant results have been obtained in the scientific and educational areas. The department holds educational activities among the population due to the active professional activities of its graduates.

Keywords: department, geography, nature management, ecology.

Введение. 2017 год является юбилейным для факультета естественных наук. В рамках факультета ведут активную научно-образовательную деятельность различные кафедры, в том числе и кафедра географии и природопользования, имеющая собственную многолетнюю историю.

В основной части статьи будут рассмотрены значимые этапы формирования кафедры, ее научно-образовательного потенциала.

Основная часть. Истоки высшего географического образования в Курганском педагогическом институте заложены в создании биолого-химического факультета в 1962 года путем включения в учебные планы подготовки учителей биологии и химии таких дисциплин, как геология, биогеография.

В самостоятельное структурное подразделе-

ние кафедры «География и природопользование» выделилась не сразу, хотя уже в 1989 году в рамках кафедры «Ботаника» был сделан первый набор на специальность «География и биология» на очную и заочную форму обучения.

Подготовка специалистов – это сложная система, информационно открытая для нового содержания, имеющая несколько путей реализации. Такая система выстраивается в течение достаточно длительного времени, и ее реализация изначально связана с рядом трудностей: отбором предметного содержания, отсутствием кадрового состава, методической и материальной базы и др.

Базисом для подготовки географов являлись дисциплины геология, биогеография и близкие к ним по содержанию, так как они реализовывались уже много лет опытным преподавателем Г.Ф. Азевой. Пополнение базиса происходило постепенно, так как реализация профессиональных дисциплин учебного плана требовала изучения опыта работы преподавателей других вузов по подготовке высококвалифицированных кадров, что и делалось в процессе сотрудничества с Челябинским, Свердловским и Петропавловским педагогическими институтами в области географии, в методическом плане: в обеспечении дисциплин учебниками, методическими пособиями, картами, атласами, плакатами, метео- и топоприборами. Этой работой и занималась Г.Ф. Азева, ей активно помогала в организационной работе заместитель декана по учебной работе В.И. Реутских.

Г.Ф. Азева в Курганском педагогическом институте работает с 1968 года. Она закончила Свердловский педагогический институт с присвоением квалификации «Учитель географии».

После окончания вуза она много лет работала в Красноярской геологоразведочной партии. Занималась определением и описанием минералов и горных пород. Производственная работа требовала соответствующего образования, поэтому ей пришлось повышать квалификацию в геологическом техникуме. В педагогический институт пришла работать из СОШ №37 города Кургана.

На 1 сентября 1989 года преподавательский состав географов имел всего 3 человека: Г.Ф. Азева, Н.М. Котус, Л.Л. Подкорытова, включенных в состав кафедры ботаники. Заведовала кафедрой М.Ф. Левченко.

Надежда Михайловна Котус, учитель географии, приглашена для чтения курса общего землеведения из СОШ № 48 города Кургана.

Лариса Леонтьевна Подкорытова окончила Петропавловский педагогический институт, учитель географии и биологии. Принята на работу на кафедру ботаники в 1989 году. До того работала СОШ №32 города Кургана. Начинала работу на кафедре с обучения студентов содер-

жанию курсов картография с основами топографии, география материков.

С целью повышения качества обучения для чтения лекций по основным географическим курсам (топографии, картографии, общему земледелию) администрацией вуза приглашались доктор и кандидаты географических наук из Челябинского и Петропавловского педагогических институтов.

Был приглашен для преподавания курса топографии А.В. Макеев, на то время преподаватель Курганского военно-политического училища, который через некоторое время пополнил штат преподавателей кафедры.

Первый набор на очную форму обучения был сделан в количестве 75 человек. Конкурс составил 3 человека на место. Первая экзаменационная комиссия по географии состояла из Г.Ф. Азевой, А.Л. Кокина (заслуженный учитель), Л.Г. Егоровой.

Любовь Григорьевна Егорова перешла работать на кафедру из Военно-политического училища. Она в течение многих лет занималась обучением студентов экономической географии.

Преподавательский состав постепенно увеличивался, к 1991 году были приняты на работу старший преподаватель А.Л. Кокина (Свердловский педагогический институт) и ассистенты, выпускники Ленинградского государственного педагогического института им. А.И. Герцена В.Л. Мартынов, А.В. Красильников. Выпускники Ленинградского института оказались очень талантливыми и трудолюбивыми.

В.Л. Мартынов по распределению был направлен на Камчатку, в учительской газете узнал, что в Курганском педагогическом институте открыта новая специальность и требуются кадры. Вскоре он становится преподавателем кафедры и читает курс физической географии СССР. Василий Львович пригласил с собой в Курган А.В. Красильникова, который начинает читать курс экономической географии.

Однако обучение в аспирантуре в родном вузе вернуло В.Л. Мартынова в альма-матер. В настоящее время Василий Львович – доктор географических наук, профессор кафедры экономической географии РГПУ им. А.И. Герцена.

Аркадий Владимирович Красильников работал в КГУ до двухтысячных, затем стал кандидатом экономических наук, доцентом, проректором по экономике Югорского государственного университета.

В 1991 году наконец была открыта кафедра географии и геологии, в 2017 году ей исполняется 26 лет. Первым заведующим кафедры была Г.Ф. Азева.

Как на любой кафедре, львиную долю труда заведующего составляли организационные и учебно-воспитательные задачи. Организационные касались изучения опыта, подбора преподавательского состава, открытия лабораторий. Учебные задачи касались обеспечения учебного процесса

СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ», ВЫПУСК 10

методической литературой, наглядными пособиями, создания материальной базы, разработки учебных программ и организации полевых практик.

Преподавательский состав кафедры был нацелен на освоение студентами содержания дисциплин, формирование практических умений. Практические умения формировались в полевых условиях на практике. Перед проведением полевой практики по метеорологии, гидрологии, общему земледелию преподаватели сами практиковались при Курганской областной станции метеорологии и гидрологии.

Постепенно создается материальная база кафедры, часть приборов была закуплена, часть передана в дар, в том числе автоматизированная метеобудка, которая была установлена на агробиологической станции факультета. Студенты активно вели метеорологические наблюдения на протяжении ряда лет. Топографические приборы были переданы военно-политическому училищу.

В 90-е годы кафедрой постоянно обсуждался вопрос о создании географической площадки для проведения полевых практик по физической географии. На подобной площадке в 1992 году студенты 3 курса проходили комплексную полевую практику по физической географии в Ленинградском педагогическом институте в Лужском районе Ленинградской области под руководством А.В. Красильникова и В.Л. Мартынова.

В 1993 году преподавательский состав кафедры пополнился В.С. Христоролюбским, а в 1994 году А.В. Шатных из Петропавловского педагогического института.

Виктор Семенович Христоролюбский, кандидат географических наук, доцент. Окончил естественно-географический факультет Петропавловского педагогического института по специальности «Учитель географии и биологии». Трудовую деятельность начал в качестве директора Калиновской восьмилетней школы Ленинского района Северо-Казахстанской области. С 1980 года работал в Петропавловском педагогическом институте в качестве ассистента и (с 1985 года) заведующего кафедрой экономической и социальной географии. С 1993 года работал в Курганском государственном педагогическом институте [4].

Александр Васильевич Шатных, кандидат педагогических наук, доцент, окончил Петропавловский педагогический институт по специальности «Учитель географии и биологии».

Трудовую деятельность начал учителем географии в Новомихайловской средней школе Северо-Казахстанской области. С 1986 г. – старший преподаватель кафедры экономической и социальной географии Петропавловского педагогического института. В 1994 году начал работу в Курганском педагогическом институте. В настоящее время проректор по организационно-методической работе Института

развития образования и социальных технологий Курганской области [3].

Также одними из первых преподавателей кафедры были З.Н. Малафей, Н.М. Котус, А.В. Абросимов, Н.М. Глущенко, Л.Г. Егорова, Т.В. Охотина.

В учебном процессе активно помогали лаборанты М.Л. Кузнецова, Н.М. Ананьева, Ю.С. Сидорова.

С 1990 года на кафедре работает М.Л. Кузнецова, в настоящее время она руководитель учебно-вспомогательного персонала.

С 1993 года на кафедре работала Н.М. Ананьева. Много лет на кафедре проработала лаборантом Ю.С. Сидорова.

Постепенно пополнялся картографический материал, методические пособия в помощь студентам.

Полевые практики проводились в различных районах России. Дальние комплексные практики начинали реализовываться под руководством В.Л. Мартынова, А.В. Красильникова, В.С. Христолюбского и др. Они проходили на Алтае, в Карелии, на Байкале, на Среднем Урале, в Подмосковье, в Татарстане и других районах.

Полевая практика по геологии много лет проводилась на Южном Урале (Ильменский минералогический заповедник), Среднем Урале (район Полевского). Студенты с полевых практик привозили собранные ими богатые коллекции минералов и горных пород, что в дальнейшем позволило использовать их не только в учебном процессе, но и оформить стендовый материал музея геологии.

В 1995 году по инициативе В.С. Христолюбского открыто Курганское отделение Русского географического общества, под эгидой которого проводилась большая работа по изучению и охране природы Курганской области, Урала, районов Арктики. Бессменным председателем Курганского отделения РГО являлся В.С. Христолюбский.

С 1996 по 2000 год заведовал кафедрой кандидат педагогических наук Александр Васильевич Шатных. Основным направлением работы кафедры в этот период являлось методическое сопровождение образовательного процесса по подготовке географических кадров. Создается большое количество учебных пособий, учебников, методических пособий в области географии, как для школы, так и для вуза.

В этот период преподавательский состав кафедры пополняется лучшими выпускниками И.В. Абросимовой, Т.Г. Акимовой, Л.Е. Анчуговой, О.В. Аршевской, В.В. Шушариной, Е.А. Тебеньковой, А.Л. Троекашиным.

В 2000 году кафедра географии и геологии переименована в кафедру географии и природопользования.

С 2000 по 2015 год с небольшим перерывом кафедрой заведовал кандидат географических наук В.С. Христолюбский

В этот период выделяется еще одно направление работы кафедры – общественное, активное включение студентов и преподавателей кафедры в работу Курганского отделения Русского географического общества, организация и проведение дальних практик. Кафедра занимается исследованием рекреационных систем Урала и Курганской области, социально-экономическими вопросами. В.С. Христолюбский является организатором масштабных экспедиций, таких как «Россия-10», дальних экспедиций в Забайкалье, Карелию, пригороды Москвы, Санкт-Петербурга и др. Под его руководством были реализованы масштабные проекты, носившие прикладной характер [1].

В этот период А.В. Абросимов совместно с руководителем Территориальным фондом геологической информации М.С. Шалютиным создают в Курганском государственном университете лабораторию геодезии, картографии и геоинформатики. А.В. Абросимов активно ведет работу в области геоинформационных исследований. В 2000 году создается вузовская академическая лаборатория (руководитель – кандидат географических наук, А.В. Абросимов). Лабораторией выполнено большое количество исследований. Преподаватели кафедры активно осваивают геоинформационные технологии. В настоящее время руководит лабораторией старший преподаватель Н.А. Неумывакина.

В этот период на кафедре появляются новые педагоги Е.В. Ившин, А.В. Тихонов, Г.Н. Кунгурцева, Е.Л. Рахманов, С.В. Аршевский (кандидат биологических наук), М.В. Бородин, Е.В. Мурсьнина, Н.А. Неумывакина, И.Ю. Фальков, И.В. Лунева (кандидат биологических наук), А.Е. Коваль (кандидат географических наук).

В 2004 году по инициативе Н.П. Несговоровой (заместитель декана по учебной работе) на факультете открывается новая специальность «Экология». Создается межкафедральная предметная комиссия «Экология» под руководством Н.П. Несговоровой. В состав комиссии вошли О.В. Козлов (доктор биологических наук), В.С. Христолюбский (кандидат географических наук), Н.Г. Прусова (кандидат сельскохозяйственных наук), В.В. Евсеев (доктор сельскохозяйственных наук), Г.В. Иванцова (кандидат химических наук). В 2012 году создана секция «Экология и природопользование» в число ее сотрудников вошли В.Н. Савельев, кандидат педагогических наук, Т.А. Федорова, кандидат педагогических наук, Е.С. Петухова, старший преподаватель [2].

Предметная комиссия, имеющая специальность «Экология», относящуюся к наукам о Земле, следуя логике образовательного процесса, была соединена с кафедрой «География и природопользование», имеющей еще одну специальность, относящуюся к тому же направлению.

В 2010 году на кафедре открывается научно-образовательный центр «География и природа». Руководит центром со времени его образования

старший преподаватель кафедры Е.Л. Рахманов.

С 2011 года кафедрой ведется подготовка бакалавров направлений «География», «Экология и природопользование». По второму направлению реализуется как очная, так и заочная форма обучения.

В 2013 году открыта магистратура по направлению «Экология и природопользование» с направленностью «Экологическая безопасность в социальной сфере и природопользования». Первым руководителем магистратуры был доктор химических наук, профессор О.И. Бухтояров.

С 2015 года кафедрой и магистратурой руководит доктор педагогических наук Н.П. Несговорова.

С 2016 года прием в магистратуру ведется по трем направленностям: «Экологическая безопасность в социальной сфере и природопользовании», «Эколого-географические основы рекреации и туризма», «Экологические основы естественнонаучного образования».

Н.П. Несговорова в Курганском педагогическом институте работает с 1978 года. Трудовую деятельность начала на кафедре ботаники. Прошла профессиональный путь от лаборанта, директора агробиостанции до профессора, заведующего кафедрой. Руководитель научной школы.

В настоящее время коллектив кафедры решает следующие задачи: работает над повышением научного уровня преподавателей кафедры, осуществляет сотрудничество с работодателями, привлекает к образовательному процессу специалистов-производственников, работает над методическим обеспечением, материальной базой подготовки.

Основными направлениями работы кафедры являются: научное, образовательное, методическое и воспитательно-просветительское.

На кафедре трудятся: 2 доктора наук (Н.П. Несговорова, О.Г. Завьялова), 10 кандидатов наук (И.В. Абросимва, Т.Г. Акимова, Е.П. Богданова, Г.В. Иванцова, Л.В. Менщикова, Н.Г. Прусова, В.Г. Савельев, Е.А. Слобожанина, Е.А. Тебенькова, Т.А. Федорова), 7 старших преподавателей (Л.Е. Анчугова, О.В. Аршевская, Г.Н. Кунгурцева, Е.В. Мурсынина, Н.А. Неумывакина, Л.Л. Подкорытова, Е.Л. Рахманов).

Учебно-вспомогательный персонал представлен руководителем М.Л. Кузнецовой, лаборантами, в том числе выпускницей 2017 года А.Е. Васильевой.

Кафедра свой научный потенциал реализует в трех направлениях:

- в рамках экологии и природопользования проводится комплексное региональное исследование, включающее экологический мониторинг сред жизни (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы), экологический мониторинг деятельности предприятий различного направления и профиля работы, экологию наземных, водных, почвенных систем; экологию возбудителей болезней

ней, влияние экологических ритмов различной природы на здоровье человека, геоэкологические аспекты природопользования, радиационный мониторинг земель, экологические технологии как ресурсосберегающий потенциал предприятий, техногенные системы и экологический менеджмент предприятий;

- в рамках социально-экономической географии и туризма: экспедиционное изучение рекреационно-экологического потенциала Приисетия, приоритетные направления развития природно-рекреационного потенциала Курганской области, геоэкологические особенности туристско-рекреационного потенциала региона, исследование лечебно-оздоровительных территорий, миграционные аспекты Курганского приграничья, этноконфессиональная структура населения Курганской области;

- в теории и методике естественнонаучного образования кафедру интересуют подготовка к эколого-педагогической деятельности в системе непрерывного профессионального образования, конструктивный подход в подготовке бакалавров «Науки о Земле» в формировании основ экологической безопасности школьников, методическая система оценки компонентов культуры экологической безопасности, практико-ориентированная образовательная деятельность студентов.

На основе теоретического обоснования полученных эмпирических данных сотрудниками кафедры защищаются научные диссертации: докторская диссертация Н.П. Несговоровой, под ее руководством защищены две кандидатские диссертации В.Г. Савельевым и Е.П. Богдановой. В настоящее время выполняются кандидатские диссертации и докторская диссертация. На кафедре создана научная школа экологического образования под руководством доктора педагогических наук Н.П. Несговоровой.

Т.Г. Акимовой, И.В. Абросимовой защищены диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук.

Кафедра принимает участие в реализации ряда научных программ:

- комплексная программа научно-исследовательских работ УрО РАО «Образование в Уральском регионе: научные основы развития и инноваций» на 2011-2013 гг. – Проект «Региональный образовательный социально-экологический кластер»;

- культура безопасности населения региона: стратегический и технологический аспекты организации мониторинга и снижения социально-экологических и этнокультурных рисков;

- развитие туризма в Курганской области на 2010-2012 гг.

Сотрудниками кафедры опубликованы монографии, среди которых «Формирование готовности педагогов к экологическому образованию. Вопросы теории и практики» (2005), «Лечебно-оздоровительные территории Курганской области»

(2007), «Технология проектов в профессиональной деятельности педагога» (2012), «Технология проектов в профессиональной деятельности педагога: опыт трудный путь ошибок и побед» (2013), «Использование метода проектов в образовательном процессе» (2013), «Образование как целевой ресурс в развитии личности: теория, методология, опыт» (2014), «Эколого-педагогическая деятельность учителя: теория и методика» (2016) и др.

Кафедрой организован и проведен ряд все-российских и международных научных конференций. Среди них «Рекреационно-экологический потенциал Курганской области и сопредельных территорий» (2000), «Экологическое образование на пути предотвращения и разрешения экологических конфликтов» (2005), «Инновации в развитии социально-экологического образования. Кластерный подход» (2012), «Инновации в развитии экологического образования. Кластерный подход» (2013), «Десятилетие образования для устойчивого развития (2005-2014): итоги и перспективы эколого-географического образования, науки и практики в формировании культуры безопасности. Кластерный подход» (2014) и др.

В ноябре 2017 году была проведена Международная конференция «Эколого-географические аспекты природопользования, рекреации, туризма».

С 2002 года в рамках Всероссийской конференции Зырянские чтения работает географическая секция.

Сотрудники кафедры имеют публикации в журналах, включенных в базу Scopus, ежегодно выходят публикации в журналах из списка ВАК, таких как «Фундаментальные исследования», «Современные наукоемкие технологии», «Современные проблемы науки и образования», «Проблемы региональной экологии», «Региональные исследования» и др.

Преподавателями кафедры опубликовано большое количество учебных, методических пособий, среди которых «Азбука экологии», «Основы системного анализа и моделирования экологических систем», «Методы экологического мониторинга качества сред жизни и оценки их экологической безопасности», «Организация научно-исследовательской деятельности студентов».

Кафедра географии и природопользования активно сотрудничает со специалистами других вузов: Тюменского государственного университета (В.В. Козин, доктор географических наук, С.И. Ларин, кандидат географических наук), Смоленского гуманитарного университета (А.П. Катровский, доктор географических наук), Московского педагогического государственного университета (Н.С. Пурышева, доктор педагогических наук, Н.В. Шаровнова, доктор педагогических наук, Е.Б. Петрова, доктор педагогических наук), Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена

(И.Н. Пономарева, доктор педагогических наук), Уральского государственного педагогического университета (Л.В. Моисеева, доктор педагогических наук), Башкирского государственного университета (Р.Г. Сафиулин, доктор географических наук), Московского государственного университета им. Л.В. Ломоносова (Л.В. Попова, доктор педагогических наук), Шадринского государственного педагогического университета (Н.Б. Бултакова), Ленинградского государственного университета (В.С. Смирнова, доктор сельскохозяйственных наук), Красноярского государственного педагогического университета (Н.З. Смирнова, доктор педагогических наук), Читинского государственного университета (Е.А. Игумнова, доктор педагогических наук), Южно-уральского социально-педагогического университета (З.И. Тюмасева, доктор педагогических наук), Нижегородского государственного университета (И.М. Швец, доктор педагогических наук), Казанского (Приволжского) федерального университета (И.Т. Гайсин, доктор педагогических наук), Дагестанского государственного педагогического университета (Г.Г. Недюрмагомедов, кандидат педагогических наук).

Студенты активно занимаются научно-исследовательской работой, участвуют в научных конференциях, форумах, проектах, становятся победителями. Так, в 2017 году студентка 4 курса направления «Экология и природопользование» А.Е. Васильева заняла второе место в региональном конкурсе «Славим человека труда».

Кафедра ведет активное сотрудничество с государственными органами власти: Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды Курганской области, Экологическим фондом Курганской области, ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по УФО по Курганской области», филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Курганской области» и др.

Выпускники кафедры известны не только в своей области, но и за ее пределами. Среди них Татьяна Николаевна Гладких – заместитель начальника управления строительства и государственной экспертизы Департамента строительства, госэкспертизы и жилищно-коммунального хозяйства Курганской области; Татьяна Сергеевна Куприянова – главный специалист Управления Росприроднадзора по Курганской области; Алексей Никитич Мурзин – член союза писателей России, руководитель детского экспедиционного центра им. Носилова, учитель географии Лицея №1 г. Шадринска; Сергей Алексеевич Чебыкин – заместитель Губернатора Курганской области – директор Департамента экономического развития Курганской области; Алексей

Николаевич Толоконников – начальник отдела охраны окружающей среды и лицензирования ЗАО «ЭКОМЕТ-С» г. Сосновый Бор (Ленинградская АЭС) и др.

Заключение. В целом в настоящий момент кафедра является одним из крупных подразделений факультета естественных наук. Ее деятельность охватывает все направления рекомендуемой деятельности. Наиболее значимые результаты получены в научном, образовательном направлениях. Ведет кафедра и просветительскую деятельность среди населения благодаря активной профессиональной деятельности ее выпускников.

Список литературы

1 Азеев Г. Ф., Анчугова Л. Е., Христолюбский В. С.

Высшему географическому образованию Курганской области – 25 лет // Десятилетие образования для устойчивого развития (2005-2014): итоги и перспективы эколого-географического образования, науки и практики в формировании культуры безопасности. Кластерный подход : сборник материалов Всероссийской научно-практической очно-заочной конференции с международным участием. – Курган, 2014. – С. 10-12.

2 Несговорова Н. П. Десятилетие экологического образования в КГУ // Десятилетие образования для устойчивого развития (2005-2014): итоги и перспективы эколого-географического образования, науки и практики в формировании культуры безопасности. Кластерный подход : сборник материалов Всероссийской научно-практической очно-заочной конференции с международным участием. – Курган, 2014. – С. 7-10.

3 Институт развития образования и социальных технологий. URL. http://irost45.ru/prorektor_po_omr/ (дата обращения: 29.09.2017).

4 Лица Зауралья. URL. <http://persona.kurganobl.ru/gosud-ipolit/rukov-obshch-org/khristolyubskij-viktor-semjonovich> (дата обращения: 29.09.2017).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Агеенко Егор Игоревич** – выпускник химического факультета ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», Челябинск
- Азева Галина Федоровна** – пенсионерка, Курган
- Александрова Мария Сергеевна** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Белоглазова Марина Витальевна** – ученица, МАОУ «СОШ №7», Курган
- Бронских Екатерина Дмитриевна** – ученица, МБОУ «СОШ № 32», Курган
- Быструшкин Андрей Геннадьевич** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экспериментальной экологии и акклиматизации растений, Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург
- Ведерникова Ирина Олеговна** – студентка, Курганский государственный университет, Курган
- Дик Дмитрий Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных и автоматизированных систем, Курганский государственный университет, Курган
- Достовалова Анна Михайловна** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Евсеев Вадим Валерьевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биологии, Курганский государственный университет, Курган
- Ермолаев Владимир Александрович** – доцент кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологические институт пищевой промышленности (университет)», Кемерово
- Зубов Яков Михайлович** – выпускник, Курганский государственный университет, Курган
- Иванова Александра Юрьевна** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Исаенко Василий Анатольевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Каминская Анна Сергеевна** – студент, Курганский государственный университет, Курган.
- Кириллов Александр Евгеньевич** – магистрант, Курганский государственный университет, Курган
- Кузнецова Вероника Александровна** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Куликов Виктор Александрович** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической и экспериментальной физики, компьютерных методов физики, Курганский государственный университет, Курган
- Левченко Евгений Юрьевич** – кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой теоретической и экспериментальной физики, компьютерных методов физики, Курганский государственный университет, Курган
- Лушникова Татьяна Александровна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, Курганский государственный университет, Курган
- Малинников Алексей Анатольевич** – аспирант, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Марфицын Владимир Петрович** – заместитель директора по научно-исследовательской и конструкторской работе ООО «ДЕЛЬТА», Курган
- Марфицын Сергей Владимирович** – директор ООО «ДЕЛЬТА», Курган
- Махачева Екатерина Владимировна** – главный технолог компании ООО «РМ Консалтинг», Новосибирск
- Меньщикова Яна Витальевна** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Москвин Владимир Викторович** – старший кафедры безопасности информационных и автоматизированных систем, Курганский государственный университет, Курган
- Науменко Николай Иванович** – доктор биологических наук, заведующий кафедрой биологии, Курганский государственный университет, Курган
- Несговорова Наталья Павловна** – доктор педагогических наук, заведующий кафедрой географии и природопользования, Курганский государственный университет, Курган
- Никифорова Татьяна Анатольевна** – кандидат педагогических наук, кафедра безопасности информационных и автоматизированных систем, Курганский государственный университет, Курган
- Николайчук Павел Анатольевич** – старший лаборант учебной лаборатории физико-химических методов кафедры аналитической и физической химии, ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», Челябинск

- Пермякова Татьяна Викторовна** – учитель биологии, МАОУ «СОШ №7», Курган
- Плотникова Ольга Михайловна** – доктор биологических наук, профессор кафедры физической и прикладной химии, Курганский государственный университет, Курган
- Полякова Елена Николаевна** – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности информационных и автоматизированных систем, Курганский государственный университет, Курган
- Попов Игорь Павлович** – старший преподаватель кафедры технических систем в агробизнесе, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Порсев Игорь Николаевич** – доктор сельскохозяйственных наук, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Прусова Надежда Геннадьевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии, Курганский государственный университет, Курган
- Ревняков Евгений Николаевич** – кандидат технических наук, кафедра безопасности информационных и автоматизированных систем, Курганский государственный университет, Курган
- Савельев Василий Григорьевич** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры географии и природопользования, Курганский государственный университет, Курган
- Сайгафарова Анна Константиновна** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Соболева Юлия Олеговна** – выпускница химического факультета, ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», Челябинск
- Субботин Игорь Афанасиевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Тарунина Людмила Геннадьевна** – старший преподаватель кафедры биологии, Курганский государственный университет, Курган
- Человечкова Анна Владимировна** – старший преподаватель кафедры безопасности информационных и автоматизированных систем, Курганский государственный университет, Курган

AUTHORS

- Ageenko Egor Igorevich** – graduated from Chelyabinsk State University, Chelyabinsk
- Aleksandrova Maria Sergeevna** – student, Kurgan State University, Kurgan
- Azeva Galina Feodorovna** – pensioner, Kurgan
- Beloglazova Marina Vitalevna** – schoolgirl, School №7, Kurgan
- Bronskikh Ekaterina Dmitrievna** – schoolgirl, School №32, Kurgan
- Bystrushkin Andrey Gennadievich** – candidate of biological Sciences, researcher of laboratory of experimental ecology and acclimatization of plants, Botanical garden of Ural branch RAS, Yekaterinburg
- Chelovechkova Anna Vladimirovna** – senior teacher, Security of information and automated systems Department, Kurgan State University, Kurgan
- Dik Dmitri Ivanovich** – candidate of technical Sciences, associate Professor of security of information and automated systems Department, Kurgan State University, Kurgan
- Dostovalova Anna Mikhailovna** – student, Kurgan State University, Kurgan
- Ermolaev Vladimir Aleksandrovich** – Associate Professor of Teplohladotekhnika FSBEIHVE VO «Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University)», Kemerovo
- Yevseev Vadim Valerievich** – doctor of Agricultural Sciences, biology department, Kurgan State University, Kurgan
- Isaenko Vasily Anatolievich** – candidate of Agricultural Sciences, T.S. Maltsev Kurgan State Agricultural Academy, Kurgan
- Ivanova Aleksandra Yuriyevna** – student, Kurgan state University, Kurgan.
- Kaminskaya Anna Sergeevna** – student, Kurgan state University, Kurgan.
- Kirillov Aleksandr Evgenievich** – undergraduate, Kurgan State University, Kurgan State University, Kurgan
- Kulikov Viktor Aleksandrovich** – candidate of physico-mathematical Sciences, Professor of Department of theoretical and experimental physics, computer methods in physics, Kurgan state University, Kurgan.
- Kuznetsova Veronica Aleksandrovna** – student, Kurgan State University, Kurgan
- Levchenko Evgeniy Yurevich** – candidate of physico-mathematical Sciences, Head of Department of theoretical and experimental physics, computer methods in physics, Kurgan state University, Kurgan.
- Lushnikova Tatyana Aleksandrovna** – candidate of biological Science, associated professor of biology department, Kurgan State University, Kurgan
- Makhacheva Ekaterina Vladimirovna** – chief technologist of the company «RM Consulting», Novosibirsk.
- Malinnikov Alexey Anatolievich** – postgraduate, T.S. Maltsev Kurgan State Agricultural Academy, Kurgan
- Marfitsyn Sergey Vladimirovich** – Director, «DELTA» LLC, Kurgan
- Marfitsyn Vladimir Petrovich** – Deputy Director for research and development, «DELTA» LLC, Kurgan
- Menshchikova Yana Vitalyevna** – student, Kurgan State University, Kurgan
- Moskvin Vladimir Viktorovich** – senior teacher, Security of information and automated systems Department, Kurgan State University, Kurgan
- Naumenko Nikolay Ivanovich** – doctor of biological Science, head of biology department, Kurgan State University, Kurgan
- Nesgovorova Natalia Pavlovna** – doctor of pedagogical sciences, head of the department of geography and nature management, Kurgan State University, Kurgan
- Nikiforova Tatyana Anatolievna** – candidate of pedagogical Sciences, security of information and automated systems Department, Kurgan State University, Kurgan
- Nikolaychuk Pavel Anatolyevich** – seniour laboratory assistant in the educational laboratory of physical and chemical methods of the department of analytical and physical chemistry, Chelyabinsk State University, Chelyabinsk
- Permyakova Tatyana Viktorovna** – teacher of biology, School №7, Kurgan
- Plotnikova Olga Mikhailovna** – doctor of biological Sciences, Professor of the Department of physical and applied chemistry, Kurgan state University, Kurgan.
- Polyakova Elena Nikolaevna** – candidate of pedagogical Sciences, associate Professor, head of security of information and automated systems Department, Kurgan State University, Kurgan

Popov Igor Pavlovich – senior lector of Department of technical systems in agro business, T.S. Maltsev Kurgan State Agricultural Academy, Kurgan.

Porsev Igor Nikolaevich – doctor of Agricultural Sciences, T.S. Maltsev Kurgan State Agricultural Academy, Kurgan

Prusova Nadezhda Gennadievna – candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor, biology department, Kurgan State University, Kurgan

Revnyakov Evgeny Nikolaevich – candidate of technical Sciences, security of information and automated systems Department, Kurgan State University, Kurgan

Saygafarova Anna Konstantinova – student, Kurgan State University, Kurgan

Saveliev Vasilii Grigorievich – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the Department of Geography and Nature Management, Kurgan State University, Kurgan

Soboleva Yuliya Olegovna – graduated from Chelyabinsk State University, Chelyabinsk

Subbotin Igor Afanasievich – candidate of Agricultural Sciences, T.S. Maltsev Kurgan State Agricultural Academy, Kurgan

Tarunina Lyudmila Gennadievna – senior teacher, biology department, Kurgan State University, Kurgan

Vedernikova Irina Olegovna – student, Kurgan State University, Kurgan

Zubov Yakov Mikhailovich – graduate, Kurgan State University, Kurgan

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Александрова М.С., Лушникова Т.А. ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО ОБМЕНА И ФОТОСИНТЕЗА DICRANUM SCOPARIUM В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ	3
Белоглазова М.В., Пермькова Т.В., Науменко Н.И., Лушникова Т.А. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОДА BETULA И НЕКОТОРЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТЬЕВ BETULA KRYLOVII G.KRYL. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ.....	4
Бронских Е.Д., Лушникова Т.А. СОРТОИСПЫТАНИЕ ГИБРИДОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО АГРОФИРМЫ «СЕМКО – ЮНИОР» В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА НА ТЕРРИТОРИИ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ	11
Быструшкин А.Г. ОНТОГЕНЕЗ И ВОЗРАСТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ RUBUS IDAEUS L. S.STR. (ROSACEAE)	18
Достовалова А.М., Прусова Н.Г. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ АГАРИКОВЫХ ГРИБОВ БЕРЕЗОВОГО И СОСНОВОГО ЛЕСА ЛОКАЛЬНОЙ ФЛОРЫ СЕЛА КАЗАРКИНО	22
Евсеев В.В. ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВОГРУНТОВ И ЛУКОВИЦ ТЮЛЬПАНОВ ЦВЕТОВОДЧЕСКОЙ АГРОФИРМЫ Г. КУРГАНА	24
Евсеев В.В., Кириллов А.Е. БИОЭКОЛОГИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗО-МАРГАНЦЕВЫХ БАКТЕРИЙ СТОЧНЫХ ВОД И СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	27
Евсеев В.В., Порсеев И.Н., Малинников А.А., Субботин И.А., Исаенко В.А. КОРНЕВЫЕ ГНИЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ..	33
Меньщикова Я.В., Лушникова Т.А. ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ РАСТВОРАМИ ЦИРКОНА И СУЛЬФАТА КАЛИЯ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ ПЕРЦЕВ И ТОМАТОВ	37
Зубов Я.М., Полякова Е.Н., Дик Д.И., Человечкова А.В., Москвин В.В., Никифорова Т.А., Ревняков Е.Н. СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА РАСТЕНИЙ.....	41
Прусова Н.Г., Кузнецова В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОРАЖЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЗЛАКОВЫХ РАСТЕНИЙ СПОРЫНЬЕЙ ПУРПУРНОЙ ВБЛИЗИ ВОДОЕМОВ ГОРОДА КУРГАНА И ЧАСТООЗЕРСКОГО РАЙОНА КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	45
Тарунина Л.Г., Сайгафарова А.К. ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА ГОРОДА КУРГАНА	50

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Агеенко Е.И., Соболева Ю.О., Николайчук П.А. ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХРОМА (III) С ЭДТА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ: ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКЕ	53
Евсеев В.В., Ведерникова И.О. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ, ИМПРЕГНИРОВАННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	61
Плотникова О.М., Иванова А.Ю., Каминская А.С. БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ КАК МАРКЕРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	67

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ермолаев В.А., Махачева Е.В. АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В СЫРАХ ПОСЛЕ ВАКУУМНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ	75
Куликов В.А. УЧИТЕЛЬ – НЕ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, А ОБРАЗ ЖИЗНИ	79

Левченко Е.Ю.	
ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В КУРГАНЕ ЗА 65 ЛЕТ: ЛЮДИ И ВЕХИ.....	82
Марфицын С.В., Марфицын В.П.	
О ВЕРОЯТНОСТНОМ ПОДХОДЕ К УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ.....	87
Попов И.П.	
СРЕДСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ. ЧАСТЬ 1	90
Попов И.П.	
ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА И ПРИЁМНИКА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СИГНАЛА	94
Попов И.П.	
О КОНЕЧНОСТИ РАЗМЕРА ЭЛЕКТРОНА	95
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Несговорова Н.П., Азеев Г.Ф., Савельев В.Г.	
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ – КРАТКАЯ ЛЕТОПИСЬ СЛАВНЫХ ДЕЛ	98
Сведения об авторах	104

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCE

Aleksandrova M.S., Lushnikova T.A. PARTICULARITIES OF THE WATER EXCHANGE AND PHOTOSYNTHESIS OF DICRANUM SCOPARIUM DEPENDING ON ECOLOGICAL CONDITIONS OF ITS GROWTH	3
Beloglazova M.V., Permyakova T.V., Naumenko N.I., Lushnikova T.A. THE SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE BETULA AND SOME MORPHOLOGICAL, PHYTOPATHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PARTICULARITIES OF BETULA KRYLOVII G.KRYL. LEAVES DEPENDING ON HABITAT	5
Bronskikh E.D., Lushnikova T.A. STRAIN TESTING OF HYBRID OF SWEET PEPPER OF FARM FIRM «SEMKO - JUNIOR» IN THE CONDITION OF FRAME AREA ON THE TERRITORY OF KURGAN REGION.....	11
Bystrushkin A.G. THE ONTOGENY AND AGE VARIABILITY OF RASPBERRY RUBUS IDAEUS L. S.STR. (ROSACEAE).....	18
Dostovalova A.M., Prusova N.G. MORPHOLOGICAL DISTINCTIONS OF SOME SPECIES OF AGARICALES OF BIRCH AND PINE WOOD OF LOCAL FLORA OF KAZARKINO VILLAGE.....	22
Yevsejev V.V. PHYTOSANITARY CONDITION OF SOIL AND TULIP BULBS IN FLORICULTURAL FARM FIRM OF KURGAN	24
Yevsejev V.V., Kirillov A.E. THE BIOECOLOGY AND PRACTICAL SIGNIFICANCE OF IRON-MANGANESE BACTERIA OF SEWAGE AND WATER SUPPLY SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES	28
Yevsejev V.V., Porsev I.N., Malinnikov A.A., Subbotin I.A., Isaenko V.A. THE ROOT ROT OF SPRING WHEAT IN CONDITIONS OF REGIONAL AGRARIAN TECHNOLOGIES	33
Menshchikova Y.V., Lushnikova T.A. INFLUENCE OF NONROOT PROCESSING WITH SOLUTIONS OF ZIRCON AND SULPHATE POTASSIUM ON GROWTH AND PRODUCTIVITY PEPPER AND TOMATO.....	37
Zubov Y.M., Polyakova E.N., Dik D.I., Chelovechkova A.V., Moskvina V.V., Nikiforova T.A., Revnyakov Y.N. MICROCLIMATE MONITORING SYSTEM FOR GROWING PLANTS	42
Prusova N.G., Kuznetsova V.A. COMPARATIVE ANALYSIS OF PREVALENCE OF SOME SPECIES OF CEREALS BY PURPLE ERGOT NEAR RESERVOIRS OF THE CITY OF KURGAN AND CHASTOOZERSKIY DISTRICT OF KURGAN REGION.....	45
Tarunina L.G. , Saygafarova A.K. FLORISTIC STUDY OF THE CENTRAL PARK OF CULTURE AND RECREATION OF THE CITY OF KURGAN.....	50

CHEMICAL SCIENCE

Ageenko E.I., Soboleva Y.O., Nikolaychuk P.A. PHOTOMETRICAL KINETIC STUDY OF INTERACTION OF CHROMIUM (III) WITH EDTA IN WATER SOLUTION: LABORATORY EXPERIMENT ON A CHEMICAL KINETICS	53
Yevsejev V.V., Vedernikova I.O. MICROBIOLOGICAL MONITORING OF RECYCLING OF THE WORKED-OUT COAL SORBING AGENTS IMPREGNATED BY HEAVY METALS.....	61
Plotnikova O.M., Ivanova A.Y., Kaminskaya A.S. BIOCHEMICAL INDICATORS OF LIVING ORGANISMS AS MARKERS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION	67

PHYSICAL SCIENCE

Ermolaev V.A., Makhacheva E.V. ANALYSIS OF MICROSTRUCTURAL CHANGES IN CHEESES AFTER VACUUM DEWATERING	75
Kulikov V.A. TEACHER IS NOT A PROFESSION BUT A WAY OF LIFE	79

Levchenko E.Y.	
PHYSICAL EDUCATION IN KURGAN OVER 65 YEARS: PEOPLE AND MILESTONES.....	82
Marfitsyn S.V., Marfitsyn V.P.	
ABOUT PROBABILISTIC APPROACH TO IMPACT LOADS.....	87
Popov I.P.	
MEANS OF THE SURFACE VECTOR ANALYSIS AND THEIR APPLICATION TO DETERMINE PARAMETERS OF THE PHYSICAL FIELDS. PART 1	90
Popov I.P.	
INFLUENCE OF TRANSMITTER AND RECEIVER MOVEMENT ON TRANSMISSION OF WAVE ELECTROMAGNETIC SIGNAL	94
Popov I.P.	
ABOUT EXTREMITY OF THE ELECTRON SIZE.....	95
GEOGRAPHICAL SCIENCE	
Nesgovorova N.P., Azeva G.F., Saveliev V.G.	
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT – BRIEF CHRONICLE OF NICE CASES.....	98
AUTHORS.....	106

ВЕСТНИК

КУРГАНСКОГО

№ 4 (47)

ГОСУДАРСТВЕННОГО

2017

УНИВЕРСИТЕТА

СЕРИЯ

«ЕСТЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ»

Выпуск 10

Редакционная коллегия:

Прокофьев К.Г. – канд. юрид. наук, главный редактор журнала
Филистеев О.В. – канд. хим. наук, доц., ответственный редактор серии
Воронцов Б.С. – д-р техн. наук, проф.
Завьялова О.Г. – д-р геогр. наук, доц.
Козлов О.В. – д-р биол. наук, доц.
Науменко Н.И. – д-р биол. наук, проф.
Шаров А.В. – канд. хим. наук, доц.

Редактор *Н.М. Быкова*

Перевод *Т.Ю. Зорина*

Дата выхода в свет 31.12.17

Формат 60*84 1/8

Бумага 65 г/м²

Печать цифровая

Усл. печ. л. 14,00

Уч.-изд. л. 14,00

Заказ №57

Тираж 300 экз.

Цена свободная

Адрес издателя, типографии:

Библиотечно-издательский центр КГУ.

640020, г. Курган, ул. Советская 63/4.

Курганский государственный университет.