УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 6 2016

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор
РИНЦ – 0,829

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: http://www.natural-sciences.ru/
Правила для авторов: http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index
Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.х.н., проф. Великородов А.В. (Астрахань); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.х.н., проф. Душкин А.В. (Новосибирск); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.х.н., проф. Микитаев А.К. (Нальчик); д.х.н., проф. Нилов А.П. (Егорьевск); д.х.н., проф. Танганов Б.Б. (Улан-Удэ); д.с.-х.н., проф. Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.с.-х.н., проф. Берсон З. (Великий Новгород); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.с.-х.н., проф. Коцарева Н.В. (Белгород); д.с.-х.н., проф. Ланцева Н.Н. (Новосибирск); д.с.-х.н., проф. Морозова Н.И. (Рязань); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.с.-х.н., проф. Улимбашев М.Б.(Нальчик); д.с.-х.н., проф. Ухтверов А.М. (Самара); д.с.-х.н., проф. Хазиахметов Ф. С. (Уфа); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.г.-м.н., проф. Абилхасимов Х.Б. (Астана); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.г.-м.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Свидетельство – **ПИ № 77-11311.**

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,829.

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель –ИД «Академия Естествознания»
Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»

Почтовый адрес –
105037, г. Москва, а/я 47,
АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,
редакция журнала «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна –
+7 (499) 705-72-30
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 17.06.2016

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка
Кулакова Г.А.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.
Усл.п.л. 25,75
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/6-2016
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА МЕДА РАЗЛИЧНОГО БОТАНИЧЕСКОГО
И ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
Барышева Е.С. *9*

НОВОЕ ЧЕТВЕРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ $GeSnSb_4Te_8$
В КВАЗИТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ $GeTe–Sb_2Te_3–SnTe$
Гурбанов Г.Р., Адыгезалова М.Б. *14*

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ СОСТАВА $Pr_x Mg_{1-x}Al_2O_4$
Ильяслы Т.М., Мамедов С.Э., Вердиева Л.Р., Махмудова Н.И. *19*

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
«МЕТАЛЛ – УГЛЕРОДНЫЙ НОСИТЕЛЬ»
Коботаева Н.С., Скороходова Т.С., Раздьяконова Г.И., Полещук О.Х. *25*

ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО И АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО
МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИЛИКОНА, ОБРАБОТАННОГО
СИЛИКОНОВЫМ МАСЛОМ
Мельников В.Л., Митрофанова Н.Н., Агейкин А.В., Сурнина М.А. *31*

МАССОПЕРЕДАЧА И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОЛЛАГЕНА
В РАЗНЫХ СРЕДАХ
Раднаева В.Д., Танганов Б.Б. *36*

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ
МЕТАКРИЛАТА ЛАНТАНА (III)
Харченко В.И., Курбатов И.А., Чередниченко А.И., Алексейко Л.Н. *42*

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА, ТОРИЯ И РАДИЯ
В ПРОФИЛЕ ТЕХНОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ
Шапошникова Л.М., Шуктомова И.И. *48*

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ
ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ЦВЕТКАХ РОМАШКИ АПТЕЧНОЙ (MATRICARIA CHAMOMILLA)
МЕТОДОМ ИСП-АЭС
Щукин В.М., Северинова Е.Ю., Кузьмина Н.Е., Яшкир В.А., Меркулов В.А. *53*

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЧАЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ
Афонина С.Н., Лебедева Е.Н. *59*

СПОСОБЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ
ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ
Васильев И.В., Кащеев А.В., Сапрыкин Н.П. *64*

СОСТОЯНИЕ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС
В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ
Вечеров В.В., Маркина З.Н. *69*

ОСОБЕННОСТИ ФИТОХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ
ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ
Голядкина И.В., Панков Я.В. *75*

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
НА ЛУЧЕГОРСКОЙ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕПРЕССИИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)
Денисов Н.И., Саранчук А.П., Суворов А.В. *80*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ПОСЕВОВ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО И
ПЯТИКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ
Иванов Д.А., Сутягин В.П., Тюлин В.А. *87*

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
Кузнецова Н.В., Степанова Н.Е. 92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПЫЛЬЦЫ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (PHASEOLUS VULGARIS) В РАЗНОЕ ВРЕМЯ СУТОК В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
Маракаева Т.В., Казыдуб Н.Г. 96

ВЛИЯНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ГАЗОННЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА КАЧЕСТВО ФОРМИРУЕМОЙ ДЕРНИНЫ
Пахолкова Т.Л., Ганичева В.В. 100

ОСОБЕННОСТИ СЕМЕНОШЕНИЯ И ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН CALLUNA VULGARIS (L.) HULL В ПРИТОБОЛЬЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
Петрова И.В., Черепанова О.Е., Кочубей А.А., Санникова Н.С. 104

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА СИЛК НА КАРТОФЕЛЕ
Уромова И.П., Лобина В.С. 110

БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДНЫХ ФОРМ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ЦЧР (МИЧУРИНСК)
Филиппенко Л.И., Жбанова Е.В. 114

КОЛЛЕКЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТАБАКА КАК ИСТОЧНИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФОРМ
Хомутова С.А., Ларькина Н.И. 120

ДИНАМИКА ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСАЖДЕНИЙ ЛЕСОПАРКОВ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА
Шевелина И.В., Метелев Д.В., Нагимов З.Я. 125

Науки о Земле (25.00.00)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА
Абалаков А.Д., Шеховцов А.И., Лысанова Г.И., Новикова Л.С. 132

ЛАНДШАФТЫ ОСТРОВА РУССКИЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ): ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
Ганзей К.С., Киселёва А.Г., Пшеничникова Н.Ф. 138

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ ИСКОПАЕМЫХ
Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Жунуспекова Г.Ж., Мадиханова А.Б., Окимбаева А.Е. 144

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБНОВЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ НЕФТЕПРОВОДОВ
Зайцева С.П. 150

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА
Королева И.С., Петин А.Н., Игнатенко Е.А. 155

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ БАШЕННЫХ КОПРОВ НА АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ РУДНИКАХ В ЯКУТИИ
Курилко А.С., Дроздов А.В., Соловьев Д.Е., Мельников А.И., Хохлов Ю.А. 159

ИДЕНТИФИКАЦИЯ УСЛУГ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫМИ ПРИРОДНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ
Литвинова А.А., Игнатьева М.Н., Коротеев Г.Д. 164

ИСТОРИЯ ОСВОЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИАНГАРЬЯ
Лопатина Д.Н. 169

ЛЕДНИКОВЫЙ БАЛАНС КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ В ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ
Онищенко В.В., Дега Н.С., Тохчуков Ш.Ю. 174

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ КМА
В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНОМАЛЬНОГО
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ
Петин А.Н., Бугаева Е.А., Полыгалова А.Ю. *179*

МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФИЛЬТРАЦИОННОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН
С УЧЕТОМ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ
Романенков А.В., Синцов И.А., Полякова Н.С. *185*

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗДНЕТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ
ПРЕДВЕРХОЯНСКОГО ПРОГИБА
Рукович А.В. *190*

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА
(НА МАТЕРИАЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ)
Шамаев Ю.А. *196*

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ГАЗОТУРБИННОГО ТИПОВ ПРИВОДА
НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ
Шпилевой В.А., Закирзаков А.Г. *202*

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

FEATURES PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF QUALITY OF HONEY OF VARIOUS BOTANICAL AND GEOGRAPHIC ORIGIN
Barysheva E.S. *9*

THE NEW QUATERNARY COMPOUNDS $GeSnSb_4Te_8$ IN QUASITERNARY SYSTEM $GeTe–Sb_2Te_3–SnTe$
Gurbanov G.R., Adygezalova M.B. *14*

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF NANOPARTICLES $Pr_xMg_{1-x}Al_2O_4$
Ilyasly T.M., Mamedov S.E., Verdieva L.R., Makhmudova N.I. *19*

MANUFACTURING AND INVESTIGATION OF PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF METAL – CARBON CARRIER COMPOSITE MATERIALS
Kobotaeva N.S., Skorokhodova T.S., Razdyakonova G.I., Poleschuk O.Kh. *25*

CYTOTOXICITY INTRAOPERATIVE AND ANESTHETIC MATERIAL SILICONE-BASED, SILICONE OIL TREATED
Melnikov V.L., Mitrofanova N.N., Ageykin A.V., Surnina M.A. *31*

MASS TRANSFER AND SORPTIV PROPERTIES OF COLLAGEN IN DIFFERENT MEDIA
Radnaeva V.D., Tanganov B.B. *36*

A QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF LANTHANUM (III) METHACRYLATE
Kharchenko V.I., Kurbatov I.A., Cherednichenko A.I., Alekseyko L.N. *42*

DISTRIBUTION OF URANIUM, THORIUM AND RADIUM IN THE PROFILE OF TECHNOGENIC PODZOLIC SOIL
Shaposhnikova L.M., Shuktomova I.I. *48*

THE IMPROVING METHOD OF SAMPLE PREPARATION FOR THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF HEAVY METALS IN THE FLOWERS OF CHAMOMILE (MATRICARIA CHAMOMILLA) BY ICP-AES
Schukin V.M., Severinova E.Yu., Kuzmina N.E., Yashkir V.A., Merkulov V.A. *53*

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

CHEMICAL COMPONENTS OF TEA AND THEIR INFLUENCE ON THE ORGANISM
Afonina S.N., Lebedeva E.N. *59*

METHODS OF SOYBEAN CULTIVATION ON CHERNOZEMS SOUTHERN ORENBURG REGION
Vasilev I.V., Kascheev A.V., Saprykin N.P. *64*

CONDITION OF PINE-BIRCH SHELTER BELTS UNDER RADIOACTIVE CONTAMINATION IN BRYANSK REGION
Vecherov V.V., Markina Z.N. *69*

THE SPECIFICS OF PHYTOCHEMISTRY LAND RECLAMATION OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPES
Golyadkina I.V., Pankov Ya.V. *75*

NATURAL REGENERATION OF WOODY VEGETATION ON LUCHEGORSKY TECHNOGENIC DEPRESSION (PRIMORYE)
Denisov N.I., Saranchuk A.P., Suvorov A.V. *80*

ENERGY FLOWS CROPS KOZLJATNIKA EASTERN AND TWO-COMPONENT MIXTURES OF PERENNIAL GRASSES
Ivanov D.A., Sutyagin V.P., Tyulin V.A. *87*

THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE PROPERTIES
OF LIGHT-CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION
Kuznetsova N.V., Stepanova N.E. 92

DETERMINATION OF VIABILITY OF POLLEN OF HARICOT
OF ORDINARY (PHASEOLUS VULGARIS) AT DIFFERENT TIMES DAYS
IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA
Marakaeva T.V., Kazydub N.G. 96

INFLUENCE OF SPECIES
ON THE QUALITY AGROPHYTOCENOSES LAWN TURF FORMED
Pakholkova T.L., Ganicheva V.V. 100

CHARACTERISTICS SEED GERMINATION AND SEEDAGE
OF PRITOBOLIE WESTERN SIBERIA OF CALLUNA VULGARIS (L.) HULL
Petrova I.V., Cherepanova O.E., Kochubey A.A., Sannikova N.S. 104

USE OF THE REGULATOR OF GROWTH OF SILK ON POTATOES
Uromova I.P., Lobina V.S. 110

BIOCHEMICAL EVALUATION OF GRAPE PROMISING VARIETIES
AND HYBRID FORMS UNDER BLACK SOIL REGION (MICHURINSK)
Filippenko L.I., Zhbanova E.V. 114

GENETIC RESOURCES COLLECTION OF TOBACCO
AS THE SOURCE FOR PERSPECTIVE FORMS
Khomutova S.A., Larkina N.I. 120

DYNAMICS OF SILVICULTURAL AND TAXATION PARAMETERS
OF THE STANDS IN WOODLAND PARKS IN THE CITY OF YEKATERINBURG
Shevelina I.V., Metelev D.V., Nagimov Z.Ya. 125

Earth sciences (25.00.00)

FEATURES OF CONTRARY NATURAL PROCESSES
ON THE TERRITORY OF REPUBLIC TYVA
Abalakov A.D., Shekhovtsov A.I., Lysanova G.I., Novikova L.S. 132

LANDSCAPES OF RUSSKY ISLAND (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN):
SPATIAL ORGANIZATION AND FUNCTIONING PECULIARITIES
Ganzey K.S., Kiseleova A.G., Pshenichnikova N.F. 138

3D MODELING OF THE DEVELOPMENT OF FORMATION OF FOSSIL
Zhetesova G.S., Beysembaev K.M., Zhunuspekova G.Zh.,
Madikhanova A.B., Okimbaeva A.E. 144

MODERN TRENDS IN UPDATING AND MANAGING
THE INFRASTRUCTURE OF OIL PIPELINES
Zaytseva S.P. 150

MAPPING OF FOREST AREAS FOREST-STEPPE ZONE
FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL TOURISM CLUSTER
Koroleva I.S., Petin A.N., Ignatenko E.A. 155

OPTIMISATION OF CONTROL SYSTEMS
BY STABILITY TOWER ON DIAMOND-MINING MINES IN YAKUTIA
Kurilko A.S., Drozdov A.V., Solovev D.E., Melnikov A.I., Khokhlov Yu.A. 159

IDENTIFICATION OF THE SERVICES PROVIDED
BY SPECIALLY PROTECTED NATURAL RESERVATIONS
Litvinova A.A., Ignateva M.N., Koroteev G.D. 164

HISTORY OF LAND DEVELOPMENT AND LAND USE
IN THE TERRITORY OF ANGARA REGION
Lopatina D.N. 169

GLACIAL BALANCE OF KARACHAY-CHERKESSIA IN GLOBAL AND REGIONAL NATURAL AND ANTHROPOGENOUS TRANSFORMATIONS
Onischenko V.V., Dega N.S., Tokhchukov Sh.Yu. *174*

GEOECOLOGICAL SITUATION AND THE POPULATION HEALTH STATUS IN THE MINING REGIONS OF KMA UNDER CONDITIONS OF THE ABNORMAL EARTH GEOMAGNETIC FIELD INFLUENCE
Petin A.N., Bugaeva E.A., Polygalova A.Yu. *179*

METHOD OF FILTRATION RESISTANCE COEFFICENT JUSTIFICATION OF GAS AND GAS CONDENSATE WELL BASED ON VALIDITY
Romanenkov A.V., Sintsov I.A., Polyakova N.S. *185*

HISTORY OF FORMATION OF LATE TRIASSIC DEPOSITS OF EAST PART OF THE VILJUJSKY SYNECLISE AND ADJACENT REGIONS OF THE PREVERKHOYANSK DEFLECTION
Rukovich A.V. *190*

A NOTE ON INFLUENCE OF SOCIO-DEMOGRAPHIC PROCESSES ON DEVELOPMENT OF REGIONAL ECONOMY (ON MATERIALS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA)
Shamaev Yu.A. *196*

COMPARISON OF ELECTRIC AND GAS TURBINE TYPES DRIVE PUMPING STATIONS OF MAIN OIL PIPELINES
Shpilevoy V.A., Zakirzakov A.G. *202*

УДК 638.162.3

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МЕДА РАЗЛИЧНОГО БОТАНИЧЕСКОГО И ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Барышева Е.С.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: baryshevae@mail.ru

В статье представлены результаты исследований меда, производимого в различных регионах России, и дана оценка его качества по органолептическим, микроскопическим и физико-химическим показателям. Используя эти показатели, автор дает оценку показателей 21 образца меда с семи различных частных пасек. Главное внимание обращается на то, что стабильный высокий спрос на продукты пчеловодства часто приводит к фальсификации меда, обнаружить которую можно лишь лабораторными методами исследования. В работе излагается методика определения физико-химических свойств меда с использованием современных методов исследования, таких как рефрактометрия, титриметрия, хроматография и микроскопирование, которые позволили определить географическое и ботаническое происхождение меда различных регионов России. Качество натурального пчелиного меда зависит от органолептических, микроскопических и физико-химических показателей. Определение содержания оксиметилфурфурола позволило выявить натуральность меда и определить степень сохранности его природных качеств, а также являлось критерием для обнаружения фальсификации.

Ключевые слова: натуральность мёда, химический состав меда, оценка качества, микроскопирование, диастазное число

FEATURES PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF QUALITY OF HONEY OF VARIOUS BOTANICAL AND GEOGRAPHIC ORIGIN

Barysheva E.S.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: baryshevae@mail.ru

The article presents results of research of honey produced in various regions of Russia, and the evaluation of its quality organoleptic, microscopic and physical-chemical parameters. Using these indicators, the author evaluates the performance of the sample 21 with seven different honeybee apiaries private. The main attention is drawn, to the fact that a stable high demand bee products often leads to the falsification of honey, which can only be detected by laboratory methods of research. The paper presents a method of determination of the physicochemical properties honey, using modern methods of research, such as refractometers, titrimetry, chromatography, microscopy, which allowed to determine the geographical and botanical origin of the honey of different regions of Russia. The quality of natural honey depends on the organoleptic , microscopic , chemical and physical parameters . Determination of hydroxymethylfurfural content of honey revealed naturalness and determine the degree of preservation of its natural qualities , as well as a criterion for detecting adulteration.

Keywords: natural honey, the chemical composition of honey, quality assessment, microscopy, diastaznoe number

Мед – это ценный природный продукт, содержащий важные питательные вещества, такие как углеводы, белки, минеральные соли, витамины, ферменты и другие, всего около 300 составляющих [5]. Мед характеризуется антибактериальными, фармакологическими, иммунологическими свойствами.

В России оценку качества подлинного пчелиного меда регламентируют требования ГОСТ 19792-2001 «Мед натуральный. Технические условия», которые идут на мед, собранный и реализуемый частными пчеловодами.

При исследовании меда пользуются органолептическими, микроскопическими и измерительными методами. Органолептическое исследование позволяет установить цвет, аромат, консистенцию, вкус, наличие посторонних веществ, брожение меда. Физико-химические методы определяют содержание воды, инвертированных сахаров, сахарозы, диастазы, кислотность, количество оксиметилфурфурола.

На рынках и магазинах города присутствует широкий ассортимент меда как местных производителей, так и собранный в других регионах (липовый, каштановый, барбарисовый, горный и другие). Стабильный высокий спрос часто приводит к фальсификации меда, обнаружить которую можно лишь лабораторными методами исследования.

Цель работы: исследовать физико-химические показатели качества меда различного географического и ботанического происхождения.

Задачи исследования:

1) установить ботаническое происхождение меда методом микроскопии;

2) провести сравнительный анализ физико-химических показателей качества

меда различного ботанического и географического происхождения;

3) определить содержание оксиметилфурфурола в исследуемых образцах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Материалы и методы исследования

Для оценки физико-химических показателей был отобран 21 образец меда с 7 разных частных пасек в период с июня по сентябрь 2015 года. Учитывая географическое положение баз пчеловодства, их поделили на 4 природные зоны, начиная с таёжной и заканчивая субтропической зонами (табл. 1).

Таблица 1

Климатические зоны баз пчеловодства

Образцы мёда	Климатическая зона
1	Субтропическая зона
2	Лесостепная зона
3	Лесостепная зона
4	Таежная зона
5	Зона степей
6	Лесостепная зона
7	Зона степей

По ботаническим характеристикам исследуемые образцы были поделены на 3 вида: липовый, расторопшевый и разнотравье (табл. 2).

Физико-химические исследования меда проводились с использованием следующих методов:

1) рефрактометрический – позволил определить массовую долю воды (Рефрактометр ИРФ 454Б2М);

2) титриметрический – для определения сахарозы, инвертированного сахара, кислотности, диастазы;

3) хроматографический – определение оксиметилфурфурола методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ «ОРЛАНТ»);

4) микроскопический – для определения пыльцевых зерен и структуры кристаллов сахарозы и глюкозы (микроскоп «МИКМЕД-5»).

Результаты исследования и их обсуждение

Микроскопирование меда позволило установить ботаническое происхождение меда 3 видов – липовый, расторопшевый и разнотравье. Пыльцевое разнообразие наблюдалось в меде под номером 2, 3, 5 и 6. Мед под номером 7 преимущественно содержал пыльцу липы, расторопши и луговых трав (разнотравье).

Изучение кристаллизованного состояния меда показало, что мед с пасек 2 и 4 имеет в своем составе большое количество кристаллов сахарозы. Из чего можно сделать вывод, что меда этих пасек или были фальсифицированы сахарным сиропом, или же происходила подкормка пчел тростниковым сахаром [2].

Результаты органолептического метода исследования позволили определить наличие типичного медового запаха почти во всех исследуемых образцах меда разных регионов, за исключением меда под номерами 2 и 4. По консистенции все образцы, за исключением вышеуказанных, были севшими, т.е. либо уже закристаллизовались, либо этот процесс уже начался. По цвету мед с разных пасек был от светло-желтого сквозь янтарный до светло-коричневого. Вкус в основном был сладкий, сладко-кислый, с терпким и нежным, мягким привкусом.

Результаты физико-химических исследований показателей качества меда, выполненные в соответствии с ГОСТ 19792-2001 «Мед натуральный. Технические условия», представлены в табл. 3–6. Контрольным был взят район под номером пять.

Среднее значение массовой доли воды во всех образцах составляло 19,47%, за исключением двух районов 2 и 4, показатели которых превышали допустимую влажность и варьировали от 22,9 до 27,3% соответственно.

Водность мёда показывает его зрелость и обусловливает пригодность для долговременного хранения. На показатель водности меда могут влиять климатические условия в сезон качки, наличие инвертированного сахара и сахарозы, условий хранения [1, 2, 6, 7].

Таблица 2

Характеристика медоносов

Вид меда	Медонос	Характеристика
Липовый	Липа мелколистная (*Tilia cordata Mill*)	Липа – один из лучших медоносов: 1 га сплошного древостоя дает около 800 кг меда
Расторопшевый	Расторо́пша пятни́стая (*Sílybum mariánum*)	Хороший медонос, цветущий с июня по сентябрь
Разнотравье	Донник лекарственный (*Melilótus officinalis)*, Кипре́й узколистный (*Epilóbium angustifolium*), Душица обыкновенная (*Ори́ганм vulgáre*)	Медонос отличается своим разнообразием, богатством пыльцевого состава

Таблица 3

Определение массовой доли воды и сахарозы в исследуемых образцах меда

Районы	Массовая доля воды, по ГОСТ 19792-2001 не более 21%			Массовая доля сахарозы, не более 5%		
	Разнотравье	Липа	Расторопша	Разнотравье	Липа	Расторопша
1	20,46 ± 0,4	17,4 ± 0,52	16,4 ± 0,45	3,21 ± 0,11	4,53 ± 0,6	2,67 ± 0,11**
2	23,56 ± 0,05*	22,9 ± 0,37 **	25,26 ± 0,49	7,53 ± 0,49**	12,5 ± 0,55**	10,36 ± 0,53
3	17,7 ± 0,64	21,03 ± 0,59	19,4 ± 0,52	4,36 ± 0,12*	4,86 ± 0,17	4,56 ± 0,08
4	23,3 ± 0,64*	25,83 ± 0,13***	27,3 ± 0,46**	10,46 ± 0,65**	9,12 ± 0,17**	8,03 ± 0,2**
5	19,27 ± 0,79	19,36 ± 0,66	20,53 ± 0,44	3,55 ± 0,06	3,63 ± 0,31	4,72 ± 0,05
6	19,14 ± 0,6	20,43 ± 0,63	21,66 ± 0,67	4,26 ± 0,18	5,41 ± 0,37	5,25 ± 0,17
7	17,46 ± 0,48	21,53 ± 0,56	20,3 ± 0,46	4,7 ± 0,3	4,3 ± 0,11	4,11 ± 0,11*

Примечания: * – достоверная разница с контрольным районом (5) – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

Таблица 4

Физико-химические показатели проб меда (диастазное число и общая кислотность)

	Общая кислотность, 12–40° Тернера			Диастазное число по ГОСТ 19792-2001 не менее 10 ед. Готе		
	Разнотравье	Липа	Расторопша	Разнотравье	Липа	Расторопша
1	32,4 ± 0,52*	37,46 ± 0,67**	23,3 ± 0,63	15,53 ± 0,23	14,57 ± 0,04**	13,46 ± 0,52**
2	50,36 ± 0,55**	58,46 ± 0,34***	62,43 ± 0,44***	6,29 ± 0,02***	5,73 ± 0,12***	6,6 ± 0,39***
3	27,36 ± 0,55**	26,46 ± 0,46**	30,4 ± 0,34**	20,76 ± 0,31**	17,94 ± 0,14**	23,82 ± 0,63**
4	63,43 ± 0,43**	68,26 ± 0,63***	51,46 ± 0,49***	5,34 ± 0,05***	6,83 ± 0,04***	7,13 ± 0,03***
5	39,5 ± 0,4	32,46 ± 0,64	22,46 ± 0,74	15,44 ± 0,25	21,73 ± 0,33	18,32 ± 0,03
6	27,28 ± 0,51**	41,34 ± 0,51**	33,53 ± 0,61**	23,35 ± 0,38**	25,35 ± 0,49*	21,95 ± 0,23**
7	37,33 ± 0,43	24,06 ± 1,72*	28,43 ± 0,49**	25,44 ± 0,28**	25,93 ± 0,85*	22,1 ± 0,26**

Примечания: * – достоверная разница с контрольным районом (5) – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

Как видно из табл. 3, показатели сахарозы в основных группах исследования не превышали допустимую норму содержания не более 5%, за исключением районов 2, 4 и 6, где массовая доля сахарозы составляла от 5,52 до 12,13%.

Натуральный мед содержит небольшое количество органических и неорганических кислот (табл. 4). Увеличение их количества свидетельствует о повышенной кислотности меда или искусственном его происхождении. Низкая кислотность может быть результатом фальсификации меда сахарным сиропом, крахмалом, желатином или сахарным медом [2,5].

По результатам исследования установлено, что общая кислотность в образцах меда 1, 3, 7 находится в пределах нормы от 12–49°Т. Кислотность меда в группах 5 и 6 находится на верхней границе нормы и составляет 39,5° и 41,34°Т соответственно. Образцы исследуемых групп 2 и 4 имели высокие значения общей кислотности (от 50,36° до 68,26° Т), из чего можно сделать вывод о том, что мёд из этих районов был собран незрелым или имел в своем составе тростниковый сахар.

Наибольшие значения кислотности отмечались в липовом и расторопшевом меде степной и лесостепной зоны, низкие показатели, но в пределах нормы отмечались в образцах субтропической зоны.

Следующим достоверным критерием оценки качества меда было определение диастазного числа. Диастаза чувствительна к нагреванию, что позволяет использовать этот показатель в качестве индикатора тепловой обработки меда и условий хранения [2, 3]. Средние значения диастазного числа в исследуемых образцах составляло 17,5 единиц Готе, что соответствует критериям ГОСТ 19792-2001 не менее 10 ед. Готе.

Из данных табл. 4 видно, что диапазон диастазного числа значительно колебался от минимальных значений 5,34–7,13 единиц Готе в образцах 2 и 4, до максимальных от 23,35 до 25,93 единиц Готе в образцах 3, 6 и 7. При этом высокие показатели

диастазного числа в указанных образцах сопровождались хорошими органолептическими свойствами меда: закристаллизованным строением, соломенным цветом, медовым, мягким вкусом, явным цветочным приятным ароматом. Это свидетельствовало о том, что условия медосбора были благоприятными, медоносы высокого качества и пчелиная семья – сильная.

Образец меда под номером 1 имел средние значения диастазного числа, но при этом обладал хорошими органолептическими показателями. Это может быть обусловлено очень знойными условиями медосбора (при высоких температурах диастаза снижается), нарушением процесса добычи и хранения меда (возможно длительное пребывание меда на солнце), качеством медоносов или слабой пчелиной семьей.

Проведенное исследование позволило установить зависимость диастазной активности от ботанического и географического происхождения меда. Так, для липового меда характерна высокая ферментативная активность диастазы 25,93 единиц Готе. Это свидетельствовало о том, что нектар, из которого пчелы готовят мед, содержит в себе большое количество моносахаров, именно поэтому диастаза, поступающая из слюнных желез пчелы для переработки нектара, не тратится, а накапливается в меде. Достоверное повышение показателя диастазы на 10 единиц Готе отмечалось в образцах меда степной и лесостепной зон.

Инвертированный сахар характеризует содержание в меде простых углеводов, которые в основном представлены глюкозой и фруктозой. При этом ботаническое происхождение меда показало: высокие значения инвертированного сахара имеют расторопшевый и мед из разнотравья. По географическому положению мед из субтропической зоны имел достоверно низкое значение инвертированного сахара, до 68,33 % (табл. 5).

Определение содержания оксиметилфурфурола позволило выявить натуральность меда и степень сохранности его природных качеств, а также обнаружить его фальсификацию (табл. 6).

Образование оксиметилфурфурола происходит при длительном хранении меда при температуре 21–26 °С и при нагревании от 55 °С в результате распада фруктозы и глюкозы. Значение оксиметилфурфурола не должно превышать 25 мг/кг [2].

Таблица 5

Содержание инвертированного сахара в исследуемых образцах меда (от 65 до 79 %)

Районы	Ботаническое происхождение меда		
	Разнотравье	Липа	Расторопша
1	75,3 ± 0,6	67,26 ± 0,55	71,9 ± 0,55
2	68,33 ± 0,55*	56,43 ± 0,464**	64,46 ± 0,62*
3	60,36 ± 0,6**	58,26 ± 0,49**	50,53 ± 0,49**
4	78,96 ± 0,4*	63,53 ± 0,56*	75,46 ± 0,54*
5	65 ± 0,4**	58,43 ± 0,55**	61,34 ± 0,55**
6	78,24 ± 0,43	68,83 ± 0,67	71,46 ± 0,04
7	78,33 ± 0,61	71,47 ± 0,5*	67,26 ± 0,56*

Примечание. * – достоверная разница с контрольным районом – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$.

Таблица 6

Содержание оксиметилфурфурола в исследованных образцах меда (мг/кг)

Районы	Ботаническое происхождение меда		
	Разнотравье	Липа	Расторопша
1	19,4 ± 0,26	20,5 ± 0,66	23,4 ± 0,52
2	27,86 ± 0,27**	29,13 ± 0,55**	36,03 ± 0,46**
3	12,6 ± 0,17*	21,53 ± 0,31	18,56 ± 0,56
4	26,97 ± 0,11**	29,1 ± 0,25**	32,53 ± 0,44**
5	17,47 ± 0,62	22,16 ± 0,6	22,24 ± 0,94
6	16,72 ± 0,19	22,66 ± 0,12	18,89 ± 0,11
7	17,31 ± 0,18	22,56 ± 0,63	21,7 ± 0,23

Примечание. ** – достоверная разница с контрольным районом $P \leq 0,01$.

Исследование показало, что только образцы меда в 2 и 4 районах имели положительную реакцию на оксиметилфурфурол. Остальные образцы обладали отрицательной реакцией на оксиметилфурфурол, что подтверждало натуральность пчелиного меда.

Выводы

1. Качество натурального пчелиного меда зависит от органолептических, микроскопических и физико-химических показателей. В пяти из семи исследуемых районов данные показатели соответствовали нормам ГОСТ 19792–2001 «Мед натуральный. Технические условия». Данные образцы меда можно охарактеризовать как качественный продукт с приемлемыми вкусо-ароматическими свойствами.

2. Мед двух районов исследования, 2 и 4, не соответствовал требованиям стандарта по многим показателям и характеризовался низким диастазным числом, повышенной массовой долей сахарозы, положительной реакцией на оксиметилфурфурол, что доказывает его фальсификацию.

Список литературы

1. ГОСТ 19792-2001 Мед натуральный Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 16 с.

2. Заикина В.И. Экспертиза меда и способы обнаружения его фальсификации: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2012. – 168 с. – ISBN 978-5-394-01719-3.

3. Кунижев С.М. Образование оксиметилфурфурола в процессе хранения и обработки некоторых пищевых продуктов / С.М. Кунижев, И.П. Чепурной, Н.Г. Чеботарева // Вопросы питания. – 1987. – № 6. – С. 67–68.

4. Осинцева Л.А. Технология, показатели качества, безопасности и товароведная оценка меда: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. аграр. ун-та, 2012. – 133 с.

5. Чепурной И.П. Экспертиза качества меда: учебно-методическое. – М.: Агропромиздат, 2002. – 48 с.

6. Comi G. Microbiological and chemical-physical aspects of various honeys / G. Comi, M. manzano, M. Lenardon, L. Cocolin, L. Gaidella // IndustrieAlimentari. – 2000. – № 39. – 966–975 p.

7. Sanz M.L. 2-Furoylmethyl amino acids and hydroxymethylfurfural as indicators of honey quality / M.D. del Castillo, N. Corzo, A. Olano // J. Agric. Food Chem. – 2003. – № 15. – P. 4278–4283.

УДК 546

НОВОЕ ЧЕТВЕРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ $GeSnSb_4Te_8$ В КВАЗИТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ $GeTe–Sb_2Te_3–SnTe$

Гурбанов Г.Р., Адыгезалова М.Б.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, e-mail: ebikib@mail.ru

Впервые с помощью методов дифференциально-термического, рентгенофазового и микроструктурного анализа, а также измерением микротвердости и плотности изучен характер взаимодействия компонентов по разрезу $GeSb_2Te_4–SnSb_2Te_4$. Установлено, что разрез является квазибинарным сечением квазитройной системы $GeTe–Sb_2Te_3–SnTe$. В разрезе найдено четверное соединение $GeSnSb_4Te_8$, плавящееся конгруэнтно при 950 К. Четверное соединение $GeSnSb_4Te_8$ выделено в индивидуальном виде и по методу направленной кристаллизации получены его монокристаллы. Рентгеноструктурное исследование показало, что четверное соединение кристаллизуется в ромбической сингонии с параметрами решетки $a = 4,92$, $b = 9,43$, $c = 18,05$ Å пр. г. P_{nnm} $V = 837,44$ Å^3. $Z = 2$. Определена растворимость на основе обоих ($GeSb_2Te_4$, $SnSb_2Te_4$) компонентов. Для $GeSb_2Te_4$ растворимость при комнатной температуре составляет 20 мол%, а для $SnSb_2Te_4$ 15 мол%. Монокристаллы из области твердых растворов на основе обоих компонентов для физических измерений получали направленной кристаллизацией по методу Бриджмена. Установлено, что сплавы из области твердых растворов на основе $GeSb_2Te_4$ и $SnSb_2Te_4$ являются полупроводниками с р-типом проводимости.

Ключевые слова: квазитройной системы, фазовое равновесие, четверное соединение, диаграмма состояния, твердые растворы

THE NEW QUATERNARY COMPOUNDS $GeSnSb_4Te_8$ IN QUASITERNARY SYSTEM $GeTe–Sb_2Te_3–SnTe$

Gurbanov G.R., Adygezalova M.B.

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, e-mail: ebikib@mail.ru

For the first time using differential thermal methods rentgenofazogo and also microstructural analysis, and measurement of micro-hardness and density, the character of the interaction of components in the section $GeSb_2Te_4–SnSb_2Te_4$ has been studied. It has been defined that the cut is quasi-binary section of quasiternary system $GeTe–Sb_2Te_3–SnTe$. In the cut quaternary compound $GeSnSb_4Te_8$, melting congruently at 950K has been found. Quaternary compounds $GeSnSb_4Te_8$ has been defined individually and as a method of directional solidification single crystals have been received. X-ray diffraction study showed that quadruple compound crystallizes in the orthorhombic system with lattice parameters $a = 4,92$, $b = 9,43$, $c = 18,05$ Å with space group, P_{nnm} $V = 837,44$ Å^3. $Z = 2$. It has been determined on the solubility on the based of both ($GeSb_2Te_4$, $SnSb_2Te_4$) components have been obtained. For $GeSb_2Te_4$ solubility at room temperature is 20 and 15 mole% $SnSb_2Te_4$. Single crystals of the field of solid solutions based on two components for physical measurements have been obtained by the Bridgman directional solidification method. It has been found that the alloys of the area of the solid solutions based on $GeSb_2Te_4–SnSb_2Te_4$ are semiconductors with p-type conductivity.

Keywords: quasi ternary system, phase equilibrium, quaternary compounds, the phase diagram, solid solutions

Полупроводниковые материалы по праву занимают одно из ведущих мест в ряду важнейших материалов, определяющих уровень развития мировой цивилизации. Они составляют основу элементной базы современной электронной техники, без которой сегодня немыслим научно-технический прогресс. С развитием твердотельной электроники (и, прежде всего, микроэлектроники) связано успешное решение проблем крупномасштабной компьютеризации и информатизации создания современных систем связи и телевидения, эффективной передачи и преобразования электроэнергии, разнообразной бытовой, медицинской и специальной электронной аппаратуры. Большую роль эти материалы играют в решении задач развития экологически чистых энергетики и холодильной техники, создания современных систем мониторинга загрязнений окружающей среды, а также высокочувствительной сенсорной техники широкого функционального назначения [8].

Характерной особенностью современного этапа развития электронной техники является вовлечение в сферу ее непосредственных материалов. Важнейшими из них являются разнообразные эффективные термоэлектрические и сенсорные материалы.

Термоэлектрическая эффективность материалов (ТЭМ) с электронной и дырочной проводимостью, используемых в термогенераторах, тем выше, чем выше коэффициент термоЭДС и электропроводность и чем ниже их теплопроводность. Теплопроводность материала (K_{tot}) в основном

складывается из ее электронной (K_{el}) и решеточной (K_{ph}) составляющих: $K_{tot} = K_{el} + K_{ph}$ [7]. Снижение решеточной теплопроводности является одним из эффективных способов повышения ТЭМ. В настоящее время активно развивается направление по поиску новых ТЭМ на основе тройных или четверных слоистых халькогенидов со сложными кристаллическими решетками и низкой решеточной теплопроводностью [12]. С этой точки зрения сплавы разрез $GeSb_2Te_4$–$SnSb_2Te_4$ квазитройной системы GeTe–Sb_2Te_3–SnTe представляют интерес для получения новых среднетемпературных термоэлектрических материалов с низкой решеточной теплопроводностью.

Цель настоящей работы – получение новых сложных полупроводниковых соединений.

Материалы и методы исследования

Боковые квазитройное системы GeTe–Sb_2Te_3; SnTe–Sb_2Te_3 и GeTe–SnTe очень широко изучены в литературе. Фазовые равновесия в системе Sb_2Te_3–GeTe впервые изучены в [1] и построена его диаграмма состояния. Установлено образование трех тройных теллуридов при соотношения компонентов 2:1 ($GeSb_4Te_7$); 1:1 ($GeSb_2Te_4$) и 1:2 ($Ge_2Sb_2Te_5$). $GeSb_4Te_7$, $GeSb_2Te_4$ и $Ge_2Sb_2Te_5$ образуются по перитектической реакции при 866, 888 и 903 К соответственно. Позже [10] электронографическим методом расшифрованы структуры $Ge_2Sb_2Te_5$ и $GeSb_4Te_7$. Оказалось, что обе структуры слоистые, гексагональные с периодом ячейки: a = 4,20, c = 16,96 Å и a = 4,21, c = 23,65 Å соответственно. Кристаллическая структура $GeSb_2Te_4$ определена в работе [3]. Оказалось, что $GeSb_2Te_4$ кристаллизуется в гексагональной сингонии со следующими параметрами элементарной ячейки: a = 4,21, c = 40,6 Å пр. гр. $K\bar{3}m$. Авторами работы [2] построена проекция ликвидуса тройной системы Ge–Sb–Te. Система была изучена уже по известному сечению GeTe–Sb_2Te_3 [1], где подтверждено образование трех тройных теллуридов состава $GeSb_2Te_4$, $GeSb_4Te_7$, $Ge_2Sb_2Te_5$. Повторное исследование гомологического ряда сложных соединении $nGeTe \times mSb_2Te_3$ показало, что кроме известных $Ge_2Sb_2Te_5$, $GeSb_2Te_4$ и $GeSb_4Te_7$ в системе GeTe–Sb_2Te_3 образуются и $Ge_2Sb_2Te_7$, $Ge_3Sb_2Te_6$ и $GeSb_6Te_{10}$ [11]. В системе SnTe–Sb_2Te_3 образуется всего одно соединение $SnSb_2Te_4$, кристаллизующееся непосредственно из жидкости при температуре около 876 К [9]. $SnSb_2Te_4$ кристаллизуется в ромбоэдрическое сингонии с параметрами a = 4,294, c = 41,54 Å пр. гр. $K\bar{3}m$. Z = 2,9 [6].

Экспериментальная часть

Для приготовления сплавов были использованы следующие материалы: германий с удельным сопротивлением 10 Ом×см, олово марки ОВЧ-000, сурьма марки $С_у$-000 и теллур, очищенный двойной дистилляцией, с содержанием примесей < 0,05 %.

В системе GeTe–SnTe, по данным [13], наблюдается непрерывный ряд твердых растворов.

Поликристаллические образцы сплавов $GeSb_2Te_4$–$SnSb_2Te_4$ синтезировали в вакуумированных кварцевых ампулах из элементов, взятых в соответствующих соотношениях. Синтез проводили при температуре 700–1100 К в зависимости от состава сплавов с последующим их охлаждением со скоростью 6 К/мин до 650 К. С этой температуры сплавы охлаждали на воздухе. Полученные образцы отжигали в течение 250–500 ч при 650 К, после чего закаливали в воду со льдом.

Отожженные сплавы исследовали методами физико-химического анализа: ДТА выполнена пирометре НТР-75 при скорости нагревания 9°/мин. РФА был выполнен с помощью дифрактометра ДРОН-2 (CuK_α-излучение, Ni-фильтр): параметры решетки определили методом наименьших квадратов.

Монокристаллические пластинки для рентгеновского анализа были получены скалыванием вдоль базненых плоскостей (001); микроструктурный анализ (МСА) был выполнен на микроскопе МИМ-7, а микротвердость образцов измеряли на аппарате ПМТ-3.

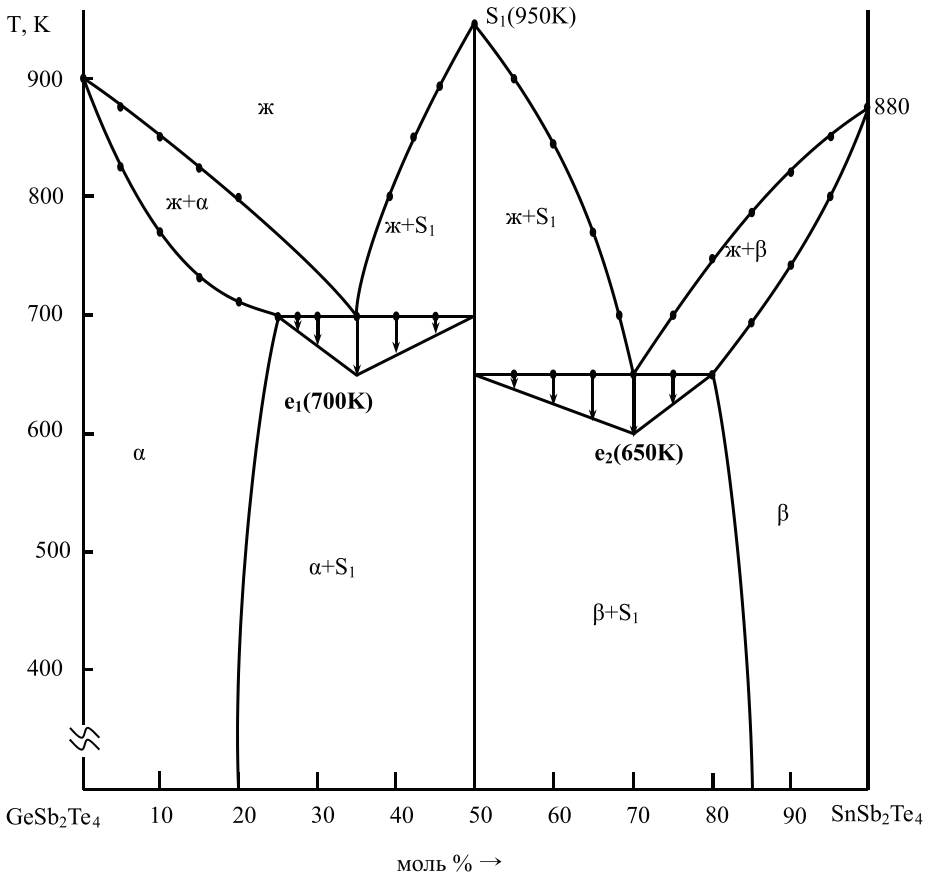
Результаты исследования и их обсуждение

На основе полученных результатов построена диаграмма состояния разреза $GeSb_2Te_4$–$SnSb_2Te_4$ (рисунок). Как видно из рисунка, разрез $GeSb_2Te_4$–$SnSb_2Te_4$ является квазибинарным сечением квазитройной системы GeTe–Sb_2Te_3–SnTe. Разрез $GeSb_2Te_4$–$SnSb_2Te_4$ характеризуется образованием сложного теллурида $GeSnSb_4Te_8$ и ограниченной растворимостью на основе исходных компонентов. Соединение $GeSnSb_4Te_8$ плавится конгруэнтно при температуре 950 ± 5К и делит систему на две подсистемы: $GeSb_2Te_4$–$GeSnSb_4Te_8$ и $GeSnSb_4Te_8$–$SnSb_2Te_4$. Обе подсистемы относятся к эвтектическому типу. Растворимость на основе $GeSb_2Te_4$ 20 моль %. Координат эвтектической точки подсистемы $GeSb_2Te_4$–$GeSnSb_4Te_8$: 35 моль % $SnSb_2Te_4$ и T = 700 К.

Подсистема S_1–$SnSb_2Te_4$ также относится к эвтектическому типу. Координаты эвтектической точки: 15 моль % $GeSb_2Te_4$ и T = 650 К. Растворимость на основе $SnSb_2Te_4$ составляет 15 моль %.

Исследование микроструктуры сплавов разреза $GeSb_2Te_4$–$SnSb_2Te_4$ показало, что кроме сплавов, богатых исходными теллуридов и составом 1:1, остальные двухфазные и представляют собой механическую смесь. На основании данных ДТА можно предположить, что характер взаимодействия между соединениями $GeSb_2Te_4$ и $SnSb_2Te_4$ носит несложный характер. На кривых нагревания и охлаждения имеются по два термических эффекта.

Результаты определения микротвердости сплавов показывают, что в нем различаются три ряда значений микротвердости: α-фазы, β-фазы и славы 1:1. Для подтверждения данных ДТА и МСА был проведен и рентгенофазовый анализ.



Фазовая диаграмма $GeSb_2Te_4$–$SnSb_2Te_4$

Таблица 1

Результаты химического анализа монокристаллов $GeSnSb_4Te_8$

Химический состав, моль %							
Вычислено				Найдено			
Ge	Sn	Sb	Te	Ge	Sn	Sb	Te
4,28	6,99	28,67	60,07	3,88	6,73	28,22	61,17

Четверное соединение $GeSnSb_4Te_8$ выделено в индивидуальном виде, и по методу направленной кристаллизации получены его монокристаллы. Рентгеноструктурное исследование показало, что $GeSnSb_4Te_8$ кристаллизуется в ромбической сингонии с параметрами решетки $a = 4{,}92$, $b = 9{,}43$, $c = 18{,}05$ Å пр. гр. P_{nnm}, $V = 837{,}44$ Å^3, $Z = 2$.

Полученные игольчатые монокристаллы подвергали химическому анализу [5] (табл. 1).

Кристаллы из области твердых растворов на основе $GeSb_2Te_4$ и $SnSb_2Te_4$ для физических измерений получали направленной кристаллизацией по методу Бриджмена [4]. При этом получали блестящие кристаллы металлического цвета размерами 7×18–7×20 мм (табл. 2). В таблице дается режим получения монокристаллов, установленный на основании многочисленных опытов.

Твердые растворы, полученные на основе $GeSb_2Te_4$, кристаллизуются в гексагональной сингонии (табл. 3). Как видно из данных табл. 3, с увеличением концентрации $SnSb_2Te_4$ параметры элементарной ячейки увеличиваются и это связано с замещением мелкого радиуса катиона Ge^{+2} (0,065 нм) большими по радиусу катионами Sn^{+2} (0,102 нм). Сохранение молекул, приходящихся к элементарной ячейке, и изменение параметров решетки подтверждает образование в разрезе $GeSb_2Te_4$ и $SnSb_2Te_4$ твердого раствора типа замещение.

Таблица 2

Оптимальный режим выращивания монокристаллов твердых растворов $(GeSb_2Te_4)_{1-x}$ $(GeSnSb_4Te_8)_x$ и $(SnSb_2Te_4)_{1-x}(GeSnSb_4Te_8)_x$

Состав твердого раствора	T, К	Скорость движения в ампулах, мм/ч	Вес монокристаллов, г	Размер монокристаллов, мм
$(GeSb_2Te_4)_{0,997}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,003}$	700–800	3,0	6,5	7×16
$(GeSb_2Te_4)_{0,994}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,006}$	700–800	3,0	6,7	7×16
$(GeSb_2Te_4)_{0,991}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,009}$	700–800	3,0	6,7	7×16
$(GeSb_2Te_4)_{0,988}(SnSb_2Te_4)_{0,012}$	700–800	3,5	6,4	7×20
$(GeSb_2Te_4)_{0,985}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,015}$	700–800	3,5	6,3	7×20
$(GeSb_2Te_4)_{0,98}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,020}$	700–800	4,0	6,3	7×20
$(SnSb_2Te_4)_{0,997}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,003}$	650–750	3,0	6,4	7×18
$(SnSb_2Te_4)_{0,994}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,006}$	650–750	3,0	6,7	7×18
$(SnSb_2Te_4)_{0,991}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,009}$	650–750	3,0	6,5	7×18
$(SnSb_2Te_4)_{0,988}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,012}$	650–750	3,5	6,3	7×20
$(SnSb_2Te_4)_{0,985}$ $(SnSb_2Te_4)_{0,015}$	650–750	3,5	6,5	7×20

Таблица 3

Кристаллографические данные твердых растворов на основе $GeSb_2Te_4$

Состав, моль % $GeSb_2Te_4$	Параметры решетки, Å		V, Å^3	Плотность, г/см^3		Микротвердость, МПа
	a	c		Пикн.	Вычисл.	
0,0	4,21	40,6	659,4	6,467	6,527	675
2,5	4,23	40,7	674,6	6,517	6,567	725
5,0	4,25	4,08	689,2	6,567	6,627	755
7,5	4,29	4,10	718,5	6,627	6,667	785
10,0	4,32	4,12	744,7	6,707	6,767	795
15,0	4,35	4,14	777,0	6,787	6,817	865
20,0	4,40	4,17	818,4	6,867	6,907	935

Заключение

1. Впервые комплексными физико-химическими методами в широком интервале концентраций исследован разрез $GeSb_2Te_4$ и $SnSb_2Te_4$ квазитройной системы GeTe–Sb_2Te_3–SnTe и построена ее Т-х-диаграммы состояния.

2. Установлено что при соотношении $GeSb_2Te_4$:$SnSb_2Te_4$ = 1:1 образуется конгруэнтно плавящееся четверное соединение химического состава $GeSnSb_4Te_8$.

3. Методом направленной кристаллизации получены монокристаллы соединения $GeSnSb_4Te_8$.

4. Методом рентгенографического анализа определены параметры элементарной ячейки монокристаллов нового четверного соединения a = 4,92, b = 9,43, c = 18,05 Å и найдено, что соединение кристаллизуется в ромбической сингонии пр. гр. P_{nnm} V = 837,44 Å^3. Z = 2.

5. На основе исходных компонентов с обеих сторон были определены области

твердых растворов. Монокристаллы твердых растворов были выращены по методу Бриджмена – Стокбаргера.

6. Установлено, что сплавы из области твердых растворов обладают полупроводниковыми свойствами р-типа проводимости.

Список литературы

1. Абрикосов Н.Х., Данилова-Дворякова Г.Д. Исследование диаграммы состояния Sb2Te3–GeTe // Изв. АН.СССР. Неорган. материалы. – 1965. – Т. 1, № 1. – С. 204–208.

2. Абрикосов Н.Х., Данилова-Дворякова Г.Д. Исследование тройной системы Ge–Sb–Te // Изв. АН. СССР. Неорган. материалы. – 1970. – Т. 15, № 3. – С. 475–479.

3. Агаев К.А., Талыбов А.Г. Электронографическое определение структуры GeSb2Te4 // Кристаллография. – 1966. – Т. 11, № 3. – С. 454–456.

4. Бахтиярлы И.Б., Аждирова Д.С., Мамедов Ш.Г., Гурбанов Г.Р. Система SnPbSb4S8–4SnS // Изв. Вузов. Химия и хим. технология. – 2009. – Т. 52, Вып. 4. – С. 120–122.

5. Дымов А.М. Технический анализ руд и металлов. – М.: Металлургиздат, 1949. – 270 с.

6. Жукова Т.Б., Заславский А.И. Кристаллические структуры PbBi4Te7, PbBi2Te4, SnBi4Te7, SnBi2Te4, SnSb2Te4 и GeBi4Te7 // Кристаллография. – 1971. – Т. 16, № 5. – С. 918.

7. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы. – М.-Л.: Изд. АН. СССР, 1960, – 188 с.

8. Мильвидский М.Г., Уфимцев В.Б. Полупроводниковые материалы на современном этапе развития твердотельной электроники // Неорган. материалы. – 2000. – Т. 36, № 3. – С. 360–368.

9. Новоселова А.В., Господинов Г.Г., Один И.Н. и др. Исследование системы SnS–Sb2S3 // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. – 1972. – Т. 8, № 1. – С. 173–175.

10. Петров И.И., Имамов Р.М., Пинскер В.Г. Электронографическое определение структур Ge2Sb2Te5 и GeSb2Tex // Кристаллография. – 1965. – Т. 13, № 3. – С. 417–421.

11. Шелимова Л.Е., Карпинский О.Г., Косяков В.М. и др. Гомологические ряды слоистых тетрадимитоподобных соединений в системах Bi-Te и GeTe–Bi2Te3 // Журн. структ. химии. – 2000. – Т. 41, № 1. – С. 100–108.

12. Kantzidis M.G. The Role of Solid State Chemistry in the Discovery of New Thermoelectric Materials in «Semiconductors and Semimetals» / Fd. Terry M. Fritt San Diego. – San Francisco; N.Y.: Boston: London: Sydney: Tokyo: Academ. Press. – 2001. – Vol. 69. – P. 51–98.

13. Yashina L., Leute V. The phase diagrams of the quasibinary systems (Pb, Ge)-Te and (Ge, Sn)–Te // J. Alloya Compd. – 2000. – Vol. 313. – P. 82–92.

УДК 54-286.547.554.2.652

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ СОСТАВА $Pr_x Mg_{1-x}Al_2O_4$

Ильяслы Т.М., Мамедов С.Э., Вердиева Л.Р., Махмудова Н.И.

Бакинский государственный университет, Баку, e-mail: teymur.ilyasly@mail.ru

Методом горения предшественника предварительно приготовленных из соответствующих металлокомплексов – дигидразидов малоновой кислоты синтезированы наноразмерные кристаллики порошков состава $MgAl_2O_4$, $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$, $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$. Методами дифференциально-термического, рентгеновского анализов а также убылью массы исследованы полученные наночастицы. Отжигом при различных температурах установлены размеры кристалликов. С помощью дериватографического и рентгенографического анализов установлено, что температура горения металлокомплексных композиций происходит при 350 °С, а кристаллизация начинается с 700 °С. Изучены каталитические свойства синтезированных нанопорошков шпинелей в превращении метанола в ДМЭ. Установлено, что активность нанопорошков шпинелей зависит от химического состава и условий их термической обработки. Показано, что высокую активность проявляют образцы нанопорошков шпинелей, прошедшие термическую обработку в интервале температур 800–1000 °С. При дальнейшем повышении температуры происходит заметное снижение активности нанопорошков шпинелей. Нанопорошки состава $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$, и $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$, прошедшие термическую обработку при 800–1000 °С, можно использовать в качестве катализатора при получении диметилового эфира из метанола.

Ключевые слова: шпинель, структура, эффект, наночастица, параметр, предшественник, керамика

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF NANOPARTICLES $Pr_xMg_{1-x}Al_2O_4$

Ilyasly T.M., Mamedov S.E., Verdieva L.R., Makhmudova N.I.

Baku State University, Baku, e-mail: teymur.ilyasly@mail.ru

Nano-sized crystals of powder $MgAl_2O_4$, $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_3$, $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_3$ composition were synthesized by the method of burning of a precursor previously formed from the corresponding metal complexes-malonic acid hydrazide. The synthesized nanoparticles were investigated by methods of differential thermal and X-ray analysis, and well as, the mass loss. After annealing at various temperatures sizes of crystallites were established. Using data of derivatographic and X-ray analysis it was determined that burning of metal complex compositions occurs at 350 °C and crystallization starts at 700 °C. The catalytic properties of synthesized spinel nanopowderswere studied in the conversion of methanol to DME. It was found that the activity of spinel nanopowders depends on chemical structure and conditions of heat treatment.It was shown that the samples of the spinel nanopowders, heat-treated at the temperature range 800–1000 °C, demonstrate high activity. With further increase in temperature there is a significant decrease in the activity of spinel nanopowders. Nanopowders of $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_3$, и $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_3$ composition which were heat-treated at 800–1000 °C can be used as a catalyst for obtaining dimethyl ether from methanol.

Keywords: sphinel, structure, effect, nanoparticle, parameters, ceramics

В последние годы интерес к нанодисперсным порошковым материалам сильно возрос. В работах [18, 11] показано, что ряд физических свойств наноструктурных материалов значительно превосходят обычные крупнозернистые материалы. Особый интерес вызывает керамика на основе магний-алюминиевой шпинели, которая имеет широкое применение в металлургии, радиотехнике, химическом производстве и рассматривается как перспективная в ядерной технике.

Целью настоящей работы является синтез нанопорошка состава $Pr_xMg_{1-x}Al_2O_4$ шпинельной структуры методом низкотемпературного горения и изучение их физико-химических и каталитических свойств в превращении метанола в диметиловый эфир.

Экспериментальная часть

По общепринятому методу для синтеза магний-алюминиевой шпинели используют химически чистые порошки MgO и Al_2O_3 [8]. Синтез проводят твердофазной реакцией в интервале температур 1100–1600°С [2, 1, 8, 7, 16, 1, 6].

В настоящей работе нанопорошки шпинельной структуры получали методом низкотемпературного горения. Исходными реактивами для синтеза были следующие:

– алюминий азотнокислый 9-водный, $Al(NO_3)_3\ 9H_2O$;

– магний азотнокислый 6-водный, $Mg(NO_3)_2\ 6H_2O$;

– церий карбонат (III), $Pr(CO_3)_3$, – диетилмалонат $C_7H_{12}O_4$;

– гидразин моногидрат $NH_2NH_2\ H_2O$;

– спирт абсолютный C_2H_5OH;

– азотная кислота HNO_3 с концентрацией 65 %.

Предшественником была высушенная смесь комплексных соединений магния и алюминия с гидразидами малоновой кислоты. При синтезе предшественника применяли свежеприготовленный дигидразид малоновой кислоты, полученный

перемешиванием диетилмалоната с гидразин моногидратом в мольных соотношениях 1:2. Процесс протекает по химической реакции

$$2(1-x)\cdot Mg(NO_3)_2\cdot 6H_2O + Al(NO_3)_3\cdot 9H_2O + 5C_3H_8N_4O_2 + 2x\cdot Pr(NO_3)_3 \xrightarrow{-(300\,^{\circ}C)}$$
$$\xrightarrow{-(300\,^{\circ}C)} 2\,Pr_x : Mg_{1-x}Al_2O_4 + 15H_2O + 3CO_2 + 20N_2$$

и азотнокислые соли алюминия и магния. В ходе получения дигидразидов малоновой кислоты магния, алюминия и празеодиума лучшие результаты получаются при использовании азотнокислых солей. При этом раствор азотнокислого празеодиума получен растворением карбоната празеодиума (III) в концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре. После прекращения выделения CO_2 раствор концентрировали до определенной кондиции выпариванием при 60–80 °C. Таким образом, приготовлены водные растворы азотнокислых солей магния, алюминия и празеодиума. Затем смешивали эти растворы с таким расчетом, чтобы мольные соотношения были $Pr : Mg : Al = x : (1 - x) : 2$ (где x – мольная доля празеодиума), если конечный состав неорганического пигмента соответствует $Pr_xMg_{(1-x)}Al_2O_4$. Нами синтезированы составы, где x = 0,03, 0,05, 0,10 и нелегированная шпинель $MgAl_2O_4$. Приготовление предшественников для синтеза указанных составов осуществлено простым перемешиванием трехкатионного (празеодиума, магния и алюминия) раствора с дигидразидом малоновой кислоты. Соотношение нитратов магния и алюминия в растворе составляло 1:2. Затем смешивали раствор с соответствующим количеством спиртового раствора дигидразида малоновой кислоты, интенсивно перемешивали и высушивали в глубоких стаканах на электролитах с закрытыми нагревателями. Сушку проводили при температуре кипения раствора. После испарения сухой предшественник подвергали термогравиметрическому анализу. Результаты исследования представлены на рис. 1.

Исследования проводили на приборе SDT2960 с помощью термоанализатора типа- DT5 [12, 17]. Согласно кривым, весь процесс можно разделить на три этапа: на первом этапе с увеличением температуры до 200 °C происходит удаление влажности и связанной воды, которая сопровождается появлением глубокого эндоэффекта при 80 °C на кривых DTГ и DTA и малыми эндоэффектами на кривой DTГ при 130 и 190 °C. Последние эффекты не наблюдаются на кривой DTA, видимо, они сливаются с эндоэффектом при 80 °C. Потеря массы на первом этапе процесса составляет 25 % от исходного образца. Второй этап охватывает температурный интервал 200–500 °C. Здесь наблюдается один глубокий эндоэффект при 270 °C и один незаметный эффект

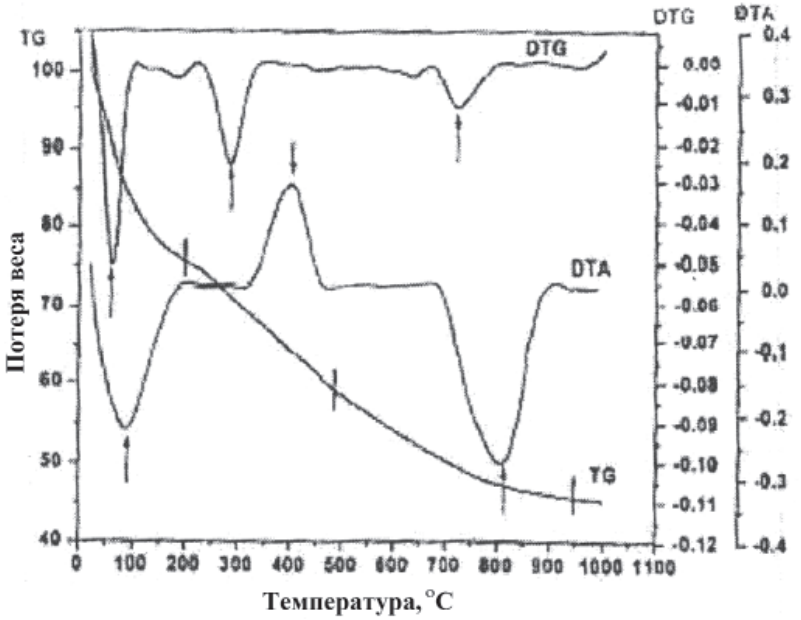


Рис. 1. Кривые термогравиметрического анализа (ТГ, DTГ, DTA) в процессе синтеза порошка $Pr_{0,10}Mg_{0,90}Al_2O_4$

при 445 °С. В процессе синтеза порошка $Pr_{0,10}Mg_{0,90}Al_2O_4$ на кривых DTA при 400 °С наблюдается сильный экзотермический эффект. Этот эффект относится к горению предшественника. Видимо, наличие празеодима, который находится в субстрате, автокаталитически действует на процесс горения. Потеря массы на данном участке составляет около 17,5 %. Согласно реакции горения предшественника выделяются CO, CO_2 и NO_x газы. Площадь экзоэффекта позволяет предполагать полноту горения органической части предшественника. На третьем этапе в температурном интервале 500–950 °С потеря массы составляет 12,5 %. На этом этапе наблюдаются два эффекта на кривой DTГ и один глубокий растянутый эндоэффект на кривой DTA. Аналогичный эффект при 800 °С на кривой DTA отвечает процессу образования чистого $MgAl_2O_4$.

Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре XRД Д 8 фирмы «Bruker» на Cu K_α излучении, сравнением дифрактограммы порошков, прокалённых после синтеза (рис. 2).

Отжиг образцов проводили при различных температурах в течение 2-х часов. Где размеры частиц (D, нм), параметры ячейки (a, нм) и плотность (ρ, г/см^3), фазообразование и размеры частиц определены с помощью рентгеновских дифракционных данных.

Размеры частицы порошка рассчитывали согласно уравнению Шерера:

$$D = (0{,}9l)/(\beta \cos \theta)\ [9, 14],$$

где D – размер кристаллитов (нм), длина волны излучения (0,15406 нм), β – ширина половины высоты максимального пика (радиан), θ – угол Брегга (градусы). Параметр кубической решетки (а) был рассчитан по формуле

$$a = d_{hkl}(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2},$$

где hkl – индексы Миллера; d_{hkl} – межплоскостные расстояния. Рентгеновскую плотность (d) рассчитывали по уравнению

$$d_{x\text{-}ray} = 8M/N{\cdot}a^3;$$

здесь M – молярная масса; N – число Авогадро; a – параметр решетки. Результаты рентгенографического анализа приведены в табл. 1.

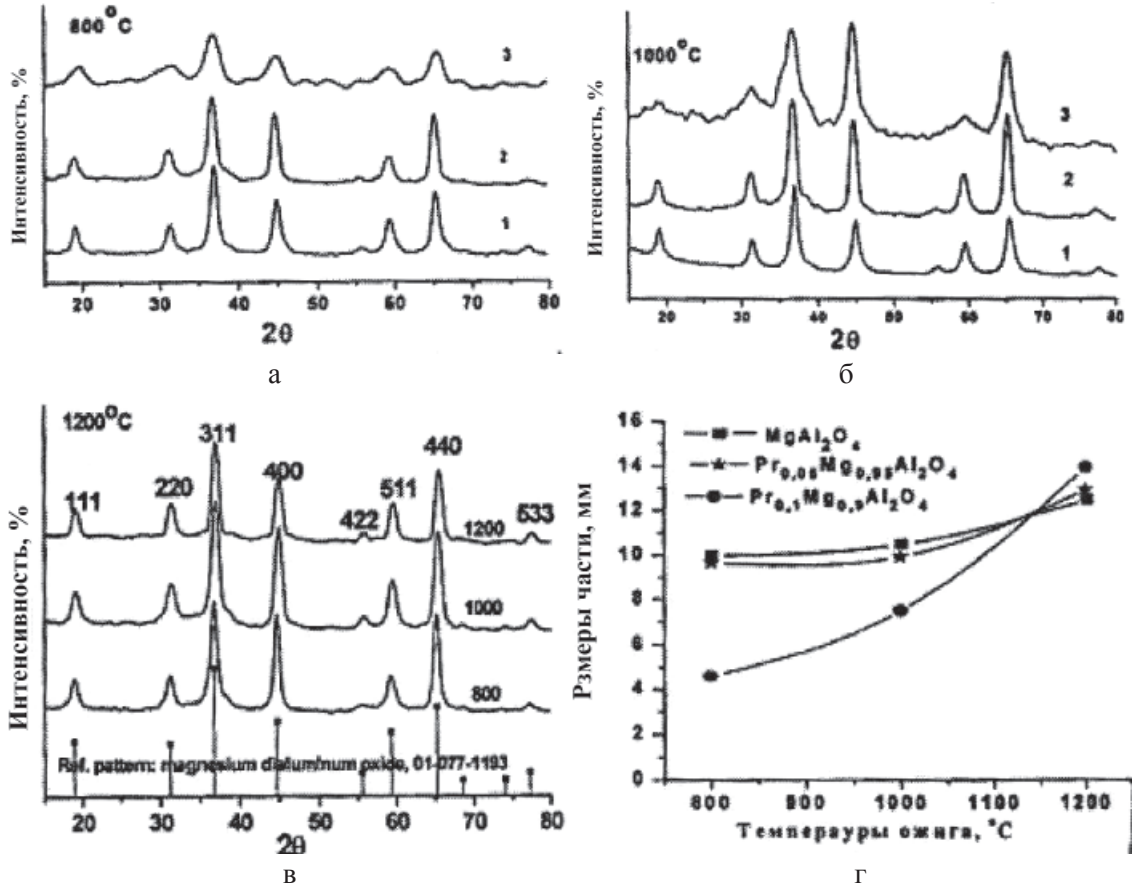


Рис. 2. Дифрактограммы порошков (а, б и в), соответствующих составу (I) $MgAl_2O_4$, (II) $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$, (III) $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$ зависимости размеров наночастиц от температуры термической обработки

Таблица 1

Рентгенографические данные образцов, термически обработанных при 800, 1000, 1200 °С в течение 2-х часов

Показатели	Фазы			
	$MgAl_2O_4$	$Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$	$Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$	Pr_6O_{11}
Температура термической обработки, 800 °С				
Размер частиц, нм	10	9,7	4,6	24,4
Параметр решетки *a*	0,805	0,8065	0,8024	0,546
Объем ячейки *V* (a^3)	0,522	0,5246	0,51663	0,16277
Плотность ρ, г/см^3	3,62	3,83	4,14	6,99
Температура термической обработки, 1000 °С				
Размер частиц, нм	10,5	10,2	7,5	25,6
Параметр решетки a	0,8063	0,8067	0,8055	0,5465
Объем ячейки *V* (a^3)	0,524	0,52499	0,5227	0,16322
Плотность ρ, г/см^3	3,599	3,831	4,087	0,697
Температура термической обработки, 1200 °С				
Размер частиц, нм	12,5	12,9	14	53,55
Параметр решетки, *a*	0,8082	0,8070	0,8024	0,5469
Объем ячейки *V* (a^3)	0,528	0,5253	0,52314	0,1635
Плотность ρ, г/см^3	3,57	3,83	4,0834	6,95

Инфракрасные спектры образцов были записаны в диапазоне 200-4000 см$^{-1}$ с помощью ИК Jasko плюс-460. Способ включает смешивание прокаленного образца мг порошка с порошком бромида калия KBr в агатовой ступке. Функциональные органических и неорганических групп порошкового материала характеризовались инфракрасным спектром. Результаты ИК-спектроскопии полученных образцов представлены в табл. 2.

Полосы пропускания, наблюдаемые в интервале частот 3410–3460 и 1635–1639 см$^{-1}$, связаны с наличием влаги или поверхностных гидроксильных групп. По-видимому, вода адсорбируется при хранении образцов в атмосфере лаборатории. Полосы пропускания при 1382–1404 см$^{-1}$ соответствуют резонансному колебанию в NO_x группах. В образцах, полученных непосредственно после низкотемпературного горения предшественника при 300 °С, полосы поглощения

Таблица 2

Значения полос пропускания в ИК-спектрах для $MgAl_2O_4$, $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$, $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$ и Pr_6O_{11}, непосредственно после горения предшественника при 300 °С и термически обработанных при 1000 °С

T, °C	Предполагаемые группы				
	–OH	–CH	O–H	N=O	Me–O
Для соединения $MgAl_2O_4$					
300	3456	–	1635	1382	683–451
1000	3448,5	–	1639	1400	698–513
Для легированной фазы $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$					
300	–	–	–	–	–
1000	3445		1636	1396	687–529
Для легированной фазы $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$					
300	3417	–	1643	1385–829	590–424
1000	3437	–	–	1404	667–505
Pr_6O_{11}					
300	3600	2923–2854	1643	1385–849	667
1000	3445	–	1636	1400	–

NO_x группы имеют заметные интенсивности и резко уменьшаются при повышении температуры отжига образцов, а при отжиге 1200 °С они полностью исчезают. Наблюдаемые полосы пропускания при 2923–2854 у образцов состава Pr_6O_{11}, по-видимому связаны с наличием органических остатков, не сгоревших при относительно низких температурах. Характерные колебания для октаэдрически [AlO_6] и тетраэдрически [MgO_4] расположенных Me–O групп в шпинельной структуре соответствуют полосам пропускания:

для чистого $MgAl_2O_4$ при 698–513 $см^{-1}$;

для $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$ при 687–529 $см^{-1}$;

для $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$ при 667–505 $см^{-1}$.

Изучение некоторых физико-химических свойств этих материалов вызвало большой интерес для рассмотрения их каталитических свойств в превращении метанола в диметиловый эфир (ДМЭ).

Одной из наиболее вероятных альтернатив замены нефтяного сырья считается получение углеводородов из метанола через диметиловый эфир. При этом к преимуществам метанола как сырья можно отнести возможность ориентации его на крупнотоннажное производство ДМЭ, бензина, низших олефинов и ароматических углеводородов. Процессы превращения метанола в олефиновые углеводороды и высокооктановый бензин приобрели практическую значимость в результате работ исследователей фирмы «Mobil Oil» [5].

В последние годы внимание привлекают работы, направленные на синтез олефинов C_2–C_3 не из метанола, а из ДМЭ. Появлению подобных методов способствовали результаты исследования механизма превращения метанола в низшие олефины, согласно которым ДМЭ является промежуточным продуктом.

Разрабатываются два направления получения олефинов C_2–C_3 из природного газа через ДМЭ [13, 3, 4]. Одно включает стадию синтеза ДМЭ из метанола по реакции дегидратации:

$$2\ CH_3OH \rightarrow CH_3OCH_3 + H_2O.$$

Другое же предполагает прямое получения ДМЭ из синтез-газа в одну стадию

$$3\ CO + 3\ H_2 \rightarrow CH_3OCH_3 + H_2O.$$

В работе [3] показано, что основным продуктом превращения метанола при 300–450 °С в присутствии катализатора, полученного смешением алюмината кальция с оксидом магния, является ДМЭ, выход которого достигает 50 % при селективности 98 %. В области температур выше 400 °С преобладало разложение метанола до оксидов углерода. В связи с этим целесообразно было изучение каталитических свойств нанопорошков $MgAl_2O_4$, $Pr_xMg_{1-x}Al_2O_4$ в процессе превращения метанола в ДМЭ.

Превращение метанола изучали в проточном режиме, при атмосферном давлении. Пары спирта подавали из барботера током азота. Продукты реакции анализировали хроматографически. На всех изученных катализаторах при температуре 300 °С и объемной скорости метанола 1 $ч^{-1}$ метанол превращается практически только в метиловый эфир.

Как видно из табл. 3, каталитическая активность нанопорошков, синтезированных шпинелей зависит от химического состава и условий их термической обработки.

Таблица 3

Превращение метанола в ДМЭ на нанопорошках шпинелей
Условия: P = 1 атм., V = 10 $ч^{-1}$, T = 300 °С

Нанопорошки шпинелей	Условия термической обработки, °С	Размер частиц, нм	Конверсия, мас. %	Выход ДМЭ, мас. %
$MgAl_2O_4$	800 °С	10	80,5	77,3
	1000 °С	10,5	77,4	76,8
	1200 °С	12,5	70,2	69,5
$Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$	800 °С	9,7	98,3	96,5
	1000 °С	16,2	96,2	95,1
	1200 °С	12,9	84,4	83,5
Pr_6O_{11}	800 °С	24,4	83,2	70,2
	1000 °С	25,6	72,2	61,6
	1200 °С	53,6	64,7	52,7
$Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$	800 °С	4,6	99,1	98,2
	1000 °С	7,5	97,8	96,6

Оксид Pr_6O_{11} с размерами частиц 24,4–53,5 нм проявляет существенно низкую активность по сравнению со шпинелями состава $MgAl_2O_4$, $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$ и $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$. Модифицирование шпинели $MgAl_2O_4$ празеодимом приводит к существенному возрастанию его активности. В присутствии наночастиц $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$ и $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$ выход диметилового эфира достигает 96,5–98,2 % при конверсии метанола 98,3–99,1 %. Наиболее высокую активность проявляют образцы нанопорошков шпинелей, прошедшие термическую обработку в интервале температур 800–1000 °С. При дальнейшем повышении температуры происходит заметное снижение активности нанопорошков шпинелей.

Таким образом, нанопорошки состава $Pr_{0,05}Mg_{0,95}Al_2O_4$, и $Pr_{0,1}Mg_{0,9}Al_2O_4$, прошедшие термическую обработку при 800–1000 °С, можно использовать в качестве катализатора при получении диметилового эфира из метанола.

Список литературы

1. Бобкова Н.М., Поповская Н.Ф. и др. Новые технологии в производстве керамических материалов // Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее: тр. Межд. науч-прак. конф. – М., 14–17 октября 2003. – Т. 2. – С. 27–33.

2. Горский В.В. Ядерное топливо с инертной матрицей // Атом. тех. руб. – 2000. – № 10. – С. 3–6.

3. Иванов В.А., Нефедов Б.К., Грязнова З.В., Голосман Е.З. Превращения метанола на алюминатах кальция // Химический синтез на основе одноуглеродных молекул: тезисы доклодов Всесоюзного совещания. – М., 1984. – С. 58–59.

4. Колесниченко Н.В., Ящина О.В., Маркова Н.А., Бирюкова Е.Н., Колумбегов Р.В., Хаджиев С.Н., Китаев Л.Е., Ющенко В.В. Конверсия диметилового эфира в олефины C_2-C_4 цеолитных катализаторах // Нефтехимия. – 2009. – т. 40. – № 1. – С. 45–49.

5. Розовский А.Я. Диметиловый эфир и бензин из природного газа // Российский химический журнал. – 2003. – Т. 47, № 6. – С. 53–58.

6. Сокол В.А., Рохленко Д.А. и др. Алюмомагниевая шпинель для прозрачной керамики // Неорг. мат. – 1981. – Т. 17, № 5. – С. 896–901.

7. Томилов И.П., Девяткина Е.Т. Синтез $MgAl_2O_4$ из соосажденных гидроксидов // Неорг. мат. – 199. – Т. 26, № 12. – С. 2556–2560.

8. Тющенко С.Б., Деттярева Э.В., Кайнарский И.С. Исследование кинетики синтеза магнезиальной шпинели // Неорг. мат. – 1968. – Т. 4, № 4. – С. 3–6.

9. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – Л.: Металлургия, 1982. – С. 632.

10. Domanski D., Urretavizcaya G., Castro F.J., Gennari F.C. Mechanochemical Synthesis of Magnesium Aluminate Spinel Powder at Room Temperature // J.Am. Ceram, Soc. – 2004. – Vol. 87. – P. 2020–2024.

11. Ishmary M.I., Hirotsu V., Afanasyev-Charkin I.V., Sickafus K.E. Atomic structures of metastable and amorphous phases in ion-irradiated magnesium aluminate spinel // J. Phys., Condens. Matter. – 2002. – Vol. 14. – P. 1237–1247.

12. Emadi D., Whiting L.V., Nafisis., Comashchi R. // Jourlal of Termal Analysis and Calorimetry. – 2005. – Vol. 81, № 1. – P. 235–242

13. Gai G., Liuz, Shit, Hech, Yang L., Sun Ch., Chang Y. Light alkenes from syngas via dimethyl ether // Appl. Catalysis A, General. – 1995. – Vol. 125, № 1. – P. 29–34.

14. Jaboyedoff, Kubler B. and Thun Ph. Thelin. An empirical Scherrer Equation for Weakly Swelling Mixed-Layer Minerals, Especially Illite-Smectite // Clay Minerals. – 999. – Vol. 34. – P. 601–517.

15. Oversby V.M. and Ringwood A.E. Leaching studies on SYNROC at 95 and 200 °C // Radioactive Waste Manag. – 1982. – Vol. 2. – P. 305–319.

16. Pati R.K. and Panchanan Pramanik. Law-Temperature Chemical Synthesis of Nanocrystalline $MgAl_2O_4$ Spinel Powder // J. Am. Ceram., Soc. – 2000. – Vol. 83. – P. 1822–1824.

17. Tikhonov N.A., Arkhangelsky I.V., Belyayev S.S., Matfeev A.T. Carbonization of polymeric nonwoven materials // Thermochemical Acta. – 2009. – Vol. 460. – P. 66–70.

18. Zinkle S.J., Matzke H., Skuratov V.A. Microstrukture of swift heavy ionirradiated $MgAl_2O_4$ spinel // Mat. Res. Soc. Symp. Proc. – 1999. – Vol. 540. – P. 299–304.

УДК 541.128:541:182

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ «МЕТАЛЛ – УГЛЕРОДНЫЙ НОСИТЕЛЬ»

[1]Коботаева Н.С., [1]Скороходова Т.С., [2]Раздьяконова Г.И., [3]Полещук О.Х.

[1]ФГБУН «Институт химии нефти» Сибирского отделения Российской академии наук, Томск, e-mail: nat@ipc.tsc.ru;

[2]ФГБУН «Институт проблем переработки углеводородов» Сибирского отделения Российской академии наук, Омск, e-mail: grazdyakonova@mail.ru;

[3] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, e-mail: poleshch@tspu.edu.ru

Созданы композиционные материалы «металл-углерод» на основе различных видов углерода (многослойные углеродные нанотрубки, технический углерод, углерод-углеродный материал Сибунит) и металлов (Ag, Ni, Co). Методом РФА и ПЭМВР показано, что серебро находится на поверхности углеродных носителей в кристаллическом состоянии и имеет размеры 10–20 нм, никель в виде аморфизированной пластинчатой структуры. Использование активированных металлами углеродных наноматериалов в качестве катализаторов процесса окисления кумола позволяет существенно снизить температуру и повысить селективность. Окисление кумола проходит достаточно активно в присутствии всех исследованных катализаторов, но с более постоянной скоростью – при температуре 40 °С на катализаторе ТУ – Ag. Таким образом, композиционные материалы на основе активированных металлами углеродных носителей, обладают высоким потенциалом для применения их в качестве гетерогенных катализаторов процесса окисления кумола.

Ключевые слова: композиционные материалы, технический углерод, Сибунит, углеродные нанотрубки, каталитическая активность

MANUFACTURING AND INVESTIGATION OF PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF METAL – CARBON CARRIER COMPOSITE MATERIALS

[1]Kobotaeva N.S., [1]Skorokhodova T.S., [2]Razdyakonova G.I., [3]Poleschuk O.Kh.

[1]Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, Tomsk, e-mail: nat@ipc.tsc.ru;

[2]Institute of Hydrocarbons Processing SB RAS, Omsk, e-mail: grazdyakonova@mail.ru;

[3]National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: poleshch@tspu.edu.ru

Metal-carbon composite materials on the basis of various kinds of carbon (multiwall carbon nanotubes, carbon black, and Sibunit carbon-carbon material) and metals (Ag, Ni, and Co) are manufactured. The results of XRD and HRTEM methods show that 10–20 nm sized silver is present on the surface of carbon carriers in the crystalline state, while nickel has a form of amorphized lamellar structure. The use of metal-activated carbon nanomaterials as catalysts for cumene oxidation allows one to achieve a significant decrease in temperature and increase in selectivity. Oxidation of cumene takes quite active in the presence of all the catalysts examined, but with a constant velocity – at a temperature on the catalyst 40 °C TU Ag. Thus, the composite material based on activated carbon supports metals, have high potential for their use as heterogeneous catalysts in the oxidation of cumene.

Keywords: composite materials, carbon black, SIBUNIT, carbon nanotubes, catalytic activity

Пористые углеродные материалы нашли широкое применение в процессах сорбции и катализа [4], что обусловлено рядом их специфических физико-химических свойств (высокие удельная поверхность, механическая прочность, химическая и термическая стабильность, низкие электрическое сопротивление и теплопроводность) [2, 8] и доступностью. По каталитическим свойствам катализаторы на углеродных носителях часто превосходят катализаторы на оксидных носителях. На основе углеродных носителей получают широкий набор катализаторов для крупнотоннажных химических процессов [4].

Темой данного исследования является создание композиционных материалов «металл – углеродный носитель» на основе различных видов углерода (многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ), технический углерод (ТУ) и композиционный углерод-углеродный материал «Сибунит») и металлов (Ag, Ni, Co), исследование их физико-химических свойств и возможности использования в качестве катализаторов низкотемпературного процесса окисления кумола.

Материалы и методы исследования

В качестве углеродных носителей в работе использовали: многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) «BaytubesC 150 P» (*Bayer MaterialScience AG*) с числом слоёв 3–15, диаметром 13–16 нм, длиной 1–10 мкм (НТ (Б)); технический углерод (ТУ) марки П354; углерод-углеродный композиционный

материал «Сибунит» (Сибунит). ТУ и Сибунит получены в Институте проблем переработки углеводородов СО РАН (г. Омск). Поверхность Сибунита представлена пиролитическим углеродом [5]. ТУ содержит С 96,4 %, О 2,5 %, S 0,5 %, N и Н по 0,3 % [6].

Рентгено-фазовый анализ проводили на рентгеновском дифрактометре *Shimadzu XRD 7000*.

ИК-спектры регистрировались на ИК-Фурье-спектрометре Nicolet 5700 в матрице KBr в области частот 400–4000 $см^{-1}$ с разрешением 4 $см^{-1}$ и количеством сканов 32.

Исследование размера и формы частиц наноструктур проводили с помощью метода просвечивающей электронной микроскопии на электронном микроскопе JEM-100 CX II JEOL в ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН (ЦКП ТНЦ СО РАН).

Изотерма адсорбции молекулярного азота при температуре 77,4 K получена на анализаторе поверхности и пористости Micromeritics ASAP 2020. Расчет удельной поверхности проводился по методу БЭТ.

Процесс низкотемпературного окисления кумола проводили в стеклянном реакторе барботажного типа на газометрической установке при 60 °С и атмосферном давлении. После реакции смесь анализировали методом газовой хроматографии на хроматографе *Agilent 7890A*.

Результаты исследования и их обсуждение

При создании композиционных материалов использовали 3 вида углеродных носителей – многослойные углеродные нанотрубки (УНТ), технический углерод (ТУ) и углерод-углеродный композиционный материал «Сибунит» (Сибунит).

Есть определенные черты, которые роднят все испытуемые углеродные носители. Они построены из полиароматических слоёв атомов углерода и являются разновидностями семейства углеродных материалов, в которых пространственная ориентация и гибридизация атомов углерода различна. Атомы углерода в углеродных нанотрубках находятся в sp^2-гибридизации и имеют 3D размерную пространственную конфигурацию. ТУ также относится к 3D структурам, но атомы углерода в них находятся в sp^1- и sp^2-гибридных состояниях. Пиролитический углерод находится в sp^2-гибридном состоянии и имеет 2D размерную пространственную конфигурацию [7]. Можно отметить и некоторые особенности каждого из углеродных носителей.

К преимуществам углеродных нанотрубок можно отнести необычную электронную структуру их графеновых стенок – при скручивании графеновой плоскости двойные связи -C=C– приобретают повышенную реакционную способность, приближаясь по характеру к двойным связям фуллеренов, и поэтому УНТ могут образовывать поверхностные π-комплексы с металлами.

Характерной особенностью Сибунитов является тип пористой структуры. Они являются преимущественно мезопористыми материалами.

ТУ получен путём термоокислительного пиролиза углеводородов с последующим окислением 20 % раствором пероксида водорода при 100 °С. Особенностью ТУ является наличие на его поверхности протоногенных функциональных групп – центров ионной адсорбции [5]. Методом РФЭС показано, что кислород в составе технического углерода находится в гидроксильных, карбонильных, эфирных и карбоксильных группах.

Для создания композиционного материала «металл-углерод» на поверхность углеродного материала наносили наночастицы металлов (Ag, Ni и Ni совместно с Co). Наночастицы серебра наносили методом ионной адсорбции или пропитки (IMP) материала солью металла ($Ag(NO_3)$) в различных растворителях с последующим выделением, сушкой и прокаливанием при температуре 300–310 °С (Ag-МУНТ, Ag-ТУ, Ag-Сибунит). Для нанесения наночастиц переходных металлов (никеля и никеля совместно с кобальтом) на поверхность углеродных носителей использовали метод химического восстановления металлов из растворов их солей гипофосфитом натрия (Ni–Co-МУНТ, Ni–Co-ТУ). Данный метод используется достаточно широко в гальванотехнике для нанесения никеля (химическое никелирование) на компактные изделия (металлы и сплавы) [1]. К преимуществам метода можно отнести получение дисперсного покрытия и равномерность нанесения металла на подложку. Работ, посвященных нанесению металлов на неметаллы, полимерные и дисперсные покрытия методом химического восстановления на неметаллы, значительно меньше.

Процесс химического никелирования по своему механизму является электрохимическим (хотя и осуществляется без протекания электрического тока в системе). В основе способа лежит окислительно-восстановительная реакция восстановления иона никеля до металла с помощью восстановителя:

$$NiCl_2 + 2NaH_2PO_2 + 2H_2O \rightarrow Ni + 2NaH_2PO_3 + H_2 + 2HCl. \quad (1)$$

Происходит восстановление ионов никеля (Ni^{2+}) до металлического никеля и ионов H^+ до газообразного водорода, а также окисление гипофосфит иона $(H_2PO_2^-)$ до фосфит-иона $(H_2PO_3^-)$ (степень окисления фосфора возрастает от +1 до +3). Таким образом, в системе протекают параллельные электрохимические реакции:

1) катодное восстановление ионов никеля и водорода:

$$Ni^{+2} + 2e- \rightarrow Ni^0; \quad (2)$$

$$2H^+ + 2e- \rightarrow H_2O; \quad (3)$$

2) анодное окисление гипофосфит-иона:

$$H_2PO_2^- - 2e- \rightarrow H_2PO_3^-. \quad (4)$$

Следует отметить, что нанести никель и кобальт на поверхность Сибунита методом химического восстановления не удалось, что, вероятно, может быть связано с почти полным отсутствием функциональных групп на поверхности Сибунита. Полученный композиционный материал имеет развитую поверхность, сравнимую по своим параметрам с поверхностью исходных углеродных материалов (таблица).

ИК-спектры композиционных материалов на примере композиций «ТУ-металл» представлены на рис. 1.

ваются уширенные, размытые пики никеля (38,42; 44,555; 58,462; 71,074) и кобальта (43,838; 51,731). Уширение пиков может свидетельствовать об аморфном характере нанесенного покрытия.

Ранее показано, что при восстановлении металлов из растворов их солей гипофосфитом натрия совместно с осаждением никеля соосаждается фосфор по реакции (5), который входит в кристаллическую решетку никеля, образуя аморфное никель-фосфорное покрытие.

$$2H_2PO_2^- \rightarrow H_2PO_3^- + P + H_2O. \quad (5)$$

На рентгенограмме композиционного материала ТУ-Ag (рис. 2, б) четко просматриваются пики кристаллического серебра (38,087; 44,27; 64,42; 77,39; 81,551) и углерода (25,414).

Микрофотографии композиционных материалов на примере углеродных нанотрубок представлены на рис. 3.

Каталитическую активность композиционных материалов изучали в реакции окисления кумола молекулярным кислородом при температуре 40–60 °С кинетическим методом. Скорость процесса окисления оценивали по скорости поглощения кислорода системой кумол – катализатор. Окисление кумола в гидропероксид

Удельная поверхность и размер пор композиционных материалов

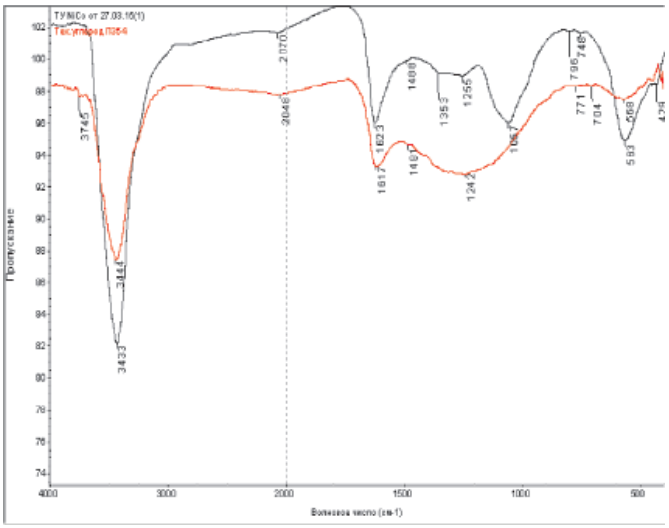
	НТ	ТУ	Сибунит	Ni–Co-НТ	Ni–Co-ТУ	Ag-ТУ	Ag-НТ	Ag-Сибунит
$S_{уд}$, м^2/г	170	110	319	168,2	107,4	108,3	169,1	310,5
$V_{пор}$, см^3/г	0,043	0,034	0,068	0,04	0,031	0,038	0,041	0,065
d, нм	1,95	1,9	1,8	1,75	1,8	1,87	1,75	1,79

Наблюдается небольшое смещение полос, отнесенных к колебаниям –С–С– связей на частотах 1057 и 1126 см$^{-1}$ и увеличивается интенсивность полос на частотах 563 и 580 см$^{-1}$ (колебания связи –М–С–). Следует отметить, что полосы на частотах 563 и 580 см$^{-1}$ наблюдались и ранее при нанесении наночастиц никеля, кобальта и серебра на поверхность углеродных нанотрубок [9, 3]. Квантово-химический расчет модельного соединения AgC_2 методом B3LYP/DGDZVP дает валентные колебания Ag–C в области 480–500 см$^{-1}$, деформационные – в области 580 см$^{-1}$.

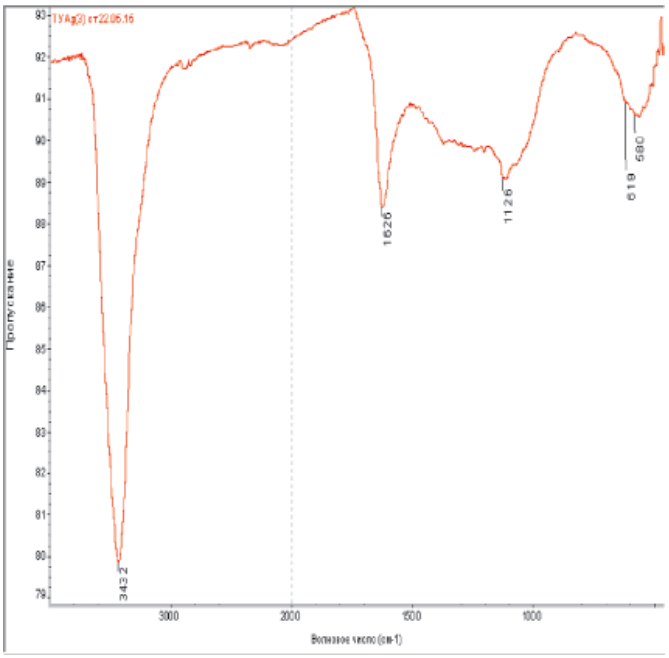
Рентгенограммы композиционных материалов представлены на рис. 2.

На рентгенограмме композиционного материала ТУ-Ni–Co (рис. 2, а) просматри-

кумола (ГПК) является одной из стадий в «кумольной» технологии крупнотоннажного производства фенола и ацетона, реализованного в промышленности. Это типичный свободнорадикальный процесс, осуществляемый при температуре 100–130 °С с конверсией 20–30 %. Процесс требует повышенного потребления электроэнергии, кроме этого, уже при температуре 90–100 °С начинается термическое разложение ГПК. Использование в качестве катализатора полученного композиционного материала позволило провести процесс при температуре 60 °С без инициатора и с увеличенной скоростью. Следует отметить, что при температуре 60 °С без инициатора и катализатора процесс окисления кумола фактически не идет.

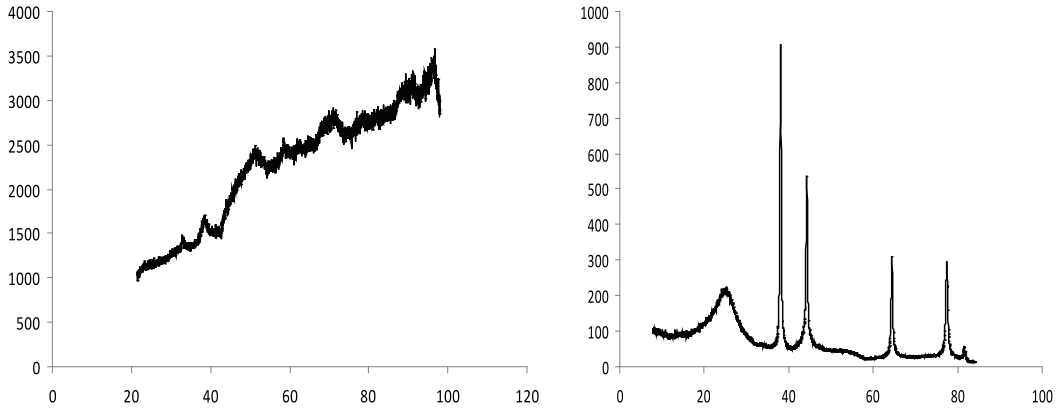


а



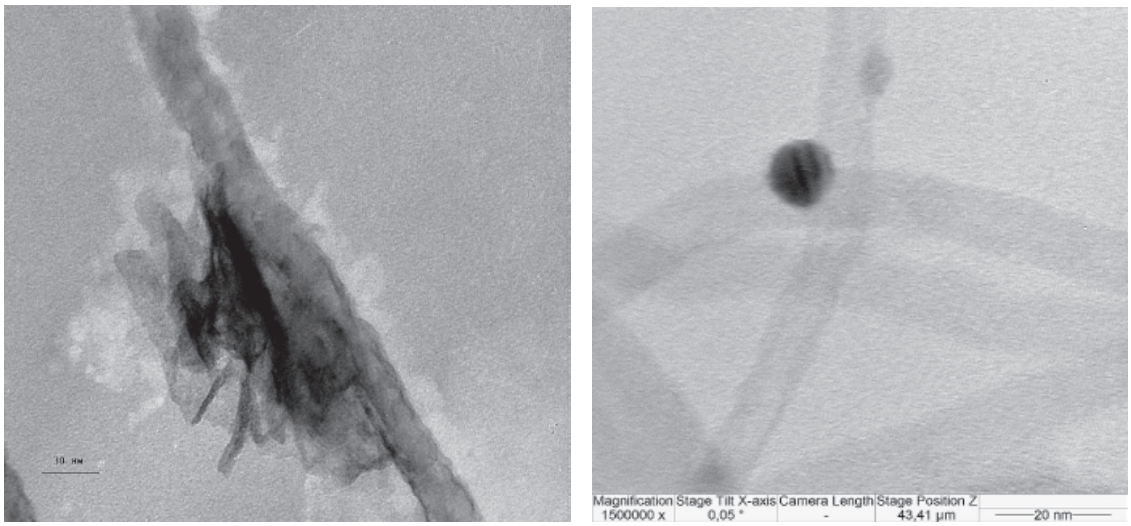
б

Рис. 1. ИК-спектры композиционных материалов ТУ-Ag (а) и ТУ-Ni–Co (б)



а б

Рис. 2. Рентгенограмма композиционного материала ТУ-Ag (а) и ТУ-Ni–Co (б)



а б

Рис. 3. Микрофотографии композиционных материалов: МУНТ-Ni–Co (а); МУНТ-Ag (б)

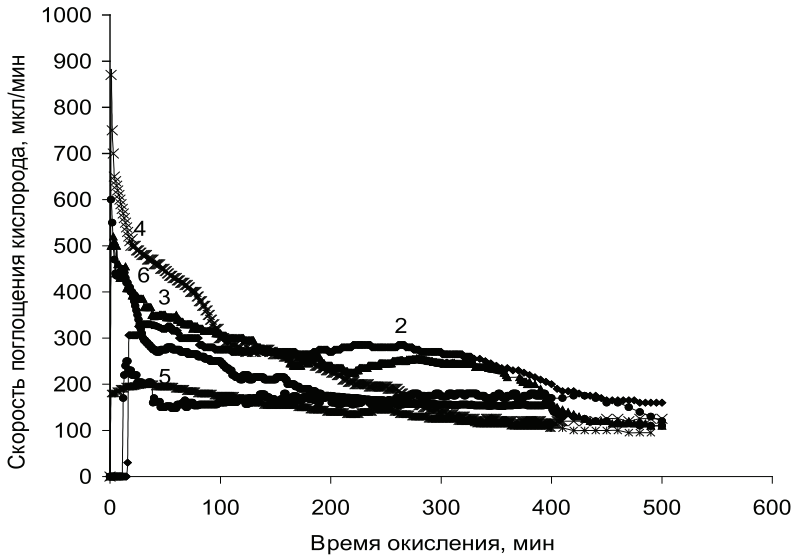


Рис. 4. Зависимость изменения скорости поглощения кислорода от времени при окислении кумола в присутствии композиционных материалов «металл – углеродный носитель»: 1 – Ag-НТ; 2 – Ag-Сибунит; 3 – Ag-ТУ; 4 – Ni–Co-ТУ; 5 – Ni–Co-ТУ (катализатор после восстановления); 6 – Ni–Co-НТ

Согласно изображению на микрофотографиях никель находится на поверхности углеродных нанотрубок в виде очень тонких пластин (рис. 3, а), а серебро имеет кристаллическую структуру ($d_{кр}$ = 1–20 нм) (рис. 3, б).

На рис. 4 представлена зависимость изменения скорости поглощения кислорода от времени при окислении кумола в присутствии композиционных материалов «металл – углеродный носитель».

Согласно рисунку окисление кумола проходит достаточно активно в присутствии всех исследованных катализаторов, но с более постоянной скоростью – при температуре 40°С на катализаторе ТУ-Ag (рис. 4, кривая 2). Таким образом, композиционные материалы на основе активированных металлами углеродных носителей обладают высоким потенциалом для применения их в качестве гетерогенных катализаторов процесса окисления кумола.

Выводы

1. Созданы композиционные материалы «металл-углерод» на основе различных видов углерода (многослойные углеродные нанотрубки, технический углерод, углерод-углеродный материал Сибунит) и металлов (Ag, Ni, Co) и изучены их физико-химические свойства.

2. Методом РФА и ПЭМВР показано, что серебро находится на поверхности углеродных носителей в кристаллическом состоянии и имеет размеры 10–20 нм, никель в виде аморфизированной пластинчатой структуры.

3. Использование активированных металлами углеродных наноматериалов в качестве катализаторов процесса окисления кумола позволяет существенно снизить температуру и повысить селективность.

Список литературы

1. Вишенков С.А. Химические и электрохимические способы осаждения металлопокрытий. – М.: Машиностроение, 1975. – 312 с.

2. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Ситников А.В., Ушаков А.Е. Углеродные наноструктуры. Способы получения упорядоченных углеродных наноструктур методом химического осаждения из пара // Альтернативная энергетика и экология. – 2008. – № 10(42). – С. 45–51.

3. Коботаева Н.С., Скороходова Т.С. Исследование возможности применения многослойных углеродных нанотрубок активированных никелем в создании катализаторов // Каучук и резина. – 2014. – № 5. – С. 22–25.

4. Плаксин Г.В. Пористые углеродные материалы типа сибунита // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – № 9. – С. 609–620.

5. Раздьяконова Г.И., Пьянова Л.Г., Суровикин Ю.В., Лихолобов В.А. Свойства и методы анализа углеродных материалов: монография. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 176 с. – С. 10–11.

6. Раздьяконова Г.И., Лихолобов В.А., Моисеевская Г.В., Петин А.А., Караваев М.Ю. Инновационный дисперсный углерод. От идеи до технологии: монография. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 312 с. – С. 244–245.

7. Раздьяконова Г.И. Получение и свойства дисперсного углерода: монография. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 236 с. – С. 19.

8. Раков Э.Г. Пиролитический синтез нанотрубок и нановолокон // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. – 2004. – Т. 48. – № 5. – С. 12–29.

9. Kobotaeva N.S., Skorokhodova T.S., Ryabova N.V. Catalytic Systems of Cumol Oxidation Based on Multiwalled Carbon Nanotubes // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2015. – Vol. 89, № 3. – P. 462–468.

УДК 66.098

ЦИТОТОКСИЧНОСТЬ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО И АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИЛИКОНА, ОБРАБОТАННОГО СИЛИКОНОВЫМ МАСЛОМ

[1]Мельников В.Л., [1]Митрофанова Н.Н., [1,2]Агейкин А.В., [2]Сурнина М.А.

[1]ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: meidpgumi@yandex.ru;
[2]Лазерный центр, Ганновер (Германия)

Хирургия и анестезиология являются одними из самых ответственных областей медицины, так как работа в этих направлениях подразумевает под собой вмешательство в организм человека в его критическом состоянии. Следовательно, оборудование, которое используют медицинские работники в этой области, должно соответствовать всем необходимым требованиям, предъявляемым к ним. Хирургический и анестезиологический материал должен быть минимально токсичен и не контаминирован микроорганизмами. Цель настоящего исследования – определение токсичных свойств силикона, дополнительно обработанного силиконовым маслом, с использованием LDH-тестирования. Установлено, что LDH-тестирование с применением Plate Reader для количественной оценки погибших клеток позволяет с высокой достоверностью выявить токсичность тех или иных медицинских материалов. Токсичность экспериментальных образцов после их нахождения в силиконовом масле не превышает допустимых значений и существенно ниже группы с максимальной летальностью клеток. Использование данных видов силикона, обработанных дополнительно силиконовым маслом, в качестве медицинского материала предполагается возможным.

Ключевые слова: лактатдегидрогеназный тест, медицинские материалы, силикон, токсичность, силиконовое масло

CYTOTOXICITY INTRAOPERATIVE AND ANESTHETIC MATERIAL SILICONE-BASED, SILICONE OIL TREATED

[1]Melnikov V.L., [1]Mitrofanova N.N., [1,2]Ageykin A.V., [2]Surnina M.A.

[1]Penza State University, Penza, e-mail: meidpgumi@yandex.ru;
[2]Laser Zentrum Hannover e.V. (Germany)

Surgery and anesthesiology are some of the most critical areas of medicine, since the work in these areas implies an interference with the human body in its critical condition. Consequently, the equipment used health professionals in this field, must meet all the necessary requirements to them. Surgical and anesthetic material should be minimally toxic and contaminated with microorganisms. The purpose of this study was to determine the toxic properties of silicone, silicone oil is further processed using LDH – testing. It is found that LDH – Testing with Plate Reader for quantifying dead cells allows high certainty to identify the toxicity or other medical supplies. Toxicity test specimens after their stay in the silicone oil does not exceed the allowable values and significantly lower than the group with maximal cell lethality. Using these types of silicone, silicone oil is further processed, as a medical material, it is assumed possible.

Keywords: lactate dehydrogenase test, medical materials, silicon, toxicity, silicone oil

Современные медицинские материалы, используемые в практике любого врача, а также среднего медицинского персонала, на сегодняшний день очень разнообразны, поэтому при приобретении того или иного материала необходимо производить четкий анализ всех свойств, ожидаемых от него. К таким свойствам можно отнести устойчивость к действию внешних температур, токсичность, наличие антибактериальных свойств и т.д.

Зачастую современные материалы практически лишены всех нежелательных свойств, но при их использовании имеется вероятность возникновения ряда побочных эффектов у пациентов. До сих пор существует риск инфицирования медицинского материала в условиях стационара. В данном случае речь идет о различных катетерах, интубационных трубках и других материалах, полученных из такого материала, как силикон. Следовательно, многие ученые стремятся минимизировать нежелательные отрицательные свойства, присущие этому материалу.

Имеется предположение, рассматриваемое в статье, что силиконовое масло придает силикону повышенные антибактериальные свойства путем впитывания в силикон части силиконового масла, что препятствует инфицированию катетерного и дренажного материала [6].

Большую опасность представляют такие микроорганизмы, как *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis* [2, 4, 5, 7, 8].

Присутствие данных микроорганизмов на катетерах и дренажах, а также последующая их контаминация в живом организме вызывают ряд бактериальных инфекций.

Хотя предположение о повышении антибактериальных свойств силикона при обработке его силиконовым маслом и является существенным, но оно не позволяет использовать данный обработанный материал в медицинской практике. Для этого необходимо провести ряд тестов, определяющих безопасность его использования [1, 3, 9–11].

Цель исследования – определение токсичных свойств силикона, дополнительно обработанного силиконовым маслом, с использованием LDH-тестирования для определения возможности его использования в медицинской практике.

Материалы и методы исследования

LDH-тест (лактатдегидрогеназный тест) используется для определения токсичности тех или иных материалов, химических соединений, растворов.

В данном случае имелись 2 образца различного вида силикона (кружки цилиндрической формы, диаметром 1 см), используемого в медицинских целях (в качестве интубационных трубок). В качестве первого экспериментального материала использовался Material Silicon Tubes, полученный из Высшей медицинской школы г. Ганновера (Medizinische Hochschule Hannover, MHH, Germany), применяемый для послеоперационного дренажа пациентов. Вторым экспериментальным материалом был стандартный полидиметилсилоксан – PDMS Sylgarol 184. Силиконовое масло – Silicone Oil 317667 – 250 ml.

Для выполнения эксперимента использовались следующие материалы и оборудование:

1. Инкубатор Thermo HERA cell 150.
2. 2 штуки 96 well-plate.
3. 3T3 клетки (мышиные фибробласты).
4. Чистый медиум (DMEM) – питательная среда для клеток.
5. Тритон X-100 – неионное поверхностно-активное вещество, перфорирующее клеточную мембрану с последующей гибелью клеток.
6. LDH-субстрат – субстрат, необходимый для колориметрической оценки погибших клеток.
7. Plate Reader – прибор для количественного определения по числовому показателю постоянного LDH (в случае, когда все клетки убиты, следовательно, LDH максимальный) и спонтанного LDH (в случае варьирования количества убитых клеток).

Исследовательская работа выполнялась в 2 этапа.

1 этап. Подготовка обработанных силиконовым маслом образцов силикона.

Сначала были приготовлены чашки Петри с предварительно выращенными 3T3 клетками (мышиными фибробластами) в растворе чистого медиума (DMEM) в количестве 100 тыс. клеток в 1 мл, инкубированные в течение 1 суток в инкубаторе при температуре 37 °C и газовом соотношении 95 % O_2 и 5 % CO_2.

Имеющиеся силиконовые кружки помещались в силиконовое масло на 1 сутки. После этого они извлекались из силиконового масла и промокались стерильными салфетками. Затем они помещались на 2 суток в раствор медиума (DMEM) в 1-ую 96 well-plate в 1-й и 2-й ряды соответственно с целью определения отсутствия или же наличия силиконового масла с последующим удалением его остатков с поверхности материала.

В этой же 1-й 96 well-plate в 7-й ряд добавлялось 230 чистого медиума и 50 мкл тритона X-100.

2 этап. Окончательное приготовление экспериментальных образцов для непосредственного исследования.

Работа проводилась во 2-й новой 96 well-plate.

В 1-й ряд добавлялся клеточный медиум, полученный на первоначальном этапе подготовки материала в размере 50 мкл. Во 2-й ряд добавлялся чистый медиум в объеме 50 мкл. В 3-й ряд добавлялось 50 мкл смеси чистого медиума с тритоном X-100 из 7 ряда 1-й 96 well-plate. Затем в 4-й и 5-й ряды соответственно добавлялись полученные перемешанные растворы медиума и силиконового масла с двух образцов силиконовых трубок в объеме 50 мкл каждого из 1-й 96 well-plate. 6-й ряд – смесь клеточного медиума с тритоном X-100 (по 25 мкл каждого). 7-й ряд – чистый, а 8-й – чистый медиум в объеме 200 мкл.

Ко всем первым 6-ти рядам 2-й 96 well-plate в объеме 150 мкл добавлялся LDH-субстрат. После этого производилось погружение well-plate в Plate Reader для считывания информации.

Результаты исследования и их обсуждения

Измерения в Plate Reader производились каждые 15 минут в течение 1 часа. Визуально уже через 5–10 минут наблюдалось изменение окраски в 6-м ряду: желтый цвет изменялся на красный. Это связано со способностью тритона X-100 перфорировать клеточную мембрану, вызывая гибель клеток, которая визуализируется на рис. 1 в 6-м ряду.

Для более точной верификации результатов был убран «шум», исходящий от чистого медиума, и нормированы результаты, которые были получены из Plate Reader. Для этого выполнено следующее: из средних значений 1-го ряда (контрольной группы), 4-го ряда (1-го экспериментального образца) и 5-го ряда (2-го экспериментального образца) вычиталось среднее значение 2-го ряда (шум, который исходил от чистого медиума). После этого были получены окончательные результаты (табл. 2).

По результатам, полученным с помощью Plate Reader, была составлена диаграмма, на которой графически изображено соотношение токсических свойств двух экспериментальных образцов, погруженных в силиконовое масло (рис. 2).

Числовые значения, представленные в табл. 1 и диаграмме (рис. 2), указывают на то, что токсичность экспериментальных образцов практически в 2 раза ниже токсичности контрольной группы, что в свою очередь является практически невозможным. Следовательно, данный факт позволяет сделать вывод о том, что, скорее всего, силиконовое масло связывает с собой LDH-субстрат, что и приводит к двукратной разнице по сравнению с экспериментальной группой.

Живые клетки
Чистый DMEM
Смесь чистого DMEM с трит. X-100 из 1-й 96 well-plate
1 экспериментальный образец
2 экспериментальный образец
Смесь клет. DMEM с тритоном X-100
–
Чистый DMEM без LDH-субстрата

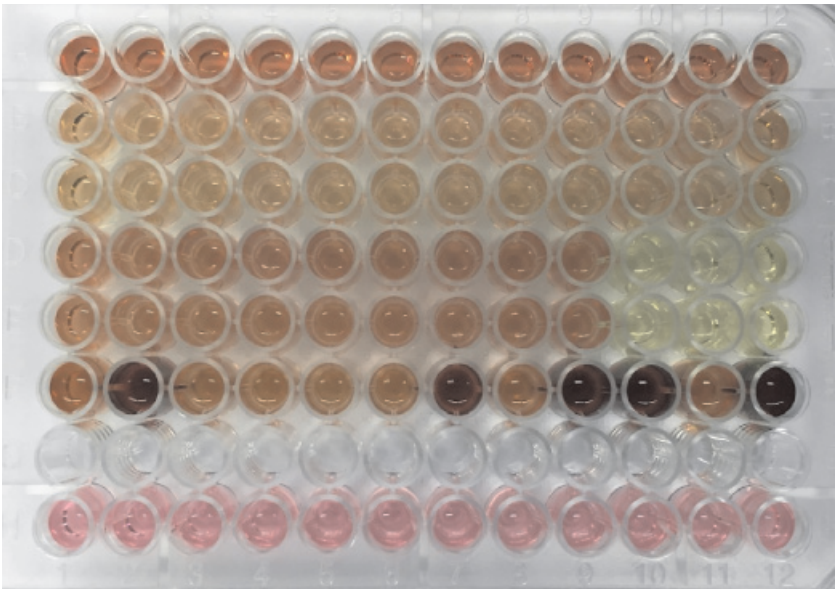


Рис. 1. Графическое изображение 2-й 96 well-plate через 10 минут после добавления LDH-субстрата

Таблица 1

Графическое изображение результатов, полученных с использованием Plate Reader (усредненные значения после 4-х измерений в течение часа с интервалом 15 + минут)

Среднее значение	1 ряд 0,1207	2 ряд 0,025517	3 ряд 0,027533	4 ряд 0,078678	5 ряд 0,081122	6 ряд 0,747925	7 ряд	8 ряд
1	0,1316	0,0236	0,0269	0,0741	0,0777	0,1736		0,0004
2	0,12	0,0261	0,0273	0,0775	0,0778	1,3635		0,0004
3	0,1164	0,0261	0,0273	0,0842	0,0745	0,1289		0,0001
4	0,1294	0,0228	0,0243	0,0712	0,0798	0,1165		0
5	0,1113	0,0247	0,0274	0,0819	0,0807	0,1034		0,0009
6	0,1285	0,0233	0,0279	0,0727	0,0825	0,1186		–0,0003
7	0,1164	0,0262	0,027	0,0758	0,0819	1,0448		0,0002
8	0,1179	0,0306	0,0306	0,0835	0,0866	0,1438		0,0005
9	0,1228	0,0255	0,0295	0,0872	0,0886	1,7159		0,0005
10	0,1122	0,0267	0,0273			2,241		0,0007
11	0,1211	0,0204	0,0265			0,1907		–0,0002
12	0,1208	0,0302	0,0284			1,6344		1E-04

Таблица 2

Графическое изображение окончательной обработки полученных результатов из Plate Reader

	Контр. гр.	ЭО1	ЭО2	Мертвые клетки
Среднее значение	0,095183	0,053161	0,055606	0,747925
1	0,106083	0,048583	0,052183	0,1736
2	0,094483	0,051983	0,052283	1,3635
3	0,090883	0,058683	0,048983	0,1289
4	0,103883	0,045683	0,054283	0,1165
5	0,085783	0,056383	0,055183	0,1034
6	0,102983	0,047183	0,056983	0,1186
7	0,090883	0,050283	0,056383	1,0448
8	0,092383	0,057983	0,061083	0,1438
9	0,097283	0,061683	0,063083	1,7159
10	0,086683			2,241
11	0,095583			0,1907
12	0,095283			1,6344

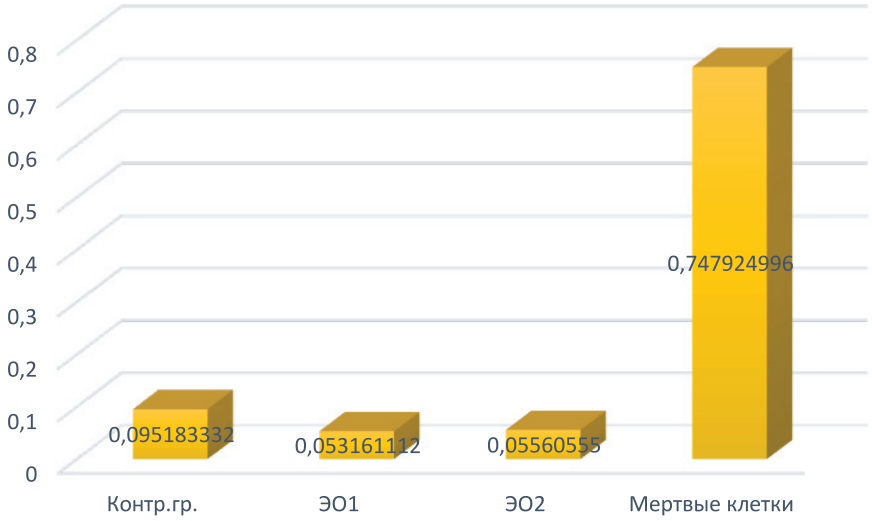


Рис. 2. Графическое изображение определения токсичности исследуемых материалов по сравнению с контрольной группой (клеточный медиум) и группой мертвых клеток (смеси клеточной DMEM с тритоном X-100)

Использование данных видов силикона, обработанных дополнительно силиконовым маслом, предполагается возможным, несмотря даже на некую специфичность методики для этого эксперимента, описанной выше. Даже в случае отсутствия связывания LDH-субстрата с силиконовым маслом двукратное увеличение концентрации убитых клеток в экспериментальных группах по сравнению с контрольной группой будет также меньше, чем в группе с максимальной летальностью клеток.

Проведение дополнительных исследований в данной области с применением методик, позволяющих оценить как антибактериальные, так и токсические свойства комбинации силиконового масла с различными медицинскими материалами, поможет с более высокой точностью сделать заключение о свойствах экспериментальных образцов.

Выводы

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что LDH-тестирование с применением Plate Reader для количественной оценки погибших клеток позволяет с высокой достоверностью выявить токсичность тех или иных медицинских материалов посредством определения количественного соотношения погибших клеток в экспериментальных и контрольных образцах.

Токсичность экспериментальных образцов после их нахождения в силиконовом масле не превышает допустимых значений и существенно ниже группы с максимальной летальностью клеток, поэтому данные виды силикона могут быть использованы в качестве интраоперационного и анестезиологического материала.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках программы «Стипендия Президента РФ для обучения за рубежом». Коллектив авторов выражает благодарность за предоставление научно-технической базы для проведения исследований и получение результатов руководителю отдела нанотехнологии Лазерного центра г. Ганновер д.ф.-м.н., проф. Б.Н. Чичкову.

Список литературы

1. Соловьев В.Б., Федорова М.Г., Любченко О.Д., Таринов В.Ф. Морфологические изменения в зоне имплантации углеродсодержащих материалов в отдаленные сроки после операции // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2014. – № 3 (31). – С. 39–48.

2. Blanc D.S., Petignat C., Janin B., Bille J., Francioli P. Frequency and molecular diversity of Pseudomonas aeruginosa upon admission and during hospitalization: a prospective epidemiologic study // Clin. Microbiol. Infect. – 1998. – № 4 (5). – P. 242–247.

3. Colas A., Curtis, J. Silicone Biomaterials: History and Chemistry. In Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine. – 2nd ed. – Elsevier: Amsterdam, 2004. – P. 80−85, 697−701.

4. Fernández L., Gooderham W.J., Bains M., McPhee J.B., Wiegand I., Hancock R.E.W. Adaptive resistance to the "last hope" antibiotics polymyxin B and colistin in Pseudomonas aeruginosa is mediated by the novel two-component regulatory system ParR-ParS // Antimicrob. Agents Chemother. – 2010. – № 54 (8). – P. 3372−3382.

5. Hancock R.E., Speert D.P. Antibiotic resistance in Pseudomonas aeruginosa: mechanisms and impact on treatment // Drug Resistance Updates. – 2000. – № 3 (4). –P. 247−255.

6. Noah MacCallum, Caitlin Howell, Philseok Kim, Derek Sun, Ronn Friedlander, Jonathan Ranisau, Onye Ahanotu, Jennifer J. Lin, Alex Vena, Benjamin Hatton, Tak-Sing Wong,and Joanna Aizenberg Liquid – Infused Silicone as a Biofouling-Free Medical Material ACS Biomater. Sci. Eng. – 2015. – № 1. – P. 43−51.

7. Rosenthal V.D., Todi S.K., Álvarez-Moreno C., Pawar M., Karlekar A., Zeggwagh A.A., Mitrev Z., Udwadia F.E., Navoa-Ng J.A., Chakravarthy M. et al. Impact of a multidimensional infection control strategy on catheter-associated urinary tract infection rates in the adult intensive care units of 15 developing countries: findings of the International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC) // Infection. – 2012. – № 40 (5). – P. 517−526.

8. Seral C., Yolanda S., Algarate S., Duran E., Luque P., Torres, C., Castillo F.J. Nosocomial outbreak of methicillin- and linezolidresistant Staphylococcus epidermidis associated with catheter-related infections in intensive care unit patients // Int. J. Med. Microbiol. – 2011. – № 301 (4). – P. 354−358.

9. Snelling A.M., Kerr K.G. Pseudomonas aeruginosa: a formidable and ever-present adversary // J. Hosp. Infect. – 2009. – № 73 (4). – P. 338−344.

10. Strateva T., Yordanov D. Pseudomonas aeruginosa-a phenomenon of bacterial resistance // J. Med. Microbiol. – 2009. – № 58 (9). – P. 1133−1148.

11. Swartjes J.J., Veeregowda D.H., van der Mei, H.C., Busscher H.J., Sharma P.K. Normally Oriented Adhesion versus Friction Forces in Bacterial Adhesion to Polymer-Brush Functionalized Surfaces Under Fluid Flow // Adv. Funct. Mater. – 2014. – № 24 (28). – P. 4425− 4441 DOI: 10.1002/adfm.201400217.

УДК 541.18

МАССОПЕРЕДАЧА И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОЛЛАГЕНА В РАЗНЫХ СРЕДАХ

Раднаева В.Д., Танганов Б.Б.

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Улан-Удэ, e-mail: radnaevav@mail.ru

Невысокие концентрации дубящего агента при дублении кож в воде обусловливают большую длительность процесса массопередачи его в дерму. Обработка в органоводных системах может ускорить процесс массопередачи и изменить сорбционные свойства коллагена. Исследовано влияние природы среды на сорбционные свойства коллагена на модели (гольевой порошок) и пикелеванном голье. В качестве среды использовали органоводные системы на основе водного раствора солей хрома и органических растворителей: изопропиловый спирт и трихлорэтилен. Добавки изопропилового спирта ускоряют процесс массопередачи солей хрома в дерму в 1,2–1,3 раза. Трихлорэтилен увеличивает сорбционную активность коллагена в 1,1–1,3 раза. На скорость массопередачи при дублении влияют продолжительность процесса, концентрация оксида хрома, содержание органических растворителей. Установлена связь между свойствами органических растворителей и скоростью растекания их по поверхности студня желатина.

Ключевые слова: сорбционная активность, смачивающая способность, гольевой порошок, студень желатина, массопередача

MASS TRANSFER AND SORPTIV PROPERTIES OF COLLAGEN IN DIFFERENT MEDIA

Radnaeva V.D., Tanganov B.B.

East Siberia State University of Technologies and Management, Ulan-Ude, e-mail: radnaevav@mail.ru

Low concentration of tanning agent in the water solution is the cause long duration of the process of mass transfer it into the dermis. The process of mass transfer in organowater systems can speed up the process of mass transfer and change the sorption properties of collagen. The influence of the nature of the medium on the sorption properties of the collagen in the model (hide powder) and pickled stock were studied. The organowater systems were based on an aqueous solution of chromium salts and organic solvents: isopropyl alcohol and trichlorethylene. Additives isopropyl alcohol speeds up the process of mass transfer chromium salts into the dermis in 1,2–1,3 times. Trichloroethylene increases the sorption activity of collagen in 1,1–1,3 times. The duration, concentration of chromium oxide, content of organic solvents are influence on the rate of mass transfer in the tanning process. The dependence between the properties of organic solvents and the speed of spreading them over the surface of the gelatin jelly was established.

Keywords: sorption activity, wetting ability, hide powder, jelly gelatin, mass transfer

Сорбция дубящих соединений хрома коллагеном является результатом связывания их с его функциональными группами в водном растворе невысоких концентраций. Невысокие концентрации (до 30 г/см^3, считая на оксид) обусловливают большую длительность проникания химических реагентов в дерму – не менее 5 ч. Известна проблема неравномерного распределения дубителя по слоям дермы, которая также может быть связана с медленной массопередачей.

В работе В.С. Думнова [3] отмечается, что замена водной среды растворителем, в котором многие коллоидные реагенты находятся не в агрегированном, а в молекулярно-дисперсионном состоянии, позволит резко сократить длительность массопередачи за счет повышения доступности структурных элементов дермы. Однако исследования в этом направлении не получили развития и в последние годы публикации по этой тематике практически не встречаются. Между тем проблема ускорения массопередачи в технологических процессах остается актуальной.

Целью работы является исследование влияния природы среды на скорость массопередачи дубящих солей хрома и сорбционные свойства коллагена.

Материалы и методы исследования

Исследовали влияние разных сред на сорбцию солей хрома (III) на модели (не хромированный гольевой порошок влажностью 8%) и пикелеванном голье. Пикелеванное голье получали по методике [6]. В качестве среды для хромового дубления использовали воду (контрольный вариант) и органоводные системы (опытный вариант) на основе водного раствора солей хрома и органических растворителей (70% – водный раствор солей хрома, 30% – органический растворитель). Концентрация оксида хрома в контрольном и опытном вариантах составляла 25 г/дм^3. Использовали органические растворители: изопропиловый спирт (ИПС), трихлорэтилен (ТХЭ). Гольевой порошок обрабатывали по схемам (табл. 1).

Таблица 1

Схемы проведения эксперимента

№ п/п	Схема 1	Схема 2
1	Дубление в водном растворе солей хрома, температура 20°С, продолжительность от 5 до 48 ч	Дубление в водной и органоводной среде, температура 20°С, продолжительность от 0,12 до 48 ч
2	Отжим в центрифуге, определение оксида хрома в гольевом порошке	Отжим в центрифуге, определение оксида хрома в гольевом порошке
3	Обработка в воде и органических растворителях, температура 20°С, расход 100%, продолжительность 1 ч, отжим	Обработка в воде, температура 20°С, расход 100%, продолжительность 1 ч
4	Дубление водным раствором солей хрома	Отжим в центрифуге
5	Отжим, определение оксида хрома	Дубление в водном растворе солей хрома
6		Отжим, определение оксида хрома

В гольевом порошке после дубления в водном растворе солей хрома и отжима содержание оксида хрома составило 9,6% (схема 1). Сорбционную емкость определяли по содержанию оксида хрома в гольевом порошке в соответствии с ГОСТ 939.3-77 [2].

Смачивающую способность растворителей определяли по скорости растекания по поверхности 5% студня дубленого и недубленого желатина. Капля исследуемой жидкости наносилась на поверхность студня желатина, при помощи микроскопа измеряли диаметр и время растекания жидкости. На основе полученных данных рассчитывали площадь и скорость растекания.

Дубление опытных образцов пикелеванного голья проводили в органоводной среде при постоянном встряхивании, жидкостном коэффициенте 50, температуре 20°С, концентрацию оксида хрома в водном растворе дубителя изменяли от 5 до 50 г/дм^3. Основность соединений хрома 38%. После дубления образцы отжимали на центрифуге, высушивали при температуре 130°С, определяли глубину проникания дубителя с лицевой и бахтармяной сторон и содержание оксида хрома в пересчете на абсолютно сухую кожу.

Эксперимент по изучению сорбционных свойств дермы при добавлении органических растворителей в зависимости от содержания их в органоводной системе, продолжительности дубления и концентрации оксида хрома в растворе проводили по плану полного факторного эксперимента 2^3.

Результаты исследования и их обсуждение

Сорбционная активность функциональных групп коллагена зависит от природы растворителей. После дубления гольевого порошка и промывки водой (схема 1, п. 3), уже через полчаса наступает адсорбционное равновесие (рис. 1, а). Это указывает на то, что уже через 0,5–1,0 ч происходит насыщение пучков коллагеновых волокон, которое не изменяется в течение 48 ч (рис. 1, б).

Иная картина наблюдается после обработки в органических растворителях. Изопропиловый спирт незначительно вымывает дубитель (до 9,4%), при последующем дублении потери оксида хрома увеличиваются, причем наибольшие потери наблюдаются через 20–30 минут от начала дубления – до 8,5% и продолжают уменьшаться – до 8% через 6 ч. Через 48 ч наблюдается незначительное повышение содержания оксида хрома 8,5%.

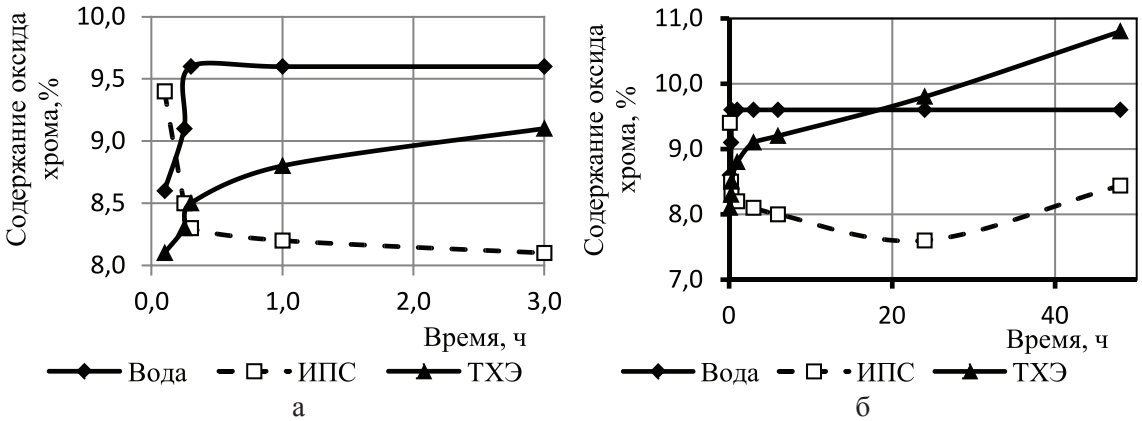


Рис. 1. Сорбционная емкость гольевого порошка после промывки в воде, органических растворителях и дубления хромовым дубителем: а – в течение 3 ч; б – в течение 48 ч

Трихлорэтилен также вымывает дубитель (до 8,1 %), однако уже через 3 ч при последующем дублении содержание его восстанавливается почти до первоначального значения. Сорбция дубителя гольевым порошком продолжается в течение 48 ч и содержание дубителя в нем составляет 10,8 %.

Обработка гольевого порошка в органоводной системе (табл. 1, схема 2) изменяет ход сорбционных процессов (рис. 2).

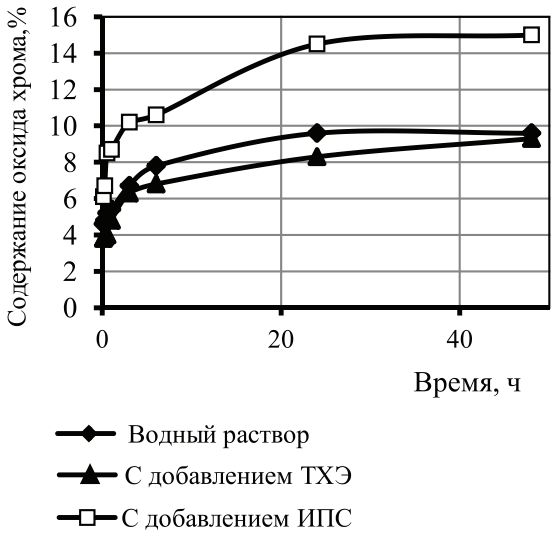


Рис. 2. Влияние дубления в органоводных системах на поглощение солей хрома гольевым порошком

Установлено, что при дублении в присутствии изопропилового спирта скорость поглощения солей хрома возрастает – через 5 минут содержание оксида хрома в гольевом порошке составляет 6,1 %, через 48 ч – 15 %. Кинетика поглощения солей хрома в водном растворе выше, чем с добавлением трихлорэтилена, но содержание оксида хрома в конце дубления становится практически одинаковым и равным 9,3–9,6 %. Это можно объяснить тем, что характер поглощения солей хрома в органоводной системе изменяется и зависит от природы растворителя. Повышение сорбционной активности гольевого порошка является результатом действия двух факторов: с одной стороны, изопропиловый спирт, являясь гидрофильным растворителем, обезвоживает гольевой порошок и разрыхляет структуру коллагена, тем самым способствует повышению его сорбционной активности, с другой – изопропиловый спирт, легко смешиваясь с водным раствором дубителя, облегчает доступ к функциональным группам коллагена. Трихлорэтилен не смешивается с водным раствором хромового дубителя, и дубление проходит в трехфазной системе: растворитель – дубитель – гольевой порошок. Гольевой порошок, распределяясь таким образом в двух фазах, по-разному изменяет сорбционную активность, что в целом уменьшило скорость дубления.

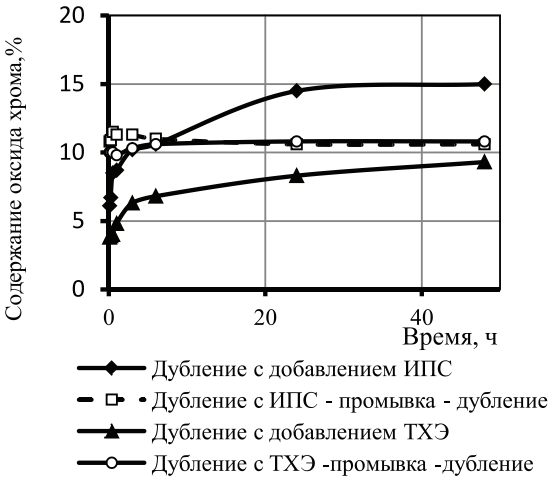


Рис. 3. Изменение сорбционной активности гольевого порошка после дубления в органоводных системах

После обработки органическим растворителем дубленого гольевого порошка происходит сначала вымывание хромового дубителя (схема 1, табл. 1). Взаимодействие органических растворителей различной природы с коллагеном привело к изменению его сорбционной активности: гидрофобный растворитель действует интенсивнее, чем гидрофильный. Возможно, обработка трихлорэтиленом увеличивает количество сорбционных центров, доступных для взаимодействия с дубителем. Изменение условий опыта на совмещенную обработку в органоводной среде привело к снижению сорбционной активности коллагена после дубления в органоводной среде с трихлорэтиленом. Для объяснения противоречия провели дополнительный эксперимент по схеме 2 (табл. 1). После дубления гольевого порошка в органоводной среде проводили промывку в воде в течение 1 ч и определяли в нем содержание оксида хрома (рис. 3). В результате промывки и последующего дубления содержание оксида хрома в гольевом порошке, дубленном в водном растворе с добавлением ИПС, уменьшилось с 15,0 до 10,6 %. Изменился характер взаимодействия дубителя с гольевым порошком – при промывке водой вымылось 4,4 % оксида хрома и при дальнейшем дублении первоначальное количество (15,0 %) не восстанавливается. И наоборот, промывка водой гольевого

порошка, дубленного в водном растворе с трихлорэтиленом, увеличивается содержание дубящих солей хрома при последующем дублении в водном растворе от 8,6 и 10,8%.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что при сорбции соединений хрома гольевым порошком в присутствии ИПС образуются слабые связи, которые легко разрушаются при последующей промывке. Промывка гольевого порошка, дубленного в присутствии ТХЭ, способствует увеличению подвижности структурных элементов белка при солюбилизации гидрофобного растворителя, поэтому увеличивается содержание оксида хрома в гольевом порошке. Таким образом, можно подтвердить ранее полученные результаты, свидетельствующие о повышении сорбционной активности гольевого порошка при воздействии ТХЭ.

Известно, что на сорбционные свойства дермы оказывают влияние такие факторы, как концентрация оксида хрома, продолжительность дубления. С целью выявления значимости влияния добавок органических растворителей на сорбционные свойства дермы по сравнению с этими факторами поставлен полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^3 [1] (табл. 2). Факторное пространство определяли на основе результатов предварительного эксперимента.

Кроме того, снимали кинетические кривые в зависимости от природы органического растворителя (рис. 4).

Реализация плана ПФЭ 2^3 и его обработка позволили получить математические модели зависимости содержания оксида хрома в дерме от концентрации оксида хрома (X_1, г/дм^3), продолжительности (X_2, ч), содержания органического растворителя в органоводной системе (X_3, %):

Изопропиловый спирт:

$$Y = 4{,}0 + 1{,}4\,X_1 + 1{,}7\,X_2 + 0{,}4\,X_3. \quad (1)$$

Трихлорэтилен:

$$Y = 2{,}8 + 1{,}0\,X_1 + 1{,}4\,X_2 + 0{,}1\,X_3. \quad (2)$$

Таблица 2

Техническая характеристика плана полного факторного эксперимента 2^3

Уровни	Условное обозначение в кодированных переменных	Входные переменные		
		Концентрация оксида хрома в растворе Z_1, г/дм^3	Продолжительность Z_2, ч	Содержание органического растворителя в системе Z_3, %
Основной уровень	X_0	27,5	12,1	35
Интервал варьирования	X_j	22,5	11,9	35
Верхний уровень	$X_j = +1$	50	0,16	70
Нижний уровень	$X_j = -1$	5	24	10

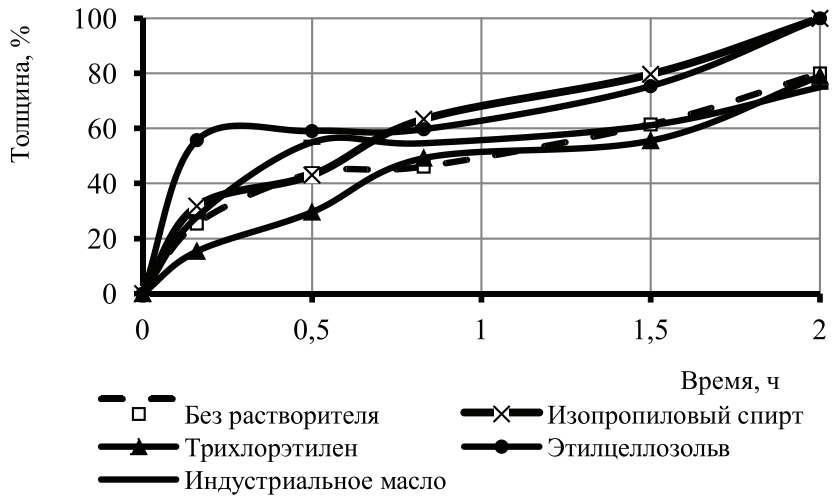


Рис. 4. Кинетика хромового дубления дермы в органоводных системах

Математические модели показывают, что добавление органических растворителей менее значимо влияет на процесс массопередачи, чем концентрация оксида хрома и продолжительность дубления. По значимости влияния на содержание оксида хрома в дерме исследованные факторы можно расположить в ряд: продолжительность, концентрация оксида хрома, добавки органических растворителей. Анализ кинетических кривых (рис. 4) показывает, что добавление органических растворителей ускоряет процесс массопередачи хромового дубителя и зависит от природы растворителя.

Важной характеристикой при изучении массопередачи является смачивающая способность обрабатывающих растворов. Исследовали смачивающую способность органических растворителей на поверхности воды и 5 % студня дубленого и недубленого желатина по скорости растекания. Полученные данные сравнивали со свойствами растворителей – плотность и молярная масса (табл. 3).

растекания изопропилового спирта на поверхности недубленого студня желатина практически не отличается от этого показателя на поверхности дубленого студня желатина. Этилцеллозольв растекается медленнее на поверхности дубленого студня желатина почти в 3 раза. Изменение скорости смачивания зависит как от свойств органических растворителей, так и от свойств сорбируемой поверхности. Очевидно гидрофобному трихлорэтилену требуется больше времени на растекание, чем гидрофильным растворителям. На поверхности дубленого студня желатина часть функциональных групп белка заблокирована и недоступна для взаимодействия с органическим растворителем. Следствием этого является увеличение скорости их растекания по поверхности дубленого желатина по сравнению с поверхностью недубленого желатина.

Сопоставление скорости растекания со свойствами органических растворителей показывает, что более плотному трихлорэтилену, имеющему большую молярную

Таблица 3

Свойства и смачивающая способность органических растворителей

№ п/п	Растворители	Плотность, г/см^3	Молярная масса, г/моль	Скорость растекания, см^2/с по поверхности		
				воды	недубленого желатина	дубленого желатина
1	Трихлорэтилен	1,43	131,38	16,74 ± 0,03	0,075 ± 0,05	0,11 ± 0,04
2	Изопропиловый спирт	0,78	60,09	14,72 ± 0,05	0,75 ± 0,06	0,69 ± 0,05
3	Этилцеллозольв	0,92	90,04	12,82 ± 0,04	0,11 ± 0,06	0,30 ± 0,04

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между показателями свойств органических растворителей и скоростью растекания по поверхности 5 % студня желатина

Показатели свойств органических растворителей	Скорость растекания по поверхности воды и 5 % студня желатина, см^2/с		
	воды	недубленого	дубленого
Плотность, г/см^3	0,76	–0,70	–0,89
Молярная масса, г/моль	0,59	–0,84	–0,96

У гидрофобного трихлорэтилена скорость растекания по поверхности как недубленого, так и дубленого студня желатина на порядок меньше, чем у гидрофильных растворителей. На поверхности дубленого желатина скорость растекания трихлорэтилена медленнее почти в 1,5 раза. Скорость

массу, сложнее смачивать и растекаться по поверхности студня желатина, поэтому значения скорости растекания у него на порядок выше, чем у гидрофильного изопропилового спирта, плотность которого и молярная масса почти в два раза ниже, чем у ТХЭ (табл. 4).

Установлена связь между свойствами органических растворителей и скоростью смачивания дубленого студня желатина – коэффициенты корреляции между плотностью, молярной массой и смачивающей способностью изменяются от –0,70 до –0,96.

Заключение

Массопередача солей хрома коллагену и его сорбционные свойства зависят от природы среды, в которой выполняется дубление. Показано, что добавление гидрофильных растворителей (изопропиловый спирт, этилцеллозольв) в водный раствор хромового дубителя ускоряет процесс массопередачи – полный прокрас толщины дермы солями хрома достигается за 2 ч. При добавлении гидрофобного растворителя (трихлорэтилен) скорость массопередачи не изменяется и сопоставима со скоростью массопередачи в водной среде – через 2 ч прокрас солями хрома составил 80 %. Установлено, что гидрофобный трихлорэтилен повышает сорбционную активность коллагена в 1,1–1,3 раза. Увеличением сорбционной активности коллагена при обработке в гидрофобной среде можно объяснить большее содержание оксида хрома в коже, выработанной по новому способу дубления в неводной среде [4, 5], по сравнению с известными методами [6].

Изучена смачивающая способность органических растворителей поверхности воды и студней 5 % дубленого и недубленого желатина. Скорость растекания гидрофобного трихлорэтилена по поверхности недубленого желатина на порядок меньше этого показателя гидрофильного изопропилового спирта и в 6 раз меньше по поверхности дубленого желатина. Установлена тесная корреляционная связь между плотностью, молярной массой растворителей и скоростью их растекания по изученным поверхностям – коэффициент корреляции колеблется от –0,70 до –0,96.

Методом математического моделирования установлено, что по значимости влияния на скорость массопередачи при дублении исследованные факторы располагаются в следующий ряд: продолжительность – концентрация оксида хрома – содержание органических растворителей.

Список литературы

1. Ахназарова А.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.

2. ГОСТ 938.3-77 Кожа. Метод определения содержания оксида хрома.

3. Думнов В.С. Использование органических растворителей при выработке кожи и меха // Кожевенно-обувная промышленность. – 1979. – № 9. – С. 36–38.

4. Думнов В.С., Титов О.П., Раднаева В.Д., Мельниченко В.И., Зюнькин В.Г. Линия для обработки кожевенного полуфабриката // Патент России № 2100443.1993.

5. Крупенников В.Е., Раднаева В.Д., Танганов Б.Б. Растворы электролитов как дисперсная фаза высококонцентрированных эмульсий типа «вода в масле» // Вестник ВСГТУ. – 2011. – № 1(32). – С. 17–24.

6. Справочник кожевника (технология) / Н.А. Балберова, А.Н. Михайлов, Е.И. Шуленков, В.А. Кутьин. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 272 с.

УДК 661.143:544.183:541.49:546.654

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ МЕТАКРИЛАТА ЛАНТАНА (III)

[1,2]Харченко В.И., [1]Курбатов И.А., [1,2]Чередниченко А.И., [1]Алексейко Л.Н.

[1]ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: kharchenko.vi@mail.ru;

[2]ФГБУН «Институт химии ДВО РАН», Владивосток, e-mail: vikharchenko@ich.dvo.ru

С целью квантово-химического исследования функциональных свойств метакрилата лантана (III) $La(Macr)_3 \cdot (H_2O)_2$ (Macr – метакрилат-анион), содержащего кристаллизационную воду, методами DFT-D3/TDDFT/PBE0 изучены структура его полимера, электронное строение комплекса в основном и возбужденных состояниях, его спектральные характеристики, реакционная способность и кинетическая устойчивость. Показано, что комплекс метакрилата лантана (III) характеризуется меньшей электрофильностью и кинетической стабильностью, большей поляризуемостью и реакционной способностью, чем акрилат лантана (III). В полимерной сетке метакрилата лантана (III) часть ионов La^{3+} можно заместить ионами лантанида (III), при этом метакрилат-анионы, обеспечивая полимерную структуру молекулярной системы $La_{n-m}Ln_m(Macr)_{3n} \cdot (H_2O)_{2n}$, могут сенсибилизировать люминесценцию ионов лантанидов при соответствии триплетных уровней метакрилат-анионов излучательным уровням ионов Ln^{3+}. Метакрилат лантана (III) может служить основой для получения новых оптических материалов с перспективными функциональными свойствами.

Ключевые слова: метакрилат лантана (III), функциональные свойства, спектральные характеристики, реакционная способность, теория функционала плотности

A QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF LANTHANUM (III) METHACRYLATE

[1,2]Kharchenko V.I., [1]Kurbatov I.A., [1,2]Cherednichenko A.I., [1]Alekseyko L.N.

[1]Far-Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: kharchenko.vi@mail.ru;

[2]Institute of Chemistry, FEB RAS, Vladivostok, e-mail: vikharchenko@ich.dvo.ru

On purpose of quantum chemical study of functional properties, lanthanum(III) methacrylate $La(Macr)_3 \cdot (H_2O)_2$ (Macr – methacrylate-anion) comprising crystallization water, has been studied by the DFT-D3/TDDFT/PBE0 methods. Structure of lanthanum (III) methacrylate polymer, electronic structure of the complex in the ground and excited states, its spectral characteristics, reactivity and kinetic stability have been investigated. It is shown that the lanthanum (III) methacrylate complex is characterized by lower electrophilicity and kinetic stability as well as by higher polarizability and reactivity than lanthanum (III) acrylate. Some La^{3+} ions can be substituted by lanthanide (III) ions in the polymer network of lanthanum (III) methacrylate, at that methacrylate-anions, creating the polymer structure of the molecular system $La_{n-m}Ln_m(Macr)_{3n} \cdot (H_2O)_{2n}$, can sensitize the luminescence of lanthanide ions if there is an accordance between the triplet levels of methacrylate-anions and the emitting levels of Ln^{3+} ions. Lanthanum (III) methacrylate can be used as a template for developing new optical materials with advanced functional properties.

Keywords: lanthanum (III) methacrylate, functional properties, spectral characteristics, reactivity, density functional theory

Благодаря перспективным функциональным свойствам, образуемые лантанидами устойчивые комплексы активно применяются в современных высокотехнологичных устройствах. Способность комплексных соединений лантанидов полимеризоваться с образованием разнообразных полимерных структур дает возможность создавать новые молекулярные системы с физико-химическими параметрами, значительно отличающимися от параметров низкомолекулярных аналогов, что позволяет получать новые полимеры и композиции на их основе, улучшающие многие функциональные свойства мономеров и обладающие новыми перспективными характеристиками [2].

Экспериментальные и теоретические физико-химические исследования структуры и электронного строения позволяют оценить кинетическую устойчивость и реакционную способность, описать механизмы электронного возбуждения и фотохимических процессов в данных наноразмерных молекулярных системах. Например, знание механизмов фотохимических процессов даст возможность оптимизировать процессы разработки новых оптических материалов для современных сенсорных устройств [2, 4, 5]. Физико-химические характеристики полимеров на основе комплексов лантанидов изучены недостаточно, поэтому исследования функциональных свойств комплексных соединений этих классов представляют значительный интерес.

Целью настоящей работы является квантово-химическая оценка в рамках теории функционала плотности некоторых функциональных свойств наноструктурированного метакрилата лантана (III) $La(Macr)_3 \cdot (H_2O)_2$ (Macr – метакрилат-анион, $CH_2CH(CH_3)COO^-$), содержащего кристаллизационную воду.

Материалы и методы исследования

Квантово-химические расчеты фрагмента $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$ выполнены в вакуумном приближении с учетом дисперсионных поправок методами DFT-D3/TDDFT с функционалом PBE0 [1] с помощью программ GAMESS-US (версия 05.12.2014) [9] и FireFly 8.1.1 (b9295) [3]. Для атома лантана использован Штутгартский псевдопотенциал и базис ECP46MWB(Y) [7], для других атомов – базис 6-31G(d,p). Полная оптимизации геометрии фрагмента проведена с проверкой минимума энергии по гессиану. Результаты расчетов обработаны с помощью программы Chemcraft 1.8 (b486) [10].

Реакционная способность и кинетическая устойчивость молекулярной системы оценены из термодинамических характеристик и параметров граничных молекулярных орбиталей (МО) – верхней занятой МО (ВЗМО) и нижней вакантной МО (НВМО) – с помощью индексов реакционной способности [5, 8].

Результаты исследования и их обсуждение

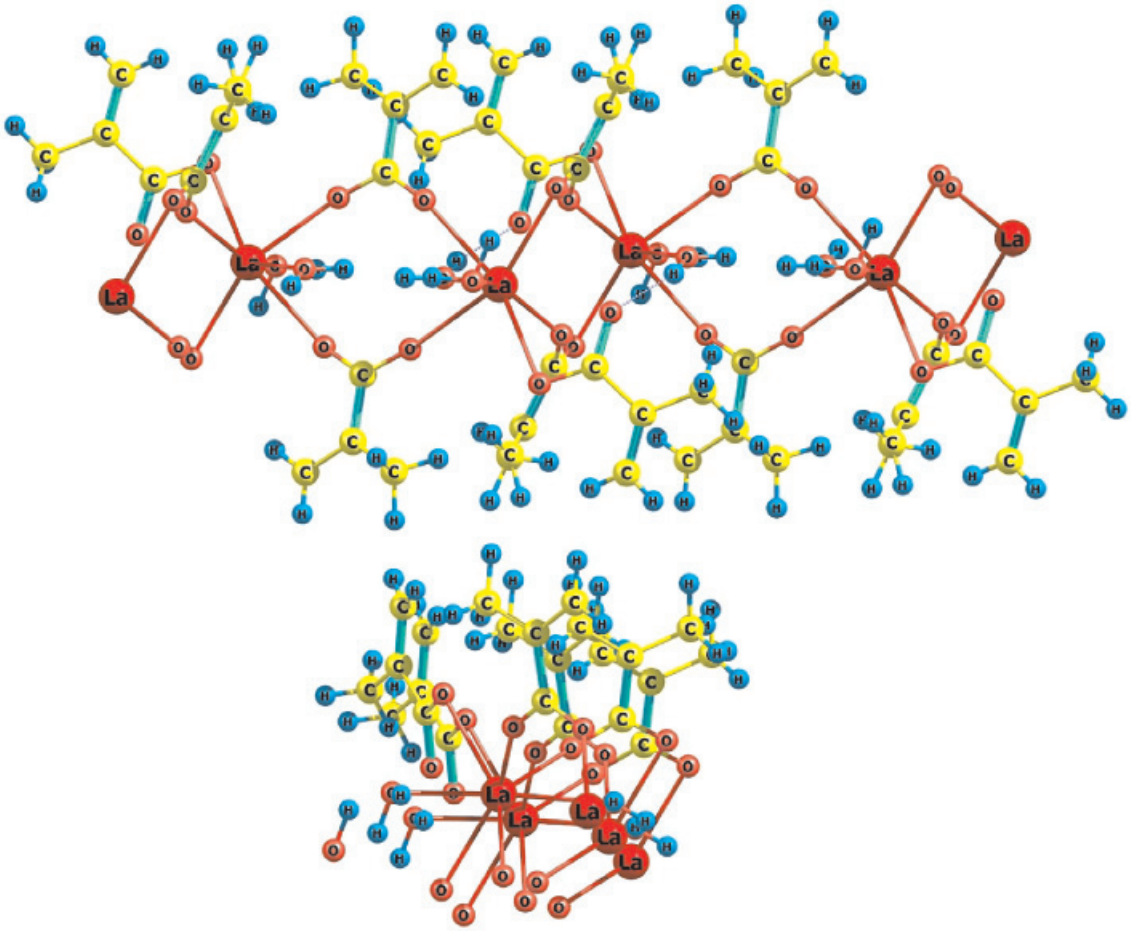
Квантово-химическое моделирование функциональных свойств наноструктурированного метакрилата лантана (III) проведено на основе его экспериментальной полимерной структуры (рис. 1, а) [6], из которой был взят фрагмент, включающий два иона лантана, шесть метакрилат-анионов и четыре молекулы воды (рис. 1, б).

Для удобства рассмотрения в фрагменте $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$ нами выделены два типа метакрилат-анионов: бидентантные, связанные с одним ионом лантана (метакрилат-анион с атомами углерода C_9–C_{10}, рис. 1, б), и бидентантно-мостиковые, связанные с двумя ионами лантана (метакрилат-анион с атомами углерода C_{17}–C_{18}). Выбранные фрагменты, являясь звеньями полимера, связаны между собой мостиковыми метакрилат-анионами и водородными связями между метакрилат-анионами и молекулами воды. В пределах одного слоя полимерные цепочки расположены параллельно и связаны между собой водородными связями и межмолекулярным взаимодействием. Водородные связи и межмолекулярное взаимодействие также связывают между собой соседние слои полимера. На рис. 1, б показана оптимизированная геометрическая структура фрагмента $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$.

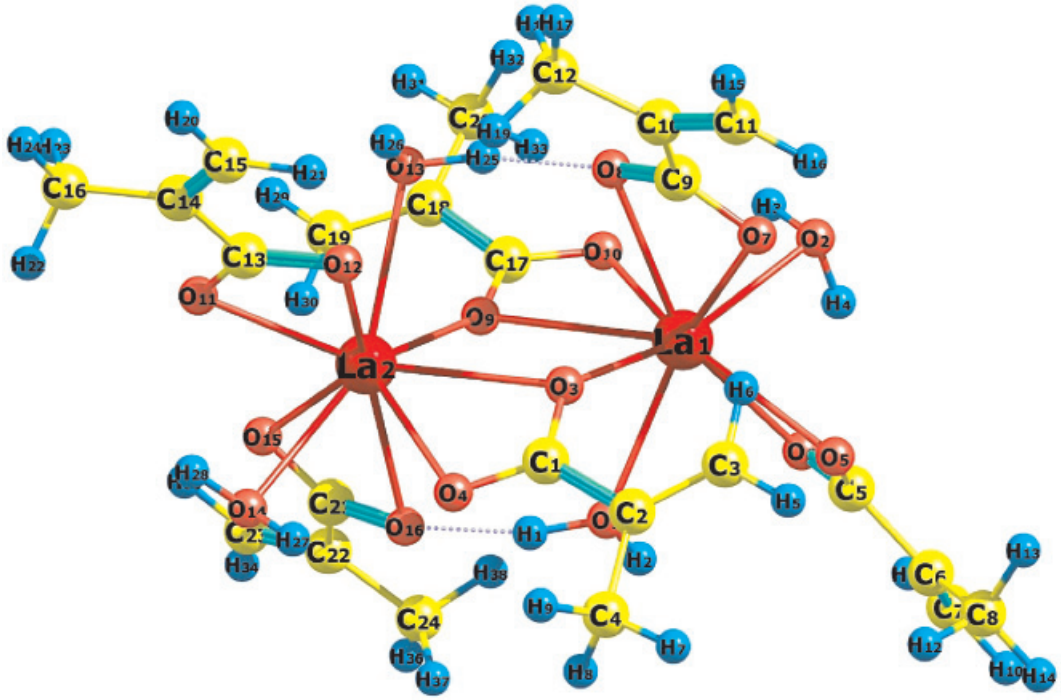
Экспериментальные и расчетные характеристики геометрического и электронного строения фрагмента показаны на рис. 2 и в табл. 1 и 2. Для сравнения приведены рассчитанные параметры звена полимера $La_2(Acr)_6 \cdot (H_2O)_4$ (Acr – акрилат-анион) [4]. Согласно расчетам комплексов $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$ и $La_2(Acr)_6 \cdot (H_2O)_4$, при переходе от акрилата к метакрилату лантана (III) граничные МО дестабилизируются (ВЗМО – на 0,375 эВ, НВМО – на 0,174 эВ), что характеризует усиление тенденции к отдаче электрона молекулярной системой. При этом величина энергетической щели ВЗМО–НВМО фрагмента уменьшается на 0,201 эВ, что свидетельствует о снижении жесткости η на 0,100 эВ и электрофильности ω на 0,277 эВ. Рост химического потенциала μ на 0,274 эВ связан с уменьшением стабильности и увеличением реакционной способности. Более высокая реакционная способность системы $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$ относительно $La_2(Acr)_6 \cdot (H_2O)_4$ подтверждается искаженной структурой звена полимера и ростом полярности (дипольный момент увеличивается от 0 до 1,58 Д).

Согласно расчетам колебательных спектров комплекса $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$ методом DFT, моды колебаний, связанные с ионом лантана, лежат в области 50–250 $см^{-1}$. Присутствие кристаллизационной воды в полимерной структуре комплексного соединения вызывает появление в колебательных спектрах многочисленных полос, обусловленных молекулами воды и их водородными связями, что может вызвать затруднения при интерпретации экспериментальных колебательных спектров данного комплекса. Таким образом, использование колебательной спектроскопии в качестве аналитического метода для описания материалов на основе метакрилата лантана (III) сопряжено с рядом сложностей и не способно обеспечить необходимую надежность интерпретации колебательных спектров.

Анализ УФ спектров поглощения $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$, рассчитанных методом TDDFT, показал, что электронное поглощение наблюдается в УФ области, близкой к вакуумной (215–240 нм, рис. 3), и связано с синглет-синглетными переходами метакрилат-анионов, а триплетные уровни этих анионов не соответствуют излучательным уровням иона лантана.

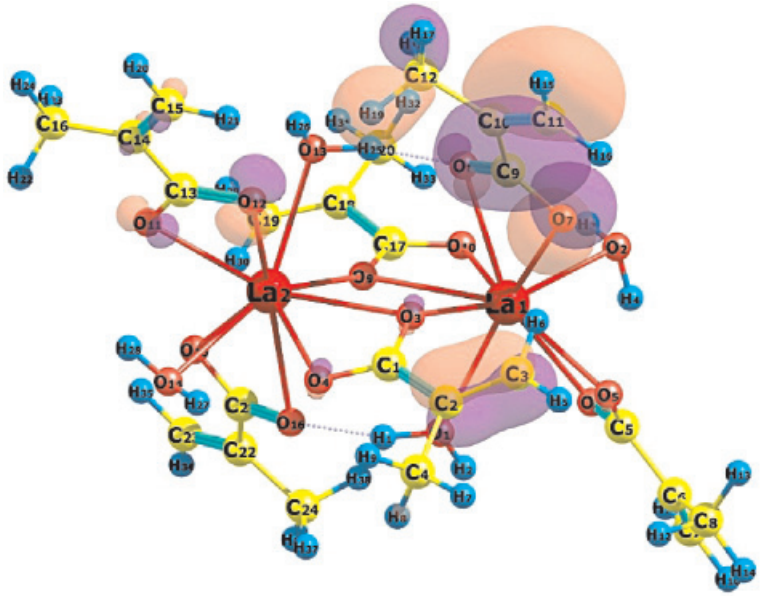


а

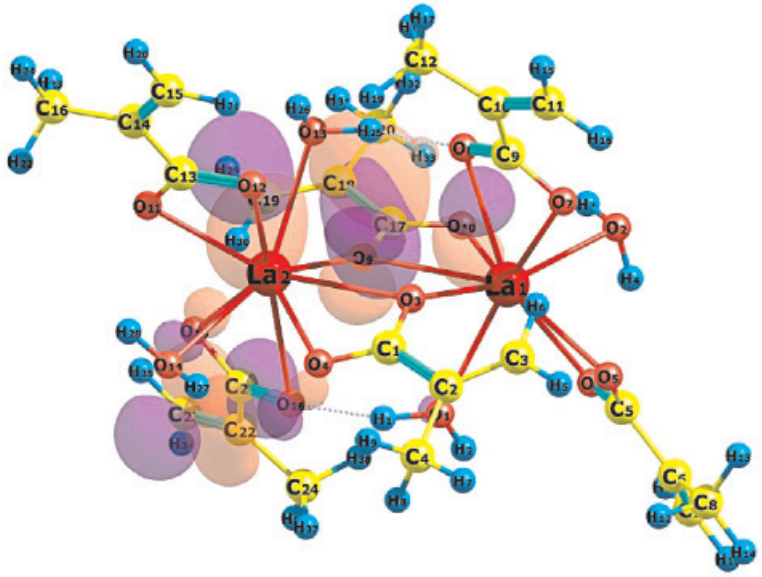


б

Рис. 1. Экспериментальная структура $La_n(Macr)_{3n}\cdot(H_2O)_{2n}$ [6] (а), оптимизированная структура фрагмента $La_2(Macr)_6\cdot(H_2O)_4$ (б)



ВЗМО



НВМО

Рис. 2. Граничные МО фрагмента $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$

Таблица 1

Оптимизированные длины связей и электронные характеристики фрагментов $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$ и $La_2(Acr)_6 \cdot (H_2O)_4$

$La_2(Mac)_6 \cdot (H_2O)_4$[а]					$La_2(Acr)_6 \cdot (H_2O)_4$			
Длины связей (Å)			Заряды на атомах		Длины связей (Å)		Заряды на атомах	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Связь	Расчет	Эксп, [б]	Атом	Заряд, е	Связь	Расчет	Атом	Заряд, е
La_1–La_2	4,253	4,268	La_1	1,40	La_1–La_2	4,281	La_1	1,40
La_1–O_7	2,520	2,574	La_2	1,37	La_1–O_7	2,587	La_2	1,40
La_1–O_8	2,621	2,672	O_7	–0,59	La_1–O_8	2,519	O_7	–0,58
O_7–C_9	1,263	1,254	O_8	–0,65	O_7–C_1	1,267	O_8	–0,62
O_8–C_9	1,279	1,260	C_9	0,65	O_8–C_1	1,275	C_1	0,60

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
C_9–C_{10}	1,494	1,507	C_{10}	0,05	C_1–C_2	1,485	C_2	–0,15
C_{10}–C_{11}	1,336	1,330	C_{11}	–0,30	C_2–C_3	1,332	C_3	–0,27
C_{10}–C_{12}	1,498	1,444	C_{12}	–0,48	La_1–O_3	2,584	O_3	–0,56
La_1–O_{10}	2,545	2,603	O_9	–0,68	La_1–O_9	2,633	O_9	–0,71
La_1–O_9	2,703	2,674	O_{10}	–0,61	La_2–O_9	2,500	C_4	0,66
La_2–O_9	2,546	2,547	C_{17}	0,65	O_3–C_4	1,252	C_5	–0,16
O_{10}–C_{17}	1,263	1,245	C_{18}	0,04	O_9–C_4	1,291	C_6	–0,27
O_9–C_{17}	1,279	1,283	C_{19}	–0,30	C_4–C_5	1,479	μ	0,00 Д
C_{17}–C_{18}	1,489	1,500	C_{20}	–0,43	C_5–C_6	1,333	–	–
C_{18}–C_{19}	1,337	1,333	μ	1,58 Д	–	–	–	–

Примечание. [а] – Данные расчетов [4]; [б] – экспериментальные данные [6].

Таблица 2

Рассчитанные энергии граничных МО ε_i, щель ВЗМО-НВМО $\Delta\varepsilon$
и индексы реакционной способности фрагментов $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$ и $La_2(Acr)_6 \cdot (H_2O)_4$

Параметры	HMacr [а]	$La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$	$La_2(Acr)_6 \cdot (H_2O)_4$ [б]
$\varepsilon_{ВЗМО}$, эВ	–7,589	–7,323	–7,698
$\varepsilon_{НВМО}$, эВ	–0,933	–0,980	–1,154
$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{НВМО} - \varepsilon_{ВЗМО}$, эВ	6,656	6,343	6,544
$I = -\varepsilon_{ВЗМО}$, эВ	7,589	7,323	7,698
$A = -\varepsilon_{НВМО}$, эВ	0,933	0,980	1,154
$\mu = -(I + A)/2$, эВ	–4,261	–4,152	–4,426
$\eta = (I - A)/2$, эВ	3,328	3,172	3,272
$s = 1/(2\eta)$, эВ$^{-1}$	0,150	0,158	0,153
$\omega = \mu^2/(2\eta)$, эВ	2,728	2,717	2,994

Примечание. [а] HMacr – метакриловая кислота, $CH_2CH(CH_3)COOH$; [б] [4].

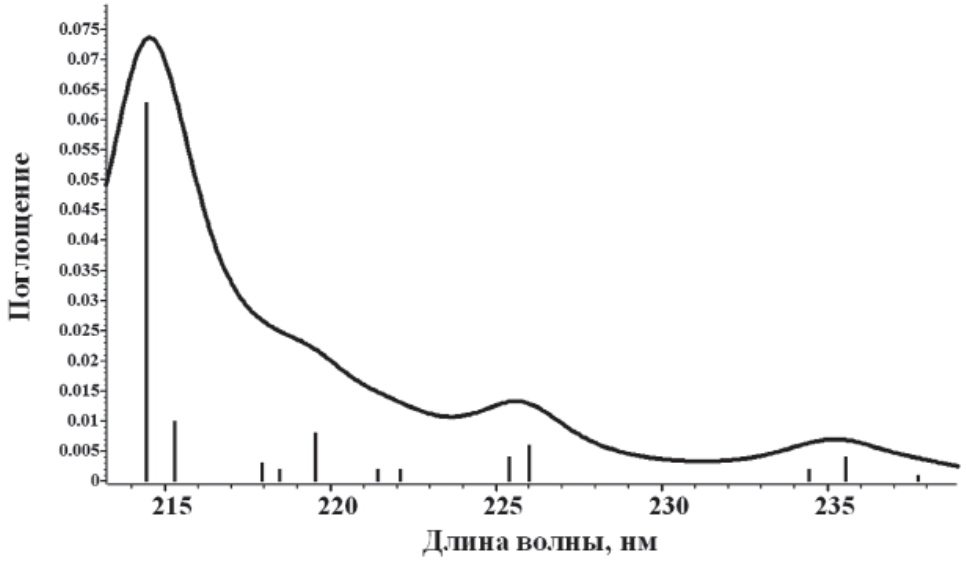


Рис. 3. УФ спектр поглощения $La_2(Macr)_6 \cdot (H_2O)_4$, рассчитанный методом TDDFT/PBE0

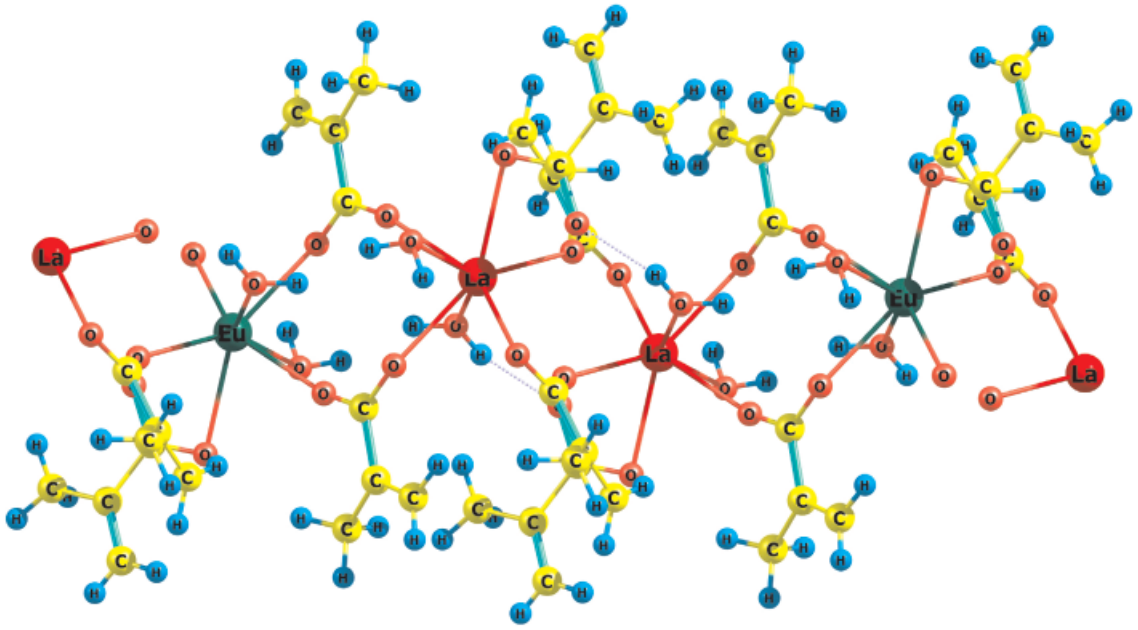


Рис. 4. Структура модифицированного полимера $La_{n-m}Eu_v(Macr)_{3n}\cdot(H_2O)_{2n}$

Благодаря близости ионных радиусов лантанидов, в полимерной сетке метакрилата лантана (III) можно заместить часть ионов La^{3+} на ионы лантанида (III), например, европия (III) (рис. 4). Анализ полученных данных показал, что метакрилат-анионы, обеспечивая полимерную структуру молекулярной системы $La_{n-m}Ln_m(Macr)_{3n}\cdot(H_2O)_{2n}$, могут сенсибилизировать люминесценцию ионов лантанидов Ln^{3+} только при соответствии триплетных уровней метакрилат-анионов излучательным уровням ионов Ln^{3+}.

В этом случае сенсибилизация люминесценции ионов европия Eu^{3+} возможна как за счет переноса энергии возбуждения с метакрилат-анионов на ион Eu^{3+}, так и через состояния с переносом заряда иона La^{3+}. Из-за экранирования 4f-орбиталей и ионного характера связи перенос энергии с лиганда на ион лантанида описывается механизмом Ферстера.

На основе полученных результатов можно сделать заключение о том, что метакрилат лантана (III) может служить основой для получения новых оптических материалов.

Выводы

Метакрилат лантана (III) характеризуется меньшей электрофильностью и кинетической стабильностью, большей поляризуемостью и реакционной способностью, чем акрилат лантана (III). В полимерной сетке метакрилата лантана (III) часть ионов La^{3+} можно заместить ионами лантанида (III), тогда метакрилат-анионы, обеспечивая полимерную структуру молекулярной системы $La_{n-m}Ln_m(Macr)_{3n}\cdot(H_2O)_{2n}$, могут сенсибилизировать люминесценцию ионов лантанидов при соответствии триплетных уровней метакрилат-анионов излучательным уровням ионов Ln^{3+}. При этом сенсибилизация люминесценции возможна как за счет переноса энергии возбуждения с метакрилат-анионов на ион Ln^{3+}, так и через состояния с переносом заряда иона La^{3+}. Метакрилат лантана (III) может служить основой для получения новых перспективных оптических материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного контракта № 2014/36 с Дальневосточным федеральным университетом (проект № 1137).

Список литературы

1. Adamo C., Barone V. Toward reliable density functional methods without adjustable parameters: The PBE0 model // J. Chem. Phys. – 1999. – Vol. 110, № 13. – P. 6158–6171.

2. Bukvetskii B.V., Petrochenkova N.V., Mirochnik A.G. Crystal structure and luminescence of terbium(III) methacrylate // J. Struct. Chem. – 2010. – Vol. 51, № 1. – P. 194–197.

3. Granovsky A.A. Firefly 8.1.1 (b9295). Available at: http://classic.chem.msu.su/gran/firefly.

4. Kharchenko V.I., Kurbatov I.A., Cherednichenko A.I. Effect of dispersion interaction on the electronic structure of yttrium and lanthanum acrylates: A quantum-chemical study // Fund. Res. – 2015. – № 10, Part 1. – P. 102–106.

5. Reactivity and electronic structure of yttrium(III) methacrylate: A DFT study / V.I. Kharchenko, I.A. Kurbatov, A.I. Cherednichenko, L.N. Alekseyko // Adv. Curr. Natur. Sci. – 2016. – № 4. – P. 62–66.

6. Catena-Diaquatris(α-methylacrylato)lanthanum(III) / W.M. Lu, J.B. Wu, N. Dong, W.G. Chun, J.M. Gu, K.L. Liang // Acta Crystallogr. C. – 1995. – Vol. 51, № 8. – P. 1568-1570.

7. Martin J.M.L., Sundermann A. Correlation consistent valence basis sets for use with the Stuttgart-Dresden-Bonn relativistic effective core potentials: The atoms Ga-Kr and In-Xe // J. Chem. Phys. – 2001. – Vol. 114, № 8. – P. 3408–3420.

8. Parr R.J., v. Szentpaly L., Liu S. Electrophilicity index // J. Am. Chem. Soc. – 1999. – Vol. 121, № 9. – P. 1922–1924.

9. General Atomic and Molecular Electronic-Structure System / M.W. Schmidt, K.K. Baldridge, J.A. Boatz, S.T. Elbert, M.S. Gordon, J.H. Jensen, S. Koseki, N. Matsunaga, K.A. Nguyen, S.J. Su, T.L. Windus, M. Dupius, J.A. Montgomery // J. Comp. Chem. – 1993. – Vol. 14. – P. 1347–1363.

10. Zhurko G.A., Zhurko D.A. Chemcraft 1.8 (b486). Available at: http://www.chemcraftprog.com (Accessed on March 15, 2016).

УДК 631.445:504.5:[546.44 + 546.791/.795]

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА, ТОРИЯ И РАДИЯ В ПРОФИЛЕ ТЕХНОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Шапошникова Л.М., Шуктомова И.И.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
e-mail: lmn06@mail.ru, shaposhnikova.l.m@ib.komisc.ru

Исследована миграционная способность урана, тория и радия в подзолистой почве, загрязненной отходами производства ^{226}Ra в Ухтинском районе Республики Коми. Показано, что наибольшая удельная активность радионуклидов находится в верхнем слое почвенного профиля, непосредственно связанном с радиоактивными отвалами. При этом только 2% валового содержания радия находится в подвижном состоянии (водорастворимые и обменные формы), а 67,4% – в прочносвязанном. Изучено влияние физико-химических параметров почвы на потенциальную подвижность в ней исследуемых радионуклидов. Показано, что распределение удельных активностей радия и тория в почвенном профиле напрямую связано с содержанием в ней фосфора. Распределение урана более подвержено изменениям физико-химических свойств почвы. Обогащение почвы кальцием и фосфором снижает, а калием – увеличивает мобильность урана в почве. Кроме того, удельная активность урана в почве обратно пропорционально зависит от ее pH (диапазон pH в почве 4,6–7,6).

Ключевые слова: уран, торий, радий, радиоактивное загрязнение, подвижность радионуклидов, подзолистая почва, физико-химические свойства почвы

DISTRIBUTION OF URANIUM, THORIUM AND RADIUM IN THE PROFILE OF TECHNOGENIC PODZOLIC SOIL

Shaposhnikova L.M., Shuktomova I.I.

Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch, RAS,
Syktyvkar, e-mail: lmn06@mail.ru, shaposhnikova.l.m@ib.komisc.ru

Mobility of uranium, thorium and radium in the podzolic soil, contaminated with radium production waste in the area of Ukhta region, Komi Republic, were investigated. It is shown that the highest content of radionuclides is in the upper layer of the soil profile directly associated with radioactive waste. Only 2% of the gross radium content is in a mobile state (water soluble and exchangeable forms) and 67,4% is strongly adsorbed in soil. The influence of soil physical and chemical parameters on radionuclides mobility in soil was investigated. It is shown that the distributions of radium and thorium contents in the soil profile are directly related to the content of phosphorus. Distribution of uranium is more susceptible to changes in physical and chemical properties of the soil. Enriching the soil with calcium and phosphorus decreases the mobility of uranium, while enriching with potassium – increases it mobility. Furthermore, the uranium content in the soil depends inversely on its pH (range of pH 4,6–7,6).

Keywords: uranium, thorium, radium, radioactive pollution, radionuclide mobility, podzolic soil, physico-chemical properties of the soil

Вопросы, связанные с миграционной способностью радионуклидов как непосредственно в почвах, так и в сопредельные среды и далее в живые компоненты экосистем, в настоящее время остаются актуальными [1, 10]. В случае урана, тория и радия, загрязнение окружающей среды которыми с каждым годом нарастает в результате работ уранодобывающей, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностей, это имеет особое значение, так как данные радионуклиды обладают большими периодами полураспада, высокой токсичностью, а в случае радия и высокой мобильностью в звеньях пищевой цепи [9].

Изучение подвижности радионуклидов, которая в значительной степени зависит от физико-химических свойств почв, является важной составляющей данной проблемы. Поиск физико-химических параметров, оказывающих влияние на миграционную способность радионуклидов, имеет важное значение для понимания процессов их перераспределения в почвах, а также для возможности прогнозирования дальнейших путей миграции в экосистемах. Особую актуальность это приобретает в случаях радиоактивного загрязнения почв, когда ее физико-химические параметры могут быть сильно изменены и напрямую связаны с типом загрязнения [6].

Цель данной работы заключалась в оценке влияния физико-химических характеристик загрязненной подзолистой почвы на содержание и распределение в ней урана, тория и радия.

Материалы и методы исследования

Пробы почв отбирали в Ухтинском районе Республики Коми на участке с подзолистой почвой, загрязненной более 60 лет назад отходами производства радия-226. Почвенный покров участка характеризуется наличием подстилки A_0 мощностью 0–4 см, под которой находится слой радиоактивных отвалов черного цвета (выщелоченный спек), толщиной 7–23 см.

Ниже отвалов идентифицированы горизонты A_2, B, B_1, BC. Тип почвы определили как техноподзолистая [2]. На участке было заложено 3 почвенных разреза. На небольшом удалении от территории, загрязненной отвалами, был заложен контрольный разрез, в профиле которого идентифицированы горизонты A_1, A_2, B, BC.

Физико-химические характеристики почвенных образцов загрязненной части и контрольного разреза отличаются. Так, верхние горизонты техноподзолистой почвы (A_0 + отвалы) характеризуются pH, близкими к нейтральным (5,84–7,56). С глубиной кислотность почвы повышается (pH = 4,65–6,80). Верхние горизонты почвы обогащены фосфором (P_2O_5) и калием (K), содержания которых достигают 210 и 207 мг/100 г, а также обменными кальцием (Ca^{2+}) и магнием (Mg^{2+}), максимальные содержания которых составляют 109 и 7,12 ммоль/100 г соответственно. При этом их концентрации превышают соответствующие значения в образцах почв контрольного разреза. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в загрязненной и незагрязненной почве примерно одинаково и в верхних слоях достигает 23–43 %.

^{226}Ra в почве определяли эманационным методом на приборе «Альфа-1». Чувствительность метода – 0,07 Бк/г, ошибка измерений – 15 % [8]. Уран определяли люминесцентным методом по свечению перлов с NaF. Интенсивность свечения измеряли на фотометре «ЛЮФ-57». Чувствительность метода – 0,34 мБк/г, ошибка измерений составляет ±20 % [4]. Торий определяли фотоколориметрически с арсеназо III после отделения примесей на катионите КУ-2. Чувствительность метода 0,04 мБк/г, ошибка измерений – 15 % [5]. Содержания урана и тория приведены в расчете на ^{238}U и ^{232}Th.

Для получения информации о потенциальной подвижности ^{226}Ra в почве изучали формы его нахождения методом последовательных вытяжек. Для определения водорастворимой формы использовали дистиллированную воду, обменной – 1M NH_4Ac, кислоторастворимой – 1M HCl. Соотношение твердой и жидкой фаз составило 1:10, время взаимодействия фаз – 24 часа при периодическом перемешивании.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследований содержания радионуклидов в различных горизонтах почвы заметно отличаются (рис. 1). Удельные активности урана и радия в верхнем слое загрязненной почвы значительно превышают соответствующие значения в контроле. При этом установлен сходный тип распределения в почвенном профиле урана и радия – высокие удельные активности радионуклидов в подстилке и отвалах, которые с глубиной резко снижаются. В подзолистом горизонте содержание радионуклидов немного выше, чем в иллювиальных горизонтах. Коэффициент корреляции (*r*)

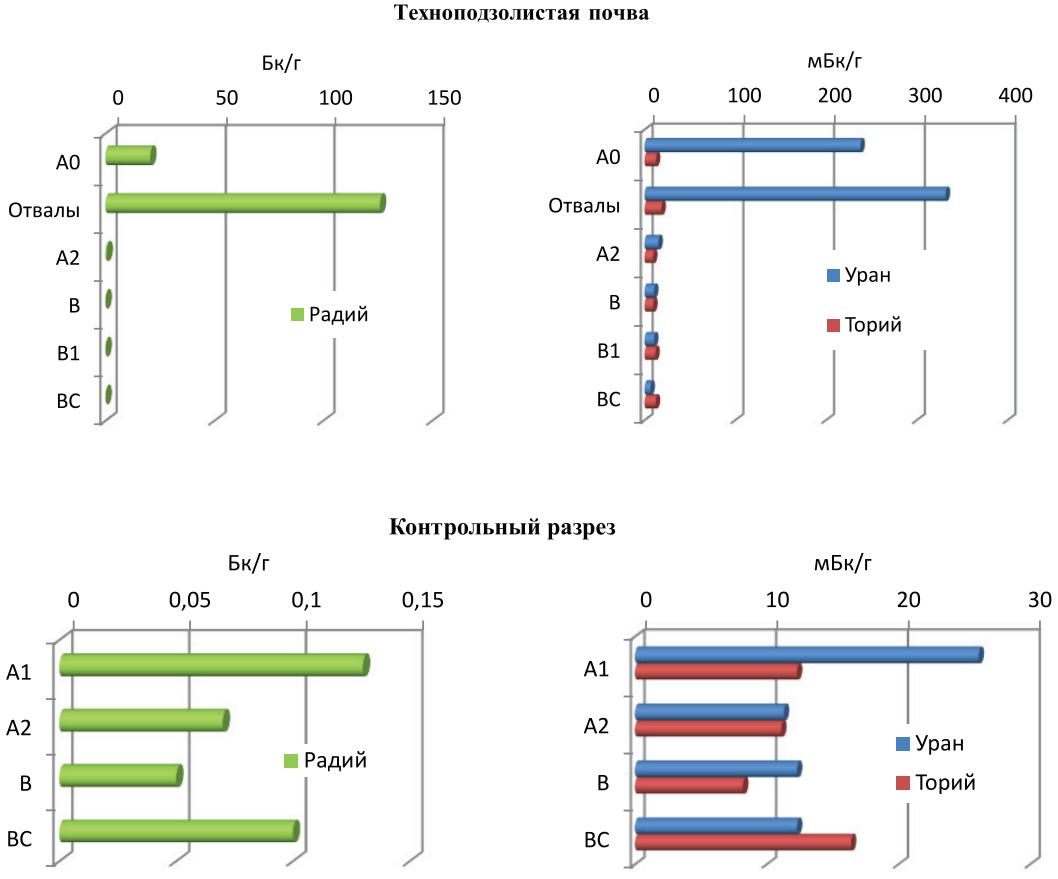


Рис. 1. Удельные активности радионуклидов в исследуемой почве

между удельными активностями урана и радия в почве составил 0,80, $p \leq 0{,}001$. Распределение тория отличается иллювированием его в нижние горизонты почвенного профиля. Однако коэффициенты корреляции между удельными активностями тория и радия, тория и урана также показали тесную связь и составили 0,67 ($p \leq 0{,}001$) и 0,59 ($p \leq 0{,}01$) соответственно.

Наиболее полную информацию о миграционной способности радионуклидов дает изучение форм их нахождения в почвах. Мы исследовали формы нахождения ^{226}Ra, являющегося основным поллютантом исследуемой почвы. Результаты показали (рис. 2), что в верхних горизонтах, где удельная активность радия максимальна, наблюдается наименьшее количество подвижных (водорастворимых и обменных) форм радионуклида, доля которых составляет около 2% его общей удельной активности. На долю кислоторастворимых соединений приходится 30,8%. Остальная доля – 67,4% – приходится на прочносвязанные формы. Для нижних слоев почвенного профиля, сосредоточенных под отвалами, где удельная активность радия значительно ниже, соотношение форм меняется в сторону увеличения доли соединений радия, переходящих в водную и обменную вытяжки (до 34,5%), доля фиксированного радия заметно снижается. Доля соединений, переходящих в кислый раствор, остается такой же. В незагрязненной почве в прочносвязанной и кислоторастворимой форме находится от 80 до 90% радия, оставшаяся доля приходится на подвижные формы. Таким образом, соотношение форм радионуклида в загрязненной и незагрязненной почве отличается. При этом мы видим, что радий сосредоточен в верхних слоях загрязненной почвы в прочносвязанной и потенциально подвижной форме.

Зависимости между удельными активностями различных форм нахождения ^{226}Ra и его общей удельной активностью выражаются уравнениями линейной регрессии, на что указывают результаты регрессионного анализа (табл. 1). При этом коэффициенты регрессии в уравнениях значительно отличаются – низкие значения для водорастворимой и обменной форм и высокие значения для кислоторастворимой и прочносвязанной. Это подтверждает, что с ростом удельной активности радия доля его прочносвязанных и кислоторастворимых форм, по сравнению с обменной и водорастворимой, заметно увеличивается, а значит, и в целом подвижность радионуклида снижается.

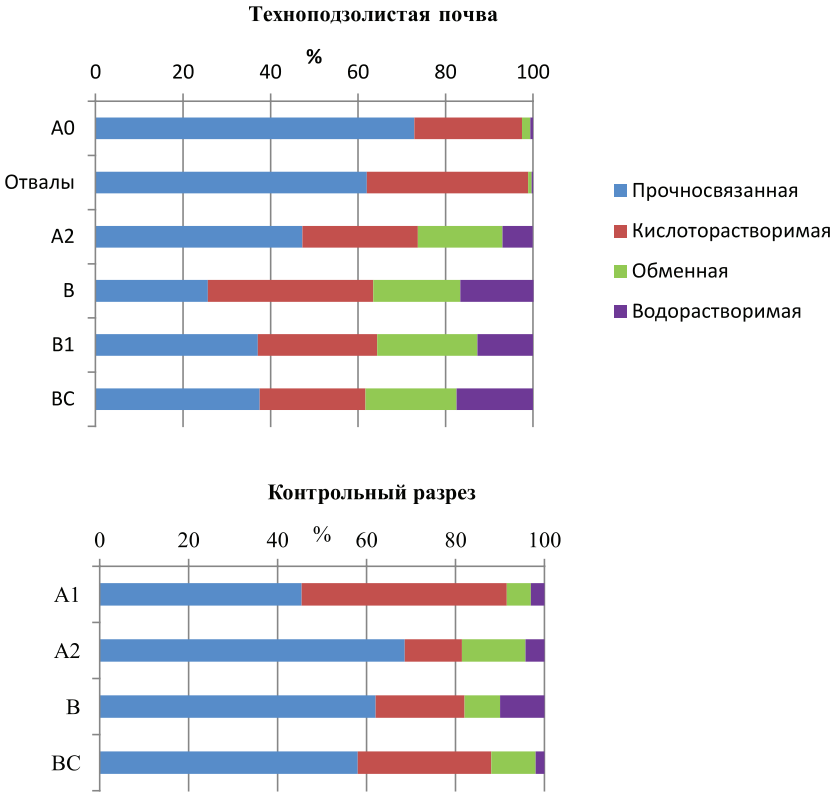


Рис. 2. Распределение различных форм нахождения радия в исследуемой почве

Таблица 1

Уравнения связи между удельными активностями различных форм нахождения ^{226}Ra (Бк/г) и его общей удельной активностью (Бк/г) в почве

Форма нахождения радия	Уравнение	R^2	p
Водорастворимая	$C_{Ra(вод)} = 0{,}002 \cdot C_{Ra(общ)}$	0,230	0,023
Обменная	$C_{Ra(обм)} = 0{,}008 \cdot C_{Ra(общ)}$	0,903	0,000
Кислоторастворимая	$C_{Ra(кисл)} = 0{,}295 \cdot C_{Ra(общ)}$	0,618	0,000
Прочносвязанная	$C_{Ra(проч)} = 0{,}695 \cdot C_{Ra(общ)}$	0,899	0,000

Примечание. R^2 – коэффициент детерминации, p – уровень значимости.

Подвижность радионуклидов в значительной степени определяется физико-химическими характеристиками почвы. К числу важных показателей относят содержание органического вещества, присутствие комплексообразователей, кислотность почвенного раствора и др. Так, показано, что в подзолистых почвах радий в основном, сорбируется органогенным горизонтом, меньше – подзолистым. При этом максимум сорбции радия в подзолистом горизонте обусловлен в основном органическими коллоидами, в горизонтах B_1 и B_2 – минеральными [3].

Мы изучили влияние физико-химических параметров исследуемой почвы, таких как актуальная и гидролитическая кислотности, содержания органического вещества, фосфора, калия, ионов кальция и магния на распределение в ней урана, тория и радия. Результаты пошагового мультирегрессионного анализа показали, что содержания радия и тория в почве напрямую связаны с содержанием фосфора, с которым данные радионуклиды образуют нерастворимые или слаборастворимые соединения и концентрации которого в верхних слоях загрязненной почвы значительно превышают показатели в образцах контроля. Уравнения, описывающие зависимости между этими показателями, имеют вид

$$C_{Ra}\,(\text{Бк/г}) = 0{,}839 \cdot C_{P_2O_5}\,(\text{мг/100 г})$$

(мг/100 г) ($R^2 = 0{,}885$, $p = 0{,}002$);

$$C_{Th}\,(\text{мБк/г}) = 0{,}690 \cdot C_{P_2O_5}\,(\text{мг/100 г})$$

($R^2 = 0{,}600$, $p = 0{,}014$).

Подвижность урана зависит от большего количества параметров. Так, полученные результаты указывают, что обогащение почвы кальцием и фосфором снижает, а калием – увеличивает подвижность урана в почве. Кроме того, удельная активность указанного радионуклида в почве обратно пропорционально зависит от ее pH. Уравнение, связывающее содержание урана в почве с этими показателями, имеет следующий вид ($R^2 = 0{,}985$, $p \le 0{,}05$):

$$C_U\,(\text{мБк/г}) = 1{,}211 \cdot C_{Ca}\,(\text{ммоль/100 г}) +$$
$$+ 0{,}596 \cdot C_{P_2O_5}\,(\text{мг/100 г}) - 0{,}70 \cdot C_K(\text{мг/100 г}) - 0{,}40 \cdot \text{pH}_{вод}.$$

Таблица 2

Коэффициенты корреляции Пирсона между удельными активностями (Бк/г) различных форм нахождения ^{226}Ra и физико-химическими параметрами исследуемой почвы

Формы нахождения радия	pH		ГК	Ca^{2+}	Mg^{2+}	P_2O_5	K	$C_{орг}$, %
	вод	сол	ммоль/100 г			мг/100 г		
Водорастворимая	**0,59***	**0,68***	**0,82***	0,10	0,01	**0,77***	0,38	0,23
Обменная	**0,56***	**0,69***	**0,43***	**0,43***	0,08	**0,74***	0,33	0,36
Кислоторастворимая	**0,66***	**0,77***	**0,69***	0,15	–0,08	**0,76***	0,31	0,24
Прочносвязанная	0,40	**0,49***	0,26	0,24	–0,02	**0,65***	0,22	0,25

Примечание. *– достоверно при $p \le 0{,}05$.

Подобная зависимость согласуется с результатами работ других авторов. Так, показано, что обогащение типичной подзолистой почвы калием снижает поглощение урана почвой, а с содержанием кальция и фосфора наблюдается прямая корреляционная связь [7]. Присутствие фосфатов в почве может вызвать осаждение уранилфосфатных комплексов, низкая растворимость которых ведет к иммобилизации урана, а снижение концентрации урана в почве с ростом ее pH может объясняться тем, что в почвах с нейтральной и щелочной средой присутствие карбонат-иона может вызывать образование растворимых уранил-карбонатных комплексов, что снижает сорбцию урана почвой и увеличивает его мобильность [9].

Слабые корреляционные связи обнаруживаются также между удельной активностью ^{226}Ra и $pH_{вод}$ (0,54), $pH_{сол}$ (0,40), $C_{орг}$ (0,40). Тесная корреляция ($p \leq 0{,}01$) обнаружена между удельной активностью ^{238}U и $C_{орг}$ (0,60).

Выявление связей между отдельными формами нахождения ^{226}Ra и физико-химическими параметрами почвы показало, что содержания всех форм радия тесно связаны с содержанием в почве фосфора (табл. 2). При этом удельная активность прочносвязанной формы достоверно связана только с этим показателем и в меньшей степени с pH, в то время как удельные активности других форм радионуклида тесно связаны с изменениями актуальной и гидролитической кислотностей (ГК) почвы. В случае обменной формы радия была получена прямая корреляция с содержанием иона кальция, в присутствии которого радионуклид способен соосаждаться. С другими физико-химическими характеристиками почвы значимых корреляций не было получено.

Заключение

Миграционная способность радионуклидов в значительной степени зависит от физико-химических свойств почвы. При исследовании влияния различных физико-химических характеристик подзолистой почвы, загрязненной радиоактивными отвалами, на подвижность урана, тория и радия методом пошагового мультирегрессионного анализа было выявлено, что их удельные активности напрямую зависят от уровня содержания фосфора, который находится в значительных количествах в верхнем слое исследуемой почвы и способен образовывать с указанными радионуклидами нерастворимые или слаборастворимые соединения. На распределение урана, помимо содержания фосфора, оказывает влияние содержание обменного кальция, который также снижает подвижность урана в почве, и содержание калия, с увеличением концентрации которого мобильность радионуклида в почве возрастает. Кроме того, подвижность урана зависит от pH, с ростом которого в рассматриваемом диапазоне кислотности почвы миграционные свойства радионуклида увеличиваются.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 15-2-4-26.

Список литературы

1. Анисова Ж.М., Якушев Б.И. Природные изотопы урана в почвах и растениях сосновых лесов Минской возвышенности. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 163 с.

2. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация (Под ред. Добровольского Г.В.) / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Н.В. Прокофьева. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.

3. Гиль Т.В. Влияние pH среды на поглощение радия типичной сильноподзолистой почвой (в экспериментальных условиях) // Миграция и биологическое действие естественных радионуклидов в условиях северных биогеоценозов (Тр. Коми филиала АН СССР, № 48). – Сыктывкар, 1980. – С. 58–64.

4. Добролюбская Т.С. Люминесцентный метод // Аналитическая химия урана. – М.: Наука, 1962.– С. 143–165.

5. Кузнецов В.И., Саввин В.Б. Чувствительное фотометрическое определение тория с реагентом арсеназо III // Радиохимия. – 1961. – Т. 3, № 1. – С. 79–86.

6. Носкова Л.М., Шуктомова И.И. Особенности распределения радия в техногенных почвах в зависимости от их физико-химических и минералогических характеристик // Геохимия. – 2015. – № 11. – С. 1043–1050.

7. Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И. Роль сорбентов в процессах трансформации соединений урана, радия и тория в подзолистой почве. – СПб.: Наука, 2006. – 146 с.

8. Старик И.Е. Основы радиохимии. – Л.: Наука, 1969. – 247 с.

9. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы / Р.М. Алексахин, Н.П.Архипов, Р.М. Бархударов и др. – М.: Наука, 1990. – 368 с.

10. Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах / Т.А. Горяченкова, И.Е. Казинская, Е.А. Лавринович, А.П. Новиков // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции (Томск, 4–8 июня 2013 г.). – Томск, 2013. – С. 151–154.

УДК 54.052

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОБОПОДГОТОВКИ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЦВЕТКАХ РОМАШКИ АПТЕЧНОЙ (MATRICARIA CHAMOMILLA) МЕТОДОМ ИСП-АЭС

Щукин В.М., Северинова Е.Ю., Кузьмина Н.Е., Яшкир В.А., Меркулов В.А.

ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России, Москва, e-mail: Schukin@expmed.ru

В фармакопейном анализе растительного сырья спектральными методами используют методики пробоподготовки, предусматривающие полное разложение органических молекул с помощью различных смесей сильно действующих реагентов. В работе определены оптимальные условия микроволнового разложения, обеспечивающие максимальный переход тяжелых металлов в раствор при неполном разложении органической матрицы, и разработана на их основе альтернативная методика мокрой минерализации азотной кислотой цветков ромашки аптечной в системе микроволнового разложения. Эта методика позволяет упростить и обезопасить этап пробоподготовки за счет отказа от пожаро- и взрывоопасных окислителей. Проведен сравнительный анализ результатов извлечения тяжелых металлов из цветков ромашки, чая и зерна ржи с использованием различных методик пробоподготовки. Показано, что разработанная методика пробоподготовки растительного сырья сопоставима с методикой EPA 3052.

Ключевые слова: ромашка аптечная, метод атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, микроволновая минерализация, тяжелые металлы, лекарственные растения, ЛРС

THE IMPROVING METHOD OF SAMPLE PREPARATION FOR THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF HEAVY METALS IN THE FLOWERS OF CHAMOMILE (MATRICARIA CHAMOMILLA) BY ICP-AES

Schukin V.M., Severinova E.Yu., Kuzmina N.E., Yashkir V.A., Merkulov V.A.

Federal State Budgetary Institution «Scientific Center for Expertise of Medical Application Products» of the Ministry of Health of the Russia, Moscow, e-mail: Schukin@expmed.ru

Herbal medicines pharmacopeia analysis by spectral methods uses sample preparation procedures, providing a complete decomposition of organic molecules with different mixtures of highly active reagents. The paper presents the optimized conditions for microwave decomposition to ensure maximum transfer of heavy metals in the solution when organic matrix is incomplete decomposed. The alternative procedure of chamomile flowers «moist» mineralization with nitric acid in the microwave system was developed. This technique allows to simplify and secure the sample preparation stage by eliminating flammable and explosive oxidizers. A comparative analysis of heavy metals extraction results from chamomile flowers, tea and rye was implemented using various sample preparation techniques. It is shown that the developed technique is comparable to the technique EPA 3052.

Keywords: chamomile, chamomile, matricaria chamomilla, ICP-AES, microwave mineralization, heavy metals, herbal drugs, herbal medicines, medicinal plants

Цветки ромашки аптечной обладают широким спектром биологической активности. Они оказывают спазмолитическое, противовоспалительное, антисептическое, ранозаживляющее, потогонное, желчегонное, спазмолитическое, слабовыраженное анальгетическое действие и входят в число двадцати самых используемых лекарственных растительных препаратов в России [1].

Важным показателем качества ЛРС и ЛРП является содержание в них тяжелых металлов. В настоящее время одним из основных фармакопейных методов элементного анализа ЛРС и ЛРП является метод атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС) [5]. Он характеризуется высокой селективностью, чувствительностью и надежностью и показывает индивидуальные, а не суммарные результаты для всех анализируемых металлов.

В процедуре элементного анализа методом ИСП-АЭС наиболее сложным звеном является этап пробоподготовки, на долю которого приходится до 90% времени и общей ошибки результатов количественного определения содержания элементов в образце [2]. Выбор методики пробоподготовки во многом зависит от определяемого элемента и его концентрации, а также от природы матрицы. Цветки ромашки аптечной представляют собой органическую матрицу, в составе которой тяжелые металлы могут находиться в очень малых количествах и в связанном состоянии с органическими соединениями. В настоящее время отечественной и зарубежными фармакопеями, а также агентством по охра-

не окружающей среды США (Environmental Protection Agency – EPA) разработаны методики пробоподготовки растительного сырья для спектрального элементного анализа, предусматривающие полное разложение органических молекул с помощью различных смесей на основе концентрированной азотной кислоты и других сильно действующих реагентов (концентрированных плавиковой, хлорной, соляной, серной кислот, пероксида водорода и т.д.) [2, 6, 9, 10]. Использование одной концентрированной азотной кислоты не обеспечивает разложение ароматических соединений, так как π-связь бензольного кольца не разрушается под ее действием даже при высоких температурах и под давлением [4]. Однако из литературных данных известно, что при контролируемых условиях азотная кислота при высоких давлении и температуре позволяет сделать разложение воспроизводимым. Как следствие, результаты, получаемые при микроволновом разложении органических матриц азотной кислотой в закрытых сосудах, сравнимы с результатами разложения в автоклавах традиционными методами [4].

Цель данного исследования – определить условия микроволнового разложения, обеспечивающие максимальный переход тяжелых металлов в раствор при неполном разложении органической матрицы, и разработать на их основе альтернативную методику мокрой минерализации азотной кислотой цветков ромашки аптечной в системе микроволнового разложения. Эта методика позволит упростить и обезопасить этап пробоподготовки элементного анализа методом ИСП-АЭС за счет отказа от пожаро- и взрывоопасных окислителей (хлорной кислоты и пероксида водорода). Кроме того, исключение солюбилизаторов (серной, плавиковой и соляной кислот) снизит риск загрязнения анализируемого раствора реактивами, что очень важно при определении малых содержаний элементов (азотная кислота является одной из немногих кислот, для которых достижима сверхвысокая степень чистоты [4]).

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали стандартный образец чая TEA LEAVES (INCT-TL-1) производства Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Польша, отраслевой стандартный образец состава зерна ржи (ЗРЖ-01) ОСО № 10-201-2014, производства ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Россия, цветки ромашки аптечной производителей ОАО «Красногорсклексредства» серия 90314, НПО «Микроген» серия Б010811, ООО «Парафарм» серия 150315, ЗАО «Иванчай» серия 030515, ООО «РосБио» серия 10612, приобретенные в розничных аптечных сетях г. Москвы.

Подготовку образцов для анализа проводили по трем методикам: EPA [10], фармакопейной [6, 9] и разрабатываемой альтернативной. Все образцы сушили до постоянной массы при 105 °C в течение двух часов, растирали в однородный порошок и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Образцы массой 1,0 г (точная навеска) помещали в сосуд для микроволнового разложения и добавляли реагенты в соответствии с выбранной методикой. По методике EPA использовали смесь 9 см^3 концентрированной азотной кислоты, 0,5 см^3 концентрированной соляной кислоты и 2 см^3 концентрированного пероксида водорода. По фармакопейной методике разложение проводили в 2 этапа по одинаковой программе: сначала с использованием 6 см^3 концентрированной HNO_3 и 4 см^3 концентрированной HCL, затем с добавлением 4 см^3 H_2SO_4. Все реагенты, применяемые при минерализации, были аналитической степени чистоты (For Trace Metal Analysis), производства Acros Organics. Минерализацию проб проводили с помощью микроволновой системы Anton Paar Multiwave 3000. Использовали параметры микроволновой печи, обеспечивающие максимальный переход определяемых элементов в раствор (см. раздел «обсуждение результатов»). Полученные после микроволнового разложения растворы охлаждали до комнатной температуры, фильтровали через фильтр «синяя лента» в мерные колбы объемом 25 см^3 и доводили до метки деионизованной водой, очищенной на установке Milli-Q – Integral 3 фирмы Millipore, Франция.

Измерения содержания тяжелых металлов проводили на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой Optima 8300 DV фирмы Perkin Elmer с использованием стандартных образцов мышьяка, кадмия, хрома, меди, железа, ртути, никеля, свинца, цинка производства фирмы Merck (CRM) с аттестованным значением СО 1000 мг/дм^3. Характеристические длины волн (λ, нм) по выбранным элементам представлены в табл. 1. За результат $(\overline{X})$ принимали среднее значение концентраций, полученных по результатам четырех параллельных измерений по выбранным длинам волн. Доверительный интервал ($\pm \Delta x$) определяли по формуле

$$\Delta x = \frac{\text{СКО}}{\sqrt{n}} \cdot t,$$

где n – число параллельных измерений; t – коэффициент Стьюдента при числе степеней свободы $f = n - 1$ и доверительной вероятности P = 0,95.

Результаты исследования и их обсуждение

Частные фармакопейные статьи на ромашку аптечную не содержат перечня тяжелых металлов, подлежащих контролю при фармакопейном анализе. Выбранный нами круг определяемых в ромашке элементов (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) обусловлен представленными в литературе результатами исследований содержания тяжелых металлов в различных типах растительного сырья и требованиями к нормированию тяжелых металлов в ЛС, ЛРС и фитопрепаратах в национальных, региональных и международных фармакопеях [5].

Таблица 1

Длины волн элементов, пределы обнаружения
и относительная погрешность метода по диапазонам содержания

Элемент	Длина волны, нм	Предел обнаружения[7], мкг/дм^3	Диапазон содержания[3], мг/кг	Относительная погрешность метода[3], %, P = 0,95
Cd (кадмий)	226,502	0,1	0,01–0,10 0,1–1,0	70 50
Pb (свинец)	220,353	0,05	0,05–0,50 0,5–5,0	70 50
Cu (медь)	324,752 224,700	0,4	0,5–5,0	40
Fe (железо)	238,204 239,256	0,1	2–1000	20
Zn (цинк)	206,200 213,857	0,2	1–5000	25
Cr (хром)	267,716	0,2	1–100	25
As (мышьяк)	188,979	1	н/д*	н/д*
Hg (ртуть)	194,168	1	0,01–1,0	20
Ni (никель)	231,604 227,022	0,5	0,5–5,0	50

Примечание. *н/д – нет данных.

Таблица 2

Временно-температурные режимы микроволнового разложения

Этап	I режим		II режим		III режим		IV режим	
	Время, мин	T, °C	Время, мин	T, °C	Время, мин	T, °C	Время, мин	T, °C
1	5	0–120	3	0–80	3	0–80	3	0–80
2	5	120	2	80	2	80	2	80
3	10	120–165	10	80–165	10	80–165	10	80–165
4	–	–	10	165	30	165	45	165

Разработка альтернативной методики микроволнового разложения цветков ромашки концентрированной азотной кислотой заключалась в выборе значений объема кислоты, температуры, времени разложения, обеспечивающих наиболее полное извлечение As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn из 1 г навески образца (навеска, максимально допустимая для используемой микроволновой печи). Сначала подбирали температурно-временной режим при фиксированном объеме кислоты. При навеске в 1 г максимально достижимая температура составляет 165 °C, что соответствует давлению 40 бар. Были рассмотрены 4 режима микроволнового разложения (табл. 2).

Как видно из представленных в табл. 3 данных, минимальная степень извлечения наблюдается при использовании режима I, который характеризуется высокой скоростью подъема температуры и, как следствие, резким возрастанием давления, вплоть до критических значений. При достижении более равномерного нагревания образцов (режим II) степень извлечения тяжелых металлов выше. Максимальная степень извлечения наблюдается при использовании режима III (увеличенное время выдержки образца при высокой температуре и давлении 38–39 бар), который признан оптимальным. Дальнейшее увеличение времени выдержки (режим IV) не оказывает существенного влияния на степень извлечения тяжелых металлов из образца в раствор.

На следующем этапе определяли оптимальный объем концентрированной азотной кислоты, обеспечивающий максимальное вскрытие пробы (табл. 4). Полное смачивание 1 г навески измельченной ромашки происходит при использовании 7 см^3 кислоты, поэтому эта величина была принята за минимальное значение.

Как следует из табл. 4, степень извлечения тяжелых металлов при использовании 8, 9 и 10 см^3 кислоты отличается незначительно.

Результаты извлечения тяжелых металлов по разработанной альтернативной методике (навеска образца – 1 г, объем концентрированной азотной кислоты – 8 см^3, III режим микроволнового разложения) сравнивали с результатами извлечения по референсным методикам (EPA и фармакопейной), оценивая их содержание в стандартных образцах чая и зерен ржи (табл. 5).

Таблица 3

Результаты разложения цветков ромашки производителя ОАО «Красногорсклексредства» с использованием 4 режимов разложения

Режим разложения	Содержание элементов в цветках ромашки, мг/кг								
	Fe	Ni	Zn	Cu	Cr	As	Pb	Cd	Hg
I режим	571,1	1,66	24,76	9,23	1,55	< ПКО	< ПКО	0,10	< ПКО
II режим	578,9	1,67	25,06	9,31	1,59	< ПКО	< ПКО	0,11	< ПКО
III режим	609,3	1,79	26,96	9,41	1,70	< ПКО	< ПКО	0,11	< ПКО
IV режим	610,1	1,79	26,93	9,40	1,71	< ПКО	< ПКО	0,11	< ПКО

Таблица 4

Результаты разложения цветков ромашки с использованием различного объема концентрированной азотной кислоты

Элемент	7 см^3 HNO_3	8 см^3 HNO_3	9 см^3 HNO_3	10 см^3 HNO_3
Fe	565,7	585,3	586,1	586,2
Ni	1,62	1,81	1,81	1,81
Zn	25,6	27,0	27,3	27,2
Cu	8,51	10,3	10,2	10,3
Cr	1,71	2,01	2,02	2,01

Таблица 5

Сравнение результатов извлечения тяжелых металлов из СО растительного сырья с помощью различных методик пробоподготовки

Стандартный образец	Элемент	Аттестованное значение*, мг/кг	Экспериментальное значение $\overline{X} \pm \Delta x$, мг/кг		
			EPA	EP	Альтернативная
TEA LEAVES (INCT-TL-1)	Cd	0,030 ± 0,004	0,060 ± 0,026	0,070 ± 0,055	0,040 ± 0,026
	Cr	1,91 ± 0,22	1,96 ± 0,16	2,08 ± 0,54	2,14 ± 0,18
	Cu	20,4 ± 1,5	28,8 ± 3,5	20,6 ± 2,2	26,0 ± 1,2
	Fe**	432	610 ± 93	524 ± 22	565 ± 54
	Ni	6,12 ± 0,52	5,77 ± 0,49	5,58 ± 0,40	6,45 ± 0,88
	Pb	1,78 ± 0,24	1,73 ± 0,65	2,03 ± 1,77	1,27 ± 0,45
	Zn	34,7 ± 2,7	36,8 ± 9,9	41,2 ± 4,3	42,8 ± 6,1
(ЗРЖ-01) ОСО № 10 – 201–2014	Cd	0,333 ± 0,093	0,333 ± 0,008	0,245 ± 0,016	0,325 ± 0,016
	Cu	4,07 ± 1,11	4,30 ± 0,86	3,71 ± 0,30	4,62 ± 0,14
	Fe	40,1 ± 23,1	55,9 ± 6,5	46,4 ± 1,9	54,4 ± 2,2
	Pb	0,77 ± 0,24	0,59 ± 0,08	0,73 ± 0,02	0,56 ± 0,03
	Zn	29,9 ± 7,6	21,4 ± 0,6	16,9 ± 0,3	21,5 ± 0,2

Примечания:

*Указаны неопределенность аттестованного значения (СО чая) и норматив контроля погрешности аттестованного значения (СО зерна ржи).

**Значение концентрации железа приведено в качестве информационного, так как наблюдаются существенные различия между результатами межлабораторных испытаний.

Как следует из данных табл. 5, в большинстве случаев результаты измерения содержания тяжелых металлов в СО чая и зерен ржи, полученные с использованием различных методик пробоподготовки, близки между собой, для них наблюдается перекрывание доверительных интервалов измерения. Исключение составляют Cu в обоих СО и Fe в СО зерен ржи, но и для этих элементов различия в результатах измерения не превышают погрешности измерения методом ИСП-АЭС (40 и 20 % для Cu

Таблица 6

Содержание тяжёлых металлов в различных образцах цветков ромашки

Элемент	Методика	Экспериментальное значение $\bar{X} \pm \Delta x$, мг/кг				
		Красногорсклексредства	Микроген	Парафарм	Иванчай	РосБио
Cd	Альтернативная	0,113 ± 0,003	0,093 ± 0,003	0,309 ± 0,007	0,140 ± 0,003	0,193 ± 0,007
	EPA	0,109 ± 0,002	0,100 ± 0,004	0,291 ± 0,014	0,142 ± 0,004	0,227 ± 0,004
	EP	0,090 ± 0,002	0,087 ± 0,004	0,228 ± 0,008	0,109 ± 0,002	0,169 ± 0,002
Fe	Альтернативная	584,4 ± 16,4	167,3 ± 7,8	819,6 ± 23,7	738,9 ± 3,7	79,4 ± 3,3
	EPA	603,8 ± 13,8	197,9 ± 16,0	854,0 ± 38,7	758,4 ± 5,6	86,8 ± 3,7
	EP	449,2 ± 13,2	139,2 ± 5,6	607,7 ± 53,0	561,2 ± 9,4	68,0 ± 1,3
Ni	Альтернативная	1,81 ± 0,06	1,32 ± 0,08	2,01 ± 0,06	1,99 ± 0,01	0,68 ± 0,03
	EPA	1,83 ± 0,04	1,51 ± 0,09	2,13 ± 0,05	2,04 ± 0,02	0,80 ± 0,03
	EP	1,36 ± 0,06	0,84 ± 0,02	1,38 ± 0,06	1,49 ± 0,02	0,94 ± 0,05
Zn	Альтернативная	27,2 ± 0,5	24,7 ± 1,6	31,7 ± 1,0	25,2 ± 0,6	24,3 ± 1,6
	EPA	29,5 ± 2,7	26,5 ± 1,5	35,8 ± 7,1	25,2 ± 0,5	29,0 ± 1,6
	EP	20,4 ± 0,5	17,5 ± 0,5	22,0 ± 1,3	18,8 ± 1,7	20,0 ± 0,9
Cu	Альтернативная	10,5 ± 0,2	7,31 ± 0,15	10,0 ± 0,4	10,51 ± 0,13	4,63 ± 0,16
	EPA	10,2 ± 0,3	8,19 ± 0,38	10,7 ± 0,8	10,53 ± 0,09	5,55 ± 0,15
	EP	7,8 ± 0,4	5,14 ± 0,18	6,8 ± 0,2	7,16 ± 0,08	3,55 ± 0,05
Cr	Альтернативная	2,04 ± 0,09	0,85 ± 0,11	2,34 ± 0,08	2,91 ± 0,06	0,56 ± 0,02
	EPA	2,00 ± 0,09	0,79 ± 0,02	2,32 ± 0,02	2,94 ± 0,01	0,74 ± 0,02
	EP	1,58 ± 0,03	0,56 ± 0,02	1,81 ± 0,04	2,26 ± 0,02	0,48 ± 0,51

и Fe соответственно). При сравнении экспериментально измеренных концентраций элементов с их аттестованными значениями следует учитывать тот факт, что аттестованные значения были получены альтернативными ИСП-АЭС методами: методом инструментального нейтронного активационного анализа (СО чая) и атомно-абсорбционным и колориметрическим методами (СО зерен ржи). Наблюдаемые отклонения измеренных концентраций от аттестованных значений допустимы для межметодных систем измерения концентраций химических элементов [8].

Далее были оценены результаты извлечения тяжелых металлов из различных образцов цветков ромашки с использованием трех методик пробоподготовки (табл. 6).

Как следует из табл. 6, результаты измерения степени извлечения тяжелых металлов из цветков ромашки тремя методиками пробоподготовки близки в пределах погрешности метода ИСП-АЭС. При этом в большинстве случаев не наблюдается перекрывание доверительных интервалов результатов измерения всех элементов с использованием различных методик пробоподготовки: значения концентраций элементов, полученные по альтернативной методике пробоподготовки, выше полученных по фармакопейной методике, но ниже значений, полученных по методике EPA. Возможная причина различий в результатах сравнительного элементного анализа СО чая, зерна ржи и испытуемых образцов ромашки по трем методикам пробоподготовки связана со способом построения градуировочной функции: при элементном анализе СО использовался метод добавок, испытуемых образцов цветков ромашки – метод построения калибровочной кривой. Кроме того, различие в типе растительного сырья также могло оказать влияние на способность извлечения тяжелых металлов по определенной методике. Например, относительная погрешность измерения содержания Cd в рисе, пшенице, кукурузе и соевых бобах составляет 5,7; 22; 40 и 17% соответственно [8]. Содержание мышьяка, свинца и ртути во всех исследованных образцах было ниже предела количественного определения.

Заключение

Разработана более простая и безопасная по сравнению с используемыми в фармакопейном анализе методика микроволновой минерализации цветков ромашки, основанная на использовании исключительно азотной кислоты. По степени извлечения тяжелых металлов из растительного сырья в раствор она сопоставима с методикой EPA. Необходима ее дальнейшая валидация с целью применения при контроле качества растительного сырья.

Список литературы

1. Аналитический отчет DSM Group за март 2013. – URL: http://www.dsm.ru/docs/analytics/0213.pdf (дата обращения: 08.04.15).

2. Башилов А. Микроволновая подготовка проб к элементному анализу – вчера, сегодня, завтра // Аналитика. – 2011. – № 1. – С. 6–14.

3. Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б. и др. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). – М.: Федеральный Центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 56.

4. Кингстон Г.М., Джесси Л.Б. Пробоподготовка в микроволновых печах: теория и практика. – М.: Мир, 1991. – С. 180–181.

5. Кузьмина Н.Е, Щукин В.М., Северинова Е.Ю., Яшкир В.А, Меркулов В.А., // Хим.-фарм. журнал. – 2015. – Т. 49, № 7. – С. 101–105.

6. ОФС 1.5.3.0009.15 «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» // ГФ РФ XIII. – URL: http://femb.ru/feml. (дата обращения: 04.02.15).

7. Atomic Spectroscopy. A Guide to Selecting the Appropriate Technique and Sistem. – URL: http://www.perkinelmer.com/Content/Manuals/GDE_InorganicAnalysis.pdf (дата обращения: 04.02.15).

8. Certificate of Certified Reference Materials, Issued in 2006, Approved by China National Analysis Center for Iron and Steel. – URL: http://www.gbcpolska.pl/me/crm/pdf/certyf_zc73008_17.pdf (дата обращения: 08.04.15).

9. Heavy metals in herbal drugs and fatty oils. General Chapter 2.4.27. // European Pharmacopoeia. – the 7th ed. – 2011. – URL: http://www.edgm.eu (дата обращения: 04.02.15).

10. United States Environmental Protection Agency SW-846 Test Method 3052: Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. – URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3052.pdf (дата обращения: 08.04.15).

УДК 581.192:612.393.2

ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЧАЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ

Афонина С.Н., Лебедева Е.Н.

Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, e-mail: lebedeva.e.n.@mail.ru

Чай (*Camellia sinensis* L.) – сложнейшее и разнообразнейшее по своему химическому составу растение. Общее число соединений, входящих в его состав, выделенных к началу XXI века, составляет около 300, некоторые из них ещё не идентифицированы, а биохимическая роль некоторых из них определена лишь в общих чертах. В чайном листе выделяют три основные группы фитохимических веществ: алкалоиды группы пурина, флавоноиды, дубильные вещества. В обзоре представлены данные о химическом составе, строении и свойствах основных групп фитихимических веществ. Обобщены имеющиеся сведения о биологической активности, в том числе и об антиоксидантных свойствах химических веществ чая, охарактеризованы основные показатели, которые влияют на качество чая. Представлены данные о действии основных компонентов чая на организм здорового человека и при патологии.

Ключевые слова: чай, химический состав чая, алкалоиды и флавоноиды, дубильные вещества, белки, витамины, микроэлементы

CHEMICAL COMPONENTS OF TEA AND THEIR INFLUENCE ON THE ORGANISM

Afonina S.N., Lebedeva E.N.

Orenburg State Medical University, Orenburg, e-mail: lebedeva.e.n.@mail.ru

Tea (Camellia sinensis L.) is complex and diverse in their chemical composition of plants. The total number of compounds in its composition, dedicated to the beginning of the XXI century, is about 300, some of them have not yet been identified, and the biochemical role of some of them is defined only in general terms. The survey provides data on the chemical composition, structure and properties of the main chemical components of tea. The available information on the biological activity, including an antioxidant of tea chemicals, characterized by major indicators that affect the quality of tea were refer. The data of the effect of the main components of tea on human health and in pathology were considered.

Keywords: tea, tea chemical composition, alkaloids, flavonoids, tannins, proteins, vitamins, trace elements

Чай (*Camellia sinensis* L.) – сложнейшее и разнообразнейшее по своему химическому составу растение. Общее число соединений, входящих в его состав, выделенных к началу XXI века, составляет около 300, некоторые из них ещё не идентифицированы, а биохимическая роль некоторых из них определена лишь в общих чертах. Следует иметь в виду, что химический состав свежесорванного зеленого чайного листа и сухого чая, полученного из этого листа, неодинаков. Сухой чай имеет более сложный, химический состав, который формируется в процессе его переработки.

Интерес к химическому составу чая в настоящее время вызван тем, что многие вещества, содержащиеся в чае, проявляют биологическую активность и могут быть использованы для профилактики различных заболеваний. В чайном листе выделяют три основные группы фитохимических веществ: алкалоиды группы пурина, флавоноиды, дубильные вещества [11].

Алкалоиды – это азотсодержащие гетероциклические соединения, обладающие высокой функциональной активностью, к которым относятся три основных соединения: кофеин, теобромин и теофиллин. В чае кофеина содержится больше, чем в кофе, но оказываемый им эффект более мягкий [9]. Это обусловлено тем, что кофеин в чае связан с танином и образует теин или таннат кофеина. Теин придает чаю горечь и оказывает тонизирующее действие на организм, улучшает умственную работоспособность, повышает активность, стимулирует работу сердечно-сосудистой и центральной нервной системы [6]. Различные сорта чая содержат разный процент кофеина, в среднем от 1 до 4%, крепкие сорта чая содержат до 5% кофеина [19]. Будучи связанным с танином, кофеин выводится быстрее из организма, чем чистый алкалоид, что исключает опасность отравления кофеином при частом употреблении чая. В элитных сортах чая его больше, меньше в зеленом чае. Вместе с тем существуют данные о том, что теин, образуясь в чайных листах в процессе роста и развития растений, в больших количествах содержится в качественных сортах зеленого чая молодого сбора [2]. Однако имеются данные о том, что кофеин не определяет крепость чая [22]. Например, в цейлонском чае кофеина содержится значительно меньше, чем в менее крепких китайских чаях. Кроме теина чай содержит незначительные

количества, примерно 0,5% от веса сухого чайного листа, других алкалоидов: теобромина и теофиллина, которые обладают сосудорасширяющим и мочегонным действием [23]. Наряду с полезными алкалоидами чай содержит гуанин, который при длительном подогревании или длительном стоянии заваренного чая может превращаться в гуанидин, обладающий токсическими свойствами [10].

Природные флавонолы – это кемпферол, кверцетин, мирицетин. Основной источник этих соединений чай – [7].

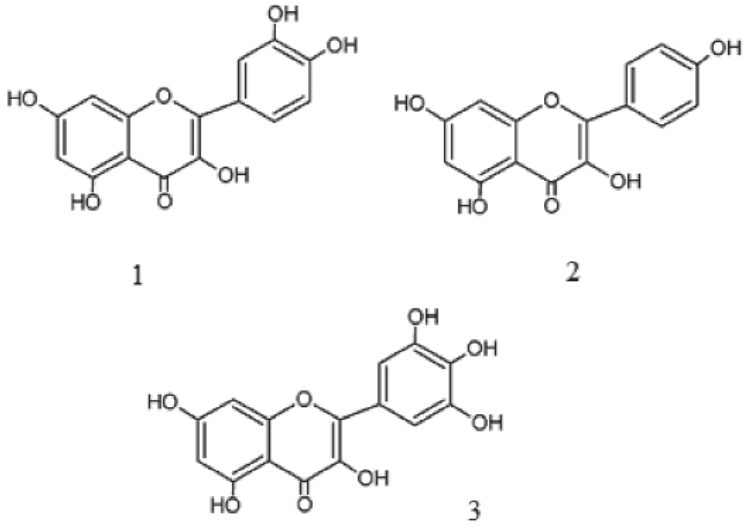
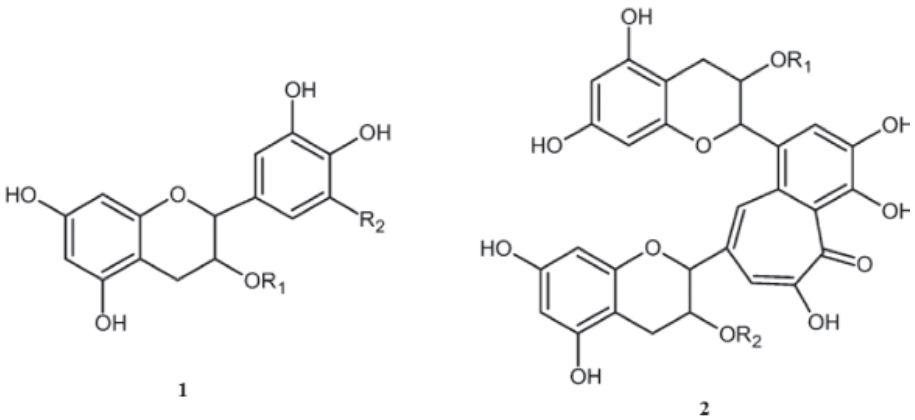


Рис. 1. Строение флавонолов чая:
1 – кемпферол; 2 – кверцетин; 3 – мирицетин



НАЗВАНИЯ ГРУПП	R_1	R_2
ЭПИКАТЕХИН (EC)	H	H
ЭПИГАЛЛОКАТЕХИН (EGC)	H	OH
ЭПИКАТЕХИН-3-ГАЛЛАТ(ECG)	G	H
ЭПИГАЛЛОКАТЕХИН-3-ГАЛЛАТ(EGCG)	G	OH
ТЕАФЛАВИН	H	H
ТЕАФЛАВИН-3-ГАЛЛАТ	H	G
ТЕАФЛАВИН-3'-ГАЛЛАТ	G	H
ТЕАФЛАВИН-3,3'-ДИГАЛЛАТ	G	G

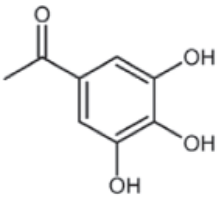


Рис. 2. Строение катехинов:
1 – катехины; 2 – теафлавины; 3 – галлат

Флавоноиды представлены в чае в основном катехинами, которые определяют качество и полезные свойства чайного напитка, особенно зеленого чая [9]. На долю катехинов приходится 20–30% сухого вещества чая, причем чем больше в сухом чае полифенолов, тем выше качество настоя, тем лучше цвет, терпкость и аромат напитка [1]. В чае присутствуют 8 катехинов, из них в наибольшем количестве содержатся галлокатехин, эпигаллокатехин, эпигаллокатехингаллат [3]. Катехины чайного листа снижают хрупкость и проницаемость капилляров, нормализуют тканевое дыхание, предотвращают развитие атеросклероза, принимают активное участие в обмене сложных белков, влияют на активность ферментов, в частности фермента теломеразы, который обеспечивает регуляцию процессов деления клеток [5].

чай содержит меньше мономерных катехинов, так как в процессе ферментации происходит их полимеризация с образованием олигомерных теафлавинов (желто-оранжевого цвета) и теарубигинов (красно-коричневого цвета), определяющих качество чая [14]. *Теафлавины* – первые продукты окисления катехинов и катехингаллатов в процессе ферментации, придающие черному чаю вяжущий вкус и ярко-золотую окраску. Содержание теафлавинов колеблется в пределах 0,29–1,25%. Низкое содержание теафлавинов указывает на неполную ферментацию и длительный срок хранения чая [17]. *Теарубигины* являются продуктами превращения теафлавинов, они придают чайному настою красноватый цвет и полный, богатый вкус, обладают вяжущим, дубящим действием (рис. 3).

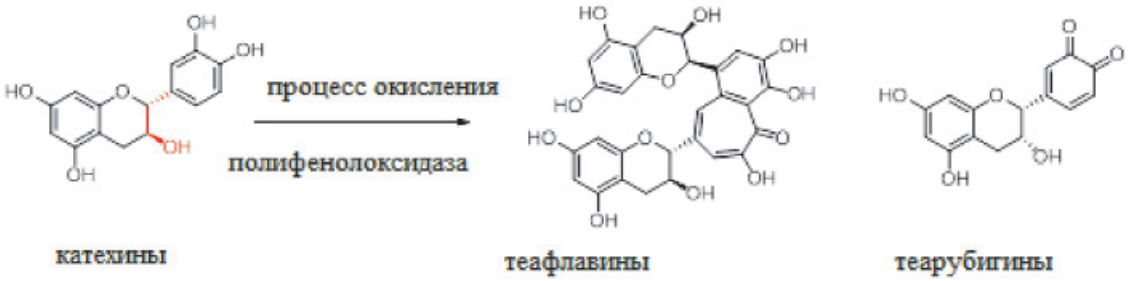


Рис. 3. Процесс образования теафлавинов и теабраунинов

Эпигаллокатехингаллат зеленого чая повышает активность ключевых ферментов остеогенеза, увеличивает минерализацию костной ткани, блокирует активность остеокластов [15]. Он эффективен при сепсисе и ревматоидном артрите [13]. Кроме того, катехины чая являются мощными антиоксидантами, нейтрализующими действие свободных радикалов [21]. Они способствуют связыванию различных ядовитых веществ и выведению их из организма, оказывают вяжущее и бактериостатическое действие [9]. Катехины тормозят развитие таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера и Паркинсона. В настоящее время биофлавоноидам чая принадлежит широкий спектр фармакологических свойств, таких как иммуностимулирующие, кардио-, радио-, гепато-, геропротекторные, антитромботические, антиаллергические, противоопухолевые и антивирусные [8, 12, 16]. В зеленом чае сохраняется химический состав, характерный для свежих листьев чая, в котором присутствуют стереоизомеры группы катехинов в количестве 0,32 г/г [1, 4]. Черный

Теабраунины, продукты окисления теарубигинов, придают чаю темно-коричневый цвет и отрицательно сказываются на качестве чая. Для оценки качества черного чая используется отношение концентрации теафлавинов к концентрации теарубигинов. Свежий, черный чай должен содержать теафлавинов более 1%, теарубигинов – около 10%, и их отношение > 0,1 [14].

Чай – один из самых богатых источников антиоксидантов [18, 21]. В зеленом чае основной вклад в антиоксидантную активность вносят катехины, а в черном – теафлавины и теарубигины. Благодаря антиоксидантным свойствам черный и зеленый чаи эффективно ингибируют процесс развития атеросклероза, снижая уровень атерогенных форм липопротеинов: ЛПОНП и ЛПНП и увеличивая уровень антиатерогенной фракции липопротеинов – ЛПВП [5].

Дубильные вещества – это смесь полифенольных соединений и их производных, на долю которых приходится от 15 до 30%. Они препятствуют развитию онкологических процессов, понижают артериальное давление, обладают антимикробным,

дезинфицирующим, антиоксидантным действием [24]. Наиболее богаты дубильными веществами белые и зеленые чаи [4]. Одним из представителей дубильных веществ является танин или теотанин. Его содержание в зеленом чае в два раза больше, чем в черном. Продукты окисления дубильных веществ – хиноны, образующиеся в ходе переработки чая, окисляют другие вещества чайного листа и образуют ароматические продукты, участвующие в создании чайного аромата.

Сапонины чая – это ацилированные сапонины олеанан-тритерпенового ряда. В отличие от полифенолов чая сапонины изучены значительно меньше. По мере изучения этих веществ их количество возрастает. В настоящее время открыты сапонины A1–A9, E1–E9, C1–C4, H1. Сапонины – это высокомолекулярные органические вещества, содержащие углеводные компоненты и обладающие поверхностно-активными свойствами. Молекула сапонина состоит из углеводной части, представленной остатками глюкозы, рамнозы, фруктозы и др., и агликона, называемого сапогенином. Тритерпеновые сапонины содержат до 10 и более остатков глюкозы, которые образуют две углеводные цепочки. Эти цепочки могут быть линейными и разветвленными. В эксперименте показано, что смесь чайных сапонинов E1 и E2, выделенных из чая оолонг, ингибирует панкреатическую липазу *in vitro*. Сапонины чая, называемые теасапонины, оказывают антиоксидантное и противомикробное действие. В последнее время установлено, что эта группа фитохимических веществ чая обладает антиаллергическим, гипотензивным, противовоспалительным, гиполипидемическим и антиканцерогенным действием. Полученные данные свидетельствуют о новых аспектах использования чая в профилактике целого ряда патологических процессов [25].

Содержание *белков и аминокислот* в чае составляет в среднем 25 % [11]. Наиболее богаты белками зеленые чаи, при этом повышенное содержание белка не вредит качеству этого чая, но снижает качество черного чая, ухудшает его вкус [4].

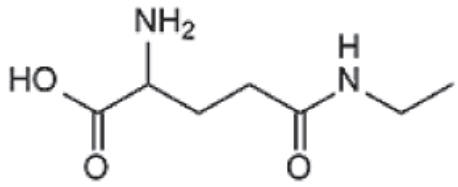


Рис. 4. Химическое строение теанина

Важной аминокислотой чая является теанин, обеспечивающий вкус настоев зеленого чая: сладковатый, пикантный и являющийся показателем качества чая. В чае присутствуют практически все наиболее важные *витамины* [21]. В частности, в нем содержатся провитамин А-каротин, обеспечивающий функциональное состояние слизистых оболочек глаза, носа, глотки, гортани, дыхательных путей, витамины группы В, способствующие нормальному функционированию желез внутренней секреции, нервной системы, а также улучшающие состояние кожи и волос. В чае присутствует аскорбиновая кислота, обладающая антимикробным противовоспалительным действием, стимулирующая иммунитет, защитные силы организма, влияющая на синтез белков в соединительной ткани, на процессы кроветворения. Зеленый чай содержит в 2–3 раза больше витамина С, чем лимоны и апельсины [13]. В экстракционном масле чайного листа обнаружены жирорастворимые витамины А, К, Д, Е [2]. *Эфирные масла* содержатся в чае в небольшом количестве, примерно 0,08 %. Несмотря на их крайне незначительное количество, именно им приписывают неповторимый чайный аромат. В чае присутствуют различные *макро- и микроэлементы*. Их количество составляет примерно 4–7 %. Это, прежде всего, железо, марганец, магний, натрий, кремний, кальций, калий, фосфор а также микроэлементы йод, фтор, медь, золото и некоторые другие**.** Все они находясь в форме коллоида растворяются в воде и выходят в чайный настой (особенно фтор и йод). Благодаря высокому содержанию растворимых соединений фтора в чае, этот напиток можно использовать как источник фторидов [4].

Отдавая должное многочисленным исследованиям, посвященным изучению химического состава и биологической активности чая, следует отметить, что многие вопросы, связанные с изучением биохимии чая остаются до сих пор невыясненными, подчас противоречивыми, что диктует необходимость их дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Барабой В.А. Катехины чайного растения: структура, активность, применени // Биотехнология. – 2008. – т. 1, № 3. – С. 25–36.

2. Мелкадзе Р.Г. Липофильный комплекс чайного листа / Р.Г. Мелкадзе, В.Г. Хведелидзе // Химия растительного сырья. – 2008. – № 4. – С. 133–135.

3. Тараховский Ю.С. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю.С. Тараховский, Ю.А. Ким, Б.С. Абдрасилов, Е.Н. Музафаров. – Пущино:Synchrbook, 2013. – 969 с.

4. Яшин Я.И. Чай. Химический состав чая и его влияние на здоровье человека / Я.И. Яшин, А.Я. Яшин. – М.: ТрансЛит, 2010. – 159 с.

5. Ahmad R.S. Preventive role of green tea catechins from obesity and related disorders especially hypercholesterolemia and hyperglycemia / Ahmad et al. // Journal of Translational Medicine. – 2015. – № 13. – P. 79 DOI 10.1186/s12967-015-0436-x.

6. Bohn S.K. Effects of tea and coffee on cardiovascular disease risk / S.K. Bohn, N.C. Ward, J.M. Hodgson, K.D. Croft // Food Funct. – 2012. – № 3. – P. 575.

7. Cheynier V. Polyphenols in foods are more complex than often thought // Am. J. Clin. Nutr. – 2005. – Vol.81, 1 Suppl. – P. 223–229.

8. Guang-Jian Du Epigallocatechin Gallate (EGCG) Is the Most Effective Cancer Chemopreventive Polyphenol in Green Tea / Guang-Jian Du et al. // Nutrients. – 2012. – № 4. – P. 1679–1691; doi:10.3390/nu4111679.

9. Higdon J.V., Frei B. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions // Crit Rev Food Sci Nutr. – 2003. – № 43. – P. 89–143.

10. Hiroshi Ashihara, Hiroshi Sano, Alan Crozier Caffeine and related purine alkaloids: Biosynthesis, catabolism,function and genetic engineering // Phytochemistry. – 2008. – № 69. – P. 841–856.

11. Jain A., Manghani C., Kohli S., Nigam D., Rani V. Tea and human health: The dark shadows // Toxicology Letters. – 2013. – № 220 (1). – P. 82–87.

12. Jonathan M. Hodgson Tea flavonoids and cardiovascular disease / Asia Pac J Clin Nutr. – 2008. – № 17(S1). – P. 288–290.

13. Mak J.C. Potential role of green tea catechins in various disease therapies: Progress and promise // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. – 2012. – № 39. – P. 265–273.

14. Menet M.C., Sang S., Yang C.S., Ho C.T., Rosen R.T. Analysis of theaflavins and thearubigins from black tea extract by maldi-tof mass spectrometry // J Agric Food Chem. – 2004. – № 52. – P. 2455–61.

15. Naito Y., Yoshikawa T. Green tea and heart health // J Cardiovasc Pharmacol. – 2009. – № 54. – P. 385–90.

16. Peterson J., Dwyera J., Bhagwat S., Haytowitz D., Holden J., Eldridge A.L., Beecherd G., Aladesanmi J. Major flavonoids in dry tea // Journal of Food Composition and Analysis. – 2005. – № 18. – P. 487–501.

17. Sang S., Lambert J.D., Tian S., Hong J., Hou Z., Ryu J.H., et al. Enzymatic synthesis of tea theaflavin derivatives and their anti-inflammatory and cytotoxic activities // Bioorg Med Chem. – 2004. – № 12. – P. 459–67.

18. Sang S., Yang I., Buckley B., Ho C.T., Yang C.S. Autoxidative quinone formation in vitro and metabolite formation in vivo from tea polyphenol (−)-epigallocatechin-3-gallate: studied by real-time mass spectrometry combined with tandem mass ion mapping // Free Radic Biol Med. – 2007. – № 43. – P. 362–71.

19. Sharma V., Rao L.J. A thought on the biological activities of black tea // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 2009. – Vol.49, № 5. – P. 379–404.

20. Sharma V.K. Health Benefits of Tea Consumption / V.K. Sharma, A. Bhattacharya, A. Kumar, H.K. Sharma // Tropical Journal of Pharmaceutical Research, September. – 2007. – № 6 (3). – P. 785–792.

21. Susanne M.H., Yantao N., Nicolas H.L., Gail D.T., Rosario R.M., Hejing W., Vay L.W.G., David H. Bioavailability and antioxidant activity of tea flavanols after consumption of green tea, black tea, or a green tea extract supplement // Am. J. Clin. Nutr. – 2004. – № 80. – P. 1558–64.

22. Tariq A.L., Reyaz. A.L. Phytochemical analysis of Camellia sinensis Leaves // Int. J. Drug Dev. & Res., October-December. – 2012. – № 4(4). – P. 311–316.

23. Tsung O. Cheng All teas are not created equal. The Chinese green tea and cardiovascular health // International Journal of Cardiology. – 2006. – № 108. – P. 301–308.

24. Yang C.S., Wang X., Lu G., Picinich S.C. Cancer prevention by tea: animal studies, molecular mechanisms and human relevance // Nat. Rev. Cancer. – 2009. – № 9. – P. 429–39.

25. Xiaohong L. In vitro Anti-angiogenic Effects of Tea Saponin and Tea Aglucone on Human Umbilical Vein Endothelial Cells / Xiaohong Li et al // J. of Food and Nutr. Res. – 2015. – Vol. 3, № 3. – P. 206–212.

УДК 633.34

СПОСОБЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Васильев И.В., Кащеев А.В., Сапрыкин Н.П.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», институт агротехнологий и лесного дела, Оренбург, e-mail: igor-vas2009@yandex.ru

В статье дана оценка различным системам обработки почвы под сою и способов её посева. В течение вегетации проводили наблюдения за влажностью и плотностью почвы, а также засорённостью посевов. Исследованиями установлено, что наилучшие условия по увлажнению складывались на плоскорезном рыхлении. На этом же варианте опыта накопленная влага расходовалась более рационально. Наиболее эффективной в борьбе с сорняками оказалась двукратная предпосевная культивация и посев сеялкой ДМС-Примера. Чуть лучше среди способов обработки выглядело плоскорезное рыхление; в обеспечении урожайности сои преимущество было за сеялкой ДМС-Примера. Среди способов основной обработки в среднем по двум способам посева лучшим следует признать плоскорезное рыхление, где получена максимальная урожайность 7,7 ц/га. Более же экономически выгодным показало себя дискование БДН-720 на 10–12 см, где наблюдались самая низкая себестоимость и высокая рентабельность производства сои.

Ключевые слова: соя, ресурсосберегающие технологии, обработка почвы, засорённость, урожайность

METHODS OF SOYBEAN CULTIVATION ON CHERNOZEMS SOUTHERN ORENBURG REGION

Vasilev I.V., Kascheev A.V., Saprykin N.P.

Orenburg State Agrarian University, Institute of Agronomy and Forestry, Orenburg, e-mail: igor-vas2009@yandex.ru

The paper presents evaluation of different systems of tillage for soybeans and methods of sowing. During the growing season, conducted monitoring moisture and density of soils and contamination of crops. Studies have found that the best conditions for hydrate formed on ploskorezy loosening. In this embodiment, the experience accumulated moisture are spent more efficiently. Most effective in weed control was double the pre-sowing cultivation and sowing planter LCA-Example. Slightly better among methods of treatment looked ploskostei loosening; in providing a soybean yield advantage was a planter in LCA-Example. Among the main processing methods average two methods of sowing the best should be recognized ploskostei loosening, where the resulting maximum yield of 7,7 t/ha. More cost-advantageous proved to disking MND-720 to 10–12 cm was observed where low cost and high profitability of soybean production.

Keywords: soybean, resource-saving technologies, soil treatment, pollution, the yield

В засушливых условиях Оренбургской области наблюдается увеличение площади посевов под зернобобовыми культурами. В настоящее время после выведения скороспелых сортов сои она получила широкое распространение в Оренбуржье.

Цель. На Дальнем Востоке под сою эффективна ранняя зяблевая обработка почвы путем вспашки, положительный эффект получен при запашке измельченной соломы. Наибольшее распространение получил однострочный посев с междурядьем 45 см с нормой высева 700–800 тыс. всхожих семян на 1 га. Рядовой способ посева рекомендуется на легких почвах, чистых от сорняков при «нулевой технологии» с обязательным применением гербицидов. Уход за посевами включает прикатывание, довсходовое боронование легкими сетчатыми боронами, культивацию междурядий [5].

На юге Европейской части России и в ЦЧО под сою рекомендуют культурную вспашку, весной боронование, предпосевную культивацию паровыми или свекловичными культиваторами на глубину 4–5 см с последующим прикатыванием. Ширина междурядий от 17 до 50 см не влияет на величину урожая. В странах Европейского союза ширину междурядий выбирают обычно от 15 до 30 см. Зерновые сеялки оборудуют анкерными сошниками [4].

По существу не изучены минимальные обработки почвы под сою, хотя, казалось бы, стержневая корневая система вполне располагает к этому, но она, как известно, относительно слабо развита и главным условием для ресурсосберегающих технологий являются хорошие агрофизические свойства почвы и биологизация земледелия.

В настоящее время актуальность ресурсосбережения возросла в связи с резко возросшей стоимостью топлива, сельскохозяйственных машин, удобрений и средств защиты растений [2].

Одной из наиболее трудоемких операций в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является основная обработка почвы, поэтому важнейшей задачей в степной зоне является разработка ресурсосберегающей технологии возделывания сои, основанной на минимализации обработки почвы и сокращении технологических операций за счет комбинированных посевных агрегатов, в частности с использованием сеялки АУП-18.05, обеспечивающей разбросной посев, предпосевную культивацию и прикатывание, и сеялки ДМС-Примера с анкерными сошниками и посевом с междурядьем 18,75 см, что и составляло цель проводимых исследований.

Материалы и методы исследований

Исследования велись в 2013–2015 гг. на опытном поле Оренбургского ГАУ в многолетнем стационаре в 5 ротации севооборота: пар чёрный – озимые пшеница и тритикале – соя – яровая пшеница – сафлор. Солома озимой пшеницы при уборке комбайном Class Lexion измельчалась и заделывалась в почву или частично смешивалась с поверхностным слоем или оставалась на поверхности почвы в зависимости от способа обработки почвы.

Обработка почвы под сою включала вспашку и плоскорезное рыхление на 23–25 см, мелкое рыхление комбинированным культиватором «Смарагд» на 12–14 см и дискование БДН-720 на 10–12 см.

Посевная площадь делянки составляла 30×30 = 900 м^2, учётная – 60–120 м^2, повторность четырёхкратная в пространстве и трёхкратная во времени.

В течение вегетации после посева и после уборки проводили наблюдения за влажностью и плотностью почвы, а также засорённостью посевов. Посев проводили сеялками АУП-18.05 и ДМС-Примера. Весной перед посевом сои проводили предпосевную культивацию и посев сеялкой АУП-18,05, а при посеве сеялкой ДМС-Примера две предпосевные культивации. Учёт проводили комбайном Сампо-500.

В течение вегетации после посева и перед уборкой вели наблюдения за влажностью и плотностью почвы, засоренностью посевов.

Результаты исследований и их обсуждение

Плотность почвы служит важнейшим показателем, характеризующим ее строение, водно-воздушные свойства и биологическую активность.

В плотной почве затрудняется рост корневой системы, снижается водопроницаемость, увеличивается содержание недоступной для растений влаги, особенно на тяжелых по механическому составу почвах.

Культурным растениям, как и всему живому, необходимы определенные условия для нормального роста и развития. Одним из таких условий является плотность почвы, которая должна соответствовать требованиям той или иной культуры. На черноземе южном оптимальная для большинства культур плотность почвы не выходит за пределы равновесной, которая составляет 1,23–1,25 г/см^3 [1].

Таким образом, из выше представленных данных следует, что на черноземах южных Оренбургского Предуралья можно применять минимизацию обработки почвы.

Средние показатели плотности пахотного слоя почвы за три года наблюдений после посева выявили преимущество вспашки над другими приемами обработки почвы, где плотность пахотного слоя почвы была минимальной и составила 1,14 г/см^3 (табл. 1). На других вариантах она повышалась пропорционально снижению интенсивности обработки до 1,17–1,20 г/см^3, но не выходила за рамки оптимальных значений. К уборке также большой разницы по плотности почвы на вариантах опыта не наблюдалось, и они составили 1,20–1,22 г/см^3.

Таблица 1

Плотность сложения 0–30 см слоя почвы в посевах сои, среднее за 2013–2015 гг.

Номер варианта	Способы основной обработки и глубина, см под сою	Плотность почвы по слоям, г/см^3							
		после посева				перед уборкой			
		0–10	10–20	20–30	0–30	0–10	10–20	20–30	0–30
1	В 23-25	1,12	1,13	1,19	1,14	1,14	1,20	1,26	1,20
2	П 23-25	1,12	1,19	1,22	1,17	1,15	1,23	1,27	1,22
3	М 12-14	1,15	1,2	1,24	1,20	1,15	1,22	1,26	1,21
4	Д 10-12	1,11	1,22	1,27	1,20	1,16	1,21	1,23	1,20

Примечание. В – вспашка, П – плоскорезное рыхление, М – мелкое рыхление «Смарагд», Д – дискование БДН-720.

Таблица 2

Строение пахотного слоя почвы (0–30 см) под посевами сои, среднее за 2013–2015 гг.

Номер варианта	Способы основной обработки и глубина, см под сою	Перед посевом			Перед уборкой		
		объем твердой фазы почвы, %	пористость, %		объем твердой фазы почвы, %	пористость, %	
			общая	аэрации		общая	аэрации
1	В 23-25	43,5	56,5	29,6	45,8	54,2	33,0
2	П 23-25	44,9	55,1	28,4	46,6	53,4	32,6
3	М 12-14	45,8	54,2	25,2	46,5	53,5	35,1
4	Д 10-12	46,0	54,0	26,9	46,1	53,9	34,9

Примечание. В – вспашка, П – плоскорезное рыхление, М – мелкое рыхление «Смарагд», Д – дискование БДН-720.

Оценивая показатели строения пахотного слоя почвы в среднем за три года исследований, видно, что общая пористость на момент посева сои находилась в пределах 54,0–56,5 %, с наибольшими показателями на вспашке (табл. 2). К уборке она также не сильно отличалась по вариантам опыта и составила 53,4–54,2 %.

Показатель пористости аэрации весной наименьшим был на мелком рыхлении – 25,2 % и максимальным на вспашке – 29,6 %, что обеспечивало достаточный воздушный режим. На момент уборки пористость аэрации увеличилась в связи со снижением влажности почвы и составила 32,6–34,9 %.

Оренбургская область – зона неустойчивого и недостаточного увлажнения. Высокая температура во время вегетации приводит к интенсивному испарению, что делает выпавшие осадки практически недоступными для растений [3].

Важнейшей задачей в засушливых условиях Оренбургского Предуралья является обеспечение максимального накопления влаги в почве, сокращение ее расхода на испарение. Способ основной обработки почвы оказывает важнейшее влияние на водный режим почвы.

В среднем за 3 года исследований весной перед посевом сои самые высокие запасы продуктивной влаги в метровом слое были накоплены на плоскорезном рыхлении и на вспашке, где они составили 119,5–120,8 мм, а самые низкие при дисковании почвы – 89,7 мм, что в очередной раз доказывает преимущество глубоких основных обработок перед мелкими в накоплении влаги в почве (табл. 3). Ко времени уборки сои максимальные остаточные запасы продуктивной влаги наблюдались на плоскорезном рыхлении – 73,6 мм. На этом же варианте опыта накопленная влага расходовалась более рационально, здесь коэффициент водопотребления составил 14,4 мм/ц.

Сорные растения, кроме прямого снижения урожайности сельскохозяйственных культур и увеличения энергетических и трудовых затрат на обработку почвы и очистку зерна и семян, ухудшают качество продукции, являются резерваторами вредителей и болезней и конкурируют с культурными растениями за влагу и питательные вещества, оказывают аллелопатическое воздействие, влияют на здоровье людей и животных [6].

Таблица 3

Водопотребление в посевах сои, среднее за 2013–2015 гг.

Номерварианта	Способы основной обработки и глубина см, под сою	Запасы влаги в слое 0–100 см, мм				Сумма осадков за вегетацию, мм	Количество израсходованной влаги, мм	Урожайность, ц/га	Коэффициент водопотребления, мм/ц
		весной		после уборки					
		общей	продуктивной	общей	продуктивной				
1	В 23-25	272,6	120,8	216,3	64,7	69,6	125,7	8,1	15,5
2	П 23-25	271,1	119,5	232,1	73,6		115,5	8,0	14,4
3	М 12-14	265,5	113,7	228,3	56,5		126,8	7,9	16,1
4	Д 10-12	241,3	89,7	196,1	49,8		109,5	7,4	14,8

Примечание. В – вспашка, П – плоскорезное рыхление, М – мелкое рыхление «Смарагд», Д – дискование БДН-720.

Соя отличается низкой конкурентной способностью в борьбе с сорняками, и именно засоренность является часто причиной низкой урожайности этой культуры.

В нашем опыте встречались однолетние сорняки, а именно щирица запрокинутая, щирица жминдовидная, ежовник (просо куриное), марь белая, гречишка вьюнковая.

Размещение сои после озимых по пару стало главной причиной относительно низкой засоренности ее посевов на всех вариантах основной обработки почвы – 11,3–52,0 шт./м^2 (табл. 4). Более эффективной в борьбе с сорняками оказалась двукратная предпосевная культивация и посев сеялкой ДМС-Примера. Чуть лучше среди способов обработки выглядело плоскорезное рыхление, где засоренность малолетними сорняками составила 14–21,7 шт./м^2. Количество многолетних сорняков увеличивалось в опыте пропорционально снижению интенсивности обработки почвы.

Урожайность культур является объективным критерием эффективности технологических приемов.

Различные приемы обработки почвы, оказывая влияние на плотность, структуру и строение пахотного слоя почвы, распределение соломы органических остатков, накопление и расход влаги, засоренность посевов в конечном счете и определяют величину урожая.

Оценивая показатели урожайности сои в среднем за три года исследований, можно заметить, что урожайность при посеве сеялкой АУП-18.05 была значительно ниже, чем при посеве – ДМС-Примера (табл. 5). Это связано с тем, что сеялка АУП-18.05 высевает семена разбросным способом, при этом семена в центральной части лапки за утюжком размещались по влажному слою почвы, а по краям высевающей лапки попадали в сухой слой, а сеялка ДМС-Примера высевала семена с междурядьем 18,75 см. Лучшая освещённость сои в рядках с междурядьем 18,75 см и условия для прорастания семян по влажности, а также меньшая засорённость посевов создавали преимущество сеялки ДМС-Примера над АУП-18.05.

Таблица 4

Засоренность посевов сои, среднее за 2013–2015 гг.

Номер варианта	Способы основной обработки и глубина под сою, см	Количество сорняков, шт./м^2							
		в начале вегетации				перед уборкой			
		малолетние		многолетние		малолетние		многолетние	
		сеялка «АУП»	сеялка «DMC»	сеялка «АУП»	сеялка «DMC»	сеялка «АУП»	сеялка «DMC»	сеялка «АУП»	сеялка «DMC»
1	В 23-25	25,7	20,0	0,3	0,3	34,6	27,0	0,3	0,3
2	П 23-25	26,7	14,0	0,3	0	36,6	21,7	0,3	0
3	М 12-14	34,3	11,3	0,6	0,3	47,6	27,7	0,6	0,3
4	Д 10-12	11,7	31,0	1,0	0,3	52,0	27,7	1,0	0,3

Примечание. В – вспашка, П – плоскорезное рыхление, М – мелкое рыхление «Смарагд», Д – дискование БДН-720.

Таблица 5

Урожайность сои в зависимости от способа основной обработки почвы и посева

Номер варианта	Способ основной обработки и глубина, см (фактор А)	Способ посева (фактор В)	Урожайность, ц/га				Средняя (по фактору А)
			по годам				
			2013	2014	2015	средняя (по фактору В)	
1	В 23-25	АУП-18.05	8,0	6,9	5,4	6,8	7,5
		DMC	10,4	6,9	7,1	8,1	
2	П 23-25	АУП-18.05	6,9	7,9	7,3	7,4	7,7
		DMC	7,9	7,3	8,9	8,0	
3	М 12-14	АУП-18.05	5,9	8,3	7,3	7,2	7,6
		DMC	8,3	6,3	9,2	7,9	
4	Д 10-12	АУП-18.05	5,9	8,3	8,0	7,4	7,4
		DMC	7,7	5,8	8,6	7,4	

Таблица 6

Экономическая эффективность производства сои при различных способах обработки

Показатели	В-23-25		П-23-25		М-12-14		Д-10-12	
	АУП-18	ДМС	АУП-18	ДМС	АУП-18	ДМС	АУП-18	ДМС
Урожайность, ц/га	6,8	8,1	7,4	8,0	7,2	7,9	7,4	7,4
Затраты труда чел.-ч								
на 1 га	2,77	2,91	2,40	2,53	2,03	2,15	1,97	2,09
на 1 ц	0,41	0,36	0,33	0,32	0,28	0,27	0,27	0,28
Затраты на производство основной продукции в расчете на								
1 ц, руб.	658,56	601,13	543,75	550,82	517,01	519,80	486,17	536,97
1 га, руб.	4478,20	4869,15	4023,74	4406,57	3722,47	4106,45	3597,69	3973,55
Прибыль от реализации продукции, руб.								
на 1 га	9121,8	11330,85	10776,26	16000,00	10677,53	11693,55	11202,31	10826,45
на 1 ц	1341,44	1398,87	1456,25	1449,18	1482,99	1480,20	1513,83	1463,03
Окупаемость дополнительных затрат, руб.	3,04	3,33	3,68	3,63	3,87	3,85	4,11	3,72
Рентабельность, %	203,7	232,7	267,8	263,1	286,8	284,7	311,4	272,5

Примечание. В – вспашка, П – плоскорезное рыхление, М – мелкое рыхление «Смарагд», Д – дискование БДН-720.

В обеспечении урожайности сои среди способов основной обработки в среднем по двум способам посева лучшим следует признать плоскорезное рыхление, где получена максимальная урожайность 7,7 ц/га.

Однако затраты труда и производственные затраты и на вспашке и на плоскорезном рыхлении были самыми высокими и составили 2,40–2,91 чел.-ч/га и 4023–4869 руб./га соответственно (табл. 6). Применение сеялки АУП-18.05 способствовало улучшению всех экономических показателей по сравнению с посевом сеялкой ДМС-Примера.

Наиболее экономически выгодным показал себя вариант с дискованием БДН-720 на 10–12 см и посевом АУП-18.05. Урожайность сои на данном варианте составила 7,4 ц/га в среднем за три года, но благодаря самой высокой производительности наблюдались самая низкая себестоимость – 3597,69 руб./га и высокая рентабельность производства сои – 311,4%.

Выводы

1. Агрофизические свойства почвы (плотность, общая пористость и пористость аэрации) были благоприятными для сои независимо от способа обработки благодаря хорошему увлажнению, как весной, так и перед уборкой, и не были ограничивающим фактором урожайности.

2. Наилучшие условия по увлажнению складывались на плоскорезном рыхлении. На этом же варианте опыта накопленная влага расходовалась более рационально.

3. Наиболее эффективной в борьбе с сорняками оказалась двукратная предпосевная культивация и посев сеялкой ДМС-Примера. Чуть лучше среди способов обработки выглядело плоскорезное рыхление.

4. В обеспечении урожайности сои преимущество было за сеялкой ДМС-Примера. Среди способов основной обработки в среднем по двум способам посева лучшим следует признать плоскорезное рыхление, где получена максимальная урожайность 7,7 ц/га.

5. Наиболее экономически выгодным показал себя вариант с дискованием БДН-720 на 10–12 см и посевом АУП-18.05. Урожайность сои на данном варианте составила 7,4 ц/га в среднем за три года, но благодаря самой высокой производительности наблюдались самая низкая себестоимость – 3597,69 руб./га и высокая рентабельность производства сои – 311,4%.

Список литературы

1. Кислов А.В. Экологизация обработки почвы на черноземах Оренбургской области / А.В. Кислов и др. // Биоразнообразие и биоресурсы Урала: материалы междунар. конф. – Оренбург: ИПК «Газпромпечать», 2001. – С. 350–352.

2. Максютов Н.А. Ресурсосбережение в земледелии // Земледелие. – 1995. – № 3. – С. 18–19.

3. Максютов Н.А. Биологическое ресурсосберегающее земледелие в степной зоне Южного Урала. – Оренбург: Печатный дом «Димур», 2004. – 204 с.

4. Шпаар Д. Зернобобовые культуры / Д. Дрегер, А. Захарченко и др.; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУ Аинформ, 2000 – 264 с.

5. Щегорец О.В. Соеводство. – Благовещенск, 2002. – 432 с.

6. Фисюнов А.В. Обработка почвы и семена сорняков / А.В. Фисюнов, В.Ф. Клез // Земледелие. –1982. – № 5. – С. 19–21.

УДК 630*232.43

СОСТОЯНИЕ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Вечеров В.В., Маркина З.Н.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, e-mail: mail@bgita.ru

Приведен анализ роста и состояния сосново-березовых полезащитных лесных полос на дерново-подзолистых почвах в условиях радиоактивного загрязнения Брянской области. Учитывались следующие характеристики полезащитных лесных полос: возраст, схема смешения древесных пород, схема размещения растений в рядах и ширина междурядий, густота посадки при создании древостоя, средний диаметр и средняя высота насаждения, класс бонитета и тип лесорастительных условий (ТЛУ), запас древостоя. Показаны почвообразующие породы, определяющие лучший рост сосново-березовых древостоев и оценено содержание в них физической глины. Влияние почвообразующих пород на рост древесных пород определяется их гранулометрическим, минералогическим и химическим составом на основании сопоставления лесорастительных свойств почв с таксационными показателями древостоев полезащитных лесных полос. Лучшие условия роста вне зависимости от возраста для сосново-березовых 4-рядных полезащитных лесных полос создаются на легких почвах, сформировавшихся на водно-ледниковых почвообразующих породах с оптимальной густотой посадки 4440 шт./га (схема размещения 3×0,75). Плотность загрязнения ^{137}Cs в полезащитных лесных полосах составляет 12,6–105,7 Ku/км^2. Существующие уровни загрязнения не оказывают влияния на рост древесных насаждений полезащитных лесных полос независимо от их состава.

Ключевые слова: полезащитные лесные полосы, дерново-подзолистые почвы, радиоактивное загрязнение

CONDITION OF PINE-BIRCH SHELTER BELTS UNDER RADIOACTIVE CONTAMINATION IN BRYANSK REGION

Vecherov V.V., Markina Z.N.

Bryansk State Engineering and Technological University, Bryansk, e-mail: mail@bgita.ru

The analysis of the growth and status of pine and birch shelter belts on sod-podzolic soils in conditions of radioactive contamination. We consider the following characteristics of shelter belts: age, circuit mixing trees, plant layout in rows and row spacing, planting density to create the stand, the average diameter and the average height of plantings, yield class and type of forest conditions (TLC), growing stock. Established types of soils under pine and birch forest belts, evaluated the content of physical clay in the parent rock. Influence of parent rocks on the growth of trees is determined by their size distribution, mineralogical and chemical composition on the basis of comparison of the silvicultural properties of soils inventory indices stands shelter belts. The best conditions for growth, regardless of age for pine and birch 4-row shelterbelt forest strips are created on loam soils formed on fluvioglacial parent material with the optimum planting density 4440 pcs. /ga (layout 3×0,75). ^{137}Cs contamination density in shelter belts is 12,6–105,7 Ku/km^2. The existing levels of contamination do not affect the growth of tree plantation of shelter belts, regardless of their composition.

Keywords: shelter belts, sod-podzolic soils, radioactive contamination

Радиоэкологическое состояние почвенного покрова наиболее загрязнённых юго-западных районов Брянской области до настоящего времени остаётся нестабильным, сложным, и коренных изменений в сторону улучшения ещё не наступило [4, 5, 8]. Несмотря на то, что с момента аварии на Чернобыльской АЭС прошло 30 лет, проблема радиоактивного загрязнения территории не утратила своей важности. В связи с этим особую актуальность приобретает решение вопросов, связанных с разработкой и внедрением действенного механизма реабилитации территорий [1, 2, 3]. Большой практический интерес представляют исследования возможности лесоразведения полезащитных лесных полос на территориях с повышенным содержанием радиоактивных веществ. Формирование лесных насаждений путем чередования полезащитных лесных полос различного породного состава с незалесёнными участками в зонах с высоким уровнем радиоактивного загрязнения позволит снизить распространение радионуклидов в окружающей среде [6, 8].

Цель исследования – изучение и анализ состояния сосново-березовых полезащитных лесных полос и разработка предложений по полезащитному лесоразведению в условиях радиоактивного загрязнения юго-запада Брянской области.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись смешанные сосново-березовые насаждения полезащитных лесных полос (ПЛП), загрязненные ^{137}Cs, расположенные на территории ГКУ Брянской области «Клинцовское

лесничество» и «Злынковское лесничество». Плотность загрязнения (ПЗ) на пробных площадях изменяется от 12,6 Ku/км^2 (ПП 5) до 105,7 Ku/км^2 (ПП 17). Сосново-березовые насаждения ПЛП произрастают на дерново-подзолистых почвах, сформировавшихся на различных почвообразующих породах, в типе лесорастительных условий свежей и свежей сложной субори. Временные пробные площади закладывали по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ 16128-70 «Площади пробные лесоустроительные (метод закладки)» и ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки». На основании данных измерительной таксации рассчитывали таксационные характеристики древостоев (средний диаметр, высота, относительная полнота, запас). На каждой пробной площади закладывали почвенный разрез глубиной 1,5–2,0 м. Изучение морфологических свойств почвы выполняли в соответствии с ОСТ 56-81-84 «Полевые исследования почвы». В почвенных образцах определяли гранулометрический состав по Н.А. Качинскому, физико-химические свойства почв выполняли методами, принятыми в лесо- и агрослужбах РФ. Определение удельной активности ^{137}Cs выполняли гамма-спектрометрическим методом на УСК «Гамма-Плюс».

Результаты исследований и их обсуждение

Территория района проведения исследований представляет собой слабоволнистую равнину с пологими склонами, в юго-западной части которой сформировались дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава разной степени оподзоленности и оглеенности на водно-ледниковых и моренных отложениях. Почвы обладают низким естественным плодородием, бедны подвижными формами элементов минерального питания, органическим веществом, имеют сильнокислую и кислую реакцию почвенной среды. Содержание физической глины в супесчаных почвах не превышает 10–20%, в легкосуглинистых – 20–30%. Плотность загрязнения ^{137}Cs в полезащитных лесных полосах составляет 12,6–105,7 Ku/км^2.

Детальное изучение почвенно-экологических условий в полезащитных лесных полосах показало, что в условиях радиоактивно загрязненных юго-западных районов области древесные породы имеют некоторые различия в росте на разных почвообразующих породах. В лесополосах с сосново-березовыми древостоями (табл. 1) в возрасте 73 лет рост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по диаметру на 17,0–22,2% и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на 36,3–57,0% больше на легкосуглинистой почве, сформировавшейся на покровном суглинке (ПП 8), чем на легкосуглинистой почве на моренных отложениях, перекрытых покровным суглинком (ПП 2, ПП 4), и на 12,2 и 7,1–13,0% по высоте соответственно.

Результаты проведенных исследований показывают, что сосново-березовые древостои на пробных площадях являются высокопродуктивными, произрастают по I (ПП 5, 17, 18) и II (ПП 2, 3, 8) классам бонитета (табл. 1). Запас изменяется от 151 (ПП 17) до 226 м^3/га (ПП 18). Основными показателями, влияющими на запас насаждений, являются относительная полнота древостоев, доля березы в составе насаждения, свойства почвообразующих пород, а наименьший запас имеет древостой с наибольшей долей березы (ПП 17 – 8Б2С). Наиболее продуктивны древостои полезащитных лесных полос (ПП 18) в типе лесорастительных условий свежая сложная суборь ($С_2$), где отмечен наибольший запас насаждений, который на 17,1% больше, чем в свежей субори ($В_2$). В сосново-берёзовых насаждениях условия для роста и развития сосны обыкновенной благоприятные, что связано с вовлечением в биологический круговорот веществ опада берёзы, богатого основаниями, и улучшением лесорастительных свойств почв [9].

В возрасте 73 лет (ПП 2, ПП 4, ПП 8) при одинаковой густоте посадки в условиях свежей субори лучшие показатели роста сосны обыкновенной выявлены на почве, сформировавшейся на покровном суглинке (ПП 8). Разница в сравниваемых полосах при одинаковой густоте создания составила по диаметру 18,0–23,3%, запасу по сосне – 8,6–36,4% и практически одинаковая по высоте. Рост березы повислой больше по высоте на 7,1–13% и на 36,3–57,0% по диаметру. Это связано с полнотой насаждений, их сохранностью, особенностями роста и свойствами почвообразующих пород. Сравнение влияния густоты посадки на рост сосны обыкновенной в 4-рядных полосах показало снижение роста сосны при увеличении густоты создания (ПП 18) по диаметру на 17,2% и практически одинаковые показатели по высоте, но по запасу наблюдается превышение при большей густоте (14,9%).

Исследование запасов элементов питания в почвах полезащитных лесных полос показало (табл. 1), что обеспеченность сосново-березовых насаждений фосфором и калием высокая. Из всех элементов питания древесные породы в наибольшем количестве потребляют азот, степень снабжения которым определяет их продуктивность. Потребность насаждения в элементах минерального питания определяется в основном их выносом из почвы. Сопоставив вынос химических элементов растениями

Таблица 1

Характеристика сосново-березовых полезащитных лесных полос

Показатели		Пробные площади и номера разрезов					
		2*	4	8	5	18	17
Состав Возраст, лет		8С2Б 73	7С3Б 73	9С1Б 73	5С5Б 51	7С3Б 50	8Б2С 59
Схема смешения		1рБ2рС1рБ				1рБ1рС1рБ	
Схема размещения Густота посадки шт./га		3×0,75 4440	3×0,75 4440	3×0,75 4440	3×0,75 4440	3×0,5 6670	2,5×1,0 4000
Средняя высота, м; С Б		20,9 14,6	19,0 15,4	20,2 16,5	18,9 19,4	19,1 17,6	18,2 18,3
Средний диаметр, см; С Б		27,0 19,0	28,2 16,5	33,3 25,9	29,3 28,0	22,6 20,8	21,8 20,8
Класс бонитета ТЛУ		II B_2	II B_2	II B_2	I B_2	I C_2	I C_2
Запас, $м^3$/га; С Б		162 28	129 45	176 17	100 87	170 56	124 33
Относительная полнота С Б		0,5 0,2	0,4 0,3	0,5 0,1	0,3 0,4	0,5 0,3	0,6 0,1
Плотность загрязнения ^{137}Cs, Ku/$км^2$		24,4	19,3	21,9	12,6	92,6	105,7
Запас к метровому слою, кг/га Вынос кг/га в год	N	25,4 38,4	44,6 40,6	35,5 38,4	12,0 41,0	33,8 40,8	43,3 41,0
	P_2O_5	1531 4,3	1906 4,9	1079 4,3	1537 16,9	227 4,9	270 4,8
	K_2O	1260 15,3	570 4,7	1000 15,3	1073 16,5	293 17,0	358 16,9
pH		3,9	4,0	4,9	3,9	4,0	3,9
Содержание гумуса, %		1,80	4,87	4,15	0,99	1,81	1,98
Физическая глина, гор., % $\frac{A_1}{C}$		21,6 10,9	28,5 10,5	27,4 20,4	29,8 19,2	18,1 10,1	23,4 20,0

* Примечание. 2 – смесь моренных и водно-ледниковых отложений; 4, 5 – моренные отложения, перекрытые покровным суглинком; 8 – покровный суглинок; 17, 18 – моренные отложения.

из почвы и запасы их в корнеобитаемом слое, можно оценить лесорастительные свойства почв. Вынос азота сосной обыкновенной превышает его запас в почве, но, как отмечает Л.Б. Холопова [9], при содержании легкогидролизуемого азота в почве 12 кг/га и более обеспеченность азотом высокая. Степень обеспеченности древостоев азотом определяет их продуктивность, что подтверждается I и II классами бонитета. Максимальное потребление азота древесными породами наблюдается в возрасте 50–59 лет и составляет 40,6–41,0 кг/га в год. Нашими исследованиями выявлено, что лучший рост сосны в полезащитных лесных полосах отмечается при содержании физической глины 19,2–20,4 % в почвообразующей породе. Как отмечает С.А. Родин, лучшие условия для роста сосны при содержании физической глины в почвенном профиле 20–25 % [7].

Влияние почвенно-экологических условий на биометрические показатели сосны обыкновенной на различных почвообразующих породах определялось методом статистического анализа (табл. 2).

Сравнивая вариационные ряды распределения по диаметру на уровне груди и по высоте, можно предположить, что имеются существенные различия в их росте. Анализ распределения диаметров и высот древостоев на пробных площадях выявил, что вариабельность диаметра находится в пределах от 20,9 см до 31,8 см; вариабельность высоты – в пределах от 17,4 до 19,2 м. Высокая изменчивость (C = 21–40 %) характерна для диаметров всех сосново-березовых насаждений вне зависимости от почвообразующих пород, для высоты – на почвах, сформировавшихся на смеси моренных и водно-ледниковых отложений (ПП 2). Низкая вариабельность отмечена на

ПП 5, 17, 18, что связано с возрастом насаждений (49–59 лет). Распределение деревьев по диаметру имеет небольшую положительную асимметрию и отрицательный эксцесс на всех пробных площадях. Отрицательное значение эксцесса свидетельствует о неравномерном распределении стволов по ступеням толщины, что можно увязать с влиянием почвенно-экологических условий. Разница показателей среднего арифметического и истинного среднего диаметра так же свидетельствует о статистической неоднородности древостоя.

Проверка достоверности эффективности почвенно-экологических условий на рост сосны обыкновенной в полезащитных насаждениях в условиях радиоактивного загрязнения проводилась по критерию Стьюдента.

Таблица 2

Результаты статистического анализа
основных биометрических показателей сосново-березовых насаждений

ПП	Кол-во изм.	Статистические характеристики							
		σ_x, см	$\pm m_\sigma$, см	M_x, см	$\pm m_{Mx}$, см	C_x, %	P_x, %	*As*	*E*
Диаметр, см									
2	307	7,66	0,33	24,3	0,59	31,5	1,9	0,34	–0,39
4	305	8,07	0,40	29,3	0,57	27,5	1,9	0,16	–0,13
5	301	6,88	0,34	28,1	0,48	24,4	1,7	0,06	–0,10
8	327	7,00	0,33	31,8	0,49	22,0	1,5	0,38	–0,39
17	313	6,15	0,30	20,9	0,42	29,5	2,0	0,23	–0,87
18	301	5,89	0,24	21,2	0,34	27,7	1,6	0,15	–0,94
Высота, м									
2	60	3,65	0,33	17,4	0,47	21,0	2,7	0,16	–1,42
4	46	3,49	0,36	18,6	0,51	18,8	2,8	–0,53	–0,40
5	47	1,64	0,17	18,7	0,24	8,8	1,3	–0,76	0,32
8	46	2,35	0,24	19,2	0,35	12,2	1,8	–0,29	–1,10
17	43	1,81	0,19	17,8	0,28	10,1	1,6	–0,31	–0,36
18	45	1,92	0,20	18,2	0,29	10,6	1,6	–0,01	–0,36
Запас, м^3/га									
Ср	6	36,8	9,2	199,8	13,0	18,4	6,5	1,70	3,92

* Примечание. $\sigma_x \pm m_\sigma$ – основное (стандартное) отклонение с основной ошибкой; $M_x \pm m_{Mx}$ – среднеарифметическая величина с основной ошибкой; C_x – коэффициент изменчивости; P_x – точностьиопыта; *As* и *E* – асимметрия и эксцесс.

Таблица 3

Результаты сравнительного анализа влияния почвенно-экологических условий
на биометрические показатели сосны обыкновенной полезащитных лесных полос

ПП	Диаметр на высоте груди, см					Высота, м				
	$M_x \pm m_{Mx}$	$\sigma_x \pm m_{\sigma x}$	C_x, %	P_x, %	Коэффициент существования различия	$M_x \pm m_{Mx}$	$\sigma_x \pm m_{\sigma x}$	C_x, %	P_x, %	Коэффициент существования различия
8	31,8 ± 0,49	7,00 ± 0,33	22,04	1,46	9,78	19,2 ± 0,35	2,35 ± 0,24	12,2	1,8	3,07
2	24,3 ± 0,59	7,66 ± 0,33	31,52	1,89		17,4 ± 0,47	3,65 ± 0,33	21,0	2,7	
8	31,8 ± 0,49	7,00 ± 0,33	22,04	1,46	3,33	19,2 ± 0,35	2,35 ± 0,24	12,2	1,8	0,97
4	29,3 ± 0,57	8,07 ± 0,40	27,51	1,94		18,6 ± 0,51	3,49 ± 0,36	18,8	2,8	
5	28,1 ± 0,48	6,88 ± 0,34	24,44	1,71	11,73	18,7 ± 0,24	1,64 ± 0,17	8,8	1,3	1,33
18	21,2 ± 0,34	5,89 ± 0,24	27,74	1,60		18,2 ± 0,29	1,92 ± 0,20	10,6	1,6	
5	28,1 ± 0,48	6,88 ± 0,34	24,44	1,71	11,29	18,7 ± 0,24	1,64 ± 0,17	8,8	1,3	2,44
17	20,9 ± 0,42	6,15 ± 0,30	29,49	2,02		17,8 ± 0,28	1,81 ± 0,19	10,1	1,6	

Результаты проведенных исследований (табл. 3) показывают, что сравнение показателей диаметра и высоты сосны, произрастающей на покровном суглинке и на морене, перекрытой покровным суглинком, различия существенны (ПП 8 и ПП 2; $t_d = 9,78 > t_{0,05} = 1,96$; $t_h = 3,07 > t_{0,05} = 1,98$; ПП 8 и ПП 4; ($t_d = 3,33 > t_{0,05} = 1,96$; $t_h = 0,97 > t_{0,05} = 1,99$) для 73-летних насаждений. При сравнении 50–59-летних древостоев сосны более сильное влияние проявляется при произрастании сосны на морене, перекрытой покровным суглинком, чем на одной морене (ПП 5 и ПП 18; $t_d = 11,73 > t_{0,05} = 1,96$; $t_h = 1,33 > t_{0,05} = 1,99$; ПП 5 и ПП 17; $t_d = 11,29 > t_{0,05} = 1,96$; $t_h = 2,44 > t_{0,05} = 1,99$). Результаты свидетельствуют о том, что биометрические показатели сосны обыкновенной в условиях радиоактивного загрязнения напрямую зависят от лесорастительных свойств почв и почвообразующих пород.

Обработка результатов исследований влияния почвенно-экологических условий на биометрические показатели древесных пород, выполненная методом регрессионного анализа (табл. 4), позволила установить тесные регрессионно-корреляционные связи между ними. Установлена весьма высокая (по Чеддоку) тесная связь между биометрическими показателями (средним диаметром и средней высотой) и физико-химическими свойствами дерново-подзолистых почв. Коэффициенты множественной корреляции моделей составили от 0,91 до 0,99 ($F = 14,32–99,65$, при $P < 0,05$).

Коэффициенты корреляции (R) и детерминации (R^2) по моделям оказались близки к 1. Это указывает на то, что почти вся изменчивость средних диаметров и высот объясняется вариацией факторных почвенных признаков. Стандартные ошибки определения этих величин значительно ниже точности его нахождения.

Судя по коэффициенту детерминации (R^2) для всех изучаемых почвенных слоев 0,93–0,99 % изменений среднего диаметра и 0,94–0,98 % средней высоты обусловлены содержанием основных элементов питания и физической глины.

Таким образом, биометрические показатели древесных пород полезащитных лесных полос находятся в прямой зависимости от уровня почвенного плодородия.

Выводы

1. В сосново-березовых полезащитных лесных полосах лучшие условия для роста сосны обыкновенной и березы повислой отмечены на почвах, сформировавшихся на покровном суглинке, по сравнению с почвами на моренных отложениях, перекрытых покровным суглинком, что подтверждается I и II классами бонитета. Различия составляют по диаметру 17,0–22,2 % для сосны и 36,3–57,0 % для березы, по высоте – 12,2 % и 7,1–13,0 % соответственно.

2. Сосново-березовые древостои в 3- и 4-рядных полезащитных лесных полосах лучше произрастают на супесчано-суглинистых почвах с оптимальной густотой посадки 4440 шт./га, схемой смешения 3×0,75 м в типе лесорастительных условий является свежая суборь (B_2) и свежая сложная суборь (C_2), что подтверждается наибольшим запасом в сосново-березовых насаждениях (193 и 226 м^3/га соответственно) и I–II классами бонитета.

Таблица 4

Зависимость биометрических показателей полезащитных лесных полос от лесорастительных свойств дерново-подзолистых почв (слой 0–50 см)

Уравнение множественной регрессии	R	R^2	F, при $p < 0,05$	Стандартная ошибка
Сосна обыкновенная				
$D = 1,2084 \cdot gl + 3,7765 \cdot Hum + 0,0173 \cdot P_2O_5 - 0,0220 \cdot K_2O$	0,98	0,96	66,05	6,36
$H = 0,8052 \cdot gl + 4,1746 \cdot Hum + 0,0116 \cdot P_2O_5 - 0,0155 \cdot K_2O$	0,97	0,95	51,13	5,17
Береза повислая				
$D = 1,3787 \cdot gl + 3,6076 \cdot Hum + 0,0056 \cdot P_2O_5 - 0,0316 \cdot K_2O$	0,97	0,94	33,33	7,23
$H = 0,8749 \cdot gl + 4,0051 \cdot Hum + 0,0051 \cdot P_2O_5 - 0,0204 \cdot K_2O$	0,97	0,95	39,63	4,86

* Примечание: D – средний диаметр, см; H – средняя высота, м; gl – % содержания физической глины; Hum – % содержания гумуса; P_2O_5 – содержание обменного фосфора; K_2O – содержание обменного калия

3. Установлена тесная связь между биометрическими показателями (средним диаметром и средней высотой) и физико-химическими свойствами дерново-подзолистых почв. Коэффициенты множественной корреляции моделей составили от 0,91 до 0,99 ($F = 14{,}32–99{,}65$, при $P < 0{,}05$). Биометрические показатели древесных пород полезащитных лесных полос находятся в прямой зависимости от уровня почвенного плодородия.

4. Плотность загрязнения ^{137}Cs в полезащитных лесных полосах составляет 12,6–105,7 Ku/км^2. Существующие уровни загрязнения не оказывают влияния на рост древесных насаждений полезащитных лесных полос.

Список литературы

1. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. и др. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.

2. Воробьев Г.Т. Радиоактивное загрязнение почв Брянской области: монография / Г.Т. Воробьев, Д.Е. Гучанов, З.Н. Маркина А.А. Новиков, С.В. Карпеченко, В.С. Калацкий. – Брянск: «Грани», 1994. – 148 с.

3. Ипатьев В.А., Булко Н.И., Митин Н.В., Шабалева М.А., Диденко Л.Г. Радиоэкологический феномен лесных экосистем. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2004. – 310 с.

4. Марадудин И.И., Панфилов А.В., Шубин В.А. Основы прикладной радиоэкологии леса: уч. пособие. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – 224 с.

5. Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Эколого-геохимические аспекты миграции радионуклидов в почвенно-растительном покрове. – Екатеринобург: УрО РАН, 2001. – 161 с.

6. Прудников, П.В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв Брянской области / П.В. Прудников, С.В. Карпеченко, А.А. Новиков, Н.Г. Поликарпов. – Брянск: Изд-во ГУП «Клинцовская город. тип.», 2007. – 608 с.

7. Родин С.А. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой / С.А. Родин, А.Р. Родин // Лесн. Вестн. – 2010. – № 5. – С. 7–10.

8. Тарасенко В.П., Маркина З.Н., Егорушкин В.А. Комплекс лесомелиоративных мероприятий по снижению негативных последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в зоне хвойно-широколиственных лесов / Брянск. гос. инж.-технол. акад. – Брянск, 2012. – 120 с.

9. Холопова, Л.Б. Дерново-подзолистые почвы бассейна малого водотока в подмосковье // Грунтознавство. – 2004. – № 1–2. – С. 16–26.

УДК 631.618

ОСОБЕННОСТИ ФИТОХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Голядкина И.В., Панков Я.В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, e-mail: lesomel@yandex.ru

Техногенные ландшафты являются неотъемлемой составляющей районов с открытой разработкой месторождений полезных ископаемых. Только в районе железорудного бассейна Курской магнитной аномалии (КМА) техногенные ландшафты с развитыми процессами промышленной эрозии и дефляции занимают площадь более 40 тыс. га. Одним из наиболее эффективных способов ускоренной оптимизации лесорастительных условий антропогенных ландшафтов является интенсивная фитохимическая мелиорация. В данной работе проведен анализ результатов залужения нарушенных земель КМА с применением такого стабилизирующего препарата, как полиакриламид (ПАА), и приведены данные о влиянии ПАА на структурообразующую способность субстратов КМА, а также на продуктивность посевов многолетних трав на склоновых территориях. В заключении выявлены особенности фитохимической мелиорации нарушенных земель КМА и даны рекомендации по залужению отвалов с применением ПАА.

Ключевые слова: техногенный ландшафт, фитохимическая мелиорация, техногенный субстрат, полиакриламид, бобово-злаковая травосмесь

THE SPECIFICS OF PHYTOCHEMISTRY LAND RECLAMATION OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPES

Golyadkina I.V., Pankov Ya.V.

Voronezh Forestry and Technologies University named after G.F. Morozov, Voronezh, e-mail: lesomel@yandex.ru

Anthropogenic landscape is the main type of landscape of the post-mining areas. Only in Kursk Magnetic Anomaly Iron Range the post-mining areas with highly developed process of industrial soil erosion and deflation are covered more than 40 000 hectare. One of the most effective methods of intensive lands optimization is the phytochemistry land reclamation. We have done the analysis of the grass seeding with application such soil stabilizer as polyacrylamide (PAM). In this article we cite our findings about PAM influence on the structure of KMA substratums and on the efficiency of grass seeding on the hillslope areas. In conclusions the specifics of phytochemistry land reclamation of anthropogenic landscapes are detected and the recommendation concerning PAM application in the course of grass seeding are given.

Keywords: anthropogenic landscape, phytochemistry land reclamation, technogenic substratum, polyacrylamide, leguminous and gramineous grass

Техногенные ландшафты являются неотъемлемой составляющей районов с открытой разработкой месторождений полезных ископаемых. Только в районе железорудного бассейна Курской магнитной аномалии (КМА) техногенные ландшафты занимают площадь более 40 тыс. га. Необходимо отметить также, что большая часть техногенных ландшафтов представлена отвалами, уклон которых колеблется от 30 до 40°, и в связи с этим работы по восстановлению данных территорий очень сильно затруднены.

Объектом наших исследований явились крутосклонные отвалы Курской магнитной аномалии, представленные такими горными породами и их техническими смесями, как суглинок, мело-мергель и песчано-меловая смесь. В целом данные субстраты характеризуются достаточно низкой биопригодностью, за исключением суглинка. Более того, складируемые в отвалы, данные субстраты отличаются более худшими, по сравнению с зональными почвами, водно-физическими свойствами, а также в сильной степени являются подверженными процессам эрозии и дефляции [2].

Многолетние исследования доказывают, что формирование продуктивных и устойчивых фитоценозов в условиях техногенных ландшафтов возможно только при использовании комплексных приемов, направленных в первую очередь на стабилизацию поверхностного слоя техногенных субстратов, а также на оптимизацию их водно-физических свойств [1, 4].

В данной работе под фитохимической мелиорацией мы рассматриваем посев многолетних трав с применением стабилизирующего и почвоулучшающего препарата – полиакриламида (ПАА), направленный на ускоренную оптимизацию лесорастительных условий нарушенных склоновых земель.

Цель исследования – обоснование и оценка эффективности полиакриламида в качестве стабилизирующего и почвоулучшающего

препарата при фитохимической мелиорации земель техногенных ландшафтов на примере техноземов Курской магнитной аномалии.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования применялся синтетический анионный полимер на основе полиакриламида с содержанием активного вещества не менее 96% (Magnafloc 336, продукт фирмы Ciba Canada Ltd., Канада).

Сравнительное лабораторное изучение влияния ПАА на водно-физические свойства техногенных субстратов КМА проводилось для следующих концентраций водных растворов полимера: 0,01; 0,05; 0,5 и 1% (поверхностное нанесение раствора). Количество раствора, необходимого для поверхностной обработки 1 м^2 мело-мергельных, песчаных и суглинистых субстратов, составило 10 л/м^2.

Полевые опыты по созданию фитоценозов закладывали микроделяночно на железнодорожном отвале и автоотвале Лебединского горно-обогатительного комбината КМА. Для создания защитного растительного покрова была использована травосмесь, в состав которой входили злаковые и бобовые травы в количестве: семена овсяницы луговой – 150, эспарцета песчаного – 400 и люцерны синегибридной – 50 кг/га. Одновременно с посевом семян вносился водный раствор ПАА (без заделки) в концентрациях – 0,01; 0,05; 0,5 и 1% (10 л/м^2).

Отбор образцов почв и субстратов, а также проведение лабораторных исследований осуществлялись по общепринятым в почвоведении методикам.

При закладке и проведении полевых опытов руководствовались общепринятыми методиками полевого опыта, биогеоценологических исследований и методикой проведения полевых опытов с кормовыми культурами.

Первичную обработку результатов, статистические расчеты и графические иллюстрации выполняли с использованием электронно-процессорной таблицы Microsoft Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение

В почвообразовательном процессе в условиях техногенных ландшафтов улучшение физических и водно-физических свойств субстратов приобретает, наряду с гумусообразовательными процессами, ведущее значение, поскольку определяет широкий комплекс необходимых условий жизнеобеспечения фитоценозов [3].

При нанесении водных растворов ПАА в концентрациях 0,5–1% физическое испарение субстратов по сравнению с контролем сократилось в 1,2 раза для песчано-меловой смеси и в 1,3–1,5 раза для мело-мергеля и суглинка соответственно.

В связи с этим уже в начальный период своего нанесения ПАА будет способствовать консервации влаги в субстратах и, соответственно, увеличению запасов влаги. Это особенно важно при посеве многолетних трав, когда необходимо сохранение во влажном состоянии верхнего слоя почвы как можно больше времени, в противном случае на подсыхающих субстратах скорость прорастания и конечный процент проросших семян снижается.

С увеличением дозы оструктуривающая роль ПАА в субстратах увеличивается и возрастает процентное содержание воздушно-сухих агрономически ценных фракций более 1 мм (табл. 1).

Так, для мело-мергеля этот показатель в 1,3, для песчано-меловой смеси – в 1,4, а для суглинка – в 1,5 раза выше по сравнению с контролем. При обработке субстратов с увеличением концентрации водного раствора от 0,01 до 1% при норме внесенного раствора 10 л/м^2 возрастает содержание водопрочных агрегатов на 4,7% для песчано-меловой смеси, на 7,3% для мело-мергеля и на 21,2% для суглинка.

На основе полученных данных, можно сделать вывод о том, что обработка техногенных субстратов КМА водными растворами ПАА в концентрации 0,5–1% будет способствовать оптимизации водно-физического режима техногенных субстратов (слой 0–10 см), а также повышению противоэрозионной и противодефляционной устойчивости вскрышных пород.

В условиях отвально-техногенных ландшафтов КМА естественное зарастание неспособно обеспечить самовоспроизводство растительного покрова в силу ряда объективных причин (высота отвалов и крутизна откосов, способствующая сносу и смыву семян и неокрепших всходов растений, а также экстремальные условия произрастания), что вызывает необходимость создания искусственных фитоценозов.

Максимальный положительный эффект при травосеянии в исследуемых вариантах наблюдался для концентраций полимерного раствора 0,5–1%. Так, для песчано-меловой смеси количество всходов овсяницы и эспарцета соответственно увеличилось в 1,3 и 1,4 раза, люцерны – в 1,6 раза. Для мело-мергеля количество всходов овсяницы увеличилось в 1,5; эспарцета в 1,4 и люцерны – в 2,2 раза (табл. 2).

Данные наблюдений, полученные на следующий год, отражают существенные изменения. В результате влияния разносторонних факторов, после перезимовки, в контрольных вариантах как на песчано-меловой смеси, так и на мело-мергеле выпало более 50% трав. С возрастанием концентрации полимерного раствора сохранность двухлетних посевов, особенно бобовых трав, увеличивается и достигает 77–93% при применении 0,5–1% раствора ПАА.

Таблица 1

Изменение структурно-агрегатного состояния субстратов под влиянием растворов ПАА (10 л/м^2) различной концентрации

Номер варианта и его характеристика	Распределение субстратов по фракциям (в %) размером, мм							
	Сухое просеивание						Мокрое просеивание	
	10	10–5	5–3	3–1	1–0,25	< 0,25	> 3	3–1
Песчано-меловая смесь								
1 – контроль	19,2	15,4	6,0	16,2	8,4	34,8	11,0	27,2
2 – ПАА – 0,01 %	20,1	17,8	7,9	16,8	7,4	30,0	11,2	27,6
3 – ПАА – 0,05 %	19,6	17,8	7,7	18,9	4,8	31,2	12,6	27,2
4 – ПАА – 0,5 %	27,4	26,0	8,6	17,6	6,0	14,4	15,9	33,4
5 – ПАА – 1 %	26,8	27,1	8,4	17,4	6,6	13,7	15,7	32,8
Мело-мергель								
1 – контроль	30,3	12,5	8,6	19,8	22,1	6,7	54,1	9,2
2 – ПАА – 0,01 %	31,1	14,1	10,0	20,4	18,4	6,0	56,2	9,2
3 – ПАА – 0,05 %	30,4	14,5	10,1	21,0	18,2	5,8	58,4	9,0
4 – ПАА – 0,5 %	34,2	20,7	11,0	21,1	9,6	3,4	72,3	11,9
5 – ПАА – 1 %	34,6	21,1	11,9	21,6	7,6	3,2	76,4	12,8
Суглинок								
1- контроль	8,1	9,2	10,4	19,4	36,7	16,2	17,2	10,2
2 – ПАА – 0,01 %	10,0	13,2	12,2	24,1	30,1	10,4	24,6	10,8
3 – ПАА – 0,05 %	10,4	12,4	12,0	23,9	31,2	10,1	23,9	12,1
4 – ПАА – 0,5 %	14,6	13,3	12,0	27,6	24,8	7,7	37,1	14,6
5 – ПАА – 1 %	14,0	13,9	13,4	27,2	23,6	7,9	38,4	19,3

Таблица 2

Количество растений в однолетних посевах, 2011 г.

Номер варианта и его характеристика	Количество всходов трав на различных субстратах тыс.шт/м^2				
	Овсяница луговая	Эспарцет песчаный	Люцерна синегибридная	Итого	$t_{факт}$
Песчано-меловая смесь					
1 – контроль	0,446 ± 0,013	1,021 ± 0,036	0,142 ± 0,004	1,609 ± 0,053	–
2 – ПАА – 0,01 %	0,513 ± 0,018	1,007 ± 0,036	0,202 ± 0,007	1,722 ± 0,061	1,4
3 – ПАА – 0,05 %	0,486 ± 0,022	1,108 ± 0,041	0,184 ± 0,008	1,778 ± 0,071	1,9
4 – ПАА – 0,5 %	0,568 ± 0,020	1,424 ± 0,050	0,319 ± 0,011	2,311 ± 0,081	7,3*
5 – ПАА – 1 %	0,550 ± 0,019	1,520 ± 0,053	0,298 ± 0,010	2,368 ± 0,082	7,8*
Мело-мергель					
1 – контроль	0,525 ± 0,018	1,040 ± 0,036	0,212 ± 0,006	1,777 ± 0,06	–
2 – ПАА – 0,01 %	0,551 ± 0,019	1,126 ± 0,052	0,274 ± 0,012	1,951 ± 0,083	1,7
3 – ПАА – 0,05 %	0,548 ± 0,023	1,156 ± 0,042	0,258 ± 0,009	1,962 ± 0,074	1,9
4 – ПАА – 0,5 %	0,624 ± 0,025	1,306 ± 0,055	0,367 ± 0,013	2,297 ± 0,093	4,7*
5 – ПАА – 1 %	0,630 ± 0,022	1,442 ± 0,055	0,377 ± 0,014	2,449 ± 0,091	6,17*

Примечание. Здесь и далее 1 – * – $t_{факт} \geq t_{табл}$ (различие по сравнению с контролем достоверно при $НСР_{05}$); 2 – $t_{табл} = 2{,}78$.

Количество всходов многолетних трав в обычных условиях и без применения ПАА колебалось от 0,142 до 1,040 тыс. шт./м^2. Показатели всхожести растений на мело-мергеле оказались в 1,2–1,5 раза выше, чем на песчано-меловой смеси.

Учет запасов сухой надземной и подземной биомассы овсяницы, эспарцета и люцерны в двухлетних посевах показал, что применение 0,5–1 % водных растворов ПАА в комплексе с посевом многолетних трав способствовало увеличению продуктивности искусственного фитоценоза в 1,6–1,7 раза (табл. 3). При этом необходимо отметить также, что во всех вариантах большая часть биомассы травостоя была представлена корневыми системами.

Таблица 3

Характеристика продуктивности бобово-злаковой травосмеси, средний показатель за два года вегетации растений

Номер варианта и его характеристика	Надземная фитомасса, сухая, ц/га	$t_{факт}$	Процент от контроля	Подземная фитомасса, сухая, ц/га	$t_{факт}$	Процент от контроля
Песчано-меловая смесь						
1 – контроль	30,39 ± 1,04	–	100,0	37,78 ± 1,51	–	100,0
2 – ПАА – 0,01 %	31,18 ± 1,10	0,52	102,6	38,27 ± 1,44	0,23	101,3
3 – ПАА – 0,05 %	32,19 ± 1,24	1,11	105,9	39,06 ± 1,50	0,6	103,4
4 – ПАА – 0,5 %	49,30 ± 2,23	7,7*	162,2	56,33 ± 1,71	8,1*	149,1
5 – ПАА – 1 %	51,37 ± 1,83	9,9*	169,0	57,68 ± 1,73	8,7*	152,7
Мело-мергель						
1 – контроль	24,87 ± 0,84	–	100,0	28,87 ± 1,37	–	100,0
2 – ПАА – 0,01 %	25,84 ± 0,97	0,76	103,9	30,51 ± 1,31	0,87	105,7
3 – ПАА – 0,05 %	27,41 ± 1,02	1,92	110,2	31,81 ± 1,06	1,7	110,2
4 – ПАА – 0,5 %	42,43 ± 1,50	10,2*	170,6	49,89 ± 1,50	10,3*	172,8
5 – ПАА – 1 %	43,18 ± 1,69	9,7*	173,6	49,99 ± 1,58	10,1*	173,2

Наряду с улучшением водно-физических свойств техноземов в виде сокращения потерь влаги на испарение и оструктуривание субстрата, варианты с применением ПАА могли иметь дополнительную стимуляцию роста растительности благодаря высвобождению в почвенный раствор части молекулярного азота ПАА [5, 6].

Общеизвестно, что азотные удобрения стимулируют рост злаковых трав, бобовым культурам в первоначальный период роста на бедных, плохо структурированных почвах также необходим азот.

Проведенные опыты также свидетельствуют о том, что благоприятное воздействие ПАА на субстраты способствовало более глубокому проникновению корней опытных растений по сравнению с контрольными. Так, средняя длина корня увеличилась в 1,6–1,7 раза на песчано-меловом субстрате и в 1,6–1,8 раза – на мело-мергеле. В то время как высота растений увеличилась на песчано-меловой смеси и на мело-мергеле в 1,2–1,4 раза.

Исходя из полученных данных, можно предположить, что внесение ПАА, способствующее консервации влаги и оструктуриванию субстрата, оказывает большее влияние на глубину проникновения корней, чем на высоту стебля. В связи с этим уже в первый год в вариантах с применением ПАА увеличивается мощность слоя дернины в среднем на 2–4 см по сравнению с чистым травосеянием.

В условиях техногенных земель ключевую роль играют процессы биологического выветривания, способствующие формированию плодородного слоя. Наши опыты показали, что применение ПАА в комплексе с посевом многолетних трав способствовало увеличению продуктивности фитоценоза в 1,6–1,7 раза, а следовательно, и увеличению количества качественной биомассы, что является стимулирующим фактором накопления гумуса и питательных элементов в молодых почвах. Кроме того, более интенсивное накопление надземной и подземной биомассы повышает защитные свойства искусственно созданного растительного покрова.

Заключение

Таким образом, применение 0,5–1 % водных растворов ПАА при норме внесенного раствора 10 л/м^2 позволит повысить противоэрозионные свойства техногенных субстратов КМА и сократить вынос твердой фазы за счет сокращения физического испарения, а также повышения процентного

содержания воздушно-сухих агрономически ценных фракций и водопрочных макроагрегатов.

Более того, водные растворы ПАА в концентрациях 0,5 и 1 % при залужении песчано-меловой смеси и мело-мергеля способствуют увеличению общего количества всходов в 1,4–1,5 раза; более глубокому проникновению корней опытных растений в техногенные субстраты, в связи с этим уже в первый год в вариантах с применением ПАА увеличивается мощность слоя дернины в среднем на 2–4 см по сравнению с чистым травосеянием. При этом сохранность двухлетних посевов, особенно бобовых трав, увеличивается и достигает 77–93 %. В целом, благодаря комплексному влиянию ПАА, продуктивность исследуемого фитоценоза увеличилась в 1,6–1,7 раза.

На основе проведенных исследований могут быть предложены следующие рекомендации. Для создания защитного растительного покрова на нарушенных землях следует применять бобово-злаковую травосмесь, состоящую из овсяницы луговой (150), люцерны синегибридной (50) и эспарцета песчаного (400 кг/га). При этом эффективно применение водных растворов полиакриламида в концентрации 0,5–1 % при норме внесенного раствора 10 л/м^2 (или 500–1000 кг/га сухого вещества).

В производственных масштабах мы рекомендуем на участках со сложным рельефом и экстремальными условиями произрастания осуществлять фитохимическую мелиорацию с помощью технологии гидропосева.

Список литературы

1. Малинина Т.А. Применение полимеров для закрепления эродируемых субстратов при рекультивации техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии / Т.А. Малинина, А.Н. Дюков, И.В. Голядкина // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 3 (7). – С. 50-54.

2. Навалихин С.В. Роль биологической рекультивации в защите отвалов Лебединского горно-обогатительного комбината КМА от эрозии: автореф. канд с.-х. наук. – Волгоград, 2009. – 19 с.

3. Панков Я.В. Опыт использования полимеров при рекультивировании бросовых и нарушенных земель / Я.В. Панков, В.Н. Кондратьев, И.В. Голядкина // Разработка комплекса технологий рекультивации техногенно нарушенных земель: материалы международной молодежной конференции (Воронеж, 4–6 июля 2012 г.). – Воронеж, 2012. – С. 164–168.

4. Панков Я.В. Фитомелиорация нарушенных земель Курской магнитной аномалии // Эколого-экономические принципы эффективного использования мелиорированных земель: материалы Международной научной конференции (Минск, 2000 г.). – Минск, 2000. – С. 158–163.

5. Levy G.J. Polyacrylamide adsorption and aggregate stability / G.J. Levy, W.P. Miller // Soil and Tillage Research. – 1999. – № 51. – P. 121–128.

6. Lentz R.D. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration / R.D. Lentz, R.E. Sojka // Soil Science. – 1994. – № 158. – P. 274–282.

УДК 630.181

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЛУЧЕГОРСКОЙ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕПРЕССИИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

[1]Денисов Н.И., [2]Саранчук А.П., [2]Суворов А.В.

[1]ФГБУН «Ботанический сад-институт» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: denisov56@list.ru;

[2]Институт лесного и лесопаркового хозяйства «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», Уссурийск, e-mail: saranchoyk_a@mail.ru

Проведены маршрутные исследования отвалов Лучегорского угольного разреза для определения динамики естественного восстановления древесной растительности, которое происходит за счет тополя дрожащего – *Populus tremula* L., березы плосколистной – *Betula platyphylla* Sukacz., ольхи волосистой – *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr., ивы козьей – *Salix caprea* L. Растения этих видов неприхотливы к почвенным условиям и первыми поселяются на указанных территориях. Общий таксономический состав древесных растений здесь составляет более 15 видов. На отвалах с благоприятными эдафическими условиями процесс естественного восстановления растительности протекает успешно. Его длительность составляет 18–20 лет. Установлено, что на 1 га нарушенной территории произрастает в среднем около 2000 сеянцев древесных растений. Положительная динамика роста и развития модельных деревьев отмечается на протяжении всего 20-летнего периода и для каждого вида весьма специфична. Определено, что тополь корейский характеризуется наиболее высокой, тополь дрожащий и тополь Максимовича – оптимальной, почти идентичной, а береза плосколистная – замедленной энергией ростовых процессов.

Ключевые слова: рекультивация, деревья, кустарники, высота дерева, диаметр ствола, техногенно нарушенная территория, отвалы угольного разреза, пробная площадь, почва, динамика роста

NATURAL REGENERATION OF WOODY VEGETATION ON LUCHEGORSKY TECHNOGENIC DEPRESSION (PRIMORYE)

[1]Denisov N.I., [2]Saranchuk A.P., [2]Suvorov A.V.

[1]Botanical Garden-Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: denisov56@list.ru;

[2]Institute of Forestry and aesthetic forestry «Primorye State Agricultural Academy», Ussuriysk, e-mail: saranchoyk_a@mail.ru

Conducted research route dumps Luchegorsky Mine to determine the dynamics of natural regeneration of woody vegetation, which occurs due to the trembling poplar – *Populus tremula* L., Asian white birch – *Betula platyphylla* Sukacz, hairy alder (Manchurian alder) – *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr, goat willow – *Salix caprea* L. The plants of these species are unpretentious to the soil conditions and the first to settle in these areas. Total taxonomic composition of woody plants are more than 15 species. In the dumps with favorable edaphic conditions of the process of natural regeneration is successful. Its duration is 18–20 years. It was found that 1 hectare of disturbed area grows on average about 2,000 seedlings of woody plants. Positive dynamics modeling tree growth and development celebrated throughout the 20-year period and for each type is very specific. It was determined that the Korean poplar is characterized by the high, trembling poplar and poplar Maksimovic – optimal, almost identical, and Asian white birch – slow energy growth processes.

Keywords: remediation, trees, shrubs, tree height, trunk diameter, anthropogenic disturbed territory, dumps coal mine, sampling area, the soil, the growth dynamics

Рациональное использование и охрана земельных ресурсов являются важными направлениями «Концепции экологической политики РФ» по восстановлению нарушенных и сокращению площадей непродуктивных земель.

Весьма остро эта проблема проявляется при добыче полезных ископаемых открытым способом на покрытых лесной растительностью территориях, в результате которой образуются техногенные отвально-карьерные ландшафты. В данном случае основным способом восстановления лесов на нарушенных землях является целенаправленная лесная рекультивация. Однако вследствие ряда причин (объективных и субъективных) работы по реставрации указанных территорий проводятся в недостаточной степени или прекращаются полностью. В связи с этим для предупреждения негативного воздействия нарушенных земель на окружающую среду особое значение приобретает использование природного потенциала лесной растительности к естественному возобновлению (самовосстановлению).

Следует отметить, что естественное зарастание нарушенных земель обычно рассматривается как дополнительный показатель оценки пригодности почвенного субстрата для биологической рекультивации или выявления видового состава растений, естественно поселяющихся на этих территориях. Вместе с тем естественное возобновление растительности может рассматриваться и как самостоятельный процесс восстановления продуктивности нарушенных земель, который в определенной степени выполняет функции биологической рекультивации. Такой принцип применим в лесной зоне, где основное направление рекультивации – это восстановление лесов, существовавших до проведения работ по добыче полезных ископаемых.

В связи с этим целью нашей работы являлось изучение процессов естественного восстановления древесной растительности, определение ее видового состава и состояния растений на отвалах Лучегорского угольного разреза (далее – ЛУР).

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись древесные растения, произрастающие на техногенно нарушенных территориях ЛУРа (отвалы – Восточный, Южный, Южный и Звеносборка).

Изучение процессов естественного восстановления и развития древесной растительности на отвалах указанного разреза предусматривало выполнение следующих задач:

1. Проведение маршрутных рекогносцировочных исследований отвалов.

2. Определение степени самозарастания и хода естественного восстановления растительности на отвалах разреза.

3. Разработка рекомендаций по интенсификации процесса самовозобновления.

При проведении маршрутных исследований выявлялись основные закономерности состава, строения и распределения растительности на территории угольного разреза. Исследования осуществлялись в соответствии с принятой в лесоустройстве методикой [1, 2, 4], согласно которой на этих территориях определялись типичные участки с естественно восстанавливающейся древесной растительностью для закладки пробных площадей. На выделенных участках обследовались деревья определенного вида (не менее 100 экземпляров), измерялся их диаметр (на уровне 1,3 м) и высота. Согласно средним показателям на каждой пробной площади выбиралось по одному модельному дереву, на которых изучались динамика роста и степень развития в течение определенного временного периода. Более детально методика этих исследований рассмотрена в специальной литературе и периодической печати [3]. Результаты исследования модельных деревьев по высоте и диаметру воспроизводились в виде графиков, которые характеризовали рост и развитие растений в течение 20-летнего периода. При этом учитывалось, что динамика роста деревьев в высоту и в диаметре – это последовательное увеличение линейных характеристик в течение всего периода развития растений, а динамика прироста – увеличение параметров за определенный промежуток времени (например, 5 лет).

Климатические характеристики района исследований (большое количество осадков около 735 мм за год, высокая влажность воздуха летом – 74 %, значительная сумма активных температур – 2500–3000 °С за вегетационный период) благоприятно влияли на произрастание древесной растительности. В отдельные годы отмечалось весьма значительное варьирование погодных условий, что существенно отражалось на динамике роста и развитии растений.

Результаты исследований и их обсуждение

Нашими исследованиями установлено, что естественное лесовозобновление на отвалах угольного разреза происходит в основном за счет тополя дрожащего (т. Давида, осина) – *Populus tremula* L. (*P. davidiana* Dode), березы плосколистной – *Betula platyphylla* Sukacz., ольхи волосистой (о. пушистая) – *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr., ивы козьей – *Salix caprea* L. Это пионерные породы, которые неприхотливы к почвенным условиям и первыми поселяются на техногенно нарушенных территориях. Общий таксономический состав древесных растений вместе с указанными выше видами включает березу даурскую – *Betula davurica* Pall., иву Шверина – *Salix schwerinii* E. Wolf, бархат амурский – *Phellodendron amurense* Rupr., тополь корейский – *Populus koreana* Rehd., тополь Максимовича – *Populus maximowiczii* A. Henry, клен приречный – *Acer ginnala* Maxim., дуб монгольский – *Quercus monqolica* Fisch. ex Ledeb., ясень маньчжурский – *Fraxinus mandshurica* Rupr.), леспедецую двуцветную – *Lespedeza bicolor* Turcz., спирею иволистную – *Spirea salicifolia* L., шиповник даурский – *Rosa davurica* Pall. (русские и латинские названия растений приведены по И.Ю. Коропачинскому, Т.Н. Встовской [5], Д.П. Воробьеву, В.Н. Ворошилову, П.Г. Горовому и др. [6]).

Нами установлено, что основные группы древесных растений сформировались на участках, где давность техногенных нарушений составляет около 20 лет. За этот период под пологом двадцатилетних древостоев сформировалась вполне устойчивая лесная среда.

При проведении маршрутных исследований выявлены встречаемость видов древесно-кустарниковой растительности (табл. 1) и количественный состав жизнеспособного подроста на отвалах ЛУР (табл. 2).

Таблица 1

Встречаемость наиболее распространенных
древесно-кустарниковых видов растений на отвалах ЛУР

Вид растения	Отвалы ЛУР			
	Восточный	Звеносборка	Южный	Северный
Тополь дрожащий	+	+	+	+
Тополь корейский	+	+	+	–
Тополь Максимовича	–	+	–	–
Береза даурская	+	+	–	+
Береза плосколистная	+	+	+	+
Ива козья	+	+	–	+
Ива Шверина	+	+	–	+
Клен приречный	+	+	+	+
Ольха волосистая	+	+	+	–
Дуб монгольский	+	–	+	–
Бархат амурский	+	–	–	–
Ясень маньчжурский	–	+	+	–
Леспедеца двуцветная	–	+	+	–
Спирея иволистная	+	–	+	–
Шиповник даурский	+	–	+	+

Условные обозначения: + – наличие вида растения; – отсутствие вида растения.

Из табл. 1 видно, что наибольшее распространение на отвалах угольного разреза имеют: тополь дрожащий, береза плосколистная и клен приречный (распространение на всех отвалах); в значительной степени распространены: тополь корейский, береза даурская, ива козья, ива Шверина, ольха волосистая, шиповник даурский (на трех отвалах); в меньшей степени – дуб монгольский, ясень маньчжурский, леспедеца двуцветная, спирея иволистная.

Следует отметить, что естественные массивы леса вплотную примыкают к восточной и юго-восточной границам Восточных отвалов. Древесные растения поселяются на расстоянии 100–150 м по периферии отвала. По мере удаления от границы леса деревья приобретают куртинно-групповое размещение (тополь дрожащий с примесью ивы). При увеличении высоты отвала экологические условия для древесных растений ухудшаются; причем одним из определяющих факторов является недостаток влаги.

Из табл. 2 видно, что на отвалах более позднего периода зарастания древесные растения находятся во вполне удовлетворительном состоянии. Их появление обусловлено естественными лесными массивами, непосредственно примыкающими к техногенно нарушенным участкам, и лесными культурами, ранее созданными недалеко от участков, предназначенных для самовосстановления. Причем породный состав деревьев-восстановителей ограничен произрастающими в непосредственной близости от техногенно нарушенных участков ясенем маньчжурским, тополем корейским, тополем дрожащим, ивой ниппонской (*Salix nipponica* Franch. et Sav.), ивой козьей, березой плосколистной и некоторыми видами кустарниковой растительности – бузиной широколисточковой (*Sambucus latipinna* Nakai), леспедецей двуцветной, рябинолистником рябинолистным (*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br.) и др. На всех участках и категориях нарушенных земель с более или менее благоприятными эдафическими условиями процесс естественного восстановления растительности протекает вполне успешно.

Исследования по учету возобновления древесных растений показали, что на 1 га площади в среднем произрастает около 2000 экземпляров жизнестойкого самосева древесных растений. Выявлено, что длительность лесовозобновительного процесса составляет около 18–20 лет. Общая сомкнутость древесного полога равна 0,6–0,7. Кустарниково-травянистый ярус формируется только в процессе самозарастания.

Для выявления особенностей роста и развития деревьев были взяты наиболее типичные представители дендрофлоры ЛУР: тополь дрожащий *(P. tremula* L.), тополь корейский (*P. koreana* Rehd.), тополь Максимовича (*P. maximowiczii* A. Henry) и береза плосколистная (B. *platyphylla*

Sukacz.). В результате установлено, что положительная динамика роста и развития модельных деревьев отмечается на протяжении всего 20-летнего периода. Выявлено, что тополь корейский характеризуется наиболее высокой, тополь дрожащий и тополь Максимовича – оптимальной, почти идентичной, а береза плосколистная – замедленной энергией ростовых процессов. Однако линейные величины роста деревьев названных видов в возрасте 20 лет имели почти одинаковые показатели (10,8–11,3 м) (рис. 1).

Таблица 2

Количественное состояние жизнеспособного подроста на отвалах ЛУР

Название отвалов (годы образования)	Вид растения	Подрост (шт./га)		
		мелкий	средний	крупный
Восточные отвалы (1986–1999 гг.)	Тополь дрожащий	200	300	–
	Тополь корейский	100	–	–
	Береза даурская	200	100	–
	Береза плосколистная	–	–	300
	Ива козья	100	–	–
	Дуб монгольский	100	300	200
	Итого:	700	700	500
Звеносборка (1986–1994 гг.)	Тополь дрожащий	–	300	100
	Тополь корейский	–	100	200
	Тополь Максимовича	–	200	100
	Берёза даурская	400	–	–
	Берёза плосколистная	300	–	–
	Ива козья	100	–	–
	Ясень маньчжурский	400	200	–
	Итого:	1200	700	500
Южные отвалы (1989–1999 гг.)	Тополь дрожащий	–	300	200
	Берёза даурская	–	100	100
	Берёза плосколистная	–	400	200
	Ива козья	–	200	300
	Ива Шверина	400	–	–
	Итого:	400	1000	800
Северные отвалы (1994–2003 гг.)	Тополь дрожащий	200	–	–
	Тополь корейский	400	–	100
	Берёза плосколистная	–	300	–
	Ясень маньчжурский	500	400	–
	Итого:	1100	700	100

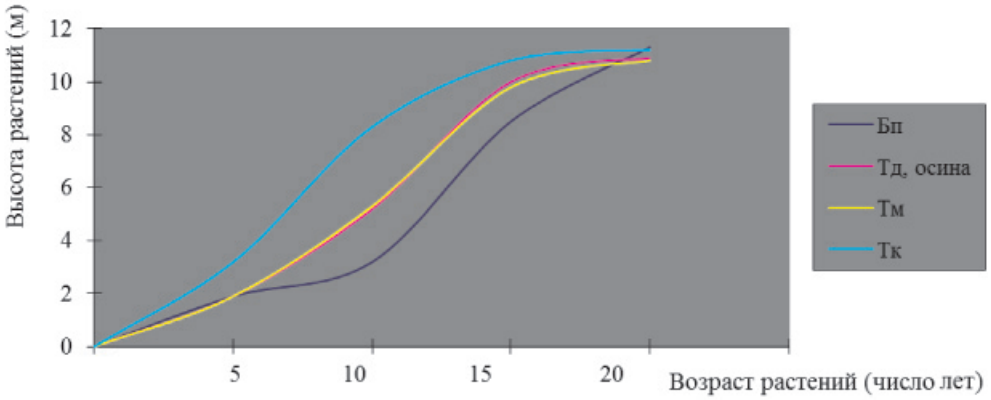


Рис. 1. Динамика роста древесных растений в высоту (м).
Условные обозначения: Бп – береза плосколистная; Тд, осина – тополь дрожащий, осина; Тм – тополь Максимовича; Тк – тополь корейский

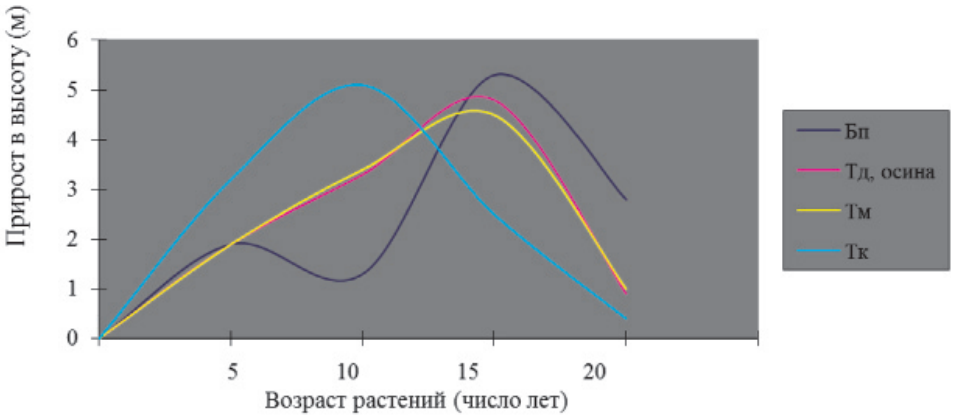


Рис. 2. Динамика прироста древесных растений в высоту (условные обозначения аналогичны рис. 1)

Прирост деревьев в высоту (рис. 2) в первый 5-летний период был наибольшим у тополя корейского (3,2 м) в сравнении с остальными тремя видами; в дальнейшем (период от 5 до 10 лет) интенсивность прироста приобрела весьма специфические показатели (у тополя корейского он достигал 5,1 м, у тополя дрожащего и тополя Максимовича соответственно 3,3 и 3,4 м, у березы плосколистной – 1,3 м). Впоследствии (период от 10 до 15 лет) у деревьев трех видов (березы плосколистной, тополя Максимовича и тополя дрожащего) прирост достигал наибольшей величины (соответственно 5,3; 4,5 и 4,8 м), у тополя корейского он составил 2,5 м. В период от 15 до 20 лет отмечается уменьшение величины прироста: у березы плосколистной, тополя Максимовича и тополя дрожащего – соответственно 2,8; 1,0 и 0,9 м, а у тополя корейского – 0,4 м (т.е. почти полное прекращение роста в высоту).

Как видно на рис. 3, положительный рост ствола модельных деревьев в диаметре отмечался на протяжении всего 20-летнего периода. Причем динамика этого показателя у каждого вида весьма специфична. Так, береза плосколистная и тополь корейский в первый период развития (5 лет) характеризовались более высокой интенсивностью роста ствола в диаметре (соответственно – 3,6 и 3,3 см) по сравнению с тополем дрожащим и тополем Максимовича (0,7 и 0,3 см). В период 5–10 лет увеличение диаметра ствола у березы плосколистной и тополя корейского составило соответственно 6,0 и 5,7 см, у тополя дрожащего и тополя Максимовича – 3,5 и 3,9 см. В дальнейшем (период 10–15 лет) отмечена весьма значительная активизация роста ствола в диаметре модельных деревьев: у тополя дрожащего и тополя Максимовича – около 9,9 см; у березы плосколистной он составил 8,9 см, тополя корейского – 7,3 см. В возрасте 20 лет модельные деревья имели следующий диаметр ствола: тополь дрожащий и тополь Максимовича – соответственно 12,7 и 12,8 см; береза плосколистная – 10,2 см, тополь корейский – 8,4 см.

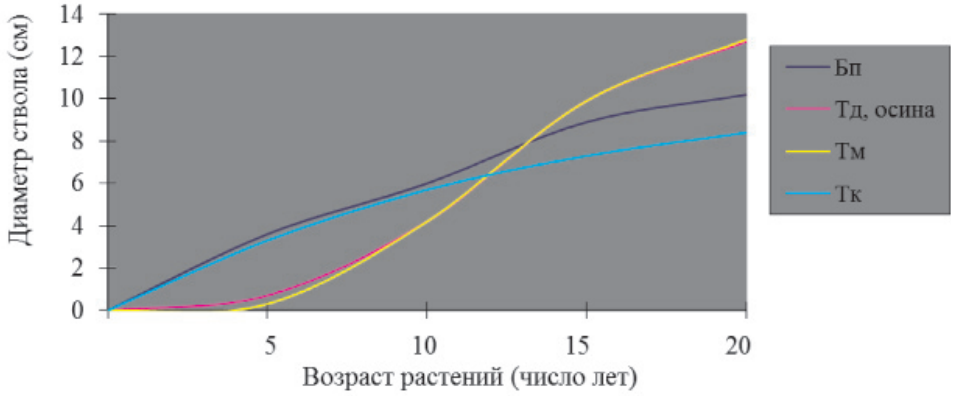


Рис. 3. Динамика увеличения диаметра древесных растений (условные обозначения аналогичны рис. 1)

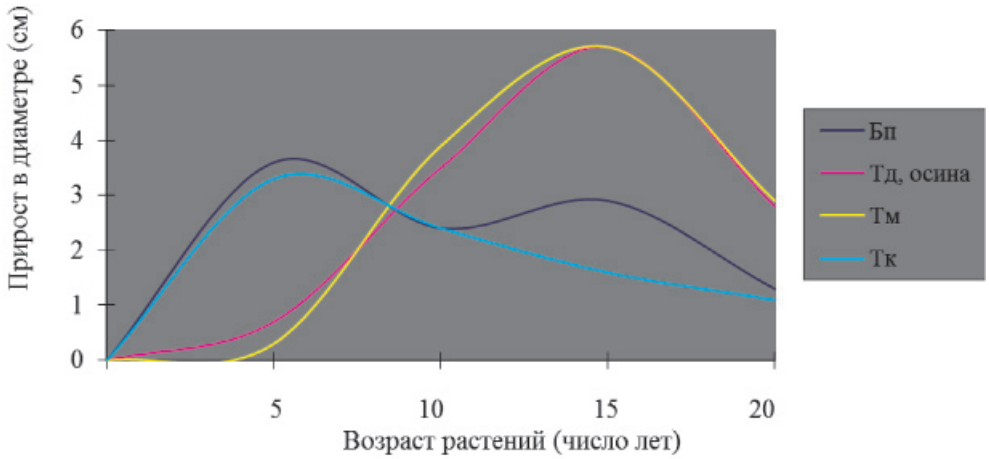


Рис. 4. Динамика прироста древесных растений в диаметре (условные обозначения аналогичны рис. 1)

Динамика прироста древесных растений в диаметре также специфична для каждого вида (рис. 4). Так, в начальный период роста и развития растений (5 лет) наибольший прирост диаметра ствола отмечался у березы плосколистной и тополя корейского – соответственно, 3,6 и 3,3 см; у тополя дрожащего и тополя Максимовича показатель был значительно меньше – 0,7 и 0,3 см. В период 5–10 лет интенсивность прироста ствола в диаметре имела более высокие показатели у тополя Максимовича и тополя дрожащего (соответственно 3,9 и 3,5 см), чем у березы плосколистной и тополя корейского – около 2,4 см. Впоследствии (период 10–15 лет) величина этого показателя у тополя дрожащего и тополя Максимовича достигла максимального показателя (около 5,7 см), в сравнении со значительным снижением его у березы плосколистной и тополя корейского (2,9 и 1,6 см). В дальнейшем (период 15–20 лет) прирост ствола модельных растений в диаметре постепенно уменьшается и достигает следующих значений: у тополя Максимовича – 2,9, тополя дрожащего – 2,8, березы плосколистной – 1,3 и тополя корейского – 1,1 см.

Заключение

Таким образом, нашими исследованиями выявлено, что естественное лесовозобновление на отвалах угольного разреза происходит в основном за счет тополя дрожащего, березы плосколистной, ольхи волосистой, ивы козьей, которые неприхотливы к почвенным условиям и первыми поселяются на техногенно нарушенных территориях. Общий таксономический состав древесных растений на отвалах составляет более 15 наименований. Наибольшее распространение на отвалах угольного разреза имеют: тополь дрожащий, береза плосколистная и клен приречный (распространение на всех отвалах); в значительной степени распространены: тополь корейский, береза даурская, ива козья, ива Шверина, ольха волосистая, шиповник даурский (на трех отвалах); в меньшей степени – дуб монгольский, ясень маньчжурский, леспедеца двуцветная, спирея иволистная.

На отвалах более позднего периода зарастания древесные растения находятся в удовлетворительном состоянии. Их появление обусловлено естественными лесными массивами, непосредственно примыкающими к техногенно нарушенным участкам, и лесными культурами, ранее созданными недалеко от территорий, предназначенных для самовосстановления. На отвалах с благоприятными эдафическими условиями процесс естественного восстановления растительности протекает вполне успешно. Исследования по учету возобновления древесных растений показали, что на 1 га площади в среднем произрастает около 2000 экземпляров жизнестойкого самосева древесных растений.

Продолжительность лесовозобновительного процесса на техногенно нарушенных территориях ЛУР составляет около

18–20 лет. Положительная динамика роста и развития модельных деревьев отмечается на протяжении всего 20-летнего периода. Причем эти показатели у каждого вида растений весьма специфичны. Выявлено, что тополь корейский характеризуется наиболее высокой, тополь дрожащий и тополь Максимовича – оптимальной, почти идентичной, а береза плосколистная – замедленной энергией ростовых процессов.

Естественное восстановление растительности на отвалах буроугольных месторождений – весьма длительный процесс, связанный с неоднородностью их петрографического и химического состава, водной и ветровой эрозией, неравномерностью мезо- и микрорельефа, характером прилегающих растительных формаций. Для ускорения формирования почв и продуктивной растительности на отвалах необходимо активное вмешательство человека в естественные процессы биоценогенеза методами горнотехнической и биологической рекультивации.

Список литературы

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – 2-е изд. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. – 531 с.

2. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 548 с.

3. Денисов Н.И., Саранчук А.П., Горин М.В. Опыт изучения динамики роста и развития древесных растений на техногенно нарушенных территориях. // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 5. – С. 196–200.

4. Доев С.К., Будзан В.И., Лихитченко М.А. Таксация леса: метод. указания. – 3-е изд., испр. и доп. / ФГБОУ ВПО ПГСХА. – Уссурийск, 2013. – 102 с.

5. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. – Новосибирск: Гео, 2002. – 202 с.

6. Определитель растений Приморья и Приамурья / Д.П. Воробьев, В.Н. Ворошилов, П.Г. Горовой и др. – М.; Л.: Наука, 1966. – 490 с.

УДК 631.5

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ПОСЕВОВ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО И ПЯТИКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

[1]Иванов Д.А., [2]Сутягин В.П., [2]Тюлин В.А.

[1]Всероссийский НИИ мелиорированных земель, Эммаусс, e-mail: volok123@gmail.com;
[2]ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь

Исследования, выполненные в стационарном опыте агроэкологического полигона ВНИИМЗ, показали, что наибольшее количество энергии с урожаем многолетних травостоев используется на вершине холма. Козлятник восточный по склонам больше создаёт энергию на южном склоне, а посевы пятикомпонентной смеси многолетних трав – на северном склоне. На вершине холма энергетический потенциал почвы в плантации козлятника восточного больше на 366 ГДж/га, чем в посевах многолетних трав пятикомпонентной смеси, на северном склоне – на 214 ГДж/га, на южном склоне – на 193 ГДж/га. Наибольший энергетический эквивалент урожая козлятника восточного формируется на вершине холма, что на 19,5 ГДж/га больше, чем на южном склоне, а энергетический эквивалент урожайности пятикомпонентной смеси многолетних трав выше на северном склоне, что на 31 ГДж/га больше, чем на южном склоне.

Ключевые слова: гумус, бобово-злаковая поликомпонентная смесь, агроландшафтный стационар, экспозиция склона, конечно-моренный холм, козлятник восточный, пожнивно-корневые остатки

ENERGY FLOWS CROPS KOZLJATNIKA EASTERN AND TWO-COMPONENT MIXTURES OF PERENNIAL GRASSES

[1]Ivanov D.A., [2]Sutyagin V.P., [2]Tyulin V.A.

[1]All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Emmaus, e-mail: volok123@gmail.com;
[2]Federal state budgetary educational institution of Higher Education
Tver State Agricultural Academy, Tver

The researches executed in stationary experience of the VNIIMZ agroecological ground showed that the greatest number of energy with a crop of long-term herbages is used at hill top. Kozlyatnik east on slopes creates energy on the southern slope, and crops of pya-tikomponentny mix of long-term herbs – on a northern slope more. At hill top the power capacity of the soil in a plantation of a kozlyatnik east is 366 GDZh/hectare more, than in crops of long-term herbs of five-component mix, on a northern slope – on 214 GDZh/hectare, on the southern slope – on 193 GDZh/hectare. The greatest power equivalent of a crop of a kozlyatnik east is formed at hill top that is 19,5 GDZh/hectare more, than on the southern slope, and the power equivalent of productivity of five-component mix of long-term herbs is higher on a northern slope that is 31 GDZh/hectare more, than on the southern slope.

Keywords: humus, bean and cereal multicomponent mix, agrolandscape hospital, slope exposition, of course thin hill, kozlyatnik east, pozhnivno-root remains

Функционирование системы «почва – растение» в значительной степени определяется аккумуляцией и трансформацией органического вещества в почве, что показано в многочисленных исследованиях отечественных и зарубежных авторов [5, 6, 8]. Основной составляющей её признаётся гумус почвы, параметры которого значительно варьируют в количественном и качественном отношении по зонам и типам почвы.

Уровень гумусированности почвы зависит от состояния принятой системы земледелия, которая призвана должным образом обеспечить воспроизводство гумуса без дополнительных, неоправданно высоких затрат [1, 10]. При этом биологические особенности растения ставят на первое место. В этой связи повышается роль фитоценотических источников органического вещества в содержании гумуса в почве. Исследования в этом направлении указывают на возможность пополнения запасов органического вещества почвы за счёт растительных остатков.

Разнообразные данные о трансформации органического вещества в ландшафте удобнее анализировать и сопоставлять при переводе их в энергетические единицы [2, 4, 6]. Потоки различных видов энергии в земледелии сливаются в системе «почва – растение – атмосфера», где происходит преобразование кинетической энергии солнца в потенциальную энергию органического вещества растений и где формируется круговорот биологических веществ в экосистеме. Поскольку в системах земледелия почва выступает как биокосное тело, следует учитывать и закономерности почвообразовательных процессов, хотя уже и трансформированных человеком, и считать их первичными, а социально-экономические факторы – вторичными [3, 7]. Возделывание сельскохозяйственных культур оказывает существенное влияние на динамику почвообразовательных процессов почвы.

Расширение посевов злакобобовых травостоев особенно актуально для земельных угодий нечерноземной зоны, почвы которых

нуждаются в больших количествах удобрений [7, 8, 9]. Почвы Тверской области имеют pH kcl на уровне 5,5–5,6. Средневзвешенное содержание гумуса в почвах составляет 2,1 %, что соответствует группе среднеобеспеченных. По содержанию доступного фосфора большая часть почв Тверской области находится на уровне от среднего до высокого (более 75 %). Динамика содержания доступного калия в почвах Тверской области имеет тенденцию снижения со 115 до 95 мг/кг, а в настоящее время его значение варьирует от 94 до 99 мг/кг и в целом соответствует группе среднеобеспеченных почв. Основной формой миграции химических элементов являются водорастворимые органо-минеральные комплексы, способные как к стабилизации, так и к миграции [10].

Цель исследований – изучить интенсивность энергетических потоков в системе «растение – почва» в зависимости от ландшафтно-экологических условий, антропогенных воздействий и биоразнообразия растительных сообществ на примере козлятника восточного и пятикомпонентной смеси многолетних бобово-злаковых трав.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ с 1997 по 2012 гг. Он расположен в пределах конечно-моренного холма с относительной высотой 15 м, состоящего из межхолмных депрессий (северной и южной), южного склона крутизной 3–5°, плоской вершины и северного склона крутизной 2–3°. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв, развивающихся на двучленных отложениях различной мощности. Южный склон характеризуется господством песчаных и супесчаных почв, тогда как на северном преобладают их легкосуглинистые разности, что является генетической особенностью конечно-моренных гряд.

Почвы агроэкологического стационара осушены регулярным гончарным дренажем с междренными расстояниями от 20 до 40 м. Агрохимическое обследование почв стационара проводилось в начале и конце исследований. Почва на южном склоне дерново-подзолистая слабооглеенная супесчаная, среднеслабосмытая на мощном двучлене, содержание гумуса составляло 2,92 %, P_2O_5 – 727 и K_2O – 238 мг/кг почвы, pH KCl – 5,81. Плоская вершина характеризуется дерново-подзолистой, преимущественно глееватой песчаной почвой на среднемощном двучлене, содержание гумуса составляет 2,69 %, P_2O_5 – 439 и K_2O – 292 мг/кг почвы, pH KCl – 5,36). На северном склоне почва дерново-подзолистая глееватая легко-среднесуглинистая на маломощном двучлене, содержание гумуса составляло 3,21 %, P_2O_5 – 289 и K_2O – 116 мг/кг почвы, pH KCl – 6,12. Удобрения за время наблюдений не вносились. Исследования проводили на плантациях козлятника восточного и травосмеси из 5 компонентов, состоящей из следующих видов многолетних трав:

1. Люцерна синегибридная сорта «Вега».
2. Клевер луговой «ВИК-7».
3. Тимофеевка луговая «ВИК-9».
4. Овсяница луговая «ВИК-5».
5. Райграс пастбищный «ВИК-6».

Результаты исследований и их обсуждение

Природные условия склонов различной экспозиции конечно-моренного холма, ботанический состав посевов многолетних трав, сроки их использования оказывают существенное влияние на энергетический баланс агроэкосистемы. В табл. 1 показана потенциальная энергия почвы в виде энергетического эквивалента гумуса почвы на плантации козлятника восточного и посевов пятикомпонентной смеси многолетних трав в начале (1997) исследований и через 15 лет в 2011–2012 г.

Таблица 1

Потенциальный запас энергии гумуса
в слое почвы 0–20 см агроландшафтного полигона, ГДж/га

Элементы рельефа	Козлятник восточный			Пятикомпонентная смесь многолетних трав		
	1998 г.	2011 г.	среднее	1998 г.	2012 г.	среднее
Южный склон	2014,8	2228,7	2125,2	2014,8	1842,3	1932,0
Вершина холма	1856,1	2166,6	2014,8	1856,1	1435,2	1649,1
Северный склон	2214,9	2677,2	2449,5	2214,9	2256,3	2235,6
Среднее	2028,6	2359,8	2194,2	2028,6	1842,3	1938,9
Доверительный интервал, ± ГДж/га	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1

Результаты исследований свидетельствуют, что в посевах козлятника восточного энергетический потенциал почвы за годы исследований повысился на 214 ГДж/га и в среднем был больше на 255 ГДж/га, чем в посевах пятикомпонентной смеси многолетних трав, причём на вершине холма энергии было больше на 366 ГДж/га, на северном склоне – на 214 ГДж/га, на южном склоне – на 193 ГДж/га. Следует отметить, что почвы под обоими видами многолетних трав обладают большей энергией на северном склоне, а меньшей – на вершине холма. Так, в посевах козлятника на северном склоне потенциальной энергии больше на 435 ГДж/га, а в посевах пятикомпонентной смеси на 586 ГДж/га.

Энергетический потенциал почвы во многом определяется количеством пожнивно-корневых остатков, образованных культурой. В табл. 2 представлены энергетические эквиваленты пожнивно-корневых остатков многолетних травостоев на агроландшафтном полигоне. Пожнивно-корневые остатки представляют собой оставшуюся после скашивания стерню, узел кущения многолетних трав и корни. Исследования показали, что энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков у козлятника восточного на 97 ГДж/га больше, чем у пятикомпонентной смеси многолетних трав.

ский потенциал пожнивно-корневых остатков накапливается на вершине конечного моренного холма. Влияние экспозиции склонов на процесс накопления энергии во многом определяется свойствами травостоя. Так, козлятник восточный больше энергии после вершины холма накапливает на южном склоне, а посевы пятикомпонентной смеси многолетних трав – на северном склоне. Разница между северным и южным склоном составляет от 5 до 26 ГДж/га, причём, 26 ГДж/га – это разница в посевах козлятника восточного.

Энергия пожнивно-корневых остатков сельскохозяйственных культур является важным показателем функционирования агроэкосистем. Это приходная статья энергетических потоков агросистемы. На ее основе совместно с другими потоками энергии можно определить КПД системы.

Энергетический эквивалент урожайности многолетних травостоев является итоговым показателем функционирования агроэкосистемы. Он является статьей отчуждения (потери) энергии из агросистемы. Данные табл. 3 свидетельствуют о потере энергетического эквивалента системы в виде урожайности козлятника восточного и пятикомпонентной смеси многолетних трав к концу исследований. Энергия урожайности козлятника восточного выше, чем пятикомпонентной смеси многолетних трав, в среднем на 1,5 ГДж/га.

Таблица 2

Энергетический эквивалент массы пожнивно-корневых остатков агрофитоценозов многолетних трав на агроландшафтном полигоне, ГДж/га сухой массы

Элемент рельефа	Козлятник восточный 1998–2011 гг	Пятикомпонентная смесь многолетних трав 1998–2012 гг.
Южный склон	355,2	265,0
Вершина холма	458,8	303,4
Северный склон	333,0	284,2
Среднее	381,1	284,2
Доверительный интервал, ± ГДж/га	0,2	0,4

Необходимо отметить, что энергетический эквивалент органического вещества почвы на плантации козлятника восточного почти в 6 раз больше энергии пожнивно-корневых остатков, а в посевах трав более чем в 10 раз.

Экспозиции склонов оказали заметное влияние на энергетические характеристики агросистемы ландшафтного полигона. Данные табл. 2 свидетельствуют, что независимо от ботанического состава и срока пользования многолетним травостоем наибольший энергетиче-

Наибольшее количество энергии урожая козлятника восточного формируется на вершине холма – на 19,5 ГДж/га больше, чем на южном склоне. Одной из причин является более развитая корневая система в этом местоположении, развитие которой, вероятно, определяется гидрологическими условиями эксперимента. Энергетический эквивалент урожайности пятикомпонентной смеси многолетних трав выше на северном склоне – на 31 ГДж/га больше, чем на южном склоне.

Таблица 3

Влияние элементов конечно-моренного холма на энергетический эквивалент урожайности многолетних травостоев, ГДж/га

Элементы рельефа	Козлятник восточный			Пятикомпонентная смесь многолетних трав		
	1998 г.	2011 г.	среднее	1998 г.	2012 г.	среднее
Южный склон	102,0	130,2	117,2	110,9	103,4	107,2
Вершина холма	141,1	130,2	136,7	126,0	112,8	120,3
Северный склон	104,2	132,4	119,4	144,8	131,6	139,1
Среднее	115,0	130,2	123,7	127,8	116,6	122,2
Доверительный интервал ±ГДж/га	8,2	0,6	3,9	0,6	0,6	0,2

Таблица 4

Доля отчуждаемой энергии с урожаем из суммы энергии гумуса и пожнивно-корневых остатков, %

Элементы рельефа	Посевы козлятника восточного			Посевы пятикомпонентной смеси многолетних трав		
	1998 г.	2011 г.	среднее	1998 г.	2011 г.	среднее
Южный склон	4,4	5,0	4,7	4,9	4,8	4,9
Вершина холма	6,0	5,0	5,5	6,0	6,2	6,2
Северный склон	4,1	4,4	4,3	5,9	5,1	5,5
Среднее	4,8	4,7	4,8	5,6	5,4	5,5

Агроландшафтная система многолетних травостоев функционирует как термодинамическая система открытого типа, где устойчивость или стабильность её определяется энергетическим балансом. В настоящей работе не приводится поступление энергии солнца, потому что результаты ФАР по элементам конечно-моренного холма различаются незначительно.

Данные табл. 4 показывают, что наибольшее количество энергии с урожаем многолетних травостоев используется на вершине холма. Козлятник восточный по склонам больше расходует на южном склоне, а посевы пятикомпонентной смеси многолетних трав – на северном склоне. Устойчивое функционирование агроландшафтного полигона как экосистемы объясняется результатами табл. 4, где отчуждение энергии составляет в среднем 5,5 %. По нашим данным, отчуждение энергии более 30 % начинает отрицательно влиять на баланс органического вещества в агроэкосистеме.

Заключение

1. В посевах козлятника восточного энергетический потенциал почвы в среднем больше на 255 ГДж/га по сравнению с многолетними травами пятикомпонентной смеси. По элементам холма на вершине энергетический потенциал почвы под козлятником восточным больше на 366 ГДж/га, на северном склоне – на 214 ГДж/га, на южном склоне – на 193 ГДж/га, чем в многолетних травах пятикомпонентной смеси.

2. Энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков у козлятника восточного на 97 ГДж/га больше, чем у пятикомпонентной смеси многолетних трав. Энергия пожнивно-корневых остатков на вершине холма выше, чем на других элементах, потому, что архитектоника посевов козлятника на вершине создала благоприятные условия для течения процесса фотосинтеза.

3. Наибольшее количество энергии урожая козлятника восточного формируется на

вершине холма, что на 19,5 ГДж/га больше, чем на южном склоне. Одной из причин этого является более развитая корневая система на вершине холма. Энергетический эквивалент урожайности пятикомпонентной смеси многолетних трав выше на северном склоне, что на 31 ГДж/га больше, чем на южном склоне.

4. Наибольшее количество энергии с урожаем многолетних травостоев отчуждается на вершине холма. Козлятник восточный по склонам больше расходует на южном склоне, а посевы пятикомпонентной смеси многолетних трав – на северном склоне.

5. Предлагается многолетние травостои с козлятником восточным, люцерной синегибридной использовать в выводных полях не менее 10 лет.

Список литературы

1. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические проблемы оптимизации продуктивности агроэкосистем. – Пущино. ОНТИ НЦБИ АН СССР. 1991. – 42 с.

2. Коринец В.В. Необходим системно-энергетический подход к изучению агроценоза // Земледелие. – 1988. – № 5. – С. 28–30.

3. Сутягин В.П. Агроэкологические аспекты продукционного процесса в растениеводстве / Сутягин В.П., Тюлин В.А. – Тверь: Изд. «Агросфера», 2008. – 332 с.

4. Сутягин В.П. Биоэнергетический подход к изучению агрофитоценозов // Агро XXI. – 2008. – № 10–12. – С. 10–12.

5. Сутягин В.П. Методические особенности изучения севооборотов с короткой ротацией при применении удобрений и химических средств защиты растений // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2011. – № 12. – С. 263–267.

6. Сутягин В.П. Принципы формирования устойчивости агрофитоценозов адаптивно-ландшафтного земледелия. – Тверь: Изд. ТГСХА «Агросфера», 2007. – 286 с.

7. Тюлин В.А. Продукционный процесс зерновых культур и многолетних трав в различных ландшафтных условиях / В.А. Тюлин, Д.А. Иванов, Н.В. Гриц // М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, ФГОУ ВПО «Тверская гос. с.-х. акад.». – Тверь, 2010.

8. Тюлин В.А. Формирование устойчивой продуктивности бобово-злаковых и злаковых травостоев. – Тверь: Изд. ООО «Губернская медицина», 2000. – 224 с.

9. Тюлин В.А., Кобзин А.Г., Амбросимова Н.Н., Вагунин Д.А. Эффективность приёмов обработки почвы при создании бобово-злаковых травостоев // Кормопроизводство. – 2011. – № 11. – С. 14–16.

10. Фокин А.Д. Роль растений в перераспределении веществ по почвенному профилю // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 125–133.

УДК 631. 674

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Кузнецова Н.В., Степанова Н.Е.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, e-mail: nat_stepanowa@mail.ru

Светло-каштановые почвы Волгоградской области обладают сравнительно невысоким эффективным плодородием, при орошении происходит интенсивный вынос питательных веществ – в 1,5 раза больше, чем без орошения. Наиболее быстро истощается азотный фон, это связано с возрастанием минерализации, потерей гумуса и минеральных соединений азота. В проводимых нами исследованиях на посевах столовой свеклы рациональное применение удобрений способствовало более экономному использованию воды растениями, усилению их питания, повышению урожая и улучшению его качества, одновременно делая почву более плодородной. **Цель исследований** сводилась к разработке водосберегающих режимов орошения столовой свеклы за счет дифференциации предполивного порога влажности и глубины увлажняемого слоя почвы в период вегетации столовой свеклы, которые позволяли бы в сочетании с расчетными дозами минеральных удобрений получать запланированные урожаи при рациональном использовании материальных и энергетических ресурсов.

Ключевые слова: почва, столовая свекла, азот, фосфор, калий, удобрение, урожайность

THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE PROPERTIES OF LIGHT-CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

Kuznetsova N.V., Stepanova N.E.

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, e-mail: nat_stepanowa@mail.ru

Light-chestnut soils of the Volgograd region have relatively low effective fertility and under irrigation, there is an intensive removal of nutrients estimated 1.5 times higher than without irrigation. The nitrogen background is the most rapidly depleted; it is associated with increasing salinity, loss of humus and mineral compounds of nitrogen. In our research conducted on crops of beets, rational use of fertilizers contributed to more effective use of water by plants, strengthening their nutrition, increase yield and improve its quality, while making the soil more fertile. The purpose of the research was to develop water-saving irrigation modes beets through the differentiation of the predpolivnogo threshold humidity and depth of uvlažnâemogo soil layer in the growing beets, which would allow combined with calculated doses of mineral fertilizers to the planned harvests with a rational use of material and energy resources.

Keywords: soil, beetroot, nitrogen, phosphorus, potassium, fertilizer, yield

Урожайность сельскохозяйственных культур часто ограничивается недостатком питательных веществ, необходимых им в силу биологических потребностей. В ряде исследований, проведенных в зоне светло-каштановых почв, доказано, что при регулярном орошении главным фактором, лимитирующим продуктивность посевов сельскохозяйственных культур, является именно недостаток элементов питания в почве в доступной для растений форме.

В результате проведенных исследований нами обоснованы и экспериментально определены приемы оптимизации формирования запланированных урожаев столовой свеклы на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья в трехфакторном полевом опыте путем дифференциации по фазам роста и развития растений, предполивных порогов влажности почвы и глубины увлажняемого слоя с последовательным чередованием больших и малых поливных норм и внесения расчетных доз минеральных удобрений. Фактор А – режим орошения. Назначение вегетационных поливов при дифференциации предела снижения влажности почвы по фазам роста и развития столовой свеклы по схеме: всходы – начало формирования корнеплода, начало формирования корнеплода – техническая спелость, техническая спелость – уборка урожая: 80–80–70 % НВ (A_1); 80–70–70 % НВ (A_2); 80–70–60 % НВ (A_3). Фактор В – глубина расчетного слоя увлажнения. Обеспечение заданных порогов влажности в слое почвы: 0,3 м (B_1); 0,3 и 0,6 м (B_2); 0,6 м (B_3). Фактор С – дозы удобрений, рассчитанные на получение запланированного урожая (табл. 1): вариант C_1 – без удобрений (контроль); вариант C_2 – N_{128} P_{70} K_{58} – 40 т/га; вариант C_3 – N_{192} P_{105} K_{87} – 60 т/га; вариант C_4 – N_{256} P_{140} K_{116} – 80 т/га; вариант C_5 – N_{320} P_{175} K_{145} – 100 т/га. В комплексной взаимозависимости установлены параметры формирования урожая при различном сочетании урожаеобразующих факторов [1, 2, 3].

Подзона светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья, полностью входит в состав Волгоградской области. Занимает она территорию северо-западного правобережья Волги. Южная граница природно-мелиоративной области проходит по трассе Волго-Донского судоходного канала им. В.И. Ленина и Цимлянскому водохранилищу.

Почвообразующие породы подзоны разнообразны как по возрасту, так и по минеральному составу. Рельеф региона не однороден. Светло-каштановые почвы Волго-Донского междуречья средне- и тяжелосуглинистые, слабосолонцеватые, сформированы в основном на лесовидных суглинках, которые иногда сменяются песками и супесями. Несолонцеватые почвы, составляющие небольшой процент, сформированы на породах более легкого механического состава или тяжелых суглинках, подстилаемых песком, супесями. Климат, где проводились исследования, характеризуется континентальностью, засушливостью и изменчивостью.

Согласно рекомендациям опытной станции программирования урожаев Волгоградской ГСХА коэффициент возмещения выноса азота с учетом слабой окультуренности почв принимали – 1,0. В зависимости от степени обеспеченности почв P_2O_5 и K_2O коэффициенты возмещения выноса питательных веществ растениями столовой свеклы были приняты следующие – 1,25 по фосфору и 0,25 по калию. На основании анализа предшествующих исследований в опыте был принят следующий вынос основных питательных веществ одной тонной продукции с учетом побочной по N – 4,5; P_2O_5 – 1,6; K_2O – 7,0 кг.

Активная реакция почвенного раствора нейтральная или слабощелочная (pH 7,29–7,85). Подвижным фосфором почвы обеспечены средне (70,0 до 84,0 мг на 1 кг почвы), а обменным калием – высоко (311–346 мг на 1 кг почвы), запасы азота в почве – низкие. Содержание гумуса колеблется в пределах 0,70–2,21% с заметным убыванием вниз по профилю.

При расчете доз минеральных удобрений учитывали уровень планируемой урожайности, осредненный для почвенно-климатических условий Волго-Донского междуречья, вынос основных питательных веществ, коэффициенты возмещения выноса согласно методике профессора В.И. Филина (таблица).

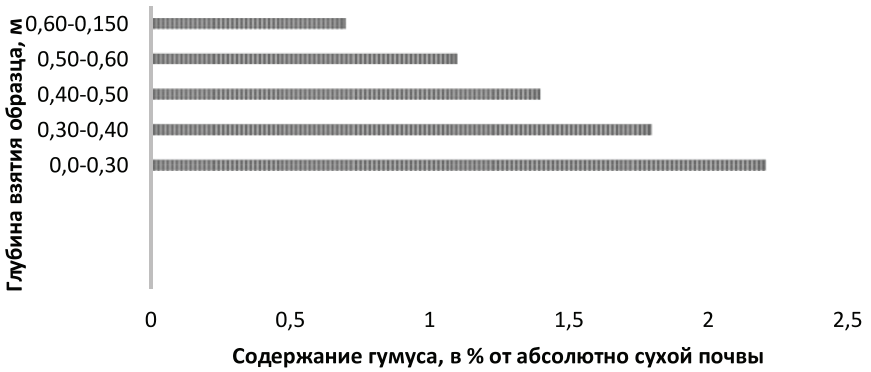


Рис. 1. Изменение содержания гумуса в 1,5-м слое почвы

Дозы внесения минеральных удобрений (NPK кг д. в./га) и системы их применения в полевых опытах в посевах столовой свеклы сорта Болтарди

Доза минеральных удобрений (NPK кг д. в./га)	Планируемая урожайность, т/га	Система применения удобрений		
		под основную обработку	под предпосевную культивацию	подкормка в фазу 7 настоящего листа
Без удобрений	контроль	–	–	–
$N_{128}\ P_{70}\ K_{58}$	40	$P_{70}\ K_{58}$	N_{64}	N_{64}
$N_{192}\ P_{105}\ K_{87}$	60	$P_{105}\ K_{87}$	N_{96}	N_{96}
$N_{256}\ P_{140}\ K_{116}$	80	$P_{140}\ K_{116}$	N_{128}	N_{128}
$N_{320}\ P_{175}\ K_{145}$	100	$P_{175}\ K_{145}$	N_{160}	N_{160}

Для оценки питательного режима светло-каштановой почвы Городищенского района ежегодно на каждом варианте полевых опытов отбирались образцы пахотного (0,0–0,30 м) и подпахотного (0,30–0,60 м) слоев почвы перед посевом и после уборки последнего урожая корнеплодов (рис. 2). Все образцы почвы были проанализированы на содержание аммонийного $\left(N–N\ H_4^+\right)$ и нитратного $\left(N-NO_3^-\right)$ азота. Наличие запасов минерального азота (N) в корнеобитаемом слое почвы равно сумме аммонийного и нитратного азота $\left(N–N\ H_4^+ + N-NO_3^- = N\right)$. В этих же образцах почвы было определено содержание подвижного фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O).

К началу июня на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья, благодаря своевременно разделанной, хорошо аэрируемой рыхлой почве, проведению предпосевного и провокационного поливов, на поле нет сорной растительности, интенсивно протекают процессы аммонификации и нитрификации. В почве накапливалось большое количество минерального N. Мы изучали три варианта режима орошения почвы: 80–80–70% НВ, 80–70–70% НВ, 80–70–60% НВ.

По данным многих исследователей, установлено, что эффективность повышенных доз удобрений резко возрастает при оптимальном поливном режиме. Н.К. Балябо, С.Г. Васильева и А.И. Зверева (1969) отмечали тесную связь между эффективностью повышенных доз удобрений и поливным режимом. Авторы сделали вывод, что при взаимодействии удобрений и поливов проявляется общая закономерность, в силу которой для получения полного эффекта от повышенных доз удобрений необходимо поддерживать и более высокий уровень влажности [4, 5, 6].

В изучаемых нами вариантах фосфорные и калийные удобрения вносили под основную обработку, 1 подкормку аммиачной селитрой (1/2) проводили при посеве, с семенами, это давало эффективное распределение удобрений в пахотном слое и обеспечивало питание свекловичных растений, так как при отсутствии развитой корневой системы использование основного удобрения ограничено, 2 подкормку проводили (1/2) с поливной водой в фазу 7 настоящего листа. Фосфорные и калийные удобрения вносили под основную обработку, вследствие слабой подвижности фосфора в почве и ограниченном передвижении калия в почве.

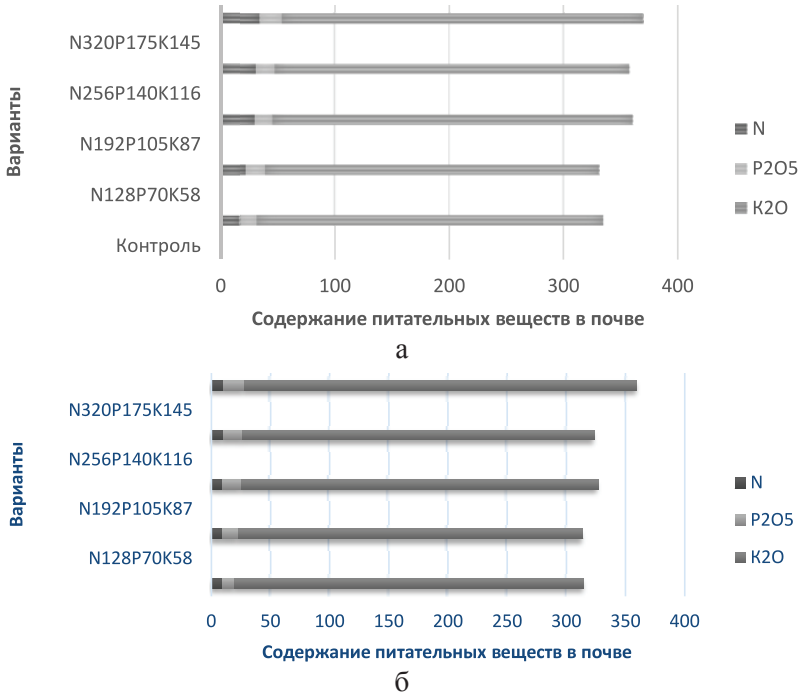
При поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80–80–70% НВ содержание минерального азота перед посевом в варианте без использования удобрений за годы исследований было значительно ниже, по сравнению с вариантами $N_{128}P_{70}K_{58}$, $N_{192}P_{105}K_{87}$, $N_{256}P_{140}K_{116}$, $N_{320}P_{175}K_{145}$, и составляло 18,2 мг/кг в пахотном слое почвы и 17,6 мг/кг в подпахотном. К концу вегетации столовой свеклы запасы минерального азота на светло-каштановой почве резко уменьшались на всех изучаемых вариантах в 2,2 раза на контроле до 4 раз при внесении $N_{320}P_{175}K_{145}$ в пахотном слое почвы, а в подпахотном в 1,5–3,5 раза.

Анализируя полученные данные, наилучшие условия азотного питания растений в начальный период вегетации (после посева) в изучаемых вариантах опыта в годы исследований удалось создать при внесении N_{192}, N_{256}, N_{320} в пахотном слое почвы – от 32,6 до 37,3 мг/кг (более 30 мг N/кг почвы).

Внесение фосфорных удобрений от 70 до 175 кг/га в составе полного минерального удобрения (P_{70}, P_{105}, P_{140}, P_{175}) способствовало увеличению концентрации подвижных фосфатов в пахотном слое почвы от 26,8 до 41,8 мг/кг. Потребление фосфора растениями столовой свеклы в процессе формирования корнеплода приводило к уменьшению концентрации подвижных форм фосфора преимущественно в пахотном слое почвы. Так, на контроле перед посевом содержание подвижного фосфора в пахотном слое составляло 20,3 мг/кг, в подпахотном 14,4 мг/кг, а после уборки урожая от 16,1 мг/кг в пахотном слое до 10,2 мг/кг в подпахотном. В варианте при повышенной дозе внесения фосфора (P_{175}) перед посевом содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы было 41,3 мг/кг, в подпахотном 19,2 мг/кг, а к уборке 32,3 мг/кг (0,0–0,3 м) и 17,6 мг/кг (0,3–0,6 м). Потребление подвижного фосфора в остальных вариантах (P_{70}, P_{105}, P_{140}) принимало промежуточное значение между контролем и P_{175}.

В результате исследований (2005–2007 гг.) по полученным данным наилучшие условия фосфорного питания в первый период вегетации (после посева) в пахотном слое на светло-каштановых почвах были созданы в вариантах при внесении P_{105}, P_{140}, P_{175} (более 30 мг/кг P_2O_5/кг почвы).

Концентрация подвижного калия на светло-каштановой почве опытного поля высокая. Так, на контроле концентрация подвижного калия в пахотном слое почвы составляла 334–336 мг/кг, а в подпахотном 303–307 мг/кг. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что на всех изучаемых вариантах перед посевом



а

б

Рис. 2. Содержание питательных веществ в светло-каштановой почве (80–80–70 % НВ): а – перед посевом; б – после уборки урожая

столовой свеклы обеспеченность калием была вполне достаточной, для формирования высоких урожаев корнеплодов столовой свеклы – от 356–358 мг/кг в пахотном слое почвы при внесении $К_{58}$ до 414–419 мг/кг при $К_{175}$. После уборки урожая содержание подвижного калия незначительно уменьшалось на изучаемых вариантах до 302–315 мг/кг в пахотном слое почвы на контроле, и до 384–399 мг/кг при внесении $К_{175}$ (в слое 0,0–0,3 м).

При снижении предполивной влажности почвы до 80–70–70% НВ и 80–70–60% НВ содержание подвижных форм азота, фосфора и калия было большим на изучаемых вариантах по сравнению с уровнем 80–80–70% НВ. После уборки урожая корнеплодов столовой свеклы в пахотном слое содержание питательных веществ увеличилось по азоту (N) – на 1,2–1,5 мг/кг, по подвижному фосфору (P_2O_5) – на 1,1–2,1 мг/кг, по ($К_2О$) – на 8–15 мг/кг.

Увеличение содержания подвижных форм минеральных удобрений наблюдалось при уменьшении предполивной влажности почвы (70–60% НВ), так как при недостатке оросительной воды уменьшалась растворяемость удобрений и поглощение растворяемых питательных веществ корневой системой. При недостатке оросительной воды азот накапливается в пахотном слое почвы и оказывает негативное влияние на рост и развитие растений столовой свеклы. Медленнее происходит переход фосфора в усвояемые формы для растений при недостатке воды, в результате фосфор накапливается в почве в наименее доступной для растений форме. При переменном увлажнении и подсушивании почвы калий накапливается в почве в необменной форме.

Таким образом, для рационального применения повышенных доз удобрений, при получении планируемых урожаев столовой свеклы на светло-каштановых почвах, необходимо поддерживать влажность почвы на уровне 80–80–70 % НВ, так как при этом увеличивается усвояемость питательных веществ растениями и это способствует лучшему развитию корневой системы.

Список литературы

1. Григоров М.С. Основные элементы методики полевого опыта в условиях орошения / М.С. Григоров, С.М. Григоров, С.В. Федотова // Использование инновационных технологий для решения проблем АПК в современных условиях: материалы Международной научно-практической конференции / Волгогр. гос. с.-х. акад. – 2009. – Т. 1. – С. 251–255.

2. Кузнецова Н.В. Свекла столовая на орошаемых светло-каштановых почвах Волгоградской области / Н.В. Кузнецова, Н.Е. Степанова, Л.Н. Маковкина // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы Сталинградской битвы. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. – Т. 3. – С. 323–327.

3. Кузнецова Н.В. Орошение дождеванием столовой свеклы на светло-каштановых почвах Волгоградской области / Н.В. Кузнецова, Н.Е. Степанова // Международный сельскохозяйственный журнал. – М., 2009. – № 3. – С. 56–57.

4. Степанова Н.Е. Система удобрений столовой свеклы на светло-каштановых почвах // Плодородие. – 2010. – № 3. – С. 27–29.

5. Филин В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая. – Волгоград: Волгогр. гос. с.-х. акад., 1994. – 274 с.

6. Филин В.И. Расчет норм удобрений под планируемый урожай // Методические указания по программированию урожаев на орошаемых землях Поволжья. – Волгоград, 1984. – С. 10–15.

УДК 631.523.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПЫЛЬЦЫ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (PHASEOLUS VULGARIS) В РАЗНОЕ ВРЕМЯ СУТОК В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Маракаева Т.В., Казыдуб Н.Г.

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, e-mail: tanya6334@mail.ru

В статье представлены результаты определения жизнеспособности пыльцы фасоли при сборе ее в разное время суток. Экспериментальная работа выполнялась в учебно-научной лаборатории селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур имени С.И. Леонтьева Омского ГАУ. Данный показатель может служить дополнительным критерием отбора ценных генотипов при создании новых сортов. Изучение жизнеспособности пыльцы под влиянием температурного фактора окружающей среды проводили в первой декаде июля в течение 5 дней в два этапа: с 8.00 до 10.00 (15–17 °С) и с 13.00 до 15.00 (25–27 °С) тремя способами: при первом способе пыльцу собирали с закрытых бутонов, при втором – из вполне развитых бутонов, при третьем – в момент раскрытия цветка. Результаты определения фертильности пыльцевых зерен у фасоли зерновой при ее сборе в утренние часы подтверждают, что у всех исследуемых образцов жизнеспособность пыльцы выше, в сравнении с сортом-стандартом Бусинка (19 %). Максимальный процент по изучаемому показателю в бутонах (27 %), раскрывающихся бутонах (52 %) и цветках (63 %) отмечен у образца Рубин. У фасоли овощной высокое значение по данному показателю в бутонах (34 %), раскрывающихся бутонах (70 %) и цветках (76 %) зафиксировано у образца Золото Сибири. При изучении взаимосвязи жизнеспособности пыльцы и температуры внешней среды была отмечена положительная устойчивая корреляция сортов овощного назначения $r = 0,7 \pm 0,07$, а зернового назначения $r = 0,6 \pm 0,07$.

Ключевые слова: фасоль, селекция, образец, жизнеспособность пыльцы, температурный режим, мужской гаметофит

DETERMINATION OF VIABILITY OF POLLEN OF HARICOT OF ORDINARY (PHASEOLUS VULGARIS) AT DIFFERENT TIMES DAYS IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

Marakaeva T.V., Kazydub N.G.

Omsk State Agricultural University named P.A. Stolypin, Omsk, e-mail: tanya6334@mail.ru

Results of determination of viability of pollen of haricot when collecting are presented in article her at different times days. Experimental work was performed in educational and scientific laboratory of selection and seed farming of crops of S.I. Leontyev of Omsk GAU. This indicator can serve as an additional selection criterion of valuable genotypes during creation of new grades. Studying of viability of pollen under the influence of a temperature factor of environment was carried out in the first decade of July within 5 days in two steps: from 8:00 till 10:00(15–17 °C) and from 13:00 till 15:00 (25–27 °C) in three ways: at the first way pollen was collected from the closed buds, at the second – from quite developed buds, at the third – at the time of disclosure of a flower. Results of determination of fertility of pollen grains at haricot grain at her collecting confirm in the morning that at all studied samples viability of pollen is higher, in comparison with a grade standard the Bead (19 %). The maximum percent on the studied indicator in: buds (27 %), the revealing buds (52 %) and flowers (63 %) Rubin is noted at a sample. At haricot vegetable high value on this indicator in: buds (34 %), the revealing buds (70 %) and flowers (76 %) Gold of Siberia is recorded at a sample. When studying interrelation of viability of pollen and temperature of external environment positive steady correlation of grades of vegetable purpose of $r = 0,7 \pm 0,07$, and grain purpose of $r = 0,6 \pm 0,07$ has been noted.

Keywords: haricot, selection, a sample, viability of pollen, temperature condition, man's gametofit

Немаловажное значение в формировании и жизнеспособности пыльцевых зерен фасоли имеют агроэкологические условия. В литературе имеются сведения о значительном влиянии погодных условий на процесс образования и жизнеспособность микроспор. Неблагоприятные условия (дождь, холодная пасмурная погода, а также жаркое сухое лето) вызывают дегенерацию пыльников, и при этом образуется много стерильной пыльцы, а оставшаяся плохо прорастает. Опыление такой пыльцой ведет к снижению завязываемости плодов и семян, появлению партенокарпических форм [1]. Именно для выяснения степени зависимости прорастания пыльцы от температурного режима нами и была изучена ее жизнеспособность у образцов коллекции фасоли, которые отобраны по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Определение жизнеспособности пыльцы является важной частью селекции сельскохозяйственных культур. Она может служить дополнительным критерием отбора ценных генотипов при создании новых сортов.

Материалы и методы исследований

Экспериментальная работа выполнялась в учебно-научной лаборатории селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур имени С.И. Леонтьева, Омский ГАУ.

Материалом для исследований являлась пыльца отцовских растений, выделенных по комплексу хозяйственно-ценных признаков, которые были включены в схему селекционного процесса.

Отбор проб пыльцы фасоли для исследования проводили в первой декаде июля в течение 5 дней в два этапа тремя способами. На первом этапе пыльники собирали с 8.00 до 10.00 при температуре в пределах 15–17 °С. На втором – с 13.00 до 15.00 при температуре 25–27 °С. При первом способе пыльцу собирали в закрытых бутонах, которые затем подсушивали в сухом проветриваемом помещении в течение 2–4 часов при температурном режиме 20–24 °С. В этих условиях они успевают раскрыться. При втором заготавливают пыльцу из вполне развитых бутонов, имеющих хорошо окрашенные лепестки. При третьем для анализа берут свежесобранную пыльцу в момент раскрытия пыльника. Во всех случаях сбор пыльцы проводят во время массового цветения. В одном варианте должно быть не менее 10–15 цветков, которые собирают в пергаментные пакетики. Цитоморфологический анализ пыльцы определяли с помощью микроскопа [2].

При приготовлении препаратов для проращивания пыльцы фасоли необходимо использовать чистые предметные стекла, на которых восковым карандашом рисуют окружность диаметром 2–2,5 см. На предметном стекле должны быть две капли питательной среды, т.е. две повторности, по возможности одинакового размера. Пыльца не прорастает при неправильной сушке или отсутствии контакта с поверхностью питательной среды. Как правило, пыльцевые зерна не прорастают внутри среды.

На поверхности капли пыльцевые зерна должны быть равномерно распределены. Голубинский (1974) считает, что посев пыльцы лучше проводить с кончика иглы, по другим методикам – пинцетом. Но предложенные методы не дают равномерного посева пыльцы на среду. Поэтому мы использовали мягкую кисточку для посева пыльцы, которая была успешно использована в опытах на моркови. Препараты с высеянной пыльцой помещают во влажную камеру из фильтровальной бумаги в чашки Петри, которые затем ставят для проращивания в термостат при температуре 25 °С. Далее препараты хорошо просматривают под микроскопом. В центре капли анализируют 300–600 случайно выбранных пыльцевых зерен и рассчитывают процент прорастания. Пыльцевое зерно считают проросшим, если длина пыльцевой трубки равна как минимум половине диаметра пыльцевого зерна. При необходимости можно определить и длину пыльцевых трубок. Для этого с помощью окуляр-микрометра микроскопа измеряют длину 300–600 случайно выбранных пыльцевых трубок и вычисляют среднюю [3].

В настоящее время определение жизнеспособности пыльцы фасоли не зафиксировано ни в одном исследовательском институте. Изучением и проведением исследований по данному признаку занимаются во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства овощных культур (г. Москва) в основном на овощных культурах: перце, томате и капусте [4]. В литературе очень мало сведений о питательных средах для проращивания пыльцы фасоли. Отсутствуют данные о концентрациях сахарозы в питательной среде, сроках и температуре хранения пыльцы [5]. Поэтому нами экспериментально показана реакция пыльцы различных образцов на концентрацию сахарозы в питательной среде в разное время суток.

В 2011 г. проведены исследования по подбору концентрации сахарозы для питательной среды при проращивании пыльцы фасоли. В полученных данных зафиксировано, что среда с концентрацией сахарозы 20 % оказалась оптимальной для проращивания пыльцы. Жизнеспособность пыльцы на этой среде варьировала от 63 до 80,0 %.

Микрофотосъемку проводили на микроскопе Micros с использованием цифровой камеры Canon A560. Подсчет проросших пыльцевых зерен осуществляли с помощью программы «Scope Photo».

Результаты исследований и их обсуждение

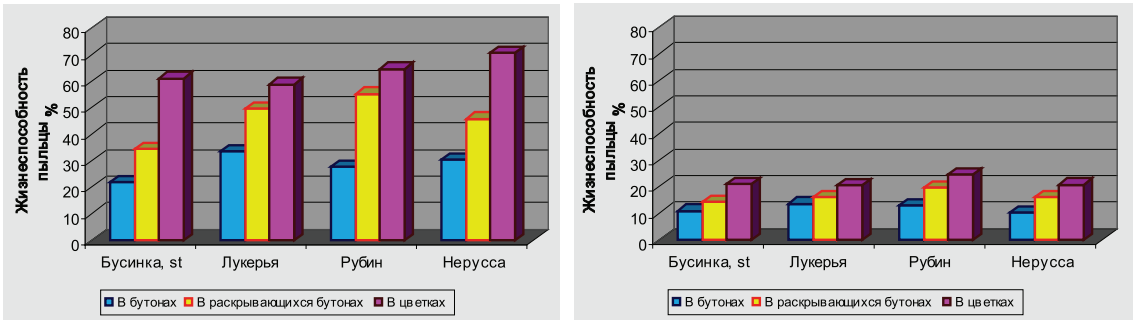
По нашим наблюдениям, наиболее приемлемыми для произрастания цветущих растений фасоли, способствующими лучшему вызреванию пыльцевых зерен, являются температурные условия – 15–18 °С, влажность воздуха – 50–60 %, ясная солнечная погода, высокий агрофон, а также благоприятные предыдущие дни. Именно при таких условиях лучше проводить заготовку пыльцы для анализа ее жизнеспособности.

В литературе очень мало сведений о питательных средах для проращивания пыльцы фасоли. Отсутствуют данные о концентрациях сахарозы в питательной среде, сроках и температуре хранения пыльцы. Поэтому нами показана экспериментально реакция пыльцы различных образцов на концентрацию сахарозы в питательной среде при разном времени суток.

У образцов фасоли зерновой фертильность пыльцы значительно ниже в случае, когда ее сбор проведен во второй половине дня. Максимальное значение признака отмечено у сорта Рубин (22 %) (рис. 1).

Из результатов исследований фертильности пыльцевых зерен у фасоли зерновой при ее сборе в утренние часы следует, что у всех образцов жизнеспособность пыльцы выше, чем у сорта-стандарта. Максимальный процент по изучаемому показателю в бутонах (27 %), раскрывающихся бутонах (52 %) и цветках (63 %) отмечен у сорта Рубин (рис. 2).

В дни проведения анализа жизнеспособности температура во второй половине дня достигала 26–30 °С, это сильно повлияло на прорастание пыльцы. Как видно из рис. 3, фертильность пыльцы образцов фасоли овощной значительно ниже в случае, когда ее сбор проводили во второй половине дня. Максимальное значение признака отмечено у сорта Золото Сибири (27 %) (рис. 3).

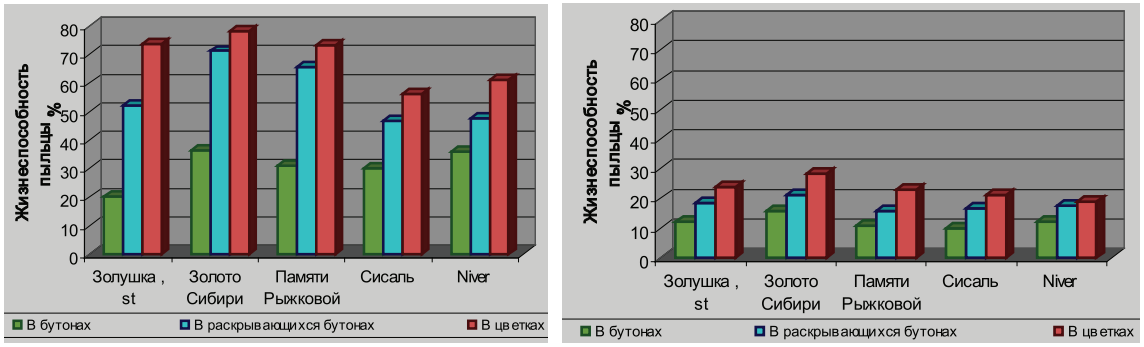


а б

Рис. 1. Жизнеспособность пыльцы у сортов фасоли зерновой при сборе в разное время суток (среднее за 2013–2014 гг.): а – с 8.00 до 10.00; б – с 13.00 до 15.00

а б в

Рис. 2. Жизнеспособность пыльцы сорта фасоли зерновой Рубин: а – с бутона; б – с раскрывающегося бутона (8-й этап онтогенеза); в – с раскрывшегося цветка

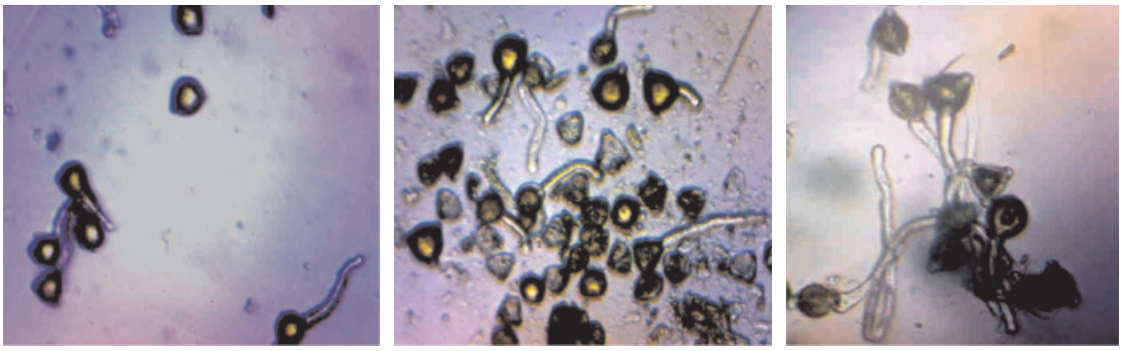


а б

Рис. 3. Жизнеспособность пыльцы сортов фасоли овощной при сборе в разное время суток (среднее за 2013–2014 гг.): а – с 8.00 до 10.00; б – с 13.00 до 15.00

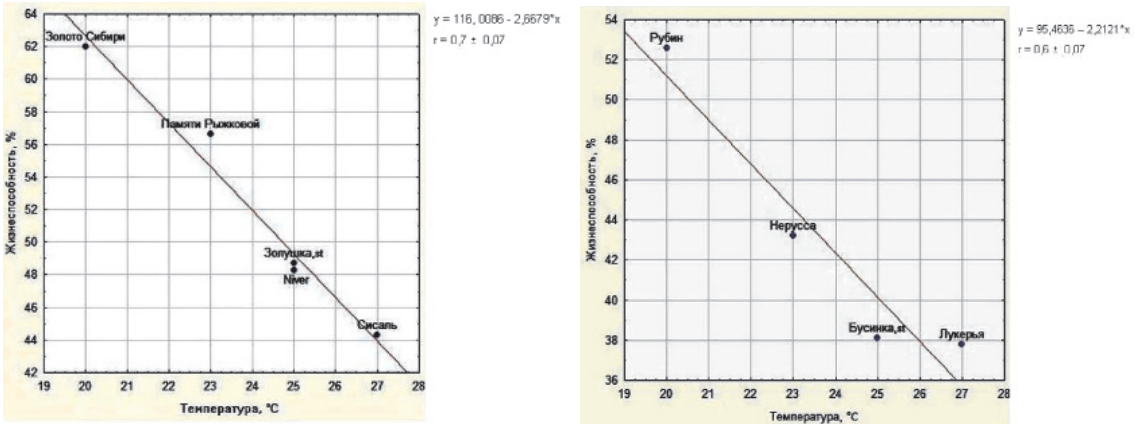
В исследованиях и при подсчете проросших пыльцевых зерен среди образцов фасоли овощной при сборе в утренние часы у всех образцов зафиксирован высокий показатель жизнеспособности пыльцы по сравнению с сортом-стандартом, он варьировал от 25 до 84,6%. Максимальный процент по данному показателю в бутонах (34%), раскрывающихся бутонах (70%) и цветках (76%) отмечен у образца Золото Сибири (рис. 4).

При изучении взаимосвязи жизнеспособности пыльцы фасоли и температуры внешней среды была отмечена положительная устойчивая корреляция сортов овощного назначения $r = 0,7 \pm 0,07$, а зернового назначения $r = 0,6 \pm 0,07$. Наглядную информацию о реакции жизнеспособности пыльцы образцов на температуру дает линия регрессии (рис. 5).



а б в

Рис. 4. Жизнеспособность пыльцы сорта фасоли овощной Золото Сибири: а – с бутона; б – с раскрывающегося бутона (8-й этап онтогенеза); в – с раскрывшегося цветка



а б

Рис. 5. Точечный график и теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между температурой воздуха и жизнеспособностью пыльцы сортов фасоли: а – овощного назначения; б – зернового назначения

На рисунке видно, что с увеличением температуры внешней среды уменьшается фертильность пыльцы как у зерновой, так и овощной фасоли.

Заключение

По результатам экспериментальных данных отмечено, что в период цветения фасоли пыльца растений фертильна уже в бутонах и ее жизнеспособность не уменьшается, а в процессе формирования цветка, наоборот, увеличивается. При сборе пыльцы с 12.00 до 15.00 ее жизнеспособность снижается, в отличие от сбора в утренние часы (с 8.00 до 10.00). Но большое количество формирующейся пыльцы еще не является доказательством ее высокого качества. В ней может быть много недоразвитых пыльцевых зерен, присутствие которых визуально установить невозможно. Истинное представление о жизнеспособности пыльцы дает просмотр под микроскопом и проращивание на питательной среде, которые проводят непосредственно перед гибридизацией.

Список литературы

1. Вержук В.Г. Жизнеспособность побегов и пыльцы плодовых культур при действии низкой и сверхнизкой температуры / В.Г. Вержук, Г.Ф. Сафина, Н.Г. Тихонова, Н.А. Шубин // Сельскохозяйственная биология. – 2005. – № 3. – С. 50–54.

2. Казыдуб Н.Г. Селекция фасоли овощной в условиях южной лесостепи Западной Сибири/ Н.Г. Казыдуб, О.Ю. Гурина, Т.В. Маракаева // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – СПб., 2011. – № 23. – С. 37–41.

3. Казыдуб Н.Г. Сравнительная оценка хозяйственно-ценных признаков образцов фасоли (PHASEOLUS VULGARIS L.) и создание на их основе нового селекционного материала для условий южной лесостепи Западной Сибири: монография / Н.Г. Казыдуб, Т.В. Маракаева; Ом.гос. аграр.ун-т. – Омск, 2015. – 150 с.

4. Козарь Е.Г., Влияние температуры на прорастание пыльцы свеклы столовой в условиях in vitro / Е.Г. Козарь, М.И. Федорова, И.Т. Балашова, В.А. Заячковский // Научный альманах. – Тамбов, 2015. – № 11–4 (13). – С. 322–326.

5. Пивоваров В.Ф. Перспективы развития приоритетных направлений в селекции и семеноводстве овощных культур / В.Ф. Пивоваров, Н.Н. Балашова, И.Т. Балашова // Сельскохозяйственная биология. – 2003. – № 3. – С. 3–10.

УДК 635.928

ВЛИЯНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ГАЗОННЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА КАЧЕСТВО ФОРМИРУЕМОЙ ДЕРНИНЫ

Пахолкова Т.Л., Ганичева В.В.

ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», Вологда, e-mail: pakholkovs@bk.ru

Данная работа является результатом изучения особенностей формирования дернины газонных травостоев, созданных на основе многолетних низовых злаковых луговых растений (мятлик луговой, овсяница красная, полевица побегоносная, мятлик обыкновенный, овсяница овечья) в условиях севера Европейской части Нечерноземной зоны России. Исследования проведены в рамках полевого опыта, заложенного в условиях города Никольска Вологодской области. В ходе работы дана оценка показателей качества газонной дернины по следующим основным показателям: динамика побегообразования, мощность дернины, масса воздушно-сухих корней, масса 1 см^3 высушенной дернины. Выявлена зависимость качества формируемой дернины от выбора компонентов газонных агрофитоценозов. Наряду с прочим изучен минеральный состав подземной части одновидовых газонных агрофитоценозов: определено содержание сухого вещества, азота, содержание элементов минерального питания в дернине изучаемых газонных травостоев.

Ключевые слова: газонные покрытия, газонные травы, травостой, корневая система, дернина

INFLUENCE OF SPECIES ON THE QUALITY AGROPHYTOCENOSES LAWN TURF FORMED

Pakholkova T.L., Ganicheva V.V.

Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshcagin, Vologda, e-mail: pakholkovs@bk.ru

This work is the result of studying the characteristics of the formation of lawn turf grass stands that are based on many years of grass-roots grass meadow plants (Kentucky bluegrass, red fescue, bent grass pobegonosnaya, ordinary bluegrass, fescue, sheep) in the North European part of chernozem zone of Russia. Research carried out in the framework of field experience that is embedded in a city Nikolsk Vologda region. In the course of an assessment of indicators of quality lawn turf for the following key indicators: the dynamics of shoot, sod power, weight of air-dry the roots weight of 1 cm^3 of dried turf. The dependence of the quality of turf formed from component selection agrophytocenosis lawn. Among other things, studied the mineral composition of the underground part of the one-specific lawn agrophytocenosis: The content of dry matter, nitrogen, the contents of mineral elements in the sod lawn studied swards.

Keywords: lawn cover, lawn grasses, herbage, the root, system of turf

Важнейшим элементом озеленения в любом типе зеленых насаждений является газон. Выполняя огромную санитарно-гигиеническую, архитектурно-техническую, рекреационную роль, газоны имеют важное декоративно-планировочное значение в системе благоустройства любого города.

Эксплуатационные показатели качества газона во многом определяются качеством формируемой дернины. Вопрос о роли корневой системы трав подвергся в последние годы существенному пересмотру. Раньше корни считали только органами поглощения питательных веществ и влаги, теперь им отводят основную роль в накоплении запасных питательных веществ, расходуемых в процессе жизнедеятельности и особенно после скашивания, во время засухи и в зимний период. Неграмотный подбор видов трав с низкими показателями устойчивости дернины может привести к ограничению эксплуатации газонных покрытий [1].

Выбор растений для создания газона во многом определяется типом будущего дернового покрытия. Наиболее распространенными являются три следующие типа дерновых покрытий – партерные, обыкновенные и спортивные. Самые высокие требования предъявляются к партерным газонам: они должны быть высокого качества, бархатистыми, однородными по окраске, ровными, иметь низкий травостой. Такой газон не предназначен для ходьбы и отдыха, однако поверхность его должна быть идеально ровной, а на низко подстриженном травостое будут заметны даже небольшие ямки и кочки.

Требования к качеству обыкновенных газонов несколько ниже. Прежде всего, такие травостои должны быть долговечны, устойчивы к механическим повреждениям, теневыносливы.

Спортивные газоны отличаются от обыкновенных более высокой устойчивостью к нагрузкам. Они должны выдерживать их

в течение всего спортивного сезона и многих лет эксплуатации. Эти газоны должны обладать дерниной повышенной прочности и быть устойчивыми к механическим повреждениям и разрывам.

Корневая система низовых злаковых растений, как правило, размещается в верхней части пахотного горизонта на глубине 15–20 см. Рядом исследователей была установлена положительная коррелятивная зависимость между густотой травостоя, с одной стороны, корневой массой и прочностью дернины на разрыв – с другой [2]. Накопление корней изменяется в зависимости от сезона и с возрастом трав. Ежегодно происходит процесс отмирания и нарастания корневой массы [3].

Важными показателями качества газонных травостоев являются накопление корней, связность и мощность дернины, которые характеризуют её несущую способность. Один из показателей качества дернины – ее толщина. Качество молодой дернины можно определять также по числу побегов на единице площади, по массе единицы ее объема, например, 1 $см^3$ высушенного дерна. Оценка качества дернины, формируемой различными видами низовых злаковых трав, является одной из задач данных исследований.

Материалы и методы исследований

В раннелетний период 2012 года в условиях г. Никольска Вологодской области был заложен опыт по изучению биолого-хозяйственных особенностей газонных трав и динамики формирования газонных травостоев. Исследования проводились на протяжении 4 лет (2012–2015 гг.). Опытный участок площадью 20 $м^2$ расположен на приусадебной территории, место расположения открытое, освещаемое солнцем.

Опыт, включающий пять вариантов, заложен в 4-кратной повторности. Площадь делянки каждой повторности – 1 $м^2$, размещение вариантов – рендомизированное. Для посева использовались преимущественно низовые виды луговых растений. В качестве контрольного варианта выступил травостой мятлика лугового, поскольку он является традиционным компонентом газонных травосмесей. Данный вид не требователен к условиям произрастания, отличается значительной долговечностью (при благоприятных условиях сохраняется в травостое до 10–15 лет), является самым морозостойким, обладает высокой конкурентоспособностью. Схема опыта составлена следующим образом:

1 вариант – мятлик луговой *(Poa pratensis)*;

2 вариант – овсяница красная *(Festuca rubra)*;

3 вариант – полевица обыкновенная *(Agrostis capillaris)*;

4 вариант – мятлик обыкновенный (*Poa trivialis)*;

5 вариант – овсяница овечья *(Festuca ovina)*.

Анализ метеорологических условий в годы проведения опыта показал, что наиболее теплым выдалось лето 2012 года: во все месяцы, за исключением июля, температура превысила многолетние значения на 4–6 °С. Что касается количества выпавших осадков, в 2012 г. наблюдались значительные их колебания. В последующие годы распределение осадков по месяцам было достаточно равномерным, с небольшим отклонением от нормы в сторону понижения.

Как показали данные агрохимического обследования, почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая со средним содержанием гумуса (3,52 %), и слабокислой реакцией среды (pH сол. – 5,3). Содержание подвижного фосфора и обменного калия высокое.

Одной из задач исследования было определение качества дернины газонных травостоев в зависимости от их видового состава. Качество дернины определяли по методике С.С. Шаина (1956) [4].

При оценке качества дернины в данном опыте учитывалась динамика побегообразования, мощность дернины, масса воздушно-сухих корней, масса 1 $см^3$ высушенной дернины.

Для статистической обработки полученных данных, в частности для проверки наличия существенных различий между вариантами ($НСР_{05}$), использовался метод дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985 г).

Результаты исследований и их обсуждение

Виды трав, а также сорта существенно отличаются по накоплению корневой массы. Корневая система мятлика лугового, овсяниц красной и овечьей наиболее мощная и прочная, в начале жизни эти виды растут медленно, развивая в основном подземную массу [5]. Корневая система полевиц неглубокая и образует рыхлую дернину, хотя развитие в первый год жизни у них происходит быстрыми темпами [6].

Так и в данном исследовании одновидовые газонные травостои отличались между собой по толщине формируемой дернины. Дернину наибольшей мощности формировали травостои мятлика лугового овсяницы красной – 13,7 и 13,1 см соответственно. Данные виды превосходили по толщине дернины овсяницу овечью на 1,0–1,6 см, мятлик обыкновенный – на 1,3–1,8 см (табл. 1).

Одним из показателей качества формируемой дернины является масса воздушно-сухих корней. В ходе исследования было выявлено, что наибольшей массой воздушно-сухих корней отличаются травостои короткокорневищных газонных трав – мятлика лугового и овсяницы красной, а также плотнокустовой овсяницы овечьей: 297,4, 283,7 и 261,5 г соответственно. Перечисленные виды превосходили в данном аспекте травостои мятлика обыкновенного и полевицы побегоносной на 27,6 и 16,7 % соответственно. $НСР_{05}$ = 12,24 г. Все варианты существенно отличались между собой по данному показателю.

Таблица 1

Оценка качества дернины газонных травостоев 4 года жизни

Варианты опыта	Мощность дернины		Масса воздушно-сухих корней		Масса 1 $см^3$ высушенной дернины		Интенсивность побегообразования		Качество дернины
	см	± к контр.	г	± к контр.	$г/см^3$	± к контр	побегов на 1 $м^2$	± к контр.	
1. Мятлик луговой	13,7	–	297,4	–	0,87	-	17,05	–	Отличное
2. Овсяница красная	13,1	–0,6	283,7	+13,7	1,05	+0,18	15,09	–1,6	Отличное
3. Полевица побегоносная	8,8	–4,9	215,2	–82,2	1,48	+0,61	17,00	–0,5	Удовлетворительное
4. Мятлик обыкновенный	11,9	–1,8	247,7	–49,7	1,35	+0,48	15,01	–2,04	Удовлетворительное
5. Овсяница овечья	12,7	–1,0	261,5	–35,9	1,13	+0,26	16,09	–0,96	Хорошее
$НСР_{05}$	2,17		12,24		0,38		0,48		–

Дернина состоит из минеральной части, то есть почвогрунта, и органической (подземные органы растений). Масса единицы объема минеральной части дернины всегда намного больше, чем масса такой же единицы объема высушенной органической части. Чем больше в исследуемом образце высушенных корней, корневищ и оснований побегов, тем меньше масса единицы объема учетной дернины и тем выше оценивают ее качество [7]. В данных исследованиях минимальная масса 1 $см^3$ высушенной дернины была отмечена на травостоях мятлика лугового, овсяницы красной и овсяницы овечьей: она составила 0,87, 1,05 и 1,13 г соответственно. В противоположность данным видам варианты с участием полевицы побегоносной и мятлика обыкновенного сформировали массу 1 $см^3$ высушенной дернины 1,98 и 1,35 г соответственно. Кроме того, лишь на данных вариантах разница между средними значениями и контролем превысила $НСР_{05}$ = 0,38 $см^3$.

На качество формируемой дернины влияет и интенсивность побегообразования газонных растений. Чем выше данный показатель, тем больше плотность сложения травостоя, соответственно качество образуемого дернового покрытия выше. Наиболее интенсивно на четвертый год жизни происходило побегообразование мятлика лугового, полевицы побегоносной и овсяницы овечьей: количество побегов, сформированных на 1 $м^2$, составило 17,05, 17,00 и 16,09 тыс. поб./$м^2$ соответственно. Наименьшие показатели в данном аспекте обеспечили травостои мятлика обыкновенного и овсяницы красной: 15,09 и 15,01 тыс. поб./$м^2$. В опыте наблюдались существенные различия между вариантами по данному показателю. Разница между всеми вариантами и контролем превышала $НСР_{05}$ = 0,48 тыс. поб./$м^2$.

Наряду с прочим было определено содержание основных элементов минерального питания в подземной части газонных травостоев.

В свою очередь изучение минерального состава сухого вещества подземной части газонных травостоев показало, что на долю подвижного фосфора приходится от 0,36 (овсяница красная) до 0,71 (мятлик обыкновенный) % от общей массы минеральной части газонных растений (табл. 2).

Содержание обменного калия варьирует от 0,48 %, что характерно для травостоев мятлика лугового, до 0,66 % – полевица побегоносная и овсяница овечья.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать следующий вывод: за четыре года своего развития дернину отличного качества оказались способны сформировать травостои низовых корневищно-рыхлокустовых видов луговых растений – мятлика лугового и овсяницы красной. Обладая максимальной мощностью (более 13,0 см) и массой воздушно-сухих корней (297,4 и 283,7 г), дернина данных видов трав имела минимальную массу 1 $см^3$ (0,87 и 1,05 г). Травостой 5 варианта – овсяницы овечьей – сформировал дернину хорошего качества, о чем свидетельствует масса воздушно-сухих корней – 261,5 г, и масса 1 $см^3$ дернины – 1,13 г. Варианты 3 и 4 (полевица обыкновенная и мятлик обыкновенный) оказались способны создать дернину лишь удовлетворительного качества. Масса воздушно-сухих корней данных вариантов составила 215,2 и 247,7 г.

Таблица 2

Содержание элементов минерального питания
в подземной части одновидовых газонных агрофитоценозов

Варианты опыта и видовой состав травостоев	Содержится сухого вещества в подземной части газонных травостоев, %	Содержание азота в сухом веществе подземной части газонных травостоев, %	Минеральный состав сухого вещества подземной части газонных травостоев				
			Всего	в том числе:			
				P_2O_5		K_2O	
				всего	в том числе *P*, %	всего	в том числе *K*, %
1. Мятлик луговой	25,2	1,58	12,39	0,44	0,20	0,61	0,5
2. Овсяница красная	27,5	1,35	10,28	0,36	0,17	0,48	0,4
3. Полевица побегоносная	20,4	1,59	9,87	0,39	0,17	0,66	0,55
4. Мятлик обыкновенный	31,5	1,30	8,90	0,71	0,31	0,51	0,43
5. Овсяница овечья	28,9	1,44	10,97	0,52	0,19	0,66	0,46

Исходя из вышеизложенного, рекомендуем для создания партерных газонов использовать травостои мятлика лугового и овсяницы красной. Наряду с тем, что травостои перечисленных видов формируют дернину отличного качества, они также обладают высокой декоративностью за счет тонких и нежных листьев сочно-зеленого цвета.

Для создания обыкновенных газонов наряду с высококачественными мятликом луговым и овсяницей красной подойдут и более широколистные корневищные злаковые травы с сильными побегами и различными типами кущения – полевица побегоносная, мятлик обыкновенный.

Качество спортивных газонов, выдерживающих высокие механические нагрузки в процессе эксплуатации, во многом определяется свойствами формируемой дернины. Она должна обладать повышенной прочностью и устойчивостью к нагрузкам. В связи с этим для создания спортивного газона целесообразно использовать травостои мятлика лугового, овсяницы красной, овсяницы овечьей.

Список литературы

1. Агафонов Н.В. Декоративное садоводство / Н.В. Агафонов, Е.В. Мамонова – М.: Колос, 2000. – 320 с.

2. Головач А.Г. Газоны и их устройство, и содержание. – М., Л.: АН СССР, 1955. – 336 с.

3. Смелов С.П. Теоретические основы луговодства. – М.: Колос, 1966. – 366 с.

4. Титлянова А.А. Продуктивность травяных систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 128 с.

5. Лаптев А.А. Газоны. – Киев: Наукова думка, 1983. – 176 с.

6. Шкаринов С.Л., Васильева О.В. Газоноведение / С.Л. Шкаринов, О.В. Васильева – М.: Изд. МГУЛ, 2009. – 119 с.

7. Тоомре Р.И. Основные травы в травостоях пастбищного типа и их агрономические свойства. Долголетние культурные пастбища. – М.: Колос, 1966. – 21 с.

УДК 574.45: 58.02: 58.084: 58.051

ОСОБЕННОСТИ СЕМЕНОШЕНИЯ И ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН CALLUNA VULGARIS (L.) HULL В ПРИТОБОЛЬЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Петрова И.В., Черепанова О.Е., Кочубей А.А., Санникова Н.С.

ФГБУН «Ботанический сад» УРО РАН, Екатеринбург, e-mail: botgarden.olga@gmail.com

В материалах статьи освещены результаты исследований семеношения *Calluna vulgaris* в борах северной лесостепи Притоболья Западной Сибири. Показано, что семенная продуктивность реликтовых популяций вереска в данном регионе снижается, по сравнению с европейской частью его ареала. При этом выявили, что под пологом сомкнутого древостоя *Pinus sylvestris* в северной лесостепи средняя урожайность семян *C. vulgaris* в несколько раз ниже (1673,14 ± 561,4 шт.), чем на открытой вырубке (17067,3 ± 6150,7 шт.). Основным фактором, вероятнее всего влияющим на формирование числа коробочек, можно назвать освещенность. Тем не менее уровень семеношения ценопопуляций вереска под пологом леса достаточен для самовоспроизводства. В приведенных результатах натурных и лабораторных экспериментов по проращиванию семян вереска из различных местообитаний (Брянск – Воронеж – Череповец – Нижний Новгород – Тугулым – Заводоуспенское – Красный Октябрь – Курган) отмечено, что в сосняках-зеленомошниках успешное и естественное семенное возобновление ценопопуляций вереска возможно лишь после пожаров. Пожары уничтожают слой *Pleurozium schreberi,* который, вероятно, препятствует прорастанию семян вследствие создаваемого им дефицита влажности, отсутствия света под слоем мха, куда проникают опадающие семена. Отсутствие микоризы замедляет прорастание семян вереска и приводит к формированию проростков с недоразвитой корневой системой.

Ключевые слова: Calluna vulgaris (L.) Hull, семеношение, Притоболье, пожар, проросток, Pleurozium schreberi

CHARACTERISTICS SEED GERMINATION AND SEEDAGE OF PRITOBOLIE WESTERN SIBERIA OF CALLUNA VULGARIS (L.) HULL

Petrova I.V., Cherepanova O.E., Kochubey A.A., Sannikova N.S.

Botanical Garden UB RAS, Ekaterinburg, e-mail: botgarden.olga@gmail.com

There are the results of experiments of seeding *Calluna vulgaris* from pine forests of Western Siberia (northern forest-steppe subzone) in this article. It is shown that seeds production of heather relic populations from this region is lower than at European part of the areal. It was found that at the northern forest-steppe under the forest canopy of *Pinus sylvestris* the average yield of C. vulgaris at several times lower, than on open deforestation. Perhaps, the main reason of forming the seedballs is illuminance. Nevertheless the quantity of seeds in the heather population under the forest canopy sufficiently to it reproducing. In materials of the article present the results for the germination of heather seeds in the natural conditions and in laboratory conditions. The resumption of the heather population is possible only after the fires in the pine forests. Fires burn Pleurozium schreberi moss layer which may prevent seed germination due to moister deficit and illumination shortage. The absence of the mycorrhiza leads to delay of the heather germination and the formation of underdeveloped root system.

Keywords: Calluna vulgaris (L.) Hull, seedage, Pritobolie, fire, seedling, Pleurozium schreberi

Одним из характерных видов, доминирующим в составе травяно-кустарничкового яруса сосновых лесов на суховатых песчаных почвах надпойменных террас рек Притоболья и Русской равнины, а также открытых местообитаний («верещатников») Приатлантики в Европе, является вереск обыкновенный (C*alluna vulgaris*).

В настоящее время ареал, морфология, аутэкология и физиология особей вереска изучены достаточно широко. Однако экологические факторы и особенности семеношения и семенного возобновления его ценопопуляций под влиянием пожаров как главного пускового фактора («триггера») возобновления рассмотрены лишь в немногих работах европейских авторов (Whittaker, Gimingham, 1960; Gimingham, 1975).

Вереск успешно размножается и возобновляется вегетативно путем укоренения плагиотропных ветвей в подстилке, а также ежегодно продуцирует огромное количество семян. По исследованиям в Шотландии (Gimingham, 1960), в почвенном банке вересковых ценозов содержится около 158000 всхожих семян на 1 м^2. Показано, что на обилие, качество формирующихся семян *C. vulgaris* и их прорастание влияют тип субстрата, влажность приземного воздуха и освещенность (Leyton, 1955; Gimingham, 1960). Снижение ФАР под пологом древостоев более чем на 40 % приводит к снижению семеношения *C. vulgaris* и его вытеснению, а максимальное изобилие вереска достигается лишь на открытых участках (Bjorkman, 1945).

В Западной Сибири вереск тесно ассоциирован с сосновыми борами-зеленомошниками и, как и сосна обыкновенная, является типичным видом-пирофитом,

адаптированным к пирогенной среде (Санников, 2013). Вспышки его семенного возобновления происходят после уничтожения покрова зеленых мхов с доминированием *Pleurozium schreberi* (Brid.) Willd. Однако факторы и степень отрицательного влияния этих мхов на прорастание семян и укоренение всходов вереска не изучены.

Целью настоящего сообщения является экспериментальное изучение особенностей семенной репродукции и влияния различных типов напочвенного субстрата на начальные, решающие фазы естественного возобновления ценопопуляций *C. vulgaris* в сосновых лесах Притоболья.

Материалы и методы исследования

Сравнительный анализ параметров семян и плодов *C. vulgaris* проведен в популяциях, расположенных на географической трансекте ориентированной с запада на восток ареала: Брянск – Воронеж – Череповец – Нижний Новгород – Красный Октябрь – Заводоуспенское – Курган. Все популяции произрастают под пологом географически замещающих типов сосняков бруснично-вересково-зеленомошных.

Для определения обилия почвенного банка семян вереска заложены две пробные площади в сосняке бруснично-вересково-зеленомошном в подзоне северной лесостепи (Курганская область) под пологом и на открытой вырубке. На каждой из них взяты почвенные высечки размером 10×10×10 см в трехкратной повторности, в лабораторных условиях тщательно разобранные под бинокуляром (Carl Zeiss Stemi) с целью определения банка семян вереска. В конце вегетационного периода на этих же пробных площадях с куртин вереска срезаны побеги с коробочками для подсчета числа семян.

С целью проверки гипотезы о стимулирующей роли пожара на прорастание семян *C. vulgaris* также взяты высечки в двукратной повторности почвенного субстрата размером 10×10×10 см. Термическое воздействие проведено в двух вариантах:

1) субстрат с полностью выжженной подстилкой;

2) субстрат, прогретый в сухожарном шкафу (ШСП 0.25-60) при температуре 80°С в течение 15 минут (Wallace, 1917; Elliott 1953; Fenton, 1951). После него модельные высечки высаживались в однородных условиях среды.

Кроме того, в климатической камере (Binder KBF 240) (температура 21°С, влажность 50%, длина светового дня не менее 8 часов) заложен контрольный вариант (100 семян).

С целью выявления влияния выжигания мохового покрова (пирогенного обнажения поверхности почвы) на прорастание семян вереска сопоставлены два варианта напочвенного субстрата. Свежеобожженную почвенную высечку и почву с покровом слоя мха *Pleurozium Schreberi* толщиной 2,5 см высушивали до полной стабилизации массы, а затем помещали равными навесками в чашки Петри и задавали влажность не более 30% (по отношению к сухой массе). Для исключения влияния ФАР на прорастание семян высечки мха раскладывали в затемненные чашки. Опыт поставлен в трехкратной повторности (50 семян×3).

Для определения объемной влажности субстрата образцы почвы отбирали алюминиевыми бюксами (предварительно определенной массы) с глубины 10–15 см и взвешивали их на электронных весах

Рис. 1. Карта-схема расположения ценопопуляций выборок C. vulgaris.
Примечание: Бр – Брянск, Чп – Череповец, Вр – Воронеж, НН – Нижний Новгород, Тг – Тугулым, Зус – Заводоуспенское, КО – Красный Октябрь, Кг – Курган

в лесу, а после высушивания при 105 °С (в течение 6 часов) определяли их объемную влажность. Освещенность под пологом древостоев определяли люксметром ТКА-ПКМ.

Возраст кустов вереска определяли по числу годичных колец на дисках поперечных срезов у основания лидирующих по длине побегов.

Элементарная статистическая обработка данных проведена на базе пакета программ Statistica 8.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Экология произрастания и семеношение. На территории Западной Сибири популяции вереска в большинстве своем сосредоточены по краю стены соснового леса и формируют небольшие группы на открытых участках, не удаляясь далеко от затеняющих их деревьев *Pinus sylvestris* L. На пробных площадях в типах леса «сосняк бруснично-вересково-зеленомошный» в северной лесостепи Зауралья, на открытом местообитании вереск формирует компактные кусты высотой до 50–60 см. Под пологом леса их средняя высота не превышает 19,6 ± 1,8 см, а диаметр куртин – 2,7 ± 0,7×1,9 ± 0,6 м. Максимальный возраст кустарников изменяется от 45 до 50 лет, что соответствует давности пожара, прошедшего в сосняке. Облиственность годичных побегов, под пологом и на открытых участках, не превышает 4 года.

Число семенных коробочек на одном годичном побеге куста *C. vulgaris* под пологом древостоя сосны составило 52,04 ± 9,8 шт. (расчетное число семян – 388,03 ± 110,7 шт.), а на открытом месте – 416,34 ± 78,02 шт. коробочек и 3109,04 ± 885,9 шт. семян. Максимальное число коробочек с одного куста *C. vulgaris*, произрастающего под пологом леса, составило 594 шт. (расчетное число семян – 4752 шт.), а с куста, произрастающего на открытом месте, – 2443 шт. коробочек и 19545 шт. семян. Среднее число коробочек с одного куста *C. vulgaris*, произрастающего под пологом, составило 209,14 ± 70,2 шт. (расчетное число семян – 1673,14 ± 561,4 шт.), что в 10 раз меньше, чем на открытом месте. С куста, произрастающего на открытом месте, – коробочек 2133,41 ± 768,8 шт. и семян 17067,3 ± 6150,7 шт. соответственно.

Освещенность влияет на формирование числа коробочек, и, как следствие, формируется большое число семян. Так, нами было отмечено, что с увеличением полноты древостоя освещенность под пологом снижалась почти в три раза. W. Beijerinck (1940) показал, что *C. vulgaris* формирует бóльшее число семенных коробочек, произрастая на хорошо дренированных песчаных почвах с обязательным присутствием мхов. На переувлажненных местообитаниях (болотах) и на вершинах склонов, а также под пологом сухих сосновых лесов, где мхи заменяются лишайниками, число коробочек резко падает.

Объемная влажность субстрата на глубине 10–15 см варьировала от 5,37 до 23,35 % и в среднем составила 11,85 ± 0,6 %.

В верещатниках центральной части ареала под пологом вереска скапливается довольно большое количество опада вереска (Gimingham, 1960), которое, как и на моховом покрове *Pleurozium Schreberi*, препятствует семенному возобновлению (Sleigh, 1956). Наиболее успешно его семенное возобновление протекает после пожаров, которые освобождают верхние горизонты почвы от подстилки и обеспечивают доступ семян к поверхности почвы (Gimingham, 1960). В ходе многолетних исследований в Англии (Gimingham, 1960) выявлено, что созревшие в огромном количестве семена вереска (в среднем 158000 на 1 м^2) падают на подстилку, не заглубляются в почву и проходящий пожар уничтожает их большую часть. Тем не менее оставшихся семян хватает для формирования плотной стены всходов через 12–14 дней после пожара. Для полного восстановления верещатника требуется около 6 и более лет. Успешность восстановления вереска находится в тесной зависимости от температуры горения (Wallace, 1917; Elliott, 1953; Fenton, 1951).

В условиях северной лесостепи Зауралья среднее число семян, находящихся в почве, составляет 104750 ± 48935,9 шт./1 м^2, что в 1,5 раза меньше, чем в Шотландии (Gimingham, 1960). По данным европейских авторов, семена вереска, в большом количестве находящиеся в почве (на глубине не более 5 см), могут сохранять свою всхожесть до 100 лет (Mallik, Hobbs, Legg, 1984; Legg, Maltby, Proctor, 1992).

Под пологом леса в сосняках бруснично-вересково-зеленомошных, где *C. vulgaris* встречается на фоне лишайников рода *Cladonia* на повышениях микрорельефа, наблюдается мозаичность в обилии его семеношения. В среднем оно составляет 22000 ± 11000 шт./1м^2. В понижении на трансекте рельефа, где *C. vulgaris* растет в синузиях со мхами (*Pleurozium Schreberi* и *Ptilium crista-castrensis* Hedw.), число семян возрастает в 8,5 раз – до 187500 ± 23500 шт./1 м^2. На открытом местообитании, где вереск также произраста-

ет в окружении мхов, число семян под его сомкнутыми кустами составило в среднем 174500 ± 10500 шт./1 м^2, что несколько ниже, чем под пологом леса. Приведенные выше данные подтверждают относительно благоприятные условия для развития *C. vulgaris* в Западной Сибири как под пологом сосновых лесов, так и на открытых участках в микроассоциациях с мхами.

Влияние субстрата на прорастание семян. В ходе нашего эксперимента по проращиванию семян вереска на различных субстратах (свежая гарь, мох) выявлено, что семена, помещенные в затемненные чашки Петри под моховую подушку, не проросли ни в одном из пяти вариантов (Брянск, Нижний Новогород, Воронеж, Тугулым, Череповец, Курган) (рис. 4, а). В литературе отмечено, что семена вереска светочувствительны и неспособны прорастать в темноте, а также на слое мхов или лишайников (Junttila, 1972; Николаева, 1979; Maltby, 1980; Legg, Stickney, 1989, Maltby, Proctor, 1992; Equihua, Usher, 1993).

Возможно также, что одним из факторов отсутствия прорастания на моховой подушке можно назвать отсутствие микоризы (рис. 4, г). Показано, что заражение грибами происходит из семенной кожуры *C. vulgaris* через корневой чехлик, а эндосперм и зародыш стерильны. Известно, что семена сосны обыкновенной на свежей гари могут прорастать и без участия грибов, например на свежей гари, где микориза убита, а pH субстрата – 6,5 ± 0,3 (Санников, 1966), при этом процесс их прорастания может замедляться, а сформированные проростки отличаются недоразвитием корневой системы (Rayner, 1913).

В лабораторном эксперименте прорастание семян на свежей гари началось равномерно на 27 сутки, а максимальная всхожесть зафиксирована на 31–34 сутки в Курганской популяции (16 %). Наибольшая энергия прорастания отмечена также у семян из Притоболья (7,3 %). На 40-е сутки эксперимента зарегистрирован всплеск прорастания семян во всех популяциях (рис. 2 и 4, д).

Влияние выжигания мохового покрова. В работах зарубежных авторов отмечено, что незначительное тепловое воздействие несколько ускоряет прорастание семян вереска, но длительное высокотемпературное воздействие (200 °C и более) приводит к гибели семян. Отмечена также взаимосвязь между увеличением температуры пала и снижением доли проросших семян (Kayll, 1968; Equihua, Usher, 1993). Наиболее оптимальные условия, по-видимому, создаются в пределах от 80 до 100–150 °C при длительности прогрева почвы не более 15 минут (Wallace, 1917; Elliott 1953; Fenton, 1951).

В наших экспериментальных посевах семян первые всходы зафиксировали на высечках с открытого местообитания, подверженных экспериментальному выжиганию, уже на 15 сутки (рис. 3), что согласуется с данными европейских авторов (Beijerinck, 1940; Gimingham, 1960). На обожженных почвенных высечках из-под полога древостоя первые всходы появились лишь на 45 сутки. Примерно в это же время появились всходы на высечках, прогретых в сухожарном шкафу (42–50 сутки). Появление первых семядолей в контроле зафиксировано на 21–23 сутки эксперимента.

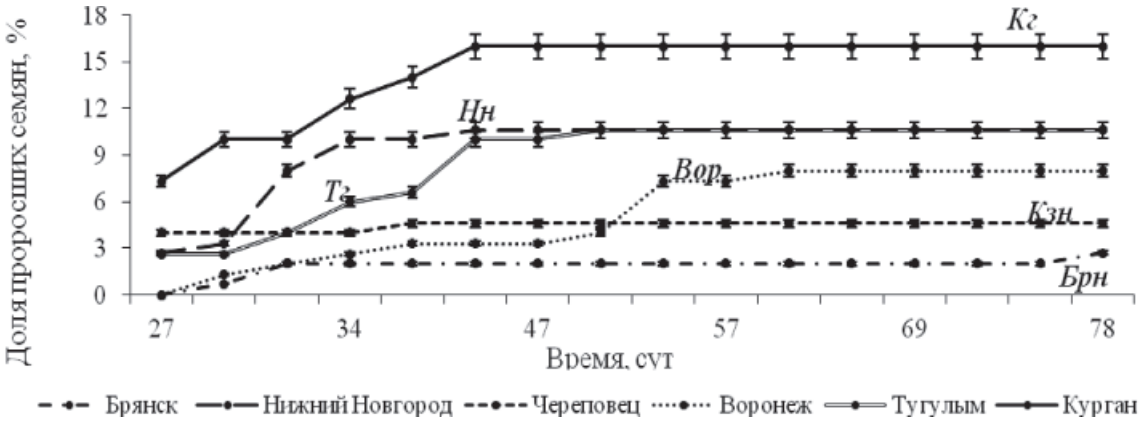


Рис. 2. Динамика прорастания семян C. vulgaris на свежей гари

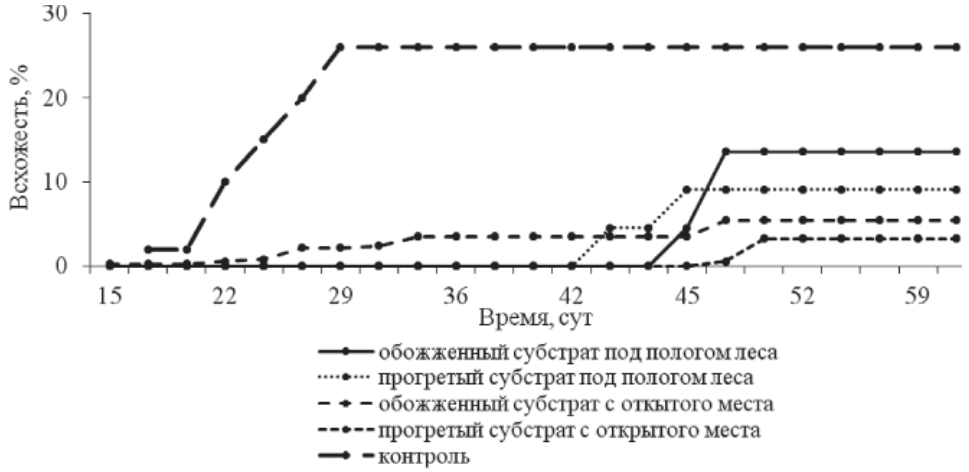


Рис. 3. Динамика прорастания семян C. vulgaris при различных тепловых воздействиях

Максимальное число проросших семян во всех вариантах полевого опыта зафиксировано на 45 сутки, а в контроле при оптимальной влажности субстрата максимум зафиксирован уже на 28 сутки (рис. 3). Пожар, который уничтожил моховой покров и подстилку, в отличие от искусственного прогревания, несколько ускорил прорастание семян, хотя в нашем случае не привел к его значительной стимуляции. Кроме детерминирующей роли влажности субстрата, показанной в полевых экспериментах с семенами *P. sylvestris* Н.С. Санниковой (1984), в качестве одного из важных факторов следует отметить освещенность, которая, вероятнее всего, оказывает стимулирующее действие на прорастание (Bjorkman, 1945; Leyton, 1955; Jonsson, 1957). Возможно, что отставание семян на 17 суток, произрастающих в открытом грунте, также связано со временем года (Rayner, 1913).

Рис. 4. Иллюстрации проросших семян C. vulgaris на различных субстратах:
а – семя под моховой подушкой; б – проросток на моховой подушке;
в – проросток на минеральном субстрате (свежая гарь); г – проросток, опутанный гифами грибов, на минеральном субстрате, д – прорастание семени на минеральном субстрате.
Примечание: размер линейки на фотографиях равен 1 см

Заключение

Наши исследования в борах северной лесостепи Притоболья показали, что семенная продуктивность реликтовых популяций *Calluna vulgaris* (L.) Hull в Западной Сибири несколько меньше, чем в европейской части его ареала. При этом под пологом сомкнутого древостоя сосны обыкновенной средняя урожайность семян *C. vulgaris* на порядок ниже, чем на открытой вырубке, что, вероятно, обусловлено, прежде всего, влиянием корневой и «световой» конкуренции древостоя (Петрова, Мищихина, Черепанова, 2012). Тем не менее уровень семеношения ценопопуляций вереска под пологом леса достаточен для их самовоспроизводства.

Результаты натурных и лабораторных экспериментов свидетельствуют о том, что в сосняках-зеленомошниках успешное прорастание семян и естественное семенное возобновление ценопопуляций вереска возможны лишь после пожаров. Пожары уничтожают слой мха *Pleurozium schreberi,* который, вероятно, препятствует прорастанию семян вследствие дефицита влажности, отсутствия света под его слоем, куда проникают опадающие семена. Из-за отсутствия микоризы формируется недоразвитая корневая система и замедляется прорастание вереска.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-04-03899_а).

Список литературы

1. Горчаковский П.Л. География, экология и история формирования ареала вереска // Ботанический журнал. – 1962. – Т. – 47. – № 9. – С. 1244–1257.

2. Йорданов Д. Фитотерапия / Д. Йорданов, П. Наколов, Асп. Бойчинов. – София: Государственное издательство «Медицина и физкультура», 1970. – 496 с.

3. Николаева М.Г. Ускоренное проращивание покоящихся семян древесных растений. Л., 1979. – 80 с.

4. Петрова И.В. Количественная оценка конкуренции древостоя сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. и его влияния на рост вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.) / Ю.Д. Мищихина, О.Е. Черепанова // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 10 (102). – С. 41–43.

5. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. – М.: Наука, 1992. – 264 с.

6. Санников С.Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С.Н. Санников, Н.С. Санникова. – М.: Наука, 1985. – 149 с.

7. Санников С.Н. Палеогеографический очерк истории формирования ареала вереска обыкновенного в Притоболье / С.Н. Санников, И.В. Петрова, О.Е. Черепанова // Известия Оренбурского государственного университета. – 2013. – С. 185–187.

8. Санникова, Н.С. Экологические особенности естественного возобновления сосны под пологом сосновых лесов Среднего и Южного Зауралья: автореф. дис. … канд. биол. наук. Свердловск, 1984. – 16 с.

9. Beijerinck W. Calluna: a monograph on the Scotch heather // Verh. Akad. Wet. Amst. (3rd Sect.). – 1940. – № 38. – P. 1–180.

10. Bjorkman E. Studier over Ijusets betydelse for foryngringens hojdtillvaxt pa norrlandska tallhedar // Medd. Skogsforskn. Inst. Stockh. – 1945. – № 34. – P. 497–542.

11. Delany M.J. Studies on the microclimate of Calluna heathland // J. Amrn. Ecol. – 1953. – 22. – P. 227–39.

12. Elliott R.J. The Effects of Burmnv g on Heather Moors of the South Penmes // Unpubl. Thesis, Univ. of Sheffield. – 1953.

13. Equihua, Miguel. Impact of carpets of the invasive moss Campylopus introflexus on Calluna vulgaris regeneration / Miguel Equihua, Michael B. Usher // Journal of Ecology. – 1993. – № 81. – P. 359–365.

14. Fenton E.W. The influence of man and animals on the vegetation of certain hill grazings in south-east Scotland // Tech. Bull. Edmnb. Coll. Agric. – 1951. – № 4. – P. 1–62.

15. Gimingham C.H. Calluna Salisb // Source: Journal of Ecology. – 1960. – Vol. 48. – № 2. –P. 455–483.

16. Jonsson B. Ljungstudier pa tallmo 1 Sodertorn // Svensk. SkogsForen. Ttdskr. – 1957. – № 4. – P. 413–452.

17. Kayll A.J. Heat tolerance of tree seedlings // In: Proceedings, annual Tall Timbers fire ecology conference (1968 March 14–15; Tallahassee, FL. № 8). – Tallahassee, FL: Tall Timbers Research Station. – 1968. – P. 89–105.

18. Legg C.J. The ecology of severe moorland fire on the North York Moors: seed distribution and seedling establishment of *Calluna vulgaris* / C.J. Legg, E. Maltby, M.C.F. Proctor // Journal of Ecology. – 1992. – № 80. – P. 737–752.

19. Leyton L. The influence of artificial shading of the ground vegetation on the nutrition and growth of Sitka spruce (Ptcea sttchensis Carr.) in a heathland plantation. Forestry. – 1955. – № 28. – P. 1–6.

20. Mallik A.U. Seed dynamics in Calluna-Arctostaphylos heath in north-eastern Scotland / A.U. Mallik, R.J. Hobbs, C.J. Legg, // Journal of Ecology. – 1984. – № 72. – P. 855–871.

21. Maltby E. The impact of severe fire on Calluna moorland in the North York Moors // Bulletin D' Ecologie. – 1980. – 11(3). – P. 683–708.

22. Mork E. Om skogsbunnens lyngvegethsjon // Medd. Skogsfors Ksv. (nr. 33). – 1946. – № 9. – P. 269–356.

23. Rayner M.C. The ecology of *Calluna vulgaris* // New phyt. – 1913. – Vol. 12 – Is. 2. – P. 59–78.

24. Sleigh L.M. Some ecological Effects of Heather Litter // Unpubl. Thesis, Dept. of Botany, Univ. of Aberdeen. – 1956.

25. Stickney Peter F. Seral origin of species originating in northern Rocky Mountain forests // Unpublished draft on file at: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Fire Sciences Laboratory, Missoula. – 1989. – MT; RWU 4403 files. – 7 p.

26. Wallace R. Heather and Moor Burntng for Grouse and Sheep. Edinburgh. – 1917.

УДК 631.871 : 631.811 : 633.491

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА СИЛК НА КАРТОФЕЛЕ

Уромова И.П., Лобина В.С.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: uromova2012@yandex.ru

В полевых условиях изучали влияние регулятора роста Силк с фунгицидным и ростостимулирующим эффектами на распространенность болезней на ботве и клубнях картофеля, урожайность картофеля. Экспериментальная работа проводилась в ООО «Элитхоз» Борского района Нижегородской области. Объектом исследований являлся сорт ранней группы спелости Ред Скарлетт (зарубежной селекции), полученный методом апикальной меристемы: клубни супер-суперэлиты. При обработке Силком увеличилось число продуктивных стеблей (на 5,1 %) и их высота (на 6,3 %), масса корней на 25,1 % по сравнению с контролем. Распространенность и развитие фитофтороза снизились по сравнению с контролем на 43,9–70,2 %, соответственно, распространенность болезней на клубнях через месяц после уборки урожая снизилась на 47,2 %. Прибавка урожая составила 38,1 %. Силк повышает содержание крахмала в клубнях на 11,2 % по сравнению с контролем и увеличивает выход крахмала с 1 га на 1,1 т/га, или на 52,3 %. В условиях Нижегородской области для получения высоких и качественных урожаев необходимо применять регуляторы роста с биофунгицидной активностью, которые обеспечивают кроме урожайности и экологическую безопасность технологий возделывания данной культуры в плане защиты растений.

Ключевые слова: Силк, регулятор роста, грибные болезни, фитофтороз, урожайность, крахмал, биометрические показатели

USE OF THE REGULATOR OF GROWTH OF SILK ON POTATOES

Uromova I.P., Lobina V.S.

Minin Nizhniy Novgorod State Pedagogical University, Nizhniy Novgorod, e-mail: uromova2012@yandex.ru

In field conditions studied influence of the regulator of growth Silk with fungicide and growth stimulation effects on prevalence of diseases on a tops of vegetable and tubers of potatoes, productivity of potatoes. Experimental work was carried out to Elitkhoz of Borsky district of the Nizhny Novgorod region. Object of researches was the grade of early group of ripeness of Red Scarlett (foreign selection) received by method of an apikalny meristem: super-superelite tubers. When processing the number of productive stalks (has By force increased by 5,1 %) and their height (for 6,3 %), the mass of roots for 25,1 % in comparison with control. Prevalence and development of a phytophtoroz have decreased in comparison with control by 43,9–70,2 %, respectively, prevalence of diseases on tubers in a month after harvesting has decreased by 47,2 %. The increase of a harvest has made 38,1 %. Silk increases the content of starch in tubers for 11,2 % in comparison with control and increases a starch exit from 1 hectare by 1,1 t/hectare, or for 52,3 %. In the conditions of the Nizhny Novgorod Region it is necessary to use growth regulators with biofungicide activity which provide except productivity and ecological safety of technologies of cultivation of this culture in respect of protection of plants to receiving big and qualitative crops.

Keywords: Silk, growth regulator, mushroom diseases, phytophtoroz, productivity, starch, biometric indicators

Получение высоких и качественных урожаев картофеля – одна из главных задач современного картофелеводства. В этой связи значительная роль принадлежит регуляторам роста.

В последние годы уделяется значительное внимание разработке и применению регуляторов роста растений нового поколения, обладающих не только ростостимулирующим, но и антистрессовым и иммуномодулирующим эффектами. В связи с мировой тенденцией по экологизации сельскохозяйственного производства предпочтение отдается в большей степени веществам природного происхождения, которые способны продуцировать высшие растения, грибы и микроорганизмы. Значительный интерес в этом плане представляет отечественный препарат Силк, полученный на основе тритерпеновых кислот, полученных из экстракта хвои пихты сибирской (*Abies sibirica Ldb.*). Природные соединения, входящие в состав препарата, стимулируют иммунитет за счет абиетиновой кислоты, которая способствует ускорению деления клеток [8, 6]. Механизм действия тритерпеновых кислот заключается в активизации процессов фотосинтеза, в повышении устойчивости растений к заболеваниям (стимулировании защитных свойств), что, вероятно, связано с образованием в клетках антистрессовых белков и других компонентов системы фитоиммунитета, а следствием этого является повышение продуктивности и качества [11].

Целью наших исследований являлось изучение влияния природного регулятора роста Силк на продуктивность и качество раннего сорта картофеля Ред Скарлетт.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная работа проводилась в ООО «Элитхоз» Борского района Нижегородской области. Объектом исследований являлся сорт ранней группы спелости Ред Скарлетт (зарубежной селекции), полученный методом апикальной меристемы: клубни супер-суперэлиты.

Посадка картофеля проводилась вручную на глубину 6–8 см в третьей декаде мая (2013 г.) и начале июня (2014 г.). Общая площадь делянки 56 м^2, учетная площадь – 28 м^2. Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок – систематическое.

Схема опыта включала варианты: контроль (без обработки); Силк (обработка клубней, два опрыскивания в фазы бутонизации и начала цветения). Концентрация препарата соответствовала инструкции по применению. Опрыскивание проводили ранцевым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости составил 300 л/га.

Закладку полевого опыта, наблюдения и учеты проводили согласно «Методике исследований по культуре картофеля» [10] и «Методике полевого опыта» [4]. В течение вегетации фиксировали наступление фенологических фаз развития растений, определяли распространенность фитофтороза на ботве картофеля, распространенность болезней на клубнях после уборки урожая, валовую урожайность и урожайность здорового картофеля.

Результаты исследования и их обсуждение

При проведении учета было установлено, что при одинаковых агрометеорологических условиях препарат Силк не оказал влияния на срок появления полных всходов. Всходы в опытном варианте появились, в среднем на 2 дня позже, по сравнению с контролем. Появление других фаз развития под влиянием данного регулятора роста происходило на 6–7 дней раньше, чем в контроле.

Полученные данные, видимо, объясняются тем, что препарат Силк способствует снятию апикального доминирования, процесс которого происходит в клубнях после обработки их перед посадкой. Этот процесс заключается в изменении местоположения эндогенных гормонов, которые распределяются по клубню между верхними и нижними, а также между боковыми глазками. На этот процесс тратится определенное время и поэтому изначально происходит задержка в появлении всходов. Однако впоследствии происходит пролонгация действия препарата и происходит опережение по другим фазам вегетации. В результате Силк стимулирует процесс роста растений и приводит к более быстрому опережению наступления других фаз развития (бутонизации и цветения). В результате Силк оказывает значительное влияние на устойчивость растений к патогенам, что в конечном итоге приводит к увеличению продуктивности картофеля.

Оценка применения препарата Силк показала, что данный агроприем позволяет активизировать рост и развитие растений картофеля. Средние биометрические показатели за годы исследований в фазу цветения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние Силка на биометрические показатели растений картофеля в фазу цветения

Вариант	Число стеблей, шт./куст	Масса корней, г	Высота стеблей, см
Контроль	5,8	24,7	49,0
Силк	6,1	30,9	52,1
$НСР_{05}$	**0,1**	**1,7**	**2,2**

В полевом опыте Силк оказал незначительное влияние на число стеблей по сравнению с контролем. Превышение составило 5,1 %. Помимо увеличения стеблей в кусте на опытном варианте была зафиксирована тенденция увеличения на 3,1 см (6,3 %) средней длины основного стебля, одного из показателей, характеризующих развитие растения.

Увеличение количества стеблей и их высоты в габитусе куста соответственно привело к увеличению общей биомассы растения. Данная тенденция увеличения вегетативной массы растений от применения Силка отмечалась вне зависимости от года исследований.

Вместе с увеличением надземной части растений было отмечено увеличение массы корней у опытных растений, обработанных препаратом. По мнению ученых [3, 9], мощность корневой системы определяет устойчивость к неблагоприятным условиям, а также продуктивность растений. Растения с более развитой корневой системой продуктивней используют питательные элементы и влагу из почвы, меньше страдают от засухи и переувлажнения.

В наших исследованиях опытные растения превосходили по массе корней контроль на 25,1 %. Поэтому следует отметить, что положительным моментом данной стимуляции является то, что увеличение общей биомассы растений в опыте привело в конечном итоге к увеличению продуктивности и качества картофеля.

При визуальной оценке ботвы картофеля из грибных болезней отмечен только фитофтороз. Фотосинтез листьев картофеля, пораженных фитофторой, снижается по сравнению со здоровыми листьями

на 42–70%. Энергия дыхания при этом повышается на 17–50% [1]. Большинство регуляторов роста, по мнению исследователей, [2, 13, 14] повышают устойчивость картофеля к фитофторозу.

В результате проведения опыта было установлено, что распространенность фитофтороза была максимальной в контрольном варианте (10,5%), минимальной при использовании Силка (5,9%). Следовательно, произошло снижение распространенности болезни на 43,9%. Одновременно с этим произошло и снижение степени развития болезни на 70,2%, по сравнению с контролем. Таким образом, Силк оказал влияние на распространенность и в большей степени на развитие фитофтороза, а это говорит о том, что растения были поражены возбудителем болезни, но в незначительной степени. Поэтому следующая обработка во время вегетации могла бы способствовать тому, что растение бы справилось с помощью включения своих иммунных сил. Так, по мнению некоторых ученых [5], препарат Силк вызывает боковое ветвление, образование пазушных почек, увеличение числа листьев, площади листьев и фотосинтетического потенциала, а это способствует повышению устойчивости к фитофторозу, и этим объясняется эффект действия препарата.

На основании проведенных учетов можно констатировать, что распространенность и развитие фитофтороза на ботве зависит от применения регуляторов роста, а в частности Силка, и погодных условий. Погодные условия лишь корректировали численные показатели болезни, однако тенденция снижения распространенности и развития фитофтороза от применения препарата сохранялась [12].

Показано, что значительное снижение показателей фитофтороза на ботве картофеля произошло при обработке клубней перед посадкой и вегетирующих растений Силком. Это можно объяснить тем, что воздействие на растение биологически активным веществом приводит к повышению активности генов стрессоустойчивости, что вызывает синтез в самом растении специальных веществ, функцией которых является организация связи между факторами внешней среды и активностью отдельных генов или их белков. Явление повышения устойчивости связано с постоянной экспрессией генов устойчивости или защиты. Таким образом, индуцированная устойчивость обеспечивает защиту растений от патогенной микрофлоры.

Клубневый анализ проводили через месяц после уборки урожая, так как клубням необходимо было пройти лечебный период, во время которого и происходит выявление накопившейся инфекции. Учитывали только те болезни, которые приводят к образованию гнили (фитофтороз, мокрая и сухая гнили).

Результаты клубневого анализа показали, что распространенность болезней через месяц после уборки урожая наибольшей была на контроле и составила 8,9%, из них 4,4% составляет фитофтороз (табл. 2).

Таблица 2

Влияние Силка на урожайность и качество картофеля сорта Ред Скарлетт

Вариант	Валовая урожайность, т/га	Распространенность болезней на клубнях, %				Урожайность здорового картофеля, т/га
		фитофтороз	парша обыкновенная	сухая гниль	мокрая гниль	
Контроль	19,2	4,4	2,9	1,2	0,4	18,1
Силк	25,6	1,8	2,5	0,4	0	25,0
$НСР_{05}$	**3,4**	**1,2**	**0,9**	**0,2**	–	–

На варианте с применением Силка произошло снижение распространенности болезней на клубнях в 1,9 раза, или на 47,2%, фитофтороза в 2,4 раза, по сравнению с контролем. Такие болезни, как сухая и мокрая гниль, проявились незначительно, особенно мокрая гниль, которая абсолютно отсутствовала при обработке Силком. Парша обыкновенная к развитию гнилей при хранении не ведет, при ее распространении на клубнях снижаются лишь их товарные качества.

Данные клубневых анализов подтвердили мнение о том, что на распространенность грибных болезней во время вегетации в большей степени влияют регуляторы роста с выраженной фунгицидной активностью и в меньшей степени погодные условия, они лишь корректируют числовые значения.

Применение Силка привело к увеличению валовой урожайности на 33,3%. Однако если учесть распространенность болезней на клубнях после уборки урожая, то

разница в урожайности здорового картофеля между контролем и опытным вариантом увеличивается еще на 4,8%. Видимо, Силк в данной концентрации обладает высокой биологической активностью и, воздействуя на обмен веществ, способствует росту и развитию растений, стимулирует иммунитет, повышая устойчивость самого растения к грибным болезням, в связи с чем увеличивается урожайность.

Обработка Силком способствовала незначительному повышению содержания крахмала в клубнях картофеля (табл. 3).

Таблица 3

Влияние Силка на содержание крахмала в клубнях и сбор крахмала с урожаем

Вариант	Содержание крахмала, %	Сбор крахмала, т/га
Контроль	11,6	2,1
Силк	12,9	3,2
$НСР_{05}$	**0,3**	–

Особых закономерностей по содержанию крахмала в клубнях картофеля не наблюдалось. Однако при применении препарата произошло увеличение на 1,3 %, по сравнению с контролем.

С увеличением продуктивности картофеля повышается сбор крахмала с урожаем с единицы площади. Выход крахмала главным образом увеличивается за счет роста урожайности. На варианте с обработкой препаратом Силк выход крахмала составлял 2,1 т/га, что на 1,1 т/га, или на 52,3 % больше, чем на контроле.

Существует зависимость между урожаем клубней, их крахмалистостью и выходом крахмала с 1 га. Крахмалистость клубней определенного сорта картофеля по годам меньше изменяется, чем урожайность, при этом выход крахмала с единицы площади зависит в основном от урожайности, а не крахмалистости картофеля. Это объясняется различным влиянием водного режима в течение вегетационного периода на рост клубней и накопление в них крахмала. В длительно засушливых условиях получают меньший урожай картофеля с более высоким содержанием крахмала, и наоборот [7].

Выводы

Изучая эффективность регулятора роста с четко выраженными фунгицидными и ростостимулирующими эффектами, можно сделать следующие выводы. При обработке Силком увеличилось число продуктивных стеблей (на 5,1 %) и их высота (на 6,3 %), масса корней на 25,1 % по сравнению с контролем. Распространенность и развитие фитофтороза снизились по сравнению с контролем на 43,9–70,2 %, соответственно, распространенность болезней на клубнях через месяц после уборки урожая снизилась на 47,2 % по сравнению с контролем. Прибавка валового урожая между опытными вариантами составила 33,3 %, однако разница в урожайности здорового картофеля между контролем и опытным вариантом увеличилась на 4,8 %, что составляет 38,1 %. Силк повышает содержание крахмала в клубнях на 11,2 % по сравнению с контролем и увеличивает выход крахмала с 1 га на 1,1 т/га, или на 52,3 %.

В условиях Нижегородской области для получения высоких и качественных урожаев необходимо применять регуляторы роста с биофунгицидной активностью, которые обеспечивают кроме урожайности и экологическую безопасность технологий возделывания данной культуры в плане защиты растений.

Список литературы

1. Альсмик П.И. Физиология картофеля / П.И. Альсмик, А.А. Амбросов, А.С. Вечер и др. – М.: Колос, 1979. – С. 127.

2. Вакуленко В.В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. – 2004. – № 1. – С. 24.

3. Гельцер Ф.Ю. Симбиоз с микроорганизмами – основа жизни растений. – М. – 1990. – С. 57.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: ИД Альянс. – 2011. – С. 165-202.

5. Засорина Э.В. Регулятор роста Силк на картофеле в Центральном Черноземье / Э.В. Засорина, И.Я. Пигорев, А.А. Кизилов, К.Л. Родионов // Аграрная наука. – 2006. – № 2. – С. 14–15.

6. Заушинцена А.В. Влияние стимулятора роста на развитие и продуктивность земляники садовой / А.В. Заушинцена, П.В. Медведева. – Вестник КемГУ. – № 1(49). – 2012. – С. 15–18.

7. Карманов С.Н. Урожай и качество картофеля / С.Н. Карманов, В.П. Кирюхин, А.В. Коршунов. – М.: Россельхозиздат, 1988. – 45 с.

8. Лутов В.И. Влияние торфогуминовых удобрений и препарата Силк на рост земляники и формирование розеток на темно-серых лесных почвах Новосибирской области / В.И. Лутов, В.Ф. Северин // Проблемы устойчивого развития садоводства Сибири: мат. научн.-практ. конф. – Барнаул. – 2003. – С. 47.

9. Лучинина Е.Г. Выявление возможности применения препарата Ф.Ю. Гельцер Симбионт-1 на картофеле / Е.Г. Лучинина, З.П. Иногамов // Молодые овощеводы производству: сб. научн. тр. ТСХИ. – Ташкент. – 1971. – С. 37–39.

10. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: НИИКХ, 1967. – 263 с.

11. Родионов К.Л. Продуктивность сортов картофеля при обработке регулятором роста силк в Центральном Черноземье: дис. … канд. с.-х. наук. – 2005. – 158 с.

12. Уромова, И.П. Биологизированная система защиты картофеля от болезней // Агрохимический вестник. – 2008. – № 6. – С. 38–40.

13. Уромова И.П. Влияние брассиностероидов на продуктивность микрорастений картофеля в защищенном грунте / И.П. Уромова, Т.В. Грибановская // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 24.

14. Уромова И.П. Урожай и качество картофеля при использовании биопрепаратов // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 33.

УДК 634.8:581.19(470.32)

БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ И ГИБРИДНЫХ ФОРМ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ЦЧР (МИЧУРИНСК)

Филиппенко Л.И., Жбанова Е.В.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых растений им. И.В. Мичурина», Мичуринск, e-mail: cglm@rambler.ru

В работе представлены результаты изучения биохимического состава перспективных сортов и гибридных форм винограда различного видового происхождения из коллекции ВНИИГиСПР им. И. Мичурина (г. Мичуринск). В среднем ягоды винограда в условиях Мичуринска накапливают 18,4 % растворимых сухих веществ, 14,5 % суммы сахаров, 0,88 % органических кислот, 11,7 мг/100 г аскорбиновой кислоты. Выделены лучшие сорта и гибридные сеянцы с высоким уровнем накопления биохимических веществ: сахаров – Августин, Восторг овальный, Изумруд, Мускат тамбовский, гибридная форма «Мускатик»; аскорбиновой кислоты – Марс, Мускат тамбовский, Муромец, гибридная форма ПТ-18-1; антоцианов – Дальневосточный Новикова, гибридная форма ПТ-18-1. Наилучшими десертными качествами обладают ягоды сортов Августин, Аромат лета, Восторг овальный, Изумруд, Кристалл, Мускат тамбовский, гибридной формы «Мускатик». Сорта Аркадия, Кеша-1, Нептун, элита ЮС-9-40 («Крым») отличаются крупноплодностью. Сорта Аромат лета и Кристалл могут быть рекомендованы не только для любительского, но и промышленного виноградарства в условиях ЦЧР благодаря их высокой зимостойкости и генетической устойчивости к ложной мучнистой росе (милдью).

Ключевые слова: виноград, сорта, межвидовые гибриды, биохимический состав, сахара, аскорбиновая кислота, антоцианы

BIOCHEMICAL EVALUATION OF GRAPE PROMISING VARIETIES AND HYBRID FORMS UNDER BLACK SOIL REGION (MICHURINSK)

Filippenko L.I., Zhbanova E.V.

All Russian Research Institute for Genetics and Breeding of Fruit Plants named after I.V. Michurin, Michurinsk, e-mail: cglm@rambler.ru

The paper presents the results for biochemical composition of different origin grape ssp. i.e. promising varieties and hybrid forms from the collection of All Russian Research Institute for Genetics and Breeding of Fruit Plants named after I.V. Michurin (Michurinsk). On average grape berries under Michurinsk conditions accumulate 18,4 % soluble solids, 14,5 % summary sugars, 0,88 % organic acid and 11,7 mg/100 g ascorbic acid. The best varieties and hybrid seedlings with high level of biochemical substance accumulation were isolated: sugars – in Avgustin, Vostorg ovalny, Izumrud, Muscat tambovsky cvs and hybrid form «Muskatik»; ascorbic acid – in Mars, Muskat tambovsky, Muromets cvs and hybrid form PT-18-1; anthocyans – in Dalnevostochny Novikova, hybrid form PT-18-1. The varieties Avgustin, Aromat leta, Vostorg ovalny, Izumrud, Kristall, Muscat tambovsky and hybrid form «Muscatik» have berries of the best dessert taste. Varieties Arkadia, Kesha-1, Neptun, elite form YuS-9-40 («Krym») have large berries. Due to numerous positive characteristics, winter resistance and genetical middew resistance of the newly recognized grape var. Aromat leta and Kristall deserve to be recommended not only for amateur viticulture but also for industrial, one under conditions of Central Black Soil Region.

Keywords: grapes, varieties, interspesific hybrids, biochemical composition, sugars, ascorbic acid, anthocyanins

Культура винограда – одна из основных в мире, с ежегодным производством более чем 60 миллионов тонн, превосходящим любые другие плодовые и ягодные культуры. Так, в 2012 году было произведено 67 миллионов тонн винограда, из них почти 23 миллиона тонн – в Европе [6, 7]. Возрастающему производству способствуют научные достижения селекционеров, позволившие значительно распространить на север ареал его возделывания. Имея древнюю историю возделывания человеком, виноград и в современных условиях сохраняет свой статус наиболее популярной агрономической культуры. Согласно научно обоснованным нормам, рекомендуется употреблять в год 65–70 кг винограда, в т.ч. столового винограда – 10–15 кг, сушеного – 1 кг, натурального сока – 3 л [3].

Основную долю растворимых сухих веществ ягод винограда составляют сахара, представленные главным образом редуцирующими сахарами – глюкозой и фруктозой, содержание которых в зрелых ягодах находится примерно в равных долях с небольшим преобладанием фруктозы. Органические кислоты оказывают большое влияние на вкусовые качества. Количество их по мере продвижения винограда на север, как правило, возрастает. Основная доля (свыше 90 %) органических кислот приходится на винную и яблочную, содержатся также лимонная, хлорогеновая кислоты. Виноград – одно из немногих растений, которые

накапливают значительное количество винной кислоты. Соотношение между винной и яблочной кислотами зависит от степени зрелости ягод. В недозрелых ягодах количество яблочной кислоты выше, чем винной, в зрелых – наоборот. Соотношение сахаров и кислот (сахаро-кислотный индекс) – один из основных показателей качества столового винограда. Гармоничное их сочетание обеспечивает высокие вкусовые достоинства свежих ягод винограда. Оптимальная величина этого показателя для столовых сортов – не ниже 18–20 [3, 5].

Комплексное изучение компонентов биохимического состава винограда методами хроматографии показывает, что он является важным источником не только питательных веществ, но и витаминов-антиоксидантов, таких как аскорбиновая кислота, полифенолы (в частности – антоцианы) и другие биологически активные пищевые компоненты. Виноград, в сравнении с такими культурами, как шиповник, актинидия, смородина черная, не отличается высоким накоплением аскорбиновой кислоты, однако его сочные ягоды могут употребляться в пищу в значительно больших объемах, обеспечивая суточную норму витамина С. Содержание витамина С – сортовой признак, на который первостепенное влияние оказывают климатические условия места произрастания, метеоусловия в период вегетации и степень зрелости ягод. Известно, что виноград, выращенный в северных районах, содержит больше аскорбиновой кислоты, чем в южных [5]. Многочисленные сорта винограда отличаются различными характеристиками по вкусу и окраске, что связано с содержанием и профилем полифенолов. Антоцианы локализованы в кожице и, в меньшей степени, в мякоти плодов. Общее число антоцианов в винограде может достигать двадцати и более, а качественный состав может использоваться при идентификации сорта и вина [1–2, 8]. Антоцианы винограда (*Vitis vinifera* L.) представлены в основном *D*-глюкозидами мальвидина, цианидина, дельфинидина, пеонидина, петунидина и пеларгонидина, а также их эфирами с производными бензойной и гидроксикоричных кислот. Мальвидин-3-*O*-глюкозид является доминирующим антоцианом плодов темных сортов винограда [1–2, 8].

Как для рекомендации потребителям, так и для перерабатывающей промышленности важное значение приобретает всестороннее изучение качественных характеристик ягод, в том числе по биохимическим показателям, сортов и форм винограда в конкретных природно-климатических условиях.

Цель настоящего исследования состояла в оценке по основным биохимическим компонентам перспективных сортов и гибридных форм винограда, произрастающих в условиях ЦЧР (Мичуринск).

Материалы и методы исследования

За 2007–2015 гг. был изучен по биохимическому составу 31 сортообразец винограда, включая перспективные сорта, отборные сеянцы и элитные формы.

Материалом исследования являлась коллекция ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина ряда сортов и гибридных форм винограда различного видового происхождения из научно-исследовательских институтов США, России, Украины, Молдовы, Болгарии и Венгрии.

Анализы плодов проводились общепринятыми в биохимических лабораториях стандартизированными методами: содержание растворимых сухих веществ (РСВ) – рефрактометрически, сахара – по методу Бертрана, титруемую кислотность определяли титрованием 0,1 н. NaOH с пересчетом на яблочную кислоту, аскорбиновую кислоту (АК) – йодометрическим методом, антоцианы – спектрофотометрическим методом [4]. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007 и Статистика.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования показали, что ягоды изученных сортов и форм винограда в условиях Мичуринска способны накапливать до 26,2 % растворимых сухих веществ (Августин) и до 20,0 % суммы сахаров (Мускат тамбовский) (таблица). Высокое содержание растворимых сухих веществ (выше 20,0 %) отмечено в ягодах сортов Августин, Восторг овальный, Дальневосточный Новикова, Изумруд, Мускат тамбовский, гибридных форм «Ветерок», «Мускатик», «Птичий». Наименьшее их количество обнаружено в ягодах сорта Аркадия (13,7 %). Высоким накоплением сахаров выделяются Августин, Восторг овальный, Изумруд, Мускат тамбовский, гибридная форма «Мускатик». Наименьшее содержание сахаров отмечено у сорта Кеша-1 (5,7 %). Преобладающей формой сахаров ягод винограда являются моносахара (глюкоза и фруктоза). Доля сахарозы составила 2,1–45,5 % от суммы (рис. 1).

Химический состав ягод винограда в условиях ЦЧР (Мичуринск)

Сорт, гибридная форма	Происхождение	Назначение	РСВ, %	Сахара (сумма), %	Титр.к-ть, %	Сахар/к-та	АК, мг/100 г
1	2	3	4	5	6	7	8
Августин, V-25/20, Плевен устойчивый	(Плевен×СВ 12-375) НИИВиВ, Болгария	столовый	26,2	18,7	0,59	31,7	11,7
Альфа	(*V. vinifera*×*V. riparia*) США	технический	20,9	14,3	2,20	6,5	12,8
Аркадия	(Молдова×Кардинал) НИИВиВ им. В.Е. Таирова, Украина	столовый	13,7	10,9	0,64	17,0	5,3
Аромат лета, Жемчуг розовый	(*V. vinifera – V. amurensis – V. labrusca)* ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	универсальный	20,3	15,4	0,51	30,2	16,9
Восторг овальный, Баклановский	(Оригинал×Восторг) ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко, Россия	столовый	22,7	17,6	0,46	38,3	8,5
Восторг	[(Заря севера×Долорес)×Русский ранний] ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко, Россия	столовый	15,7	9,5	0,94	10,1	7,5
Дальневосточный Новикова	(*V. vinifera – V. amurensis – V. riparia*) Отдел виноградарства Приморского опытного поля, Россия	универсальный	23,6	15,7	0,99	15,9	13,2
Жемчуг белый	(*V. vinifera – V. amurensis – V. labrusca)* ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	универсальный	16,2	13,4	0,87	15,4	8,5
Изумруд	(*V. vinifera – V. amurensis*) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	21,7	18,5	0,59	31,3	14,1
Кеша-1, FV-6-6, Талисман	(Фрумоаса Албэ×Восторг) ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко, Россия	столовый	10,5	5,7	1,23	4,6	5,7
Кодрянка	(Молдова×Маршальский) МолдНИИВИВ, Молдова	столовый	14,5	13,5	0,51	26,5	8,8
Коринка русская кишмиш	(Заря севера×Кишмиш черный) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	универсальный	14,4	10,8	1,07	10,1	11,9
Краса севера	(Заря севера×Тайфи розовый) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	16,2	14,6	0,40	36,5	8,8
Кристалл	(СВ-12-375×Альфред-100) Венгрия	технический	18,7	15,6	0,48	32,5	14,1
Марс кишмиш	(Кэмпбелл Эрли×Арканзас) США	универсальный	16,9	14,9	0,78	19,1	15,0
Муромец	(Северный×Победа) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	17,0	15,7	0,90	17,4	15,4
Мускат тамбовский	(*V. vinifera – V. amurensis*) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	универсальный	22,8	20,0	0,29	60,0	15,4
Нептун	(Муромец×Г.ф. 6-53) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	15,7	12,3	0,88	14,0	8,6
Тимур	(Фрумоаса Албэ×Восторг) ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко, Россия	столовый	15,5	12,1	0,59	20,5	5,3

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
Фрумоаса Албэ	(Гузаль кара×СВ 20-473) МолдНИИВИВ, Молдова	столовый	14,3	10,2	0,91	11,2	7,5
Элита ПТС 16-6, «Вавила»	(Нептун×Лоза горянки) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	14,2	13,0	0,64	20,3	8,8
Элита ЮС-9-40, «Крым»	(*V. vinifera – V. amurensis*) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	17,7	14,3	0,59	24,2	9,0
Элита № 37 «Малиновый ЦГЛ»	(*V. vinifera – V. amurensis*) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	19,8	13,2	0,86	15,4	10,6
Г.ф. F_1 «Ветерок»	[*(V. vinifera – V. amurensis) X V. riparia*] ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	универ-сальный	22,3	16,3	1,65	9,9	16,3
Изабельная Г.ф. из Туапсе	(*V. vinifera – V. labrusca – V. riparia*) Туапсе, Россия	универ-сальный	21,3	15,9	1,79	8,9	11,5
Г.ф. «Миша»	(*V. vinifera – V. amurensis*) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	универ-сальный	19,6	15,9	0,90	17,7	18,6
Г.ф. «Птичий»	(Хасанский Воуса×Мускат устойчивый) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	техниче-ский	20,7	16,3	1,45	11,2	15,4
Г.ф. ПТ-18-1, «Синий ранний»	(*V. vinifera – V. amurensis)* ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	техниче-ский	18,4	14,9	1,50	9,9	21,1
Г.ф. ПТ-18-2, «Розовый ранний»	(*V. vinifera – V. amurensis)* ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	столовый	18,4	14,1	1,07	13,2	8,8
Г.ф. «Мускатик»	(*V. vinifera – V. amurensis*) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	универ-сальный	22,4	18,2	0,48	37,9	12,0
Г.ф. БФ-1	(*V. vinifera – V. amurensis – V. labrusca*) ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, Россия	техниче-ский	18,7	16,9	0,64	26,4	16,3
Среднее (x)			18,4	14,5	0,88	20,8	11,7
Стандартное отклонение, S_x			0,63	0,53	0,08	2,14	0,72
Диапазон средних значений, min/max			10,5/26,2	5,7/20,0	0,29/2,20	4,6/60,0	5,3/21,1
Коэффициент вариации, V, %			19,4	20,9	51,2	58,3	34,8

Количество органических кислот в исследуемых плодах варьировало от 0,29 % (Мускат тамбовский) до 2,20 % (Альфа), т.е. различия достигали 7,5 раз. Низкая кислотность отмечена у сортов Восторг овальный (0,46 %), Аромат лета (0,51 %), Кодрянка (0,51 %), Краса севера (0,40 %), Кристалл (0,48 %), гибридной формы «Мускатик» (0,48 %). Наибольшее количество органических кислот содержалось в ягодах гибридных форм: «Птичий» (1,45 %), ПТ-18-1 (1,50 %), «Ветерок» (1,65 %), изабельной гибридной формы из Туапсе (1,79 %). Наилучшими десертными качествами и высоким сахаро-кислотным индексом (выше 30) обладали ягоды сортов Августин, Аромат лета, Восторг овальный, Изумруд, Кристалл, Мускат тамбовский, гибридной формы «Мускатик».

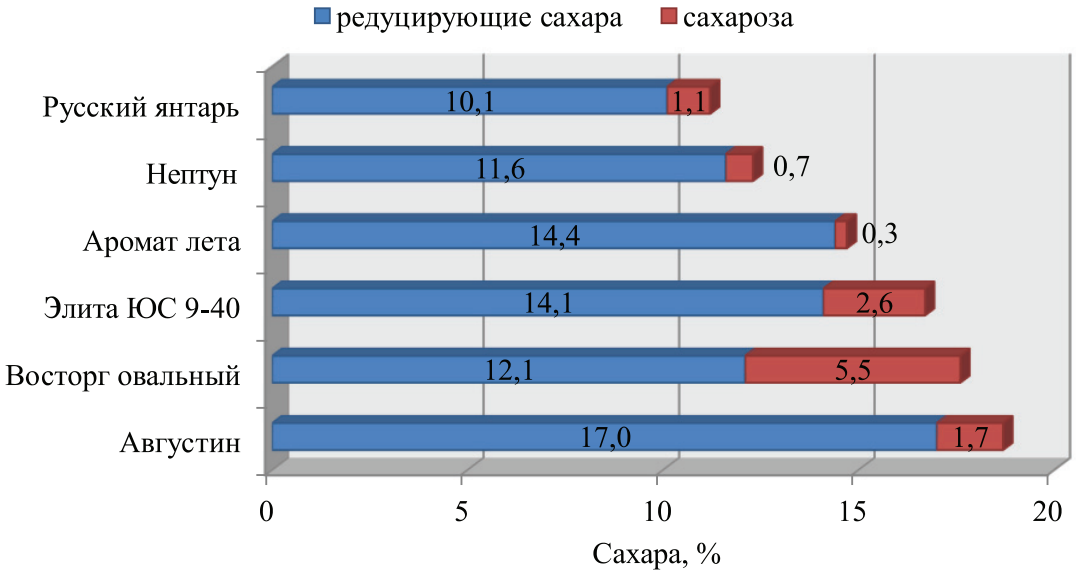


Рис. 1. Соотношение форм сахаров в ягодах винограда

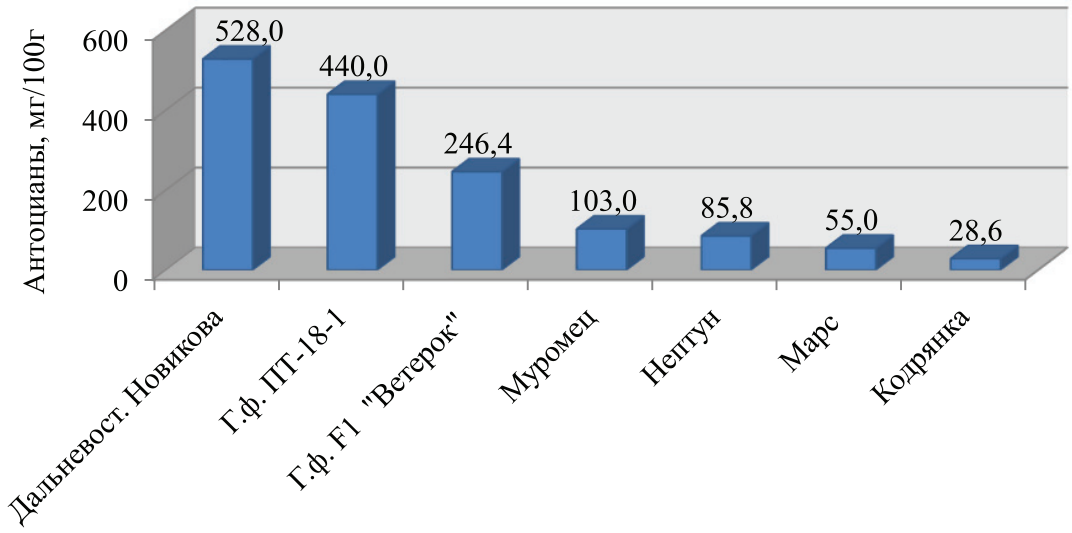


Рис. 2. Оценка сортов винограда по содержанию антоцианов

В условиях Мичуринска изученные сорта и формы накапливали аскорбиновой кислоты от 5,3 мг/100 г (Аркадия, Тимур) до 21,1 мг/100 г (гибридная форма ПТ-18-1). Достаточно высокое содержание витамина С отмечено у сортов Марс (15,0 мг/100 г), Мускат тамбовский (15,4 мг/100 г), Муромец (15,4 мг/100 г), гибридных форм «Ветерок» (16,3 мг/100 г), БФ-1 (16,3 мг/100 г), «Миша» (18,6 мг/100 г).

В отношении антиоксидантных свойств, а также для перерабатывающей промышленности значительный интерес представляют темноокрашенные сорта с высоким содержанием антоцианов. Наибольшим их накоплением характеризовался сорт Дальневосточный Новикова (528,0 мг/100 г) и гибридная форма ПТ-18-1 (440,0 мг/100 г) (рис. 2).

Заключение

В результате проведенных исследований определены интервалы варьирования биохимических признаков, показаны средние уровни накопления питательных и биологически активных веществ ягод винограда, выращиваемых в условиях ЦЧР (г. Мичуринск). Выделены сорта

с лучшими показателями биохимического состава плодов, в том числе: высоким содержанием *сахаров* – Августин, Восторг овальный, Изумруд, Мускат тамбовский, гибридная форма «Мускатик»; *аскорбиновой кислоты* – Марс, Мускат тамбовский, Муромец, гибридная форма ПТ-18-1; *антоцианов* – Дальневосточный Новикова, гибридная форма ПТ-18-1. Изученные сорта и гибридные формы хорошо адаптированы к природно-климатическим условиям Центрального Черноземья. Наибольшей крупноплодностью характеризуются сорта Аркадия, Кеша-1, Нептун, элита ЮС-9-40 («Крым»). Лучшими десертными качествами обладают: Августин, Аромат лета, Восторг овальный, Изумруд, Кристалл, Мускат тамбовский, гибридная форма «Мускатик». Сорта Кристалл и Аромат лета, благодаря их высокой зимостойкости и генетической устойчивости к ложной мучнистой росе (милдью), могут быть рекомендованы для любительского и промышленного виноградарства в условиях Центрально-Черноземного региона.

Список литературы

1. Выделение и очистка антоцианов винограда *Vitis vinifera* L. сорта Изабелла / Птицын А.В. и др. // Биотехнология. – 2007. – № 2. – С. 13–20.

2. Дейнека Л.А., Литвин Ю.Ю., Дейнека В.И. Критерии для классификации винограда по антоциановому комплексу плодов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2008. – Вып. 7. – Т. 7. – С. 71–78.

3. Лойко Р.Э. Северный виноград. – М.: Издательский Дом МСП, 2003. – 256 с.

4. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков и др. // под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.

5. Хардикова С.В., Тихонова М.А. Продуктивность сортов и биохимический состав винограда в условиях степной зоны южного Урала // Вестник ОГУ. – 2010. – № 6 (112). – С. 47–51.

6. Abdrabba S., Hussein S. Chemical composition of pulp, seed and peel of red grape from Libya // Global Journal of Scientific Researches. – 2015. – Vol. 3(2). – P. 6–11.

7. FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2014. – Available online: http://faostat3.fao.org/faostat gateway/ go/ to/ download/ Q/ QC/E (accessed on 2 March 2014).

8. Pinheiro E.S., Correia da Costa J.M., Clemente E. Total Phenolics and Total Anthocyanins Found in Grape from Benitaka Cultivar (Vitis vinifera L.) // Journal of Food Technology. – 2009. – Vol. 7(3). – P. 78–83.

УДК 633.71: 631.523

КОЛЛЕКЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТАБАКА КАК ИСТОЧНИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФОРМ

Хомутова С.А., Ларькина Н.И.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Краснодар, e-mail: vniitti1@mail.kuban.ru

Научная новизна селекционных исследований на современном этапе заключается в создании нового, устойчивого к стрессовым условиям исходного материала и сортов табака, отвечающих требованиям ресурсосберегающих экологически безопасных технологий, способствующих увеличению производства табачного сырья при возможно меньших затратах труда и материальных средств, что требует более широкого вовлечения в селекционный процесс генетического потенциала мировой коллекции табака. В результате её изучения выделены сорта с коротким вегетационным периодом, среднеспелые с оптимальной урожайностью, устойчивые к основным болезням и вредителям. Сорта-доноры полезных признаков использованы в гибридизации при создании исходного селекционного материала, совмещающего все необходимые признаки и свойства в одном генотипе. Впервые создан перспективный исходный материал скороспелого типа развития, отвечающий требованиям современного сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: генофонд мировой коллекции, генетический потенциал табака, ресурсосберегающие технологии

GENETIC RESOURCES COLLECTION OF TOBACCO AS THE SOURCE FOR PERSPECTIVE FORMS

Khomutova S.A., Larkina N.I.

All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar, e-mail: vniitti1@mail.kuban.ru

Main purpose of breeding researches at modern conditions is creation new stress stable initial material and tobacco sorts, which should be resource-saving and ecologically safe and provide tobacco production with decreased energy and labor expenses. These aims can be achieved by vast involving genetic resources of world tobacco collection. After its studying sorts with short vegetation period, mid-ripening with optimal productivity, resistant to basic diseases and pests has been defined. Donor-sorts with valuable properties have been used in hybridization for creation initial material which combines all required properties in one genotype. Perspective initial material with early ripening type of development which corresponds to demands of modern agriculture has been created first time.

Keywords: gene pool of world collection, genetic potential of tobacco, resource-saving technologies

Научная новизна направлений селекционных исследований состоит в создании нового, устойчивого к стрессам исходного материала и сортов табака, отвечающих требованиям ресурсосберегающих экологически безопасных технологий, способствующих увеличению производства табачного сырья при возможно меньших затратах труда и материальных средств.

Основным критерием исследований по созданию новых сортов табака, необходимых для его возделывания, являются ресурсо-энергоэкономичность, экологическая безопасность и рентабельность, Совмещение в одном генотипе перечисленных признаков – первоочередная актуальная задача, стоящая перед селекционерами.

Возросший интерес к выращиванию табака в фермерских, крестьянских и личных подсобных хозяйствах, расположенных в северных регионах России, предполагает переход к адаптивной селекции, в результате чего возникла необходимость создания сортов с оптимальным вегетационным периодом [4].

Табак – рассадная культура, обладает рядом специфических особенностей. Он выделяется среди многих возделываемых растений большой амплитудой изменчивости вегетационного периода в расовом разнообразии и высоким коэффициентом его модификационной изменчивости, отличается длительным вегетационным периодом. Формирование рассады продолжается 35–50 дней. Период от её высадки до бутонизации растений 40–60 дней, а до окончания уборки листьев – 90–120 дней и более.

Продолжительность вегетационного периода – один из признаков, определяющих возможность возделывания того или иного сорта в определённых условиях.

Скороспелые сорта табака характеризуются ускоренным темпом роста в рассадный период, более ранним созреванием листьев по сравнению с сортами среднеспелого типа развития. Созревание листьев первой

ломки наступает раньше, чем у среднеспелых сортов, на 10–15 дней, поэтому возделывание сортов с коротким вегетационным периодом позволяет сдвинуть начало уборки урожая на более ранние сроки, что существенно снижает трудонапряжение на уборочных работах. Скороспелые сорта табака характеризуются сближенным созреванием всех листьев, что даёт возможность убирать урожай в 3–4 приема. Ускоренное созревание листьев последней ломки позволяет в сжатые сроки убрать урожай и высушить листья, не прибегая к их досушке. Это ведёт к снижению потребности в сушильных сооружениях и использованию в полной мере солнечной энергии.

Актуальность исследований заключается в создании нового селекционного исходного материала и сортов табака, совмещающих в генотипе короткий вегетационный период, высокую продуктивность, качество сырья и устойчивость к болезням на основе широкого вовлечения в селекционный процесс генетического потенциала мировой коллекции табака.

Материалы и методы исследований

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий» является обладателем уникальной и единственной в мире, как по объему, так и по составу коллекцией табака, махорки и диких видов рода Никотиана [3]. Из неё были отобраны и комплексно оценены сорта с коротким периодом от посадки до цветения, сорта с быстрым темпом роста, высокоурожайные сорта, среднеспелые сорта с крупными листьями, устойчивые к основным болезням (рассадные гнили, пероноспороз, табачная мозаика, монтарь) [1, 2]. Выделенные доноры явились источниками хозяйственно-ценных признаков. Они были включены в гибридизацию для создания новых сортов с перспективными генотипами.

Закладка опытов проводилась в парниках и на опытно-селекционном участке ФГБНУ ВНИИТТИ (г. Краснодар, 2010–2013 гг.).

Исследования осуществлялись в соответствии с «Методикой селекционной работы по табаку и махорке» (1974), «Рекомендациями полевых агротехнических опытов с табаком и махоркой» (1978), «Методикой полевого опыта» (1985), «Систематикой и методикой сортоизучения табака» (1941).

В результате изучения сортов мировой коллекции выделены следующие скороспелые и среднеспелые сорта с оптимальной урожайностью, высоким качеством сырья, устойчивостью к болезням: Самсун 27, Самсун Батыр, Трапезонд 362, Трапезонд 15, Трапезонд 230, Трапезонд 41–42, Трапезонд 285, Трапезонд 1272, Трапезонд 93, Трапезонд 41, Остролист 125, Переволочанец 1244, Брянский 91 Американ 572, Американ 2920, Соболчский 174, Австралийский гибрид 14, Герцеговина 483, Переможец 83 [2]. Эти сорта использованы в гибридизации при создании скороспелого исходного материала и сортов.

Гибридизация – основной метод получения новых сортов табака. При этом успех селекционного процесса во многом определяется подбором родительских пар для скрещивания. Это осуществляется на основе знания признаков родительских форм, которые хотят объединить в новых сортах. Для создания сортов табака широко используется межсортовая гибридизация [5].

Табак относится к растениям-самоопылителям, но легко происходит и перекрестное опыление, положительно влияющее на повышение жизненности потомства. Селекционный процесс состоит из отбора доноров полезных признаков, скрещивания отобранных в коллекционном питомнике форм, изучения и отбора в гибридных питомниках перспективного материала, оценки его на устойчивость к стрессовым условиям, доведения до константности, проведения предварительного, конкурсного, государственного, а также производственного испытаний нового материала, работы с семенниками, первичным и массовым размножением.

Результаты исследований и их обсуждение

С целью повышения эффективности гибридизации и отбора в процессе создания перспективных форм с оптимальным вегетационным периодом был изучен характер наследования длины вегетационного периода при скрещивании скороспелых сортов со среднеспелыми и позднеспелыми (табл. 1).

В F_1 при скрещивании скороспелого сорта Трапезонд 41 со среднеспелым сортом Трапезонд 93 доминировала скороспелость, 73 % растений были скороспелыми. При скрещивании скороспелого Трапезонда 362 и среднеспелого Трапезонда 219 скороспелые растения составляли 23 %, остальные 77 % были среднеспелыми, однако отмечено лишь 11 % растений с длиной вегетационного периода на уровне среднеспелого родителя, остальные 66 % имели более короткий вегетационный период (на 6–8 дней) и занимали промежуточное положение.

Характер наследования в этом случае – промежуточный. Промежуточный тип наследования установлен при скрещивании скороспелого сорта Дюбек 44 со среднеспелым сортом Переможец 83 и скороспелого сорта Переволочанец 1244 со среднеспелым Переможец 83. В первом случае, скороспелых форм обнаружено 27 %, 10 % – на уровне среднеспелого родителя, остальные 73 % – промежуточные формы. Во втором случае, скороспелых растений было 39 %, на уровне среднеспелого родителя – 7 %, промежуточных – 54 % растений.

При скрещивании скороспелых сортов с позднеспелыми преобладал промежуточный тип наследования (табл. 2).

Таблица 1

Частота встречаемости скороспелых
и среднеспелых растений в гибридных комбинациях табака

Гибридная комбинация	Изучено растений, шт.	Скороспелые		Среднеспелые			
				промежуточные		на уровне среднеспелого родителя	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%
Трапезонд 41 (ск.)×Трапезонд 93 (ср.)	65	50	73	10	17	5	10
Трапезонд 362 (ск.)×Трапезонд 219 (ср.)	72	17	23	48	66	7	11
Дебюк 44 (ск.)×Переможец 83 (ср.)	77	22	27	47	63	8	10
Переволочанец 1244 (ск.)×Переможец 83 (ср.)	70	27	39	38	54	5	7

Примечание. ск. – скороспелый ср. – среднеспелый.

Таблица 2

Частота встречаемости среднеспелых и позднеспелых растений
в гибридных комбинациях табака

Сорт, комбинация	Изучено растений, шт.	Скороспелых		Среднеспелых		Позднеспелых	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%
Переволочанец 1244 (ск)×Имунный 580 (п)	70	0	0	48	68	22	32
Дюбек 44 (ск)×Имунный 580 (п)	67	0	0	40	60	27	40
Трапезонд 41 (ск)×Трапезонд 580 (п)	72	0	0	52	72	20	28
Трапезонд 362 (ск)×Трапезонд 449 (п)	69	0	0	58	85	11	15

Примечание. (ск) – скороспелый; (п) – позднеспелый.

При скрещивании скороспелого сорта Переволочанец 1244 и позднеспелого Иммунный 580 68 % из 70 растений были среднеспелыми, 32 % – позднеспелыми. Скороспелых растений не встречалось. Трансгрессивных по скороспелости и позднеспелости не отмечено. Из 67 растений гибрида скороспелого сорта Дюбек 44 на позднеспелый Иммунный 580 определено 60 % среднеспелых форм и 40 % позднеспелых, скороспелых, ультраскороспелых и ультрапозднеспелых не было отмечено.

В результате скрещивания скороспелого сорта Трапезонд 41 с позднеспелым Трапезонд 449 из 72 растений среднеспелых было 72 % и позднеспелых 28 %. Скороспелых, ультраскороспелых и ультрапозднеспелых форм не выявлено. Из 65 растений гибрида скороспелого Трапезонда 362 и позднеспелого Трапезонда 449 85 % отмечено среднеспелых форм, 15 % позднеспелых. Скороспелых и трансгрессивных по скороспелости и позднеспелости не было.

Полученные результаты подтверждают данные М.Ф. Бучинского о закономерности наследования скороспелости: в первом поколении имеет место промежуточное наследование, реже доминирование скороспелости.

Отобранные из мировой коллекции скороспелые сорта скрещивали по методу топкроссов.

Во всех гибридных комбинациях одним из родителей был скороспелый сорт. Цель гибридизации состояла в совмещении скороспелости с другими хозяйственно-ценными признаками и свойствами.

Скрещивание проводили в коллекционном питомнике. Созданные гибридные комбинации изучали по основным хозяйственно-ценными признакам. Стандартами служили лучшие возделываемые сорта –

Таблица 3

Характеристика лучших линий табака F5 по хозяйственно-ценным признакам

Линии и их происхождение	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Размер листьев, см		Длина черешка, см
			длина	ширина	
54/9 Трапезонд 41×Самсун 27	118,6	32,4	25,7	14,5	2,5
58/17 Трапезонд 41×Трапезонд 230	116,7	30,6	33,5	17,2	2,4
34/25 Трапезонд 362×Трапезонд 41–42	115,2	32,7	31,4	16,1	2,4
38/11 Трапезонд 362×Трапезонд 219	118,4	31,2	31,5	16,6	2,2
Трапезонд 15 (ст)	120,5	31,2	35,7	18,6	2,2
$НСР_{0,5}$	2,8	1,9	2,3	1,0	
Остролист 215 (ст)	118,6	30,7	37,1	19,6	–
81/20 Переможец 83×Переволочанец 1244	114,6	28,4	30,4	16,4	
87/14 Переможец 83×Дюбек 44	114,1	32,7	14,6	7,3	–
92/31 Переможец 83×Дюбек 566	117,4	33,6	16,8	8,5	–
$НСР_{0,5}$	3,3	2,4	1,1	0,89	

Остролист 215 для сидячелистных и Трапезонд 15 – для черешковолистных.

Исследование морфологических признаков позволяет предварительно оценить гибридный материал. По количеству листьев на растении и их размерам можно судить об урожайности гибридов. При изучении многолистности выделились гибридные комбинации, в создании которых участвовали многолистные сорта сортотипов Самсун и Дюбек, по признаку размеры листа – гибридные комбинации в которых использовались крупнолистные Трапезонды и Остролисты.

Межсортовая гибридизация сортов короткого вегетационного периода с высокопродуктивными сортами среднеспелого типа развития позволила создать разнообразный гибридный материал с хозяйственно-ценными признаками и свойствами (оптимальная урожайность, высокое качество сырья, устойчивость к основным болезням), который был использован для получения скороспелого исходного материала.

Селекционная ценность гибридных комбинаций от скрещивания скороспелых сортов с наиболее эффективными сортами синтетической селекции в конечном счете определяется фактическим выходом перспективных в селекционном и производственном отношении гибридов и сортов.

В результате отборов в гибридных питомниках второго, третьего и четвертого поколений получены 16 гибридных комбинаций пятого поколения, которые характеризовались как константные. Гибриды пятого поколения были изучены по основным хозяйственно-ценным признакам и свойствам (табл. 3).

По результатам исследований выделены скороспелые линии: Трапезонд 41×Самсун 27, Трапезонд 41×Трапезонд 230, Трапезонд 41–42×Трапезонд 362, Трапезонд 362×Трапезонд 219, Переможец 83×Переволочанец 1244, Переможец 83×Дюбек 44, Переможец 83×Дюбек 566. У этих линий период от посадки до созревания листьев первой ломки на 10 и более дней короче, чем у среднеспелого стандарта.

Урожай листьев с одного растения был более высоким у линий Трапезонд 362×Трапезонд 219 (38,4 г) и Переможец 83×Переволочанец 1244 (30,2 г).

Устойчивость к основным болезням (пероноспороз, вирус табачной мозаики и гнили рассады) отмечена у линий: Трапезонд 362×Трапезонд 41–42, Трапезонд 41×Трапезонд 15.

Высокое содержание углеводов, высокая материальность ткани, тонкая центральная жилка выявлены у линий, в создании которых принимали участие сорта сортотипов Самсун и Дюбек.

Таким образом, в результате многолетних селекционных исследований установлено, что ценным материалом для селекции табака на скороспелость являются

выделенные из мировой коллекции сорта: Трапезонд 41, Трапезонд 41–42, Самсун 27, Переволочанец 1244, Дюбек 44, Дюбек 566.

Гибридизация скороспелых сортов-доноров с высокопродуктивными среднеспелыми сортами является эффективным методом создания исходного материала и сортов табака скороспелого типа развития с комплексом хозяйственно-ценных признаков.

Длина периода от посадки до созревания листьев первой ломки у гибридов первого поколения наследуется по типу неполного доминирования. В одном случае отмечено полное доминирование при скрещивании скороспелого сорта Трапезонд 41 и среднеспелого сорта Трапезонд 93.

Впервые создан перспективный исходный селекционный материал скороспелого типа развития, обладающий комплексом основных хозяйственно-ценных признаков и свойств, что доказывает возможность сочетания в одном генотипе скороспелости, оптимальной урожайности (до 25 ц/га), высокого качества сырья, устойчивости к основным болезням.

Список литературы

1. Виноградов В.А. Иммунологические основы создания форм и сортов табака, обладающих устойчивостью к комплексу патогенов // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий. – Краснодар, 2010. – № 179. – С. 169–180.

2. Иваницкий К.И., Викулов В.Ф., Новиков Е.В., Виноградов В.А. Потенциал устойчивости табака мировой коллекции к монтарю // Сб. научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий. – Краснодар, 2008. – № 177. – С. 68–71.

3. Иваницкий К.И., Павлюк И.В., Жигалкина Г.Н. Изучение и перспективы использования староместных сортов табака в селекции // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий. – Краснодар, 2012. – № 180. – С. 325–337.

4. Хомутова С.А., Саломатин В.А., Кубахова А.А. Потенциал новых сортов табака для развития табачной отрасли [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 102(08). – URL: http://ej.kubagro. ru /2014/08/pdj/081/pdj.

5. Хомутова С.А. Использование гибридизации при создании скороспелого исходного материала и сортов табака // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий. – Краснодар, 2010. – № 179. – С. 119–124.

УДК 630.62

ДИНАМИКА ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСАЖДЕНИЙ ЛЕСОПАРКОВ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

Шевелина И.В., Метелев Д.В., Нагимов З.Я.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, e-mail: ishevelina@gmail.com

Проведен ретроспективный анализ структуры лесного фонда лесопарков. Установлено, что за период с 1956 по 2014 гг. на 1172 га уменьшилась общая площадь лесопарков и на 468 га – площадь земель, покрытая лесной растительностью. В настоящее время в лесопарках города доминируют насаждения с преобладанием сосны и березы, суммарная доля их площадей превышает 97,5%. Возрастная структура насаждений далека от оптимальной, характеризуется очень низкой долей молодняков (3,2%) и чрезмерным накоплением спелых и перестойных насаждений (56,9%). Произрастают насаждения преимущественно высокой производительности (2 класс бонитета и выше), доля которых по площади составляет более 70,0%. Наибольшее распространение имеют среднеполнотные насаждения (80,7%), довольно значительный объем занимают высокополнотные (15,2%), а представленность низкополнотных насаждений крайне незначительна (4,1%). Доминируют ландшафты закрытого типа (75,2%). Преобладают насаждения свежей, периодически влажной и устойчиво свежей групп типов лесорастительных условий (94,4%). Изменения в лесных насаждениях лесопарков за исследуемый период носят в основном негативный характер: снизился удельный вес хвойных насаждений (на 6,8%) и вырос – мягколиственных (на 6,6%), резко возросла доля спелых и перестойных насаждений (с 10,6 до 56,9%), уменьшились средний класс бонитета (с 2,1 до 2,2) и средняя полнота (с 0,75 до 0,71).

Ключевые слова: лесопарк, таксационная структура, динамика, рекреационные леса

DYNAMICS OF SILVICULTURAL AND TAXATION PARAMETERS OF THE STANDS IN WOODLAND PARKS IN THE CITY OF YEKATERINBURG

Shevelina I.V., Metelev D.V., Nagimov Z.Ya.

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, e-mail: ishevelina@gmail.com

A retrospective analysis of the structure of the forest fund of woodland parks was made. From 1954 till 2014 the total area of woodland parks decreased on 1172 ha and the area of land covered with forest vegetation decreased on 468 hectares. At present pine and birch forest stands dominate in the woodland parks of the city, the total share of their areas are 97,5%. The age structure of stands is far from optimal and has a very low percentage of young stands (3,2%), and excessive accumulation of mature and overmature stands (56,9 per cent). There are mainly forest stands with high productivity (second class of productivity and above), their ratio is more than 70,0%. The medium density forest stands are of most prevalence (80,7%), high density forest stands amount to a rather significant volume (15,2%), while the low density stands rate is very insignificant (4,1 percent). The indoor landscapes dominate (75,2 percent). The forest stands of fresh, occasionally wet and steadily fresh groups of types of forest growing conditions dominate (94,4 per cent). Changes in forest stands of the woodland parks are negative for the study period: the relative density of coniferous stands has decreased (on 6,8%) and that of softwoods has increase (on 6,6%), the rate of mature and overmature stands has sharply increased (from 10,6 to 56,9%), the average productivity class and medium density have decreased (from 2,1 to 2,2 and 0,75 to 0,71 respectively).

Keywords: woodland parks, taxation structure, dynamics, recreational forest

Роль зеленых насаждений в жизни человека многогранна: выделение кислорода, фитонцидов, ионизация воздуха, психо-эмоциональные составляющие и др. [3]. В этой связи в Екатеринбурге большое внимание уделяется лесопаркам. Первые лесопарки были образованы еще в 1955–1957 гг. [8]. В настоящее время их в городе 15, общей площадью 12094,8 га. Рекреационная нагрузка на лесные насаждения в лесопарках неуклонно возрастает из-за постоянного увеличения числа отдыхающих в них.

Цель – оценка динамики лесоводственно-таксационных показателей насаждений лесопарков г. Екатеринбурга за 30-летний период для обоснования предложений по назначению хозяйственных мероприятий, направленных на улучшение структуры насаждений.

Материалы и методы исследования

Основой для решения поставленных задач послужили материалы лесоустройств за 1986, 1997 гг. [5, 6] и лесохозяйственный регламент за 2014 г. [2]. Изучение структуры и динамики лесного фонда лесопарков производилось методом сопоставления соответствующих распределений его площадей по категориям земель и основным лесоводственно-таксационным показателям насаждений.

При выполнении расчетных работ использовалась программа MO Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ соответствующих лесоустроительных данных показал, что общая площадь лесопарков составляет в настоящее время 12094,8 га. С 1956 до 2014 гг. она уменьшилась на 1172 га (на 8,8%).

Лесная площадь лесопарков в 1956 г. составила 11303,6 га или 85,2% от общей площади, в 2014 г. – 10469,6 га (86,6%). За исследуемый период площадь данной категории земель уменьшилась на 834 га, или на 7,4%.

Доля площади земель, покрытой лесной растительностью, за 1956–1986 гг. сократилась незначительно – на 45,9 га, или на 0,4 %. Удельный вес данной категории земель в общей площади лесопарков вырос. Если в 1956 г. он составил 81 %, то в 1986 г. – 84,8 %. Увеличение произошло за счет хозяйственных мероприятий – содействия естественному возобновлению и создания искусственных насаждений хозяйственно-ценных пород. В последующие годы (с 1986 по 2014 гг.) доля площади земель, покрытых лесной растительностью, практически не изменилась и находила на уровне 84,1–84,9 %. В 2014 г. ее площадь составила 10272,1 га. За весь анализируемый период площадь земель, покрытых лесной растительностью, сократилась на 468,4 га (4,4 %).

В лесопарках преобладают насаждения естественного происхождения. Динамика площадей лесных культур свидетельствует об увеличении объемов искусственного лесовозобновления. Если в начале анализируемого периода в 1956 г. площадь лесных культур составляла 250,9 га (1,9 %) от общей площади лесного фонда, в 2014 г. – уже 662,3 (5,5 %).

Земли, непокрытые лесной растительностью, в 1956 г. занимали 563,1 га, или 4,2 %. В основном они включали в себя – ландшафтные поляны (прогалины) 479 га (85,1 %) и редины 65,1 га (11,6 %). Площадь, непокрытых лесной растительностью земель в 2014 г. составляла всего 197,5 га (1,6 %). За анализируемый период она сократилась на 365,6 га, или 64,9 %. Это произошло за счет уменьшения площади прогалин (на 92,1 %).

За период с 1956 по 1997 г. площадь нелесных земель уменьшилась с 1963,4 га до 1303 га. За эти годы сокращался и удельный вес этой категории земель – с 14,8 до 10,5 %. В основном это произошло вследствие уменьшения площадей под сенокосами, усадьбами и пашнями. Это, безусловно, позитивная динамика, в структуре лесного фонда лесопарков в последние годы не наблюдалась. К 2014 г. площадь нелесных земель по сравнению с 1997 г. возросла на 322,2 га и составила 1625,2 га. Вырос и удельный вес этой категории земель (до 13,4 %). В составе нелесных земель достаточно большой объем занимают болота. Их площадь в 1956 г. составляла 142,4 га (7,3 % от общей площади нелесных земель). За анализируемый период она неуклонно возрастала и в 2014 г. составила 586,2 га (36,1 %). Увеличение площади болот происходит вследствие зарастания Шувакишского озера и заболачивания поймы реки Исеть в районе Оброшинского лесопарка. Болота, безусловно, снижают эстетическую ценность лесопарков, а рекреационную нагрузку не несут.

Обращает на себя внимание резкое увеличение (более чем в 4 раза) с 1956 по 1986 гг. площади под водными объектами. Это связано с активным строительством в данный период гидротехнических сооружений: прудов, плотин и т.д. В последующие годы водная поверхность в лесопарках несколько уменьшилась и в настоящее время стабильно держится на уровне 1 % от общей площади лесопарков.

Экологические, ландшафтно-эстетические, санитарно-гигиенические, рекреационные функции лесопарков в первую очередь определяются характеристиками произрастающих на их территории насаждений. Поэтому при оценке меры возможности выполнения этих функций, экологического и рекреационного потенциала лесопарков, а также разработке системы лесопарковых мероприятий, важное значение приобретают исследования динамики лесоводственно-таксационных показателей лесных насаждений. Такие исследования нами проведены на основе лесоустроительных материалов, полученных в 1986, 1997 и 2014 гг.

В лесопарках при создании ландшафтно-планировочной системы, обеспечивающей благоприятные и комфортные условия для отдыхающих, большое внимание уделяют видовому составу насаждений. По данным учета лесного фонда в 2014 г. в лесопарках г. Екатеринбурга произрастают 22 древесно-кустарниковые породы: 4 – хвойных, 5 – твердолиственных, 7 – мягколиственных, 3 – второй (третьей) величины (яблоня, рябина и черемуха) и 3 – кустарника (сирень, ива кустарниковая и ирга). В 1986 году их на исследуемой территории было всего 16. Таким образом, за анализируемый период произошло заметное увеличение количества произрастающих в лесопарках пород. Это, безусловно, положительная динамика, повышающая в первую очередь эстетические свойства лесопарковых насаждений. Следует отметить, что породный состав

лесопарков богаче по сравнению с зеленой зоной г. Екатеринбурга, где произрастают всего 11 древесных пород [9].

В табл. 1 представлены данные о распределении площади земель, покрытых лесной растительностью, по хозяйствам. Анализ их позволяет отметить, что на протяжении всего исследуемого периода в лесопарках доминируют хвойные породы. В 1986 году площадь с преобладанием хвойных пород составляла 8770,1 га (82% от общей лесопокрытой площади), а в 2014 г. – 7726,2 га (75,2%). Наблюдается устойчивое сокращение площади, занятой хвойными породами. За анализируемый период она уменьшилась на 1043,9 га, а ее удельный вес – на 6,8%. В то же время наметилась устойчивая тенденция увеличения площади с преобладанием мягколиственных пород. За период с 1986 по 2014 гг. она возросла в абсолютном выражении на 612 га (с 1898,4 до 2510,4 га), а в относительном – на 6,7%.

Таблица 1

Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по хозяйствам

Год лесоустройства	Показатели	Хозяйства				Всего
		хвойное	мягколиственное	твердолиственное	прочие	
1986	га	8770,1	1898,4	26,1	0	**10694,6**
	%	82,0	17,8	0,2	0	**100**
1997	га	8144,0	2242,3	21,3	1	**10408,6**
	%	78,3	21,5	0,2	0	**100**
2014	га	7726,2	2510,4	22,9	12,6	**10272,1**
	%	75,2	24,4	0,3	0,1	**100**

Таким образом, в лесопарках г. Екатеринбурга наблюдается общая для всех лесов Среднего Урала тенденция в изменении площадей, занятых хвойными и мягколиственными породами. Площадь твердолиственных пород в лесопарках крайне мала, в 2014 г. она составила всего 22,9 га. В целом представленные выше данные указывают на то, что уменьшение общей площади земель, покрытой лесной растительностью, а также увеличение площади мягколиственного хозяйства за анализируемый период произошло за счет площадей, занятых ранее хвойными породами.

Среди хвойных пород по площади доминирует сосна. Ее доля по этому показателю в 1986, 1997 и 2014 гг. составляла более 99,6%. Участие других пород в составе хвойного хозяйства ничтожна мало. В мягколиственном хозяйстве преобладают площади, занятые березой. Удельный вес площадей этой породы в указанном хозяйстве был равен в 1986 г. 94,7%, в 1997 г. – 95,6% и в 2014 г. – 92,7%. Суммарная доля площадей сосновых и березовых насаждений в общей площади, покрытой лесной растительностью, за анализируемый период составляла более 97,5%. Приведенные материалы свидетельствуют, что несмотря на значительное количество древесных пород, произрастающих в лесопарках, все они кроме сосны и березы не играют существенной роли в ландшафтно-планировочной системе и функционировании существующих лесопарковых композиций. На наш взгляд, это серьезный недостаток лесопарков г. Екатеринбурга, снижающий их эстетические свойства. В перспективе одной из главных составляющих лесопарковых мероприятий должно стать существенное расширение площадей других пород с учетом их требований к лесорастительным условиям. Повышению эстетической и экологической ценности лесопарков, безусловно, будет способствовать формирование живописных ландшафтов путем внедрения таких пород, как ель, лиственница, кедр, липа, дуб, клен, ясень и др. В настоящее время площади насаждений из этих пород весьма ограничены. В то же время состояние этих насаждений и их лесоводственно-таксационные характеристики свидетельствуют о том, что указанные породы могут успешно произрастать в условиях лесопарков г. Екатеринбурга и конкурировать с сосной и березой.

Наряду с породным составом важнейшим показателем, определяющим эффективность выполнения лесопарками соответствующих функций, является их возрастная структура. Возраст насаждений является одним из основных показателей при эстетической оценке ландшафтных участков. Анализ ретроспективных данных распределения площади земель, покрытых

лесной растительностью, по группам возраста в разрезе хозяйств позволяет отметить негативную динамику возрастной структуры насаждений по хвойному и мягколиственному хозяйствам. За период с 1986 по 2014 гг. по хвойному хозяйству произошло заметное сокращение площади молодняков и средневозрастных насаждений.

Если в 1986 и 1997 гг. наибольшая площадь в этом хозяйстве приходилась на средневозрастные насаждения (82,2 и 82,8% соответственно), то в 2014 году их доля резко упала (до 19,7%). Наряду с этим в данный период наблюдалось заметное накопление спелых и перестойных насаждений: по площади доля спелых насаждений увеличилась с 10,1 до 47,8%, а перестойных – с 0,0 до 11,9%. Следует отметить, что значительная часть спелых и перестойных насаждений характеризуется невысоким санитарным состоянием и не может эффективно выполнять рекреационные, санитарно-гигиенические и эстетические функции. По хвойному хозяйству в настоящее время только доля средневозрастных (19,7%) и приспевающих (19,2%) насаждений близка к оптимальной. Площадь молодняков крайне недостаточна, ее удельный вес составляет всего 1,4%. Если учесть, что молодняки являются ближайшим резервом для пополнения средневозрастных насаждений, а в последующем и насаждений более старших возрастов, то становится очевидной необходимость принятия срочных мер по омоложению насаждений по хвойному хозяйству.

По мягколиственному хозяйству за исследуемый период также произошло заметное сокращение доли средневозрастных насаждений (с 71,8% в 1986 г. до 27,2% в 2014 г.) и увеличение доли перестойных (с 0,6 до 9,1%). Удельный вес молодняков, несмотря на то, что за эти годы несколько вырос (с 4,9 до 8,6%), остается недостаточным для улучшения возрастной структуры насаждений естественным путем по мягколиственному хозяйству.

Твердолиственное хозяйство представлено насаждениями только первых трех групп возраста. Все эти насаждения искусственного происхождения. В настоящее время возрастная структура их вполне удовлетворительная.

В целом в настоящее время возрастная структура насаждений лесопарков г. Екатеринбурга далека от оптимальной. За исследуемый период она заметно ухудшилась, что свидетельствует о необходимости корректировки содержания и объемов лесопарковых мероприятий. На наш взгляд, в настоящее время мероприятия должны быть акцентированы на улучшение возрастной структуры, в частности на омоложение лесопарковых насаждений.

Важным показателем при оценке рекреационного потенциала лесных участков является класс бонитета насаждений. Этот показатель прямо или косвенно учитывается при определении многих характеристик ландшафта лесопарков (рекреационных лесов), в частности их эстетической ценности. Это связано с тем, что декоративные качества растительности, художественная ценность и хозяйственная пригодность лесных участков во многом определяются классом бонитета (производительностью) насаждений. Результаты наших исследований свидетельствуют, что на территории лесопарков произрастают насаждения различной производительности. В настоящее время хвойное хозяйство представлено насаждениями 1а–5 классов бонитета, мягколиственное – 1а–5а и твердолиственное – 1–4. Наиболее высокой производительностью (средним классом бонитета) отличаются хвойные насаждения.

По хвойному и мягколиственному хозяйствам преобладающими являются насаждения 2 класса бонитета. За анализируемый период доля этих насаждений по площади увеличилась: хвойных с 50,6 до 60,9%, мягколиственных – с 58,6 до 59,7%. Довольно значительный объем по этим хозяйствам занимают насаждения 1 и 3 классов бонитета. Так, в 2014 г. суммарный удельный вес хвойных насаждений 1 и 3 классов бонитета составил 36,7%, а лиственных – 24,1%. Следует отметить, что за период с 1986 по 2014 гг. доля насаждений 1 класса бонитета неуклонно снижается. Участие насаждений (и хвойных, и лиственных), отличающихся особенно высокой производительностью (1а и 1б классы бонитета), а также насаждений низкой производительности (4–5а классы бонитета) в лесопарках, незначительно.

По твердолиственному хозяйству в 1986 и 1997 гг. максимум площадей приходился на насаждения 3 класса бонитета (65,1 и 60,1% соответственно). В 2014 г. их доля резко снизилась (до 28,4%) и произошло заметное увеличение площадей, занятых насаждениями 1 и 2 классов бонитета (29,7 и 41,0%).

В целом в лесопарках г. Екатеринбурга произрастают насаждения преимущественно высокой производительности (2 класс бонитета и выше), доля которых по площади составляет более 70,0%. Это свидетельствует об их высоком экологическом и рекреационном потенциале. За анализируемый период средний класс бонитета

насаждений лесопарков г. Екатеринбурга несколько изменился: снизился у хвойных (с 2,1 до 2,2) и мягколиственных (с 2,2 до 2,4), повысился у твердолиственных (с 3,1 до 2,0). На наш взгляд, снижение среднего класса бонитета в первую очередь связано с увеличением возраста насаждений в лесопарках. Падение класса бонитета насаждений с увеличением их возраста в лесах Среднего Урала является известным фактом [7, 4]. Таким образом, изменение класса бонитета насаждений в лесопарках г. Екатеринбурга подчиняется общей закономерности, которая наблюдается в лесах региона.

При составлении лесоустроительных проектов в рекреационных лесах одной из важнейших задач является установление правильного соотношения типов ландшафтов (закрытые, полуоткрытые и открытые) на их территории. Главным показателем при определении типов ландшафта является полнота насаждений. Поэтому при подобных исследованиях несомненный интерес представляют данные о распределении площади насаждений по полнотам. На протяжении всего исследуемого периода в лесопарках г. Екатеринбурга наибольшее распространение имели среднеполнотные (с полнотой 0,5–0,8) насаждения (табл. 2). Так, в 1986 г. их доля по площади составляла: по хвойному хозяйству 82,7%, мягколиственному – 63,1% и твердолиственному – 67,0%. На конец исследуемого периода удельный вес этих насаждений по хвойному (82,1%) и твердолиственному (68,5%) хозяйствам остался практически на прежнем уровне, а по мягколиственному (76,6%) заметно увеличился.

Таблица 2

Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по полнотам

Хозяйства	Год	Показатели	Распределение площадей по полнотам								Общий итог	Средняя полнота
			0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1		
Хвойные	1986	га	12,1	125,4	300,9	1369,2	2850,2	2739	929,4	443,9	8770,1	0,74
		%	0,1	1,4	3,4	15,6	32,5	31,2	10,6	5,1	**100**	
	1997	га	38,6	86,5	332,5	1220,3	3002,0	2394,2	842,4	227,5	**8143,9**	0,73
		%	0,5	1,1	4,1	15,0	36,9	29,4	10,3	2,8		
	2014	га	139,7	142,1	569,8	1539,2	2542,4	1688,7	735,5	368,8	**7726,2**	0,71
		%	1,8	1,8	7,4	19,9	32,9	21,9	9,5	4,8	**100**	
Мягколиственные	1986	га	8,8	38,2	72,4	147,1	404,7	573,6	349,8	303,8	**1898,4**	0,79
		%	0,5	2,0	3,8	7,7	21,3	30,2	18,4	16,0	**100**	
	1997	га	37,1	45	85	211,4	584,2	734,4	364,1	181,1	**2242**	0,76
		%	1,7	2,0	3,8	9,4	26,1	32,8	16,2	8,1	**100**	
	2014	га	60,1	68,5	177,5	388,5	740	617,4	325,8	132,6	**2510,4**	0,72
		%	2,4	2,7	7,1	15,5	29,5	24,6	13,0	5,3	**100**	
Твердолиственные	1986	га	0	1,4	1,9	5,2	6,5	3,9	2,1	5,1	**26,1**	0,74
		%	0,0	5,4	7,3	19,9	24,9	14,9	8,0	19,5	**100**	
	1997	га	0	1,7	6,7	2,3	6,3	2,6	0,9	0,8	**21,3**	0,63
		%	0,0	8,0	31,5	10,8	29,6	12,2	4,2	3,8	**100**	
	2014	га	0	6,9	11,1	4,5	6,1	2,6	1,1	3,2	**35,5**	0,61
		%	0,0	19,4	31,3	12,7	17,2	7,3	3,1	9,0	**100**	
Прочие	1986	га										
		%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**100**	
	1997	га					1				**1**	0,70
		%	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	**100**	
	2014	га		3,9	6	0,5	0,4	0,5		1,3	**12,6**	0,54
		%	0,0	31,0	47,6	4,0	3,2	4,0	0,0	10,3	**100**	
Итого	1986	га	**20,9**	**165**	**375,2**	**1521,5**	**3261,4**	**3316,5**	**1281,3**	**752,8**	**10694,6**	0,75
		%	**0,2**	**1,5**	**3,5**	**14,2**	**30,5**	**31,0**	**12,0**	**7,0**	**100**	
	1997	га	**75,7**	**133,2**	**424,2**	**1434,0**	**3593,5**	**3131,2**	**1207,4**	**409,4**	**10408,6**	0,74
		%	**0,7**	**1,3**	**4,1**	**13,8**	**34,5**	**30,1**	**11,6**	**3,9**	**100**	
	2014	га	**199,8**	**217,5**	**758,4**	**1932,2**	**3288,5**	**2308,7**	**1062,4**	**504,6**	**10272,1**	0,71
		%	**1,9**	**2,1**	**7,4**	**18,8**	**32,0**	**22,5**	**10,3**	**4,9**	**100**	

В настоящее время с учетом всех хозяйств доля среднеполнотных насаждений по площади составляет 80,7%. Значительный объем в лесопарках занимают высокополнотные (с полнотой 0,9–1,0) насаждения. Их доля в начале исследуемого периода составляла 19,0%, а в конце – 15,2%. Некоторое снижение площади этих насаждений, видимо, связано с увеличением их возраста. Представленность низкополнотных (с полнотой 0,3–0,4) насаждений в лесопарках крайне незначительна. Их доля в 1986 г. составляла всего 1,7%, а к 2014 г. несколько увеличилась (4,1%).

Средняя полнота насаждений с учетом всех хозяйств за исследуемый период снизилась с 0,75 до 0,71. Процесс снижения этого показателя наиболее выражен у твердолиственных насаждений (с 0,74 до 0,61) и наименее – у хвойных (с 0,74 до 0,71). Снижение средней полноты, на наш взгляд, связано с повышением возраста насаждений.

Известно, что при определении типов ландшафта в рекреационных лесах с преобладанием одноярусных и одновозрастных насаждений с горизонтальной сомкнутостью крон (именно такие насаждения доминируют в лесопарках г. Екатеринбурга) к группе закрытых ландшафтов относятся лесные участки (выделы) с полнотой 0,6 и выше. Площадь таких выделов в начале исследуемого периода составляла 10133,5 га (или 94,8% от площади земель, покрытой лесной растительностью). К 2014 г. она уменьшилась до 9099,1 га (88,5%). Удельный вес закрытых ландшафтов в общей площади лесопарков очень высок: в 1986 г. он составлял 80,3%, а в 2014 г. – 75,2%. При установлении оптимального соотношения типов ландшафта в рекреационных лесах (лесопарках) в лесной зоне рекомендуется площадь закрытых ландшафтов поддерживать на уровне 45–60%. Таким образом, в настоящее время соотношение типов ландшафта в лесопарках не укладывается в рамки применяемых при лесоустройстве рекомендаций. Следует отметить, что преобладание закрытых ландшафтов в лесопарках, безусловно, способствует сохранению лесной среды в пределах лесных массивов и, соответственно, устойчивости насаждений. Тем не менее для повышения рекреационной ценности лесопарков проектируемые мероприятия должны обеспечить постепенное изменение соотношения типов ландшафта. В частности, из имеющегося в этом направлении опыта доля закрытых ландшафтов без ущерба лесной среде может быть сокращена до 60–70%.

Для выявления степени пригодности лесных участков для организации благоустроенного отдыха, выявления возможности декоративного преобразования лесных пейзажей, в том числе посадкой деревьев и кустарников различных пород, важное значение имеют данные о лесорастительных условиях и распределении площадей по типам леса. Лесопарки г. Екатеринбурга характеризуются достаточно большим спектром типов леса, которые в настоящее время объединяются в 6 групп типов лесорастительных условий [1]. По режиму увлажнения преобладают типы устойчиво-свежей (41,8%) и свежей, периодически влажной (52,6%) групп типов лесорастительных условий. Остальные 4 группы типов лесорастительных условий устойчиво сырые (2,5%), влажные периодически сырые (2,7%), свежие периодически сухие (0,2%), устойчиво сухие (0,1%) на территории лесопарков имеют весьма ограниченное распространение и не представляют большой ценности в качестве объектов лесопарковых мероприятий. Лесорастительные условия типов леса первых двух групп благоприятны для произрастания многих древесных пород, что обеспечивает широкие возможности для создания живописных ландшафтов путем расширения породного состава. В целом доминирование свежих и свежих, периодически влажных типов леса делает лесопарки города привлекательными для организации кратковременного отдыха и ведения лесопаркового хозяйства.

Заключение

1. За период с 1956 по 2014 г. уменьшились общая площадь лесопарков на 1172 га (8,8%) и площадь земель, покрытая лесной растительностью, на 468 га (4,4%). В этой связи на фоне быстрого увеличения населения города резко возрастают рекреационные нагрузки на лесные насаждения лесопарков.

2. За исследуемый период в лесопарках города увеличились объемы лесовосстановления и, как следствие, площади лесных культур. Однако темпы лесовосстановительных работ оказались недостаточными, чтобы компенсировать уменьшение площади земель, покрытой лесной растительностью.

3. В лесопарках города доминируют насаждения с преобладанием сосны и березы. Суммарная доля площадей сосновых и березовых насаждений в общей площади, покрытой лесной растительностью, за анализируемый период составляла более 97,5%. Причем удельный вес березняков неуклонно возрастает, что свидетельствует

о проявлении в лесопарках общей для всех лесов Среднего Урала тенденции в изменении площадей, занятых хвойными и мягколиственными породами. Абсолютное доминирование сосновых и березовых насаждений, безусловно, снижает ландшафтно-эстетические свойства лесопарков.

4. Возрастная структура насаждений лесопарков г. Екатеринбурга в настоящее время далека от оптимальной, характеризуется очень низкой долей молодняков (3,2%) и чрезмерным накоплением спелых и перестойных насаждений (56,9%). За исследуемый период она заметно ухудшилась, что свидетельствует о необходимости корректировки содержания и объемов лесопарковых мероприятий.

5. В лесопарках г. Екатеринбурга произрастают насаждения преимущественно высокой производительности (2 класс бонитета и выше), доля которых по площади составляет более 70,0%. Это свидетельствует об их высоком экологическом и рекреационном потенциале. За анализируемый период средний класс бонитета насаждений лесопарков несколько снизился. Это в первую очередь связано с увеличением возраста насаждений и в этом отношении изменение класса бонитета насаждений в лесопарках подчиняется общей закономерности, которая наблюдается в лесах региона.

6. На протяжении всего исследуемого периода в лесопарках г. Екатеринбурга наибольшее распространение имели среднеполнотные насаждения. В настоящее время их доля по площади составляет 80,7%. Довольно значительный объем в лесопарках занимают высокополнотные насаждения (15,2%), а представленность низкополнотных крайне незначительна (4,1%). Средняя полнота насаждений за исследуемый период снизилась с 0,75 до 0,71. Снижение средней полноты связано с повышением возраста насаждений. Соотношение типов ландшафта в лесопарках не укладывается в рамки применяемых при лесоустройстве рекомендаций. Прежде всего, это связано с высокой долей закрытых ландшафтов (более 75%).

8. Лесорастительные условия в лесопарках благоприятны для произрастания многих древесных пород, что обеспечивает широкие возможности для создания живописных ландшафтов путем расширения породного состава. Доминирование свежих и свежих периодически влажных типов леса делает лесопарки города привлекательными для организации кратковременного отдыха и ведения лесопаркового хозяйства.

На основе проведенного анализа лесоводственно-таксационной структуры насаждений лесопарков для повышения их экологического и рекреационного потенциала можно предложить следующие рекомендации:

1. Увеличить объемы лесовосстановления для повышения удельного веса площади земель, покрытой лесной растительностью. Причем в целях повышения ландшафтно-эстетических свойств лесопарков лесовосстановление следует осуществлять преимущественно посадкой тех пород, которые могут успешно произрастать в лесорастительных условиях лесопарков (ель, кедр, лиственница, некоторые твердолиственные породы), но занимающих в настоящее время весьма ограниченные площади.

2. Увеличить объемы мероприятий, направленных на улучшение возрастной структуры насаждений (ландшафтные и санитарные рубки, в том числе сплошные в спелых и перестойных насаждениях, посадки ландшафтных групп деревьев и т.д.).

3. Для повышения рекреационной ценности лесопарков обеспечить ландшафтными рубками постепенное изменение соотношения типов ландшафта. В частности, доля закрытых ландшафтов без ущерба лесной среде может быть сокращена до 60–70%.

Список литературы

1. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: практ. руководство. – Свердловск, 1973. – 176 с.

2. Лесохозяйственный регламент лесопаркового участкового лесничества Верх-Исетского лесничества Свердловской области с изменениями и дополнениями, утвержденными приказом департамента лесного хозяйства Свердловской области от 08.07.2014 г. № 913. утвержден Приказом Департамента лесного хозяйства Свердловской области от 30 декабря 2011 г. – № 2006. – Екатеринбург. – 510 с.

3. Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство. – 2-е изд. доп., и перераб. – М.: Стройиздат, 1974. – 275 с.

4. Нагимов З.Я. Закономерности строения и роста сосновых древостоев и особенности рубок ухода в них на Среднем Урале: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Свердловск, 1984. – 20 с.

5. Проект организации и ведения лесного хозяйства городского лесхоза администрации г. Екатеринбурга. Т.1. Пояснительная записка. Поволжское л/у предприятие. Свердловская лесоустроительная экспедиция. – Екатеринбург, 1997–1998. – 293 с. (рукопись).

6. Проект организации и развития лесного хозяйства Свердловского горлесхоза Управления зеленого хозяйства Свердловского горисполкома. Т.1. Объяснительная записка. Поволжское л/у предприятие. Свердловская аэрофотолесоустроительная экспедиция. – Свердловск, 1986–1987. – 154 с. (рукопись).

7. Соколов С.В. Исследование роста и товарности сосновых насаждений подзоны южной тайги Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Свердловск, 1970. – 23 с.

8. Шевелина И.В., Коростелев И.Ф., Нагимов З.Я. История образования и устройства лесопарков Екатеринбурга // Вестник Московского государственного университета – Лесной вестник. – М., 2008. – № 3(60). – С. 107–111.

9. Шевелина И.В., Нагимов З.Я., Метелев Д.В. Характеристика лесного фонда зеленой зоны в пределах муниципального образования «г. Екатеринбург» // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: http://www.science-education.ru/121-18547 (дата обращения: 16.04.2015).

УДК 504.75 (581.524)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Абалаков А.Д., Шеховцов А.И., Лысанова Г.И., Новикова Л.С.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: ashekhov@irigs.irk.ru

Рассмотрены особенности развития неблагоприятных геологических и климатических процессов, как природного, так и антропогенного характера на территории Республики Тыва. Приведены сведения об опасных и неблагоприятных природных процессах (широкое распространение лесостепных и лесных пожаров, сезонной мерзлоты и многолетнемерзлых пород, наледеобразование, развитие наводнений, активное проявление эрозионных и гравитационных процессов, лавиноопасность, высокая сейсмичность и др.), которые приводят к возникновению чрезвычайных ситуаций в Тыве. Определены основные районы их распространения. Отмечена возрастающая необходимость предотвращения их негативного влияния на окружающую среду и обеспечения устойчивого развития региона в условиях предполагаемого роста объемов промышленного производства, особенно при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых. Выполненные исследования отвечают целям и задачам Государственной программы Республики Тыва «Охрана окружающей среды на период 2015–2020 годов».

Ключевые слова: неблагоприятные природные процессы, характер распространения и развития, оценка ситуации

FEATURES OF CONTRARY NATURAL PROCESSES ON THE TERRITORY OF REPUBLIC TYVA

Abalakov A.D., Shekhovtsov A.I., Lysanova G.I., Novikova L.S.

Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: ashekhov@irigs.irk.ru

The paper considers the features of contrary geological and climatic processes, both of natural and anthropogenous type in the Republic of Tyva. The data on dangerous and unfavorable natural processes (widespread forest-steppe and forest fires, seasonal frost and permafrost, aufeis formation, flood development, active erosion and gravitational processes, avalanche danger, high seismicity, etc.) are introduced. They lead to emergency situations in Tyva. The main areas of their distribution are determined. A growing need to prevent their negative impact on the environment and sustainable development of the region and in the conditions of expected growth in industrial production, especially in the exploration and development of mineral deposits. The investigations meet the goals and objectives of the State program of the Republic of Tyva «Environmental protection in the period of 2015–2020».

Keywords: contrary natural processes, distribution and development nature, situation assessment

Республика Тыва входит в состав Алтае-Саянского экологического региона и является одним из ключевых регионов, определяющих устойчивое экологическое состояние Сибири. По решению ЮНЕСКО Тыва включена в число 200 приоритетных экорегионов планеты. Своеобразное географическое положение Тывы обусловило развитие на ограниченной площади самых разнообразных природных комплексов и процессов, большой концентрации природных ресурсов.

Отрицательные антропогенные воздействия на экосистемы приводят к необратимым последствиям в регионе. Решение проблем рационального природопользования особенно актуально для районов нового освоения. В целях повышения экологической безопасности и сохранения природных систем региона утверждена Государственная программа Республики Тыва «Охрана окружающей среды на период 2015–2020 годов» [3].

Для решения поставленных экономических, социальных и экологических задач необходимо иметь данные об опасных и неблагоприятных природных процессах, их влиянии на хозяйственную деятельность, чтобы обеспечить экономическую стабильность и экологическую безопасность региона. Выявление и оценка опасных процессов определяет основную цель настоящей работы. Исследования выполнены с использованием литературных источников, тематических карт, космических снимков, материалов собственных экспедиционных наблюдений. Особое внимание уделялось ландшафтно-интерпретационному подходу, согласно которому в качестве базовой основы нами была использована ландшафтная карта Республики Тыва [5]. Индикационная интерпретация ландшафтной карты позволяет выявить особенности распространения и характер развития опасных природных процессов.

Физико-географические условия

Республика Тыва, являясь частью обширного Саяно-Алтайского нагорья, имеет горно-котловинный рельеф. Исследуемая территория расположена на стыке сибирских таежных и центрально-азиатских

пустынно-степных ландшафтов – в широкой полосе гор и межгорных равнин (рис. 1). Характерной чертой рельефа республики является наличие высоких горных хребтов и нагорий, расположенных главным образом по ее окраинам, и межгорных впадин – в центральных частях Тывы и на юге, на границе с Монголией.

Резкую *континентальность климата* региона определяет его удаленность от морей и океанов, высокая приподнятость территории над уровнем моря, барьерная роль горных цепей. Такой тип климата характеризуется холодной, продолжительной и малоснежной зимой, умеренно теплым в горах и жарким, засушливым в котловинах летом, малым количеством осадков, большими тепловыми ресурсами вегетационного периода и большой амплитудой годовых и суточных температур.

Гидрографическая сеть Тывы хорошо развита. Около 92% ее территории относится к верхней части бассейна Енисея (к бассейну Северного Ледовитого океана), за исключением рек крайнего юга, принадлежащих к бассейнам бессточных впадин Центральной Азии. На крайнем юго-востоке республики находится небольшой участок бассейна р. Селенги, несущей свои воды в озеро Байкал.

Почвы республики объединены в три группы почвообразования: высокогорного, таежно-лесного, степного (пустынно-степного). В котловинах преобладают каштановые почвы, в горах – горностепные и горнотаежные почвы.

По характеру и закономерностям *растительного покрова* территория принадлежит к двум крупным природным единицам: Алтае-Саянской горной области и области опустыненных степей и пустынь бессточных котловин Северной Монголии.

Характерной чертой *ландшафтной структуры* является большое разнообразие и пространственные различия природных комплексов [5]. В Тыве преобладают южносибирские ландшафты, широко распространенные на Алтае, в Саянах и Прибайкалье. Встречаются также монгольские степные и полупустынные ландшафты, генезис которых связан с Центральной Азией.

Опасные природные процессы

Природные условия исследуемого региона, характеризующиеся сильными морозами, высокой пожарной опасностью, широким распространением многолетней мерзлоты, развитием наводнений, активным проявлением новейших тектонических движений, высокой сейсмичностью,

Рис. 1. Район исследования.
Примечание. Цифрами на схеме обозначены следующие кожууны: 1 – Бай-Тайгинский; 2 – Монгун-Тайгинский; 3 – Барун-Хемчикский; 4 – Дзун-Хемчикский; 5 – Овюрский; 6 – Чаа-Хольский; 7 – Улуг-Хемский; 8 – Чеди-Хольский; 9 – Тес-Хемский

приводят к возникновению чрезвычайных ситуаций как природного, так и техногенного характера.

Мерзлотные процессы. Территория Тывы входит в состав Алтае-Саянской геокриологической горной страны южной геокриологической зоны [10]. Начало образования мерзлых толщ в ее высокогорных районах относится к концу плиоцена [6]. Важной особенностью этой страны является широкое и чрезвычайно пестрое распространение сезонной мерзлоты и многолетнемерзлых пород (ММП). Главными факторами, определяющими сезонное и многолетнее промерзание горных пород, являются условия теплообмена с внешней средой, в значительной мере зависящие от высотной ярусности рельефа.

На развитие криолитозоны, наряду с ландшафтными особенностями, оказали влияние процессы взаимосвязанного вулканизма и оледенений, характеризующиеся многоэтапностью проявления. Выявлено, что цикл вулканической активности совпадает с периодами глобального четвертичного оледенения (пять плейстоценовых и одно голоценовое). В Тыве проявились почти все оледенения, известные в Сибири. Наиболее интенсивным было Азасское оледенение Северо-Восточной Тувы, распространявшееся на центральную и восточную части Тоджинской котловины и склоны прилегающих хребтов Ергак-Таргак-Тайга, Восточный Саян, Академика Обручева [9].

Для характеристики мерзлотной обстановки территории принимаются высотные геокриологические пояса [10]. В целом высотное положение хребтов и континентальность климата по направлению с запада на восток повышается, отражая более благоприятные условия промерзания горных пород в восточной части территории.

Нами при оценке мерзлотных условий, наряду с интерпретаций геоморфологических ярусов, учтены высотно-поясные особенности ландшафтов. С использованием метода ландшафтной индикации инженерно-геокриологических условий [8] нами составлена геокриологическая карта Тувинского региона (рис. 2). В качестве основы принята ландшафтная карта территории Тывы [5]. Основными единицами картографирования являются геомеры ранга групп фаций. Такой прием позволил учесть различные дополнительные индикаторы развития мерзлоты, обусловленные как внешним обликом природных комплексов, так и их структурно-динамическими особенностями. Это дало возможность уточнить карты, отображающие распространение различных типов ММП в пределах Тувинского региона [7, 10].

Нами выделены и показаны на карте четыре ландшафтно-геокриологические пояса.

Пояс сплошного распространения ММП представлен в наиболее приподнятых горных массивах либо отдельных вершинах хребтов на высотах 2600 м до почти 4000 м. К ним относятся следующие горные сооружения: на западе – Алашское плато, хребет Цаган-Шибэту; в северо-западной части – Удинский хребет Восточных Саян; на юго-западе – хребты Хорумнуг-Тайга и Сангилен, на востоке в центральной части Восточно-Тувинского нагорья – хребет Академика Обручева. В высокогорье хр. Цаган-Шибэту в районе г. Монгун-Тайга представлены ледники. На участках сплошного распространения ММП занимают 90 % площади и фиксируются на большинстве склонов, в том числе и южной экспозиции. Данных о температуре и мощности мерзлых толщ для наибольших высот Саяно-Алтайской области нет [6]. Однако по аналогии с Горным Алтаем предполагаемая мощность мерзлой толщи горных пород высокогорий Тывы может быть 400 м и достигать 1 км [10]. На карте геокриологического районирования СССР показана мощность ММП 200–400 м со среднегодовой температурой от –3 до –5 °С [7].

Пояс прерывистого распространения ММП представлен в средних ярусах указанных выше хребтов и нагорий в интервале высот 1800–2600, на отдельных участках 3060 м. В этом же геокриологическом поясе находятся хребты Западный и Восточный Танну-Ола, что объясняется их нахождением в окружении степей и связанным с этим недостаточным увлажнением грунтов. Встречаются участки прерывистой мерзлоты в Тоджинской котловине. В этом поясе ММП развиты не только на дне депрессий и в привершинных частях склонов северной экспозиции, но и у их подножий. Мощность мерзлой толщи горных пород изменяется до 100 м, реже до 300 м со среднегодовой температурой от 0 до –2 °С. Глубина сезонного протаивания грунтов составляет 0,4–0,5 м в торфяниках, 0,3–2,5 м в суглинках, и 1–3,2 м в супесях.

Островное распространение ММП представлено широкой полосой в нижней части хребтов Западного и Восточного Танну-Ола, хребта Обручева, почти полностью охватывает Тоджинскую и Туран-Уюкскую

впадины и в незначительной мере – Тувинскую депрессию. В горах островная мерзлота развита в интервале высот 1200–2200 м в зависимости от экспозиции склонов, литологического состава грунтов, их влажности, почвенно-растительного покрова. В котловинах мерзлота обнаруживается на высоте 500–900 м. Мощность ММП незначительная, в горах 10–30 м, на дне котловин – 5–15 м, редко 30 м. Средняя многолетняя температура колеблется от 0 до –1,5 °С.

условиях региона определяет развитие криогенных процессов. Мерзлотные явления встречаются обычно на плоских водораздельных поверхностях и склонах высокогорий, где представлены многочисленными нагорными террасами, курумами, криоструктурными и солифлюкционными образованиями. В днищах межгорных котловин широко развиты морозобойные трещины, бугры пучения, наледи и термокарстовые просадки и наледеобразование. В условиях

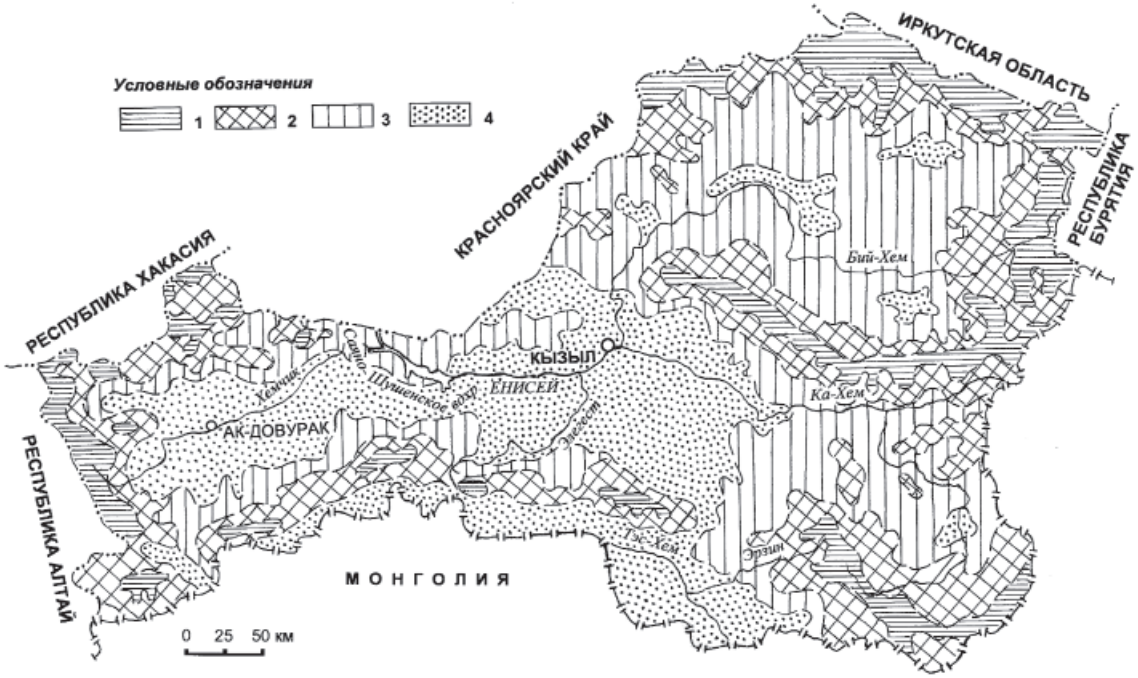


Рис. 2. Ландшафтно-геокриологические пояса распространения ММП:
1 – гольцовый и подгольцовый сплошного распространения; 2 – горно-таежный прерывистого распространения; 3 – таежный и подтаежный островного распространения;
4 – лесостепной и степной редкоостровного распространения и сезонного промерзания

Пояс сезонного промерзания пород и *редкоостровной многолетней мерзлоты* представлен в степных и полупустынных ландшафтах Тувинской и Убсу-Нурской котловины, на склонах окружающих их хребтов в интервале высот 600–1200 м. Среди талых пород в пониженных частях котловин встречаются редкие острова многолетнемерзлых пород и перелетки. В пределах высотного пояса сезонного промерзания глубины этого процесса изменяются в суглинках от 0,6 до 2,8 м, в супесях – от 1,3 до 3,6 м и в гравийно-галечниковых отложениях с супесчано-суглинистым заполнителем – от 1,4 до 5 м.

Характер ММП и сезонной мерзлоты в разных ландшафтно-геоморфологических

альпинотипного рельефа активно проявляются нивальные и эрозионно-денудационные процессы, обуславливающие широкое распространение обвалов, осыпей, подвижных курумов, донной эрозии, селей, снежных лавин.

Многолетняя мерзлота оказывает большое влияние на хозяйственную деятельность человека. Она создает значительные препятствия для производства земляных работ, сооружения и эксплуатации различных построек, разработки месторождений и т.д. На территории республики разведано более полутора десятков крупных и средних месторождений, часть из которых расположена в районах распространения ММП. Инженерно-геологические

изыскания при разработке месторождений проводятся с учетом изученности общих природных условий и геокриологической обстановки.

Сейсмичность. Согласно картам общего сейсмического районирования Российской Федерации ОСР-97 территория Тывы входит в зону повышенной сейсмической активности 8–10 баллов (по ОСР-97 – А, В, С) [4]. Вероятность возможного превышения сейсмической интенсивности 7–8 баллов в течение 50 лет составляет 10 % (ОСР-97-А), 8–9 баллов – 5 % (ОСР-97-В), 9–10 баллов – 1 % (ОСР-97-С). Дифференцированная оценка сейсмической опасности позволяет проектировать и вести строительство объектов различных категорий и сроков службы.

Наиболее сильные землетрясения возможны в Тоджинском, Каа-Хемском, Кызылском, Монгун-Тайгинском и Овюрском кожуунах – до 9–10 баллов; в Бай-Тайгинском, Барун-Хемчинском, Чаа-Хольском и Пий-Хемском кожуунах – до 8 баллов; на всей остальной территории республики – до 7 баллов. Наиболее сильное землетрясение произошло в 2012 г. восточнее г. Кызыла (Каа-Хемский район) с интенсивностью в эпицентре до 10 баллов, магнитудой – 7 и глубиной – 10 км. Сейсмическое событие ощущалось на территориях 7 субъектов Сибирского федерального округа, в 77 муниципальных образованиях, с населением более 11,4 млн чел. [1].

Основной причиной *лесостепных и лесных* пожаров является антропогенный фактор. Существует три периода интенсивного горения лесов и степей. Первый период ожидается в апреле – мае, второй период – со второй половины июня по июль включительно, третий период – со второй половины августа по вторую декаду сентября. Особое внимание в первый период обращается на Дзун-Хемчикский, Чеди-Хольский и Улуг-Хемский кожууны. В этих районах, по ежегодным многолетним наблюдениям, пожароопасный период наступает раньше, и лесостепные пожары приносят значительный ущерб лесному фонду республики. Вторая волна лесостепных пожаров приходится на июнь – июль. Сухая и жаркая погода, отсутствие осадков способствуют обострению лесопожарной обстановки. Крупные лесные пожары возникают в Каа-Хемском, Тандинском, Барун-Хемчикском, Эрзинском, Чеди-Хольском и Тоджинском кожуунах. Третья волна лесостепных пожаров прогнозируется на середину августа – вторую декаду сентября. Сухая и жаркая погода, отсутствие осадков, проведение осенних сельскохозяйственных работ и массовое посещение населением лесов способствует обострению лесопожарной обстановки [2].

Наводнения происходят в Тоджинском, Каа-Хемском, Кызылском, Сут-Хольском, Бай-Тайгинском, Барун-Хемчикском, Чеди-Хольском и Эрзинском кожуунах. Всего на территории Республики Тыва в весенний период в зону возможного подтопления попадает до 9-ти населенных пунктов с площадью до 4,6 кв. км, до 817 домов [2]. Летнее подтопление (начало июля – август) связано с обильным выпадением дождевых осадков. Выпадение ливневых дождей характеризуется возможным затоплением жилого сектора в населенных пунктах, расположенных на реках Енисей, Элегест, Эрзин, Хемчик и других малых рек, в результате подъема уровня воды, связанных с обильными ливнями и возможным подтоплением частного сектора и грунтовых дорог.

Наледевыми водами подтопляются Кызылский, Тандинский, Эрзинский, Чаа-Хольский, Улуг-Хемский и Пий-Хемский кожууны [1].

В западных, центральных и южных кожуунах республики происходит возникновение *сильных штормовых ветров* (особенно северо-западного) в весенне-летний период, скорость ветра может достигать 30–35 м/с. Ежегодно на территории республики отмечается до 3-х случаев прохождения сильных ветров, при этом зоны повышенной опасности составляют до 75,5 тыс. кв. км, на которых расположены 250 населённых пунктов с населением 140 тыс. чел.

Сильные морозы (декабрь – январь – февраль), нередко доходящие до –50 °С, являются предпосылкой к возникновению техногенных чрезвычайных ситуаций, связанных с выходом из строя систем обеспечения объектов жилищно-коммунального хозяйства, электроснабжения, связи и транспорта.

Сход снежных лавин ожидается (особенно в период с конца зимы до начала весны) в горной местности Барун-Хемчикского, Монгун-Тайгинского, Бай-Тайгинского, Пий-Хемского и Кызылского кожуунов. Один из лавиноопасных участков – перевал «Сотый», – 58–69 км автотрассы А-161 (г. Абакан Республики Хакасия – г. Ак-Довурак Республики Тыва). Период лавинной опасности – с 1 ноября по 31 марта [1].

Территория Республики Тыва также подвергается воздействию других опасных

метеорологических явлений: *интенсивные ливневые осадки, осадки с градом и снегом*. Они приносят ежегодно значительные разрушения.

Наличие полупустынной и предгорной местности и резко континентальный климат способствуют возникновению и быстрому распространению *эпизоотий*. Эпизоотии особо опасны в Монгун-Тайгинском, Овюрском, Тес-Хемском и Эрзинском кожуунах.

Заключение

В Республике Тыва создается система по эффективному предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях, которая направлена на обеспечение безопасности населения, производственной и социальной инфраструктуры [1]. Главной задачей предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций является осуществление заблаговременного комплекса мер, направленных на предупреждение и максимально возможное снижение рисков возникновения опасных природных явлений, а также на сохранение жизни и здоровья людей, снижение материальных потерь и размеров ущерба окружающей природной среде в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Решение проблем предупреждения чрезвычайных ситуаций и защиты населения должно координироваться на государственном уровне и во многом зависит от обеспеченности данными о природных условиях и процессах. Сведения о тех из них, которых представляют наибольшую опасность для региона, приведены в настоящей работе.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Республики Тыва от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2011 год». – Кызыл, 2011 [Электронный ресурс]. – http://refdb.ru/look/2043702.html (дата обращения: 19.04.2016).

2. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Тыва по итогам 2014 года» [Электронный ресурс]. – http://gov.tuva.ru/upload/medialibrary/ (дата обращения: 19.04.2016).

3. Государственная программа Республики Тыва «Охрана окружающей среды на период 2015-2020 годов» [Электронный ресурс]. – http://base.consultant.ru/regbase/ (дата обращения: 19.04.2016).

4. Комплект карт общего сейсмического районирования (ОСР-97 – А, В, С) для территории Российской Федерации [Электронный ресурс]м – http://www.twirpx.com/file/829375/ (дата обращения: 19.04.2016).

5. Лысанова Г.И., Семенов В.М., Шеховцов А.И., Сороковой А.А. Геосистемы Республики Тыва // География и природные ресурсы. – 2013. – № 3. – С. 181–184.

6. Луговой Н.Н. Особенности геокриологических условий горных стран. – М.: Наука, 1970. – 136 с.

7. Мерзлотоведение / В.А. Кудрявцев, Н.Ф. Полтев, Н.Н. Романовский и др.; под редакцией В.А. Кудрявцева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 240 с.

8. Москаленко Н.Г. Ландшафтная индикация инженерно-геокриологических условий для прогноза их изменений под влиянием хозяйственной деятельности // Мерзлотные исследования в осваиваемых районах СССР. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 8–18.

9. Прудников С.Г. О причинах развития покровного оледенения на территории Тывы // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. – Вып. 8. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2005. – С. 26–31.

10. Шац М.М. Геокриологические условия Алтае-Саянской горной страны. – Новосибирск: Изд-во Наука. Сиб. отд-ние, 1978. – 103 с.

УДК 911.5

ЛАНДШАФТЫ ОСТРОВА РУССКИЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ): ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Ганзей К.С., Киселёва А.Г., Пшеничникова Н.Ф.

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: geo2005.84@mail.ru

В статье рассмотрена пространственная организация и функционирование геосистем о. Русский – самого крупного острова залива Петра Великого. Представлены результаты полевых исследований, крупномасштабного ландшафтного картографирования и картографо-статистического анализа. Показано, что ландшафтным ядром острова является его центральная часть с геосистемами склоновыми денудационными пологими и средней крутизны с полидоминантными широколиственными лесами на буроземах типичных. Существенное влияние на функционирование геосистем оказывают морские акватории и муссонная циркуляция воздушных масс. Несмотря на значительное антропогенное влияние на ландшафты с конца XIX века, отмечается сохранение природного каркаса территории. Одним из направлений восстановления условнокоренных геосистем и повышения рекреационной привлекательности острова является сохранение и увеличение доли хвойных посадок. Развитие о. Русский должно базироваться на комплексной оценке состояния геосистем, их устойчивости и социально-экономического потенциала.

Ключевые слова: остров Русский, ландшафтная организация, функционирование ландшафтов, антропогенная трансформация

LANDSCAPES OF RUSSKY ISLAND (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN): SPATIAL ORGANIZATION AND FUNCTIONING PECULIARITIES

Ganzey K.S., Kiseleova A.G., Pshenichnikova N.F.

Pacific Geographycal Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: geo2005.84@mail.ru

The paper focuses on spatial organization and functions of geosystems of Russky Island, the largest island in Peter the Great Bay. The paper presents the results of field research and large-scale landscape mapping, and cartographic-statistic analysis data. The landscape centre lies within the central part of the island, with smooth and moderately steep denudation slope geosystems with polydominant broadleaved forests on typical burozems. Sea water area and monsoon atmospheric circulation have a considerable impact on the geosystem functioning. The natural layout of the territory is mostly retained despite a significant anthropogenic influence on the island landscapes since the late XIX century. Coniferous species conservation and reforestation are among the priorities for nominally primary geosystem restoration and island recreational appeal increase. Development of Russky Island should be based on integrated assessment of the geosystem condition, sustainability, and social and economic potential.

Keywords: Russky Island, landscape organization, landscape functioning, anthropogenic transformation of geosystems

Залив Петра Великого омывает южное побережье Приморского края, в акватории которого расположено более 50 островов. Общая площадь островных территорий залива составляет около 35,5 км^2, из них примерно 28% приходится на о. Русский. Близкое расположение острова к континентальной суше в сочетании с островной изоляцией, влияние морских акваторий на геосистемы и активное хозяйственное освоение острова с конца XIX века определили своеобразие его современной ландшафтной организации. Существующие планы развития о. Русский предполагают коренную трансформацию системы природопользования с ориентацией на рекреационную деятельность. Проектирование будущей территориально-хозяйственной системы острова должно базироваться на подробном анализе закономерностей ландшафтной организации и функционирования геосистем, что является неотъемлемой составляющей программы устойчивого развития территории, направленной на сохранение природного каркаса территории, повышение экономической эффективности и качества жизни населения.

Целью исследования является анализ особенностей функционирования и современной пространственной организации ландшафтов о. Русский. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проанализированы фондовые и опубликованные материалы, проведены полевые исследования геосистем, выявлены особенности их функционирования, выполнены крупномасштабное ландшафтное картографирование и картографо-статистический анализ пространственной организации геосистем.

Материалы и методы исследования

До 2000-х гг. в публикациях представлена отрывочная информация о природе острова, что связано с наличием статуса закрытой военной территории

ограниченного доступа, отмененного в 1997 г. За последнее десятилетие были опубликованы работы о растительном и почвенном покровах [4, 6, 8, 11, 13, 14, 16, 17], ландшафтах [18] и рекреационном потенциале острова [3, 10], развитии природной среды в голоцене [7], влиянии цунами на прибрежные комплексы [2] и ряд др. В 2016 г. авторами настоящей работы была издана карта «Ландшафты острова Русский» масштаба 1:25000 с отражением 236 морфологических единиц ранга урочище [1]. Классификация выполнена на основе принципов структурно-генетической классификации ландшафтов, разработанной В.А. Николаевым [9].

В связи с отсутствием ранее изданных крупномасштабных тематических карт для о. Русский ключевое значение имел полевой метод изучения ландшафтов с заложением основных, картировочных и опорных точек наблюдений. Работы включали в себя анализ геоморфологического строения территории, характера литогенного состава, морфологического строения и типовой принадлежности почв, геоботанические исследования. Картографическая модель ландшафтов явилась основой для выполнения картографо-статистического изучения ландшафтов о. Русский.

Результаты исследования и их обсуждение

На о. Русский, как и на всех островах залива Петра Великого, представлены дальневосточные бореальные и суббореальные средне- и южнотаежные притихоокеанские ландшафты с характерной муссонной циркуляцией воздушных масс [5]. Вся территория острова относится к горному классу ландшафтов. На уровне подклассов ландшафтов проявляются особенности функционирования островной замкнутой геосистемы. Более 81 % площади острова приходится на низкогорный подкласс, который преимущественно сформирован денудационными пологими (4871,26 га) и средней крутизны (1757,46 га) склонами (табл. 1). Второй подкласс геосистем локализован в центральной части острова на склонах гор Русская, Главная, Центральная и высоты 247 м (рисунок). Согласно теории нуклеарных геосистем [15] данная территория представляет собой ядерный хорион.

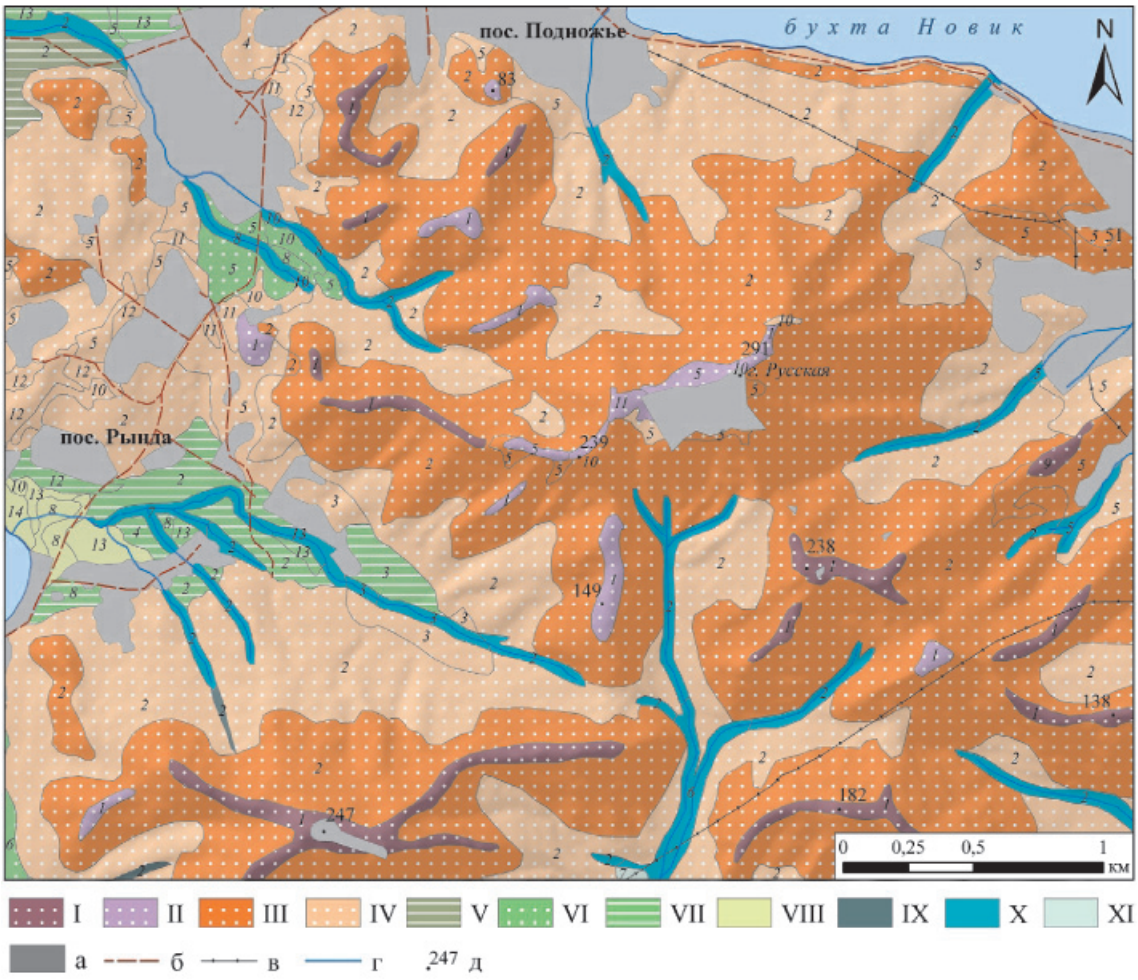
Долинный подкласс ландшафтов формирует только 5,5 % площади острова и также преимущественно представлен в центральной части острова, где расположена единственная река островов залива Петра Великого – Русская (Воеводиха), протяженностью около 5 км. Ее водосборный бассейн представляет собой хорион стержневого типа. Совокупное функционирование низкогорного и долинного подклассов ландшафтов определяет вещественно-энергетический потенциал островной геосистемы.

Наименее распространенный подкласс ландшафтов – прибрежный (145,12 га), сформированный родами ландшафтов абразионно-денудационных уступов и пляжевыми аккумулятивными. Их функционирование определяется контактом двух геосфер – наземной и водной, и они представляют собой локальный ландшафтный экотон, имеющий буферную, амортизирующую роль на пути латеральных вещественно-энергетических потоков.

В условиях муссонного климата с количеством осадков более 800 мм/год ландшафты характеризуются избыточным увлажнением. Данная особенность проявляется на уровне групп ландшафтов, выделение которых определяется соотношением типов увлажнения и степенью дренированности. На о. Русский ландшафты подразделяются на 2 группы: автоморфные и гидроморфные, полугидроморфные (табл. 2). Первая группа ландшафтов практически полностью относится к вершинным и склоновым комплексам, с глубоким залеганием грунтовых вод, отсутствием поступления растворенных веществ из них в почвенный покров и аккумуляцией органогенных элементов в гумусовой оболочке.

Гидроморфные и полугидроморфные ландшафты тяготеют к родам ландшафтов субгоризонтальным денудационным холмисто-увалистым и террасовидным, долинным овражно-балочным эрозионно-денудационным V-образным и днищ долин водотоков эрозионно-аккумулятивным, преимущественно U-образным. Для более возвышенных участков с лесными формациями характерен автоморфный тип увлажнения. Однако в летний сезон, когда выпадает до 85 % годового количества осадков, может наблюдаться повышение уровня грунтовых вод, с проявлением свойств полугидроморфности.

Необходимо отметить значительное влияние морских акваторий в процессе увлажнения островных геосистем. В результате капельно-импульверизационного воздействия морских вод происходит не только насыщение почвенного покрова влагой, но и его осолодение, проявляющееся в повышении содержания валовых форм калия и натрия в поверхностных горизонтах [12].



Ландшафтная карта центральной части о. Русский.
Условные обозначения: а – антропогенные территории; б – дороги грунтовые; в – ЛЭП; г – речная сеть; д – отметки высот

Ландшафты:

I–VIII. Низкогорные автоморфные: I, II – вершинные и привершинные денудационные, сложенные гранитами и гранитоидами, местами гранодиоритами (I – гребневидные; II – выположенные); III, IV – склоновые денудационные, сложенные гранитами и гранитоидами, местами гранодиоритами (III – средней крутизны; IV – пологие); V – субгоризонтальные денудационные холмисто-увалистые, сложенные песчаниками, алевролитами, известняками и конгломератами; VI, VII – субгоризонтальные денудационно-аккумулятивные террасовидные (VI – сложенные гранитами и гранитоидами, местами гранодиоритами; VII – сложенные песчаниками, алевролитами, известняками и конгломератами); VIII – прибрежные аккумулятивные низменные, сложенные песчано-галечными и песчано-глинистыми отложениями.

IX–XI. Долинные гидроморфный и полугидроморфный: IX – овражно-балочные эрозионно-денудационные V-образные с гравийными, супесчано-глинистыми отложениями; X – днищ долин водотоков эрозионно-аккумулятивные, преимущественно U-образные с аллювиальными гравийно-галечными, супесчано-глинистыми отложениями; XI – надпойменные аккумулятивные террасовидные с песчано-галечными, глинистыми и грубообломочно-щебнистыми отложениями.

1–7. Лесные: 1–5 – широколиственные: 1 – кленово-ясенево-ольхово-липовые кустарниково-разнотравные на бурозёмах неполноразвитых, локально типичных сильноскелетных; 2 – кленово-ясенево-ольхово-липовые кустарниково-разнотравные с лианами на бурозёмах типичных, местами эродированных (в оврагах); 3 – ореховые с ольхой и калопанаксом кустарниково-разнотравные на бурозёмах тёмных; 4 – дубовые с клёнами, липой и грабом разнотравные на бурозёмах тёмных, местами эродированных (в оврагах); 5 – дубовые разреженные леспедецево-разнотравные на бурозёмах тёмных иллювиально-гумусовых; 6–7 – широколиственно-мелколиственные: 6 – ольховые с липой, ясенем, ивой кустарниково-разнотравные на бурозёмах глееватых; 7 – ольховые с черёмухой переувлажнённые на бурозёмах глеевых; 8. Мелколиственные: 8 – ивовые влажные редколесные на бурозёмах глеевых.

9–10. Кустарниковые: 9–10 – кустарники и полукустарники: 9 – гмелинополынные на бурозёмах тёмных иллювиально-гумусовых, местами эродированных (в оврагах); 10 – гмелинополынные с леспедецей разнотравные на бурозёмах тёмных иллювиально-гумусовых, местами эродированных (в оврагах).

11–13. Луговые: 11–13 – луга: 11 – разнотравные петрофитные на бурозёмах тёмных маломощных сильноскелетных; 12 – разнотравные слабоувлажнённые на луговых задернованных почвах; 13 – разнотравные влажные на луговых глееватых задернованных почвах.

14. Болотные: 14. Болота: 14 – разнотравные влажные на луговых глееватых задернованных почвах.

Таблица 1

Подклассы и роды ландшафтов о. Русский

Подклассы ландшафтов	Площадь, га / %	Роды ландшафтов	Площадь, га, %
Низкогорные, сложенные рифейскими метаморфическими породами, пермскими гранитоидами, триасовыми и меловыми конгломератами, песчаниками, алевролитами и известняками, четвертичными отложениями	8118,15 / 81,41	Вершинные и привершинные денудационные гребневидные	81,23 / 0,81
		Вершинные и привершинные денудационные выположенные	119,67 / 1,2
		Склоновые денудационные средней крутизны	1757,46 / 17,62
		Склоновые денудационные пологие	4871,26 / 48,85
		Оползней пологих, глубоких	10,22 / 0,1
		Субгоризонтальные денудационные холмисто-увалистые	172,19 / 1,73
		Субгоризонтальные денудационно-аккумулятивные террасовидные	825,76 / 8,28
		Прибрежные аккумулятивные низменные	280,35 / 2,81
Долинные, сложенные четвертичными гравийно-галечными, супесчано-щебнистыми, грубообломочно-щебнистыми отложениями	548,83 / 5,5	Овражно-балочные эрозионно-денудационные V-образные	101,66 / 1,02
		Днищ долин водотоков эрозионно-аккумулятивные, преимущественно U-образные	333,91 / 3,35
		Надпойменные аккумулятивные террасы	113,26 / 1,14
Прибрежные, сложенные четвертичными гравийно-галечными, песчано-галечными отложениями	145,12 / 1,46	Уступы абразионно-денудационные	129,37 / 1,3
		Пляжевые аккумулятивные	15,75 / 0,16

Площадные характеристики типов и подтипов ландшафтов представлены в табл. 2. Наиболее интересным является анализ особенностей пространственного распределения видов ландшафтов. На о. Русский доминантами выступают геосистемы склоновые денудационные пологие сложенные гранитами и гранитоидами широколиственные кленово-ясенево-ольхово-липовые кустарниково-разнотравные с лианами на буроземах типичных (2074,11 га). Субдоминантой с аналогичными геологическими и почвенно-растительными характеристиками являются геосистемы склонов средней крутизны (1328,93 га). Наибольшее их распространение характерно для центральной части острова, которая, как было указано выше, представляет собой нуклеарное ядро острова. Широколиственный подкласс растительности является производным от чернопихтово-широколиственных лесов, которые были уничтожены в результате масштабных рубок конца XIX–XX вв. [8]. Хвойные породы (сосна корейская и пихта цельнолистная) представлены только в виде искусственных насаждений в районе м. Конечный (п-ов Саперный), на склонах гор Главная и Центральная и между бухт Рында и Воевода в виде немногочисленных (до 400 растений) рощ общей площадью 39,71 га (0,4 % площади острова).

Вдоль побережья и долин водотоков широкое распространение имеют геосистемы субгоризонтальные денудационно-аккумулятивные террасовидные на песчано-галечных и песчано-глинистых отложениях и галечных конгломератах, песчаниках и алевролитах с прослоями угля с широколиственными кленово-ясенево-ольхово-липовыми лесами кустарниково-разнотравными на буроземах типичных, дубовые разреженные леспедецево-разнотравные на бурозёмах тёмных иллювиально-гумусовых и ольховые с липой, ясенем, ивой, кустарниково-разнотравные на бурозёмах глееватых. Дубовые разреженные и ольховые растительные ассоциации тяготеют к открытым наветренным склонам вдоль побережья острова, что вызвано сильным ветровым воздействием и охлаждающим влиянием моря в осенне-зимний период.

Таблица 2

Группы, типы и подтипы ландшафтов о. Русский

Группы ландшафтов	Площадь, га / %	Типы ландшафтов	Площадь, га / %	Подтипы ландшафтов	Площадь, га / %
Автоморфные	7550,71 / 75,72	Лесные	7846,18 / 78,68	Хвойные посадки на буроземах оподзоленных	3,262 / 0,03
				Хвойные посадки с широколиственными породами на буроземах оподзоленных и типичных	36,45 / 0,37
				Широколиственные на буроземах типичных и темных	7511 / 75,32
Гидроморфные, полугидроморфные	1242,62 / 12,46			Широколиственно-мелколиственные на буроземах глеевых	238,28 / 2,39
				Мелколиственные на буроземах глеевых	57,19 / 0,57
		Кустарниковые	311,28 / 3,12	Кустарники, полукустарники на буроземах темных	311,28 / 3,12
		Луговые	475,41 / 4,77	Луга на буроземах темных маломощных и луговых глееватых почвах	475,4 / 4,11
		Болотные	31,09 / 0,31	Болота на торфяно-перегнойно-глеевых почвах	31,09 / 0,31
Без растительного и почвенного покровов					18,78 / 0,19
Озера					13,99 / 0,14
Антропогенно-трансформированные территории					1145,96 / 11,49

Отличительной особенностью гмелиноподынных, местами с лесподецей разнотравных, на бурозёмах тёмных иллювиально-гумусовых видов ландшафтов является их локализация по периметрам населенных пунктов и безлесных территорий, с активным антропогенным воздействием в прошлом. Также для вышеобозначенных участков характерна высокая мозаичность с сочетанием луговых, мелколиственных и широколиственных разреженных лесов, нередко паркового типа, формирующихся вследствие пирогенного фактора.

В настоящее время антропогенному влиянию подвержено 1145,96 га, из них 366 га приходится на зону производственной, инженерной и транспортной инфраструктур, 305 га на земли населенных пунктов, 147 га на земли научного и научно-образовательного назначения. Соединение о. Русский мостом с континентальной частью г. Владивостока резко активизировало вовлечение ландшафтов в хозяйственное использование, что находит свое отражение в негативном воздействии на прибрежные геосистемы, используемые в рекреационных целях, а также в увеличении частоты пожаров.

Заключение

Результаты ландшафтных исследований о. Русский отражают закономерности пространственной организации и функционирования геосистем. Полиструктурность и полигенетичность ландшафтов проявляется через вещественно-энергетическое взаимодействие природных комплексов. Ландшафтным ядром территории является его центральная часть с геосистемами склоновыми денудационными пологими и средней крутизны, сложенными гранитами и гранитоидами широколиственными кленово-ясенево-ольхово-липовыми кустарниково-разнотравными с лианами на буроземах типичных.

Существенное влияние на функционирование геосистем о. Русский оказывают морские акватории и муссонная циркуляция воздушных масс. Большинство геосистем острова автоморфные, однако во время летнего пика осадков в ряде из них наблюдается проявление полугидроморфного типа увлажнения. Капельно-импульверизационное воздействие моря также способствует насыщению почвенно-растительного покрова влагой.

Развитие о. Русский должно базироваться на всесторонней оценке природных комплексов острова, с выполнением крупномасштабного тематического картографирования, конечной целью которого должно являться функциональное зонирование. Антропогенная трансформация геосистем, ярко выраженная в преобразовании растительного покрова, имеет негативное влияние не только на устойчивое функционирование ландшафтов, но и на сохранение социально-экономического потенциала. Несмотря на активное хозяйственное освоение острова в течение 150 лет и увеличение антропогенного пресса после реализации крупных инфраструктурных проектов в 2008–2012 гг., отмечается сохранение природного каркаса территории. Наличие и последующее увеличение доли хвойных насаждений будет способствовать восстановлению условнокоренных геосистем и повышению рекреационной привлекательности территории, что имеет особую актуальность в связи с позиционированием о. Русский в качестве одного из основных потенциальных рекреационных центров юга Дальнего Востока.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 15-05-01419).

Список литературы

1. Ганзей К.С. Ландшафты острова Русский. Карта. Масштаб 1:25000 / К.С. Ганзей, А.Г. Киселёва, Н.Ф. Пшеничникова. – Владивосток: ООО «Колорит», 2016.

2. Ганзей Л.А. Проявление исторических цунами на о. Русский, Японское море / Л.А. Ганзей, Н.Г. Разжигаева, Т.А. Гребенникова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 5. – С. 116–124.

3. Гуремина Н.В. Ландшафтная характеристика и рекреационное освоение островов залива Петра Великого: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Владивосток, 2005. – 28 с.

4. Денисов Н.И. Особо ценные виды дендрофлоры острова Русский (Японское море) и их охрана / Н.И. Денисов, А.В. Галанин // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. – 2011. – Вып. 8. – С. 56–64.

5. Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. – Л.: Изд-во Ленингр. ин-та, 1985. – 320 с.

6. Исаченкова Л.Б. Почвенный покров острова Русский // Тез. докл. Всерос. науч. конф. Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской) (Москва, 4–6 апр. 2012 г.). – М.: Географич. ф-т МГУ, 2012. – С. 142–144.

7. Микишин Ю.А. Палеосреда острова Русский (Южное Приморье) в среднем-позднем голоцене / Ю.А. Микишин, И.Г. Гвоздева // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3. – С. 516–522.

8. Недолужко В.А. Флора сосудистых растений острова Русский (залив Петра Великого в Японском море) / В.А. Недолужко, Н.И. Денисов // Тр. Ботан. садов ДВО РАН. – Т. 4. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 98 с.

9. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 160 с.

10. Преловский В.И. Рекреационные и градостроительные ресурсы острова Русский / В.И. Преловский, Е.М. Мельников // Записки ОИАК. – 2011. – Вып. XV. – С. 101–119.

11. Пшеничников Б.Ф. Антропогенная динамика морфологического строения и лесорастительных свойств буроземов острова Русский / Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова, Л.А. Латышева // Вестник КрасГАУ. – Вып. 4. – 2010. – С. 24–28.

12. Пшеничников Б.Ф. Полигенетичные буроземы острова Рикорда (залив Петра Великого) / Б.Ф. Пшеничников, Н.Ф. Пшеничникова // Мат. Всерос. науч.-практич. конф. Геосистемы и их компоненты в северо-восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений (Владивосток, 21–22 апр. 2016 г.). – Владивосток: Дальнаука, 2016. – С. 237–242.

13. Пшеничникова Н.Ф. Бурые лесные почвы о. Русский / Н.Ф. Пшеничникова, Б.Ф. Пшеничников // Экологическое состояние и ресурсный потенциал естественного и антропогенно-измененного почвенного покрова. – Владивосток: ДВО РАН, 1998. – С. 37–40.

14. Пшеничникова Н.Ф. Морфологическое разнообразие островных буроземов и их диагностика / Н.Ф. Пшеничникова, Б.Ф. Пшеничников, Л.А. Латышева // Труды Дальневосточного отделения Докучаевского общества почвоведов РАН. – Владивосток: [б.и.], 2005. – Т. 2. – С. 188–197.

15. Ретеюм А.Ю. Земные миры. – М.: Мысль, 1988. – 268 с.

16. Родникова И.М. Состояние и динамика почвенно-растительного покрова малых островов залива Петра Великого (Японское море) / И.М. Родникова, М.С. Лящевская, А.Г. Киселева // Геогр. и прир. рес. – 2012. – № 1. – С. 96–103.

17. Семкин Б.И. О местообитаниях двуколосницы незамеченной (Dimeria neglecta Tzvel) на островах Русском и Путятина (залив Петра Великого, Японское море) / Б.И. Семкин, Н.Ф. Пшеничникова, Л.М. Борзова // Ботанический журнал. – 2001. – № 10. – С. 70–74.

18. Старожилов В.Т. Ландшафтные геосистемы о. Русский Приморского края / В.Т. Старожилов, В.И.Ознобихин // Мат. II Междунар. науч. конф. Современные исследования в естественных науках (Владивосток, 26–28 авг. 2015 г.) – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. – С. 32–36.

УДК 004.94: 622.23.05

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТОВЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Жунуспекова Г.Ж., Мадиханова А.Б., Окимбаева А.Е.

Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru

На основе 3d методов рассматриваются особенности моделирования технологий разработки пластовых месторождений. Ситуация с использованием и запасами углеводородов подталкивает к универсализации технологий разработки и проектирования машин, расширения способов добычи, связанных с проходкой скважин и камерных выработок, ставит задачи создания емких методов проектирования и их простого доведения до обучающихся. 3d методы позволяют расширить платформу междисциплинарного взаимодействия, рассматривая в едином комплексе программ процессы различные по специализации, но имеющие одни основные составляющие. Это раскрывает возможности разработки машин с учетом широкого спектра технологических и горнотехнических факторов. Приведен пример элементов моделирования камерной технологии и скважин с лучами и дисковой трещиной для управления массивом, а также особенности построения сетки конечных элементов.

Ключевые слова: 3d методы, проектирование, моделирование, скважины, трещины, взаимодействие

3D MODELING OF THE DEVELOPMENT OF FORMATION OF FOSSIL

Zhetesova G.S., Beysembaev K.M., Zhunuspekova G.Zh., Madikhanova A.B., Okimbaeva A.E.

Karaganda state technical university, Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru

The features of the design development bedded deposits technologies. This is accomplished by methods 3d. Reduction of hydrocarbon reserves requires changing the way the development and design of machines. They should become universal. It is necessary to apply methods of production based on the drilling and sinking of chamber workings. It is necessary to create similar methods of designing and facilitate learning. 3d design methods to improve interdisciplinary collaboration. Their software systems are considering a variety of processes. But similar basic elements contained therein. This simplifies training and engineering. As a result, the design allows for machines with many technological and mining factors. Examples of elements of chamber design technology with the goals and bolting and wells with rays and disk crack. The wells are designed to control the mountain range.

Keywords: 3d methods, training, design, structurization of breeds, boreholes, cracks, interaction

В горном деле в связи с прогнозируемым уменьшением потребности углеводородов для топливных целей, снижением эффективности подземной добычи предстоят структурные изменения в направлении универсализации добывающих технологий. Но изменения не могут не затрагивать и систему проектирования, которая строится на пакетах 3d технологий. В них особое место занимает визуализация информации, где использование дополнительного измерения позволяет усилить логику описания производственных процессов и упростить расчеты. Возрастает роль междисциплинарных связей за счет раскрытия возможностей проектирования горных машин с учетом широкого спектра технологических и горнотехнических факторов. Так вопросы конструирования горных машин тесно переплетены с вопросами структурообразования пород, их трещинообразования и обрушения, порядка образования полостей, их размеров и параметров крепления. При этом используются одни и те же программные пакеты, где за счет масштабирования последовательно рассматриваются разные объекты: от участков структурно изменяющихся пород размерами в десятки метров, до предельно нагруженных деталей машин размером в несколько сантиметров. Моделирование учитывает и обновление технологий, которое уже сегодня включает повышение объемов работ по бурению скважин для дегазации пластов, технологического диспергирования массива, перевода угля в разупрочненное, подвижное состояние, а также управление свойствами пород вокруг очистных выработок. Целесообразно рассмотреть и технологии, основанные на использовании твердых углеводородов за счет разжигания пласта в окрестности скважины с откачкой на поверхность газа и тепла, как это выполнялось в Ангрене (Узбекская ССР, 70–80 гг.) или за счет выбуривания угля тонких пластов последовательностью скважин (установки типа БУГ-3, диаметром до 1 м). Техническая реализация этих моментов в угольном и нефтегазовом комплексе аналогична и опирается на наклонно направленное бурение с постепенным переходом скважин в пластовую часть.

Совершенствование технологии и процессов добычи угля

Шахтный способ добычи характеризуется двумя основными видами технологий: подготовка очистных работ и непосредственная добыча угля. С целью создания условий для вовлечения в процесс разрушения горного давления необходимо иметь надёжные средства моделирования взаимодействия машин, механизмов и среды как сложной нестационарной, диссипативной системы, которая постоянно движется [2]. Нерешенной проблемой технологий, создающих фронтально подвижные пустоты от вынутого ископаемого (рис. 1), является и недостаточная

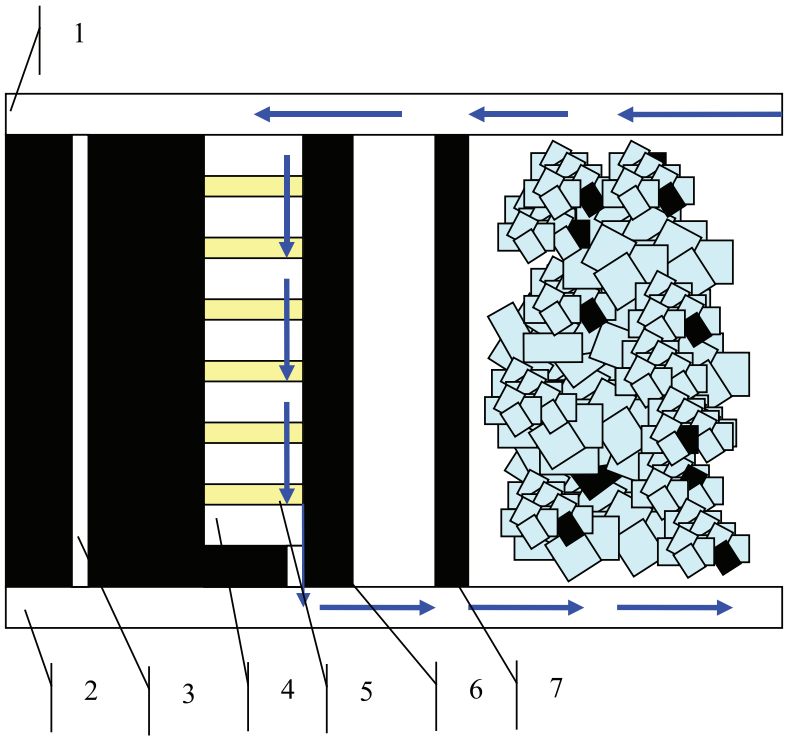


Рис. 1. Камерная выемка:
1 – вентиляционный штрек; 2 – откаточный штрек; 3 – дегазационно-разведочная скважина; 4 – камера; 5 – стационарно-переносная крепь; 6 – целик прямого хода; 7 – целик обратного хода

информация о возникновении отслоений и куполов над зоной подвигания работ, последовательности обрушения пород в них, т.е. схем структурообразования их слоев. Эти пустоты непрерывные для лав и дискретные для скважинной и камерной выемки определяют общий для рассматриваемых технологий характер сдвижения пород. На рис. 1, подвигание работ при камерной выемке – влево. Перед новой камерой проходится разведочная скважина, в ходе бурения которой можно уточнить состояние пласта, выполнить управление его свойствами, а также использовать её для вентиляции, в момент выемки этой зоны следующей камерой. Предыдущая камера на рисунке примыкает к обрушенным породам (крепь в ней при совершении обратного хода комбайна снята, а также уменьшена ширина целика). Параметры широкого и узкого целиков подбираются так, чтобы обрушение кровли произошло у неиспользуемой камеры. Получение точного решения, соответствующего шахтным данным, зависит от особенностей построения сетки в зоне, содержащей модели целиков и стационарно-переносной крепи СПК (рис. 2). Выбор способов управления сеткой – одна из самых сложных задач моделирования и часто производится на основе самостоятельно разработанных способов. При этом полученные результаты должны приводиться к виду обеспечивающему корректировку значений с учетом шахтных данных. График напряжений приведен для линии, проходящей по продольной оси верхняка крепи, первой по порядку от глухого торца камеры, построенного для двух целиков, начиная от оставленного в завале и ближнего к еще не отработанному пласту. Линия

расположена в массиве и максимально приближена к плоскости верхняка. Проходит через кровлю камеры над СПК и далее частично над пластом. Растягивающее напряжение в кровле σ_x в зоне действия крепи несколько меньше, чем в случае, когда СПК снята. Гидростойки крепи с распором в 80 тс. прикреплены по краям верхняка и в этих зонах на графике имеются небольшие всплески напряжений. Максимальные напряжения превышают предельные, что свидетельствует о возможности разрушения кровли. На данном этапе моделирования в пласт (на рис. 2 справа от СПК) еще не внесена зона дезинтеграции с уменьшенным модулем упругости угля [1–4], которая, как показывают последующие расчеты, позволяет уменьшить напряжение до безопасного уровня. Это обосновывает необходимость учета дезинтеграции и структурообразования массива от действия горного давления, когда соответствие между расчетными и шахтными данными становится достижимым.

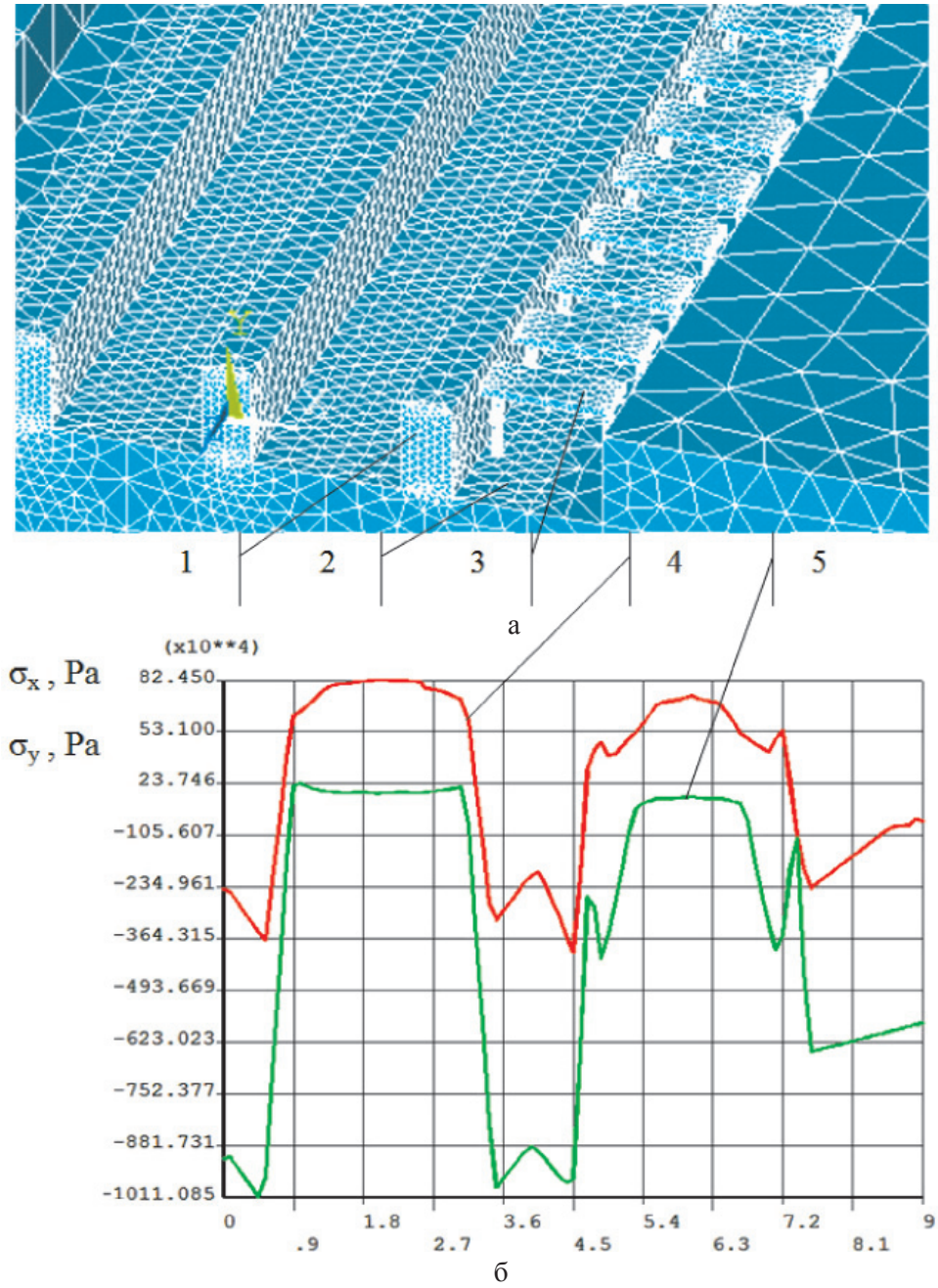


Рис. 2. а – на одном из этапов управления сеткой:
1 – целик прямого хода; 2 – камера; 3 – крепь; б – напряжения над камерой: 4 – σ_x, 5 – σ_y

Сдвижение пород над полостями описывается различными схемами [2], но они мало обоснованы практическими исследованиями, во многих из них процессы подвержены случайным факторам, которыми трудно управлять. Так возникновение сводов, обусловленное дезинтеграцией пород, может сопровождаться их внезапным массовым обрушением с выдавливанием накапливающегося газа в выработки. Подобная катастрофа, произошедшая на ш. Абайская, в начале 2000-х годов, подняла вопрос об опасности проявления газодинамических явлений для лавных технологий. Анализ таких аварийных ситуаций на шахтах показывает, что их можно оценивать вероятностью правдоподобия. Одна из гипотез предполагает, что взрыв газовоздушной смеси произошел в завале лавы за счет зависания длинного блока породы, опертого на обрушенных породах и пласте. Далее, в результате интенсивного трения поверхностей произошел нагрев контакта, находящегося под боковой нагрузкой от обрушенных пород и собственного веса блока. В результате произошел взрыв газовоздушной смеси, накопившейся над лавой. В этом случае необходимо сочетание нескольких неблагоприятных факторов среди которых:

1. Образование активной и достаточно объемной зоны обрушения пород в завальной части лавы.

2. Образование газовоздушной смеси взрывчатого содержания.

3. Образование открытого пламени, способного вызвать взрыв газо-воздушной смеси.

4. Совпадение зоны участка с газовоздушным объемом взрывчатой смеси и зоны появления открытого огня.

Если вероятности возникновения этих факторов соответственно $P_{со}$, $P_{гс}$, $P_{оо}$, $P_{с}$, то из теоремы умножения вероятностей следует

$$P = P_{со} \cdot P_{гс} \cdot P_{оо} \cdot P_{с} = 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}03 \cdot 0{,}1 = 0{,}0012. \quad (1)$$

Каждая величина оценивается в специальной базе данных при опросе экспертов. Полученное небольшое значение может проявить себя при многолетней эксплуатации комплекса, что подтверждает актуальность создания механизма формирования структуры сводообразования. Из перечисленных факторов взрывоопасности второй более сложен, поскольку предполагает выявление основных источников газообразования пород. Существенное повышение вероятности произойдёт при наличии зависимости между рассматриваемыми явлениями. Например, в соответствии с [5] возможен подъём пород в зоне выработанного пространства, образование зияющих трещин в высоких точках подъёма, по которым в выработанное пространство станет проникать метан из нижних горизонтов. Поэтому следует оценивать наличие газа в нижезалегающих слоях и возможности фильтрации по трещинам.

Как следует из сопоставления моделей, для основных технологий выемки могут использоваться общие элементы из блоков пород, почвы, пласта, кровли и вышезалегающих пород. Это позволит сравнить проявления горного давления для разных технологий разработки, а также уточнить изменения которые следует внести в свойства пород, как их реакцию на применяемые способы выемки. Для лав результаты даны в [2, 4].

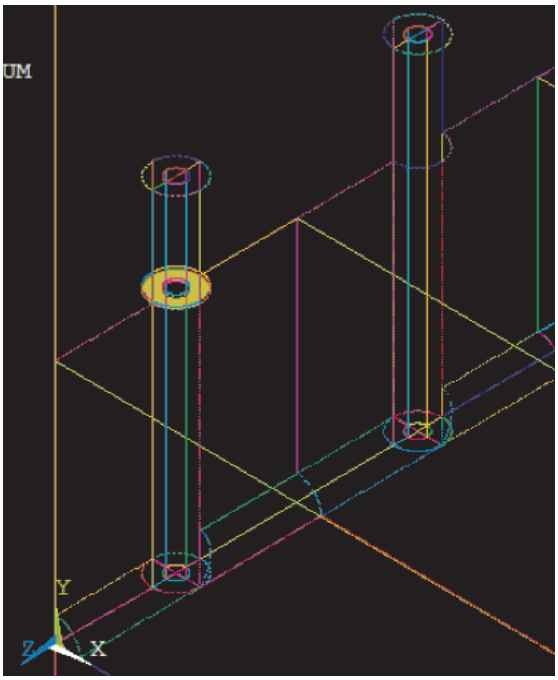


Рис. 3. Контурная модель:
1 – скважина; 2 – виртуальный цилиндр;
3 – луч; 4 – дисковая трещина;
5– виртуальный параллелепипед

Вероятность образования газового мешка над лавой минимальна в том случае, если не имеется иного источника газа кроме открытой груди забоя. Для уточнения особенностей процессов деформаций и газообмена в [2, 5] сформированы механизм и структура пород из отдельностей, впитывающих и испускающих газ в зависимости от величины горного давления и учитывающих

изменения свойств массива. Система расчета также позволяет определить напряженное состояние при очистных работах у скважин, проводимых при традиционной и камерной выемке. Бурение производится с земной поверхности или в подземных условиях с выработок. Часто сопровождается воздействием на пласт давления через скважины и лучевые полости с дисковыми трещинами (рис. 3 и 4). И в этом случае можно использовать вышеприведенные общие модели. Однако требования к построению сетки ещё в большей степени ужесточаются. Поэтому, а также с учетом переходных процессов вблизи зон повышенного давления, вокруг лучей создаются виртуальные цилиндры, линии, поверхности и объемы которых, по заданным алгоритмам разбиения можно использовать для управления сеткой так, чтобы не искажался результат при исследовании тонких процессов. В этих же зонах такие методы хорошо сочетаются с моделированием процессов структурного изменения пород или угля. В данном случае в зоне горизонтальной скважины и исходящих от нее тонких вертикальных лучей сформированы виртуальные параллелепипеды с внутренними цилиндрами – трубами. Это позволило создать густую конечно-элементную сеть и добиться устойчивых, повторяющихся результатов, что следует из графиков, построенных по данным из виртуальных объемов (рис. 4, а). При этом можно выявить напряжения и в зоне дисковой трещины, созданной на первом от края модели луче.

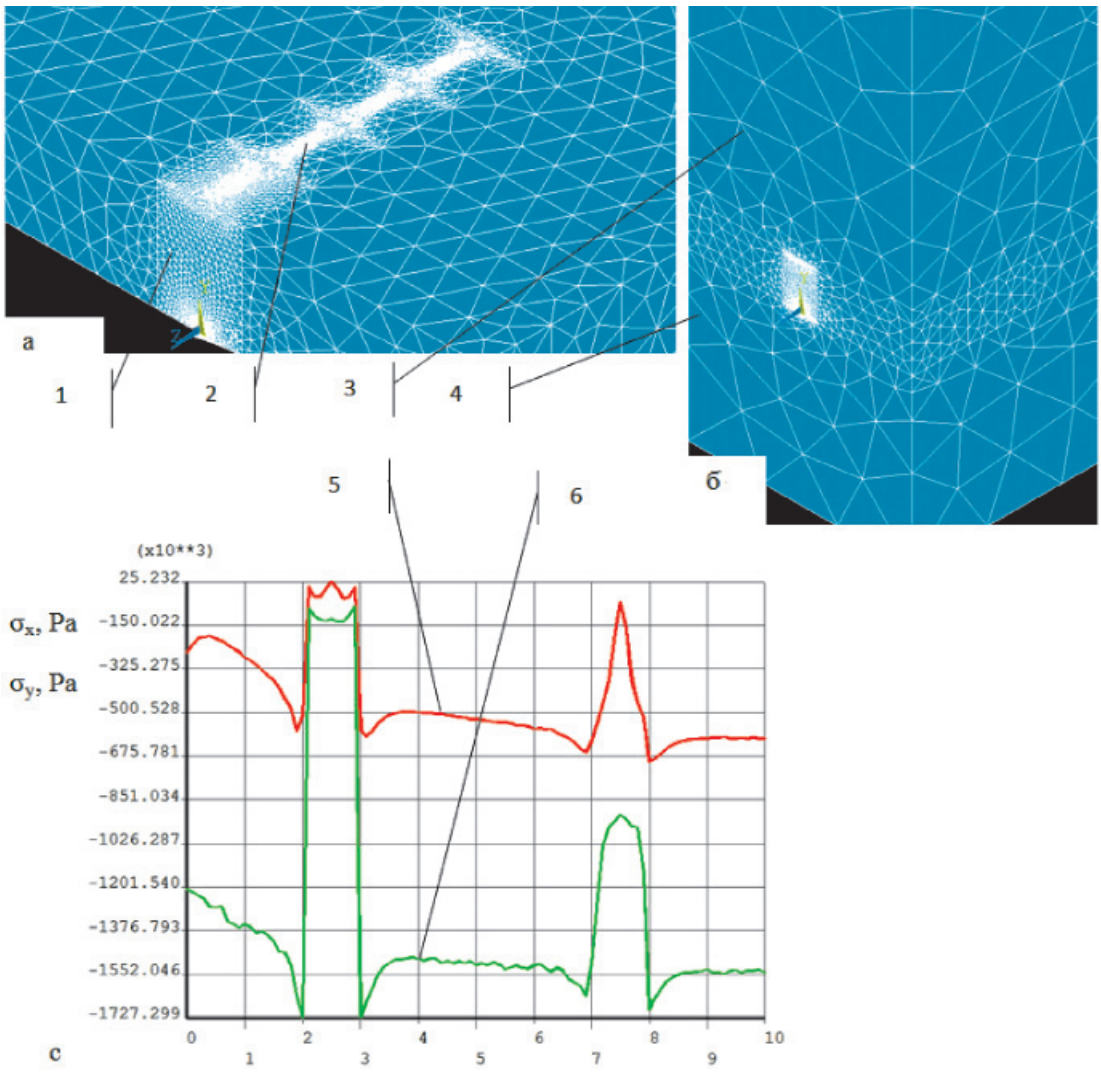


Рис. 4. а – момент управления сеткой в пласте:
1 – сетка в центральной части пласта; 2 – у вертикальных лучей в пласте;
б – общий вид сетки: 3 – кровля и вышележащие породы до земной поверхности;
4 – почва; с – напряжения над камерой: 5 – σ_x, 6 – σ_y

Реализация модели

При моделировании наклонно-направленной скважины учтена вся колонка пород от земной поверхности до забоя скважины. Затем от скважины, расположенной в горизонтальном пласте, проведены лучевые полости нормальные к горизонтальной оси. Технология их проведения хорошо известна в нефтеразработках и, в частности, на основе пескоструйных систем. На практике лучи в отличие от рис. 3 могут проводится в любом направлении. На рис. 4, с приведены напряжения в зоне лучей и дисковой трещины для линии, проведенной на 0,05 м левее полостей лучей в цельном массиве и несколько выше плоскости одиночной дисковой трещины. Уменьшение сетки позволяет рассмотреть подробности напряженного состояния у полостей скважины, лучей и дисковой трещины. В частности, над диском появляется растягивающий компонент и в целом градиент изменения напряжений существенно выше, чем в других зонах, что определяет и более высокий коэффициент интенсивности напряжений. Обычно определение предельного состояния гидравлического разрыва породы производят с использованием механики хрупкого разрушения, когда на фронте трещины определяется коэффициент интенсивности напряжений К1. Его значение для породы (0,3–3,5)·106 Н/м^{1,5}. Приведем известное в механике выражение для горизонтальной трещины (рис. 5):

$$P_{гр} = P_г + \pi^{1/2} \cdot Кс^{1/2} \cdot a^{1/2}, \qquad (2)$$

где $P_г$ – горное давление на глубине расположения трещины.

Выражение (2) легко переписать для различного расположения плоскости трещины, а при моделировании по рис. 3 условие раскрытия легко получить по расчетным напряжениям, учитывая и взаимодействие плоскостей трещин. Все это подчеркивает необходимость системы расчета напряженно-деформированного состояния движения горных пород при ведении очистных работ. Заметим, что описание состояния технических средств и массива для режимов работы с обратной связью необходимо как минимум на основе 3d моделей с визуализацией на двумерном экране. Затем они должны быть заменены на 4d модели для определения параметров технологии в целом, где ведется расчёт для каждого из установившегося из определённого множества состояния системы, на текущий и прогнозируемый момент. При этом визуализация будет строиться на голографических изображениях.

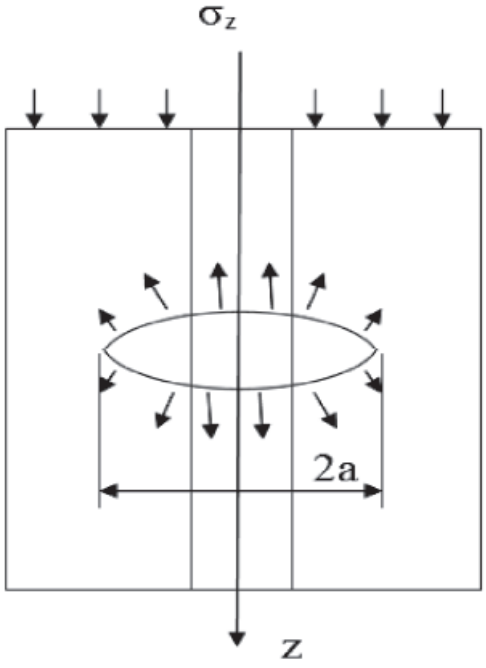


Рис. 5. Известная из механики схема к расчету определения раскрытия дискообразной трещины с заданным радиусом а

Список литературы

1. Шемякин Е.И.,Фисенко Б.Л., Курленя М.В., Опарин В.П., Рева В.Н., Глушихин Ф.П., Розенбаум М.А., Тропп З.А., Зональная дезинтеграция горных пород вокруг подземных выработок // ФТПРПИ. – 1987. – № 1.

2. Бейсембаев К.М., Векслер Ю. А., Жетесов С. С., Каппасов Н., Мендикенов К. К Исследование состояния горного массива при подвигании лавы // Известия высших учебных заведений Горный журнал. – 2013. – № 3. – С. 69–76.

3. Бейсембаев К.М., Шманов М.Н., Есен А.М., Есмагамбетов А.Б., Когай В.А., Оспанов Д.У. К 3d моделированию задач взаимодействия горного массива с очистным оборудованием в сложных условиях разработки пластовых ископаемых // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики: материалы пятой научно-практической internet-конф. (Тольятти 27–28 января 2015 г.). – Ульяновск, 2015. – С. 164–171.

4. Ройтер М., Крах М., Кислер У., Векслер Ю. Зональная дезинтеграция вокруг очистных выработок // ФТПРПИ. – 2015. – № 2. – С. 46–522.

5. Бейсембаев К.М., Жетесов С.С., Шманов М.Н. Исследование особенностей состояния горных пород в недрах // Комплексное использование минерального сырья. – 2009. – № 3. – С. 3–11.

УДК 62-03:332.38

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБНОВЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ НЕФТЕПРОВОДОВ

Зайцева С.П.

Ноябрьский институт нефти и газа (филиал) ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Ноябрьск, e-mail: b3541848@trbvn.com

В статье рассматриваются проблемы целостности транспортной системы нефтедобывающих компаний, определяют перспективную эффективность развития отрасли. Отказы, аварии и катастрофы на инфраструктурных объектах являются источником существенных ущербов человеку, инфраструктуре и окружающей природной среде. По мере усложнения инфраструктур и условий их функционирования возрастают вероятности возникновения неблагоприятных и чрезвычайных ситуаций. Риск аварий может резко возрастать, и существует возможность, что этот рост может значительно опередить экономические и научно-технологические возможности по их снижению, если своевременно, на всех стадиях жизненного цикла объекта (от его создания и до завершения эксплуатации), не принять всех необходимых мер для предотвращения такого роста. В работе рассматриваются проблемы устаревания инфраструктурных объектов нефтепереработки и определяются методы диагностики, направленные на снижение рисков нарушения целостности.

Ключевые слова: диагностика нефтепроводов, инфраструктура, трубопроводный транспорт, неразрушающий контроль, критерии прочности, радиационный контроль, магнитный, акустический, вихретоковый

MODERN TRENDS IN UPDATING AND MANAGING THE INFRASTRUCTURE OF OIL PIPELINES

Zaytseva S.P.

The Noyabrsk Institute of Oil and Gas (Branch), VPO «Tyumen Industrial University», Noyabrsk, e-mail: b3541848@trbvn.com

Challenges the integrity of the transport system, the oil companies determine the prospective efficiency of the industry. Failures, accidents and disasters on infrastructure facilities are a source of significant damage to human, infrastructure and the environment. As the complexity of infrastructures and conditions of their functioning increase the likelihood of adverse and emergency situations. The risk of accidents may dramatically increase, and there is a possibility that this growth could significantly outpace economic and scientific – technological opportunities for their reduction, if timely, at all stages of the life cycle (from its creation and until the completion of the operation), to take all necessary measures to prevent such growth. The work deals with the problem of ageing infrastructure of oil refining and defined methods of diagnostics directed on decrease in risks of infringement of integrity of.

Keywords: diagnostics pipeline, infrastructure, pipeline transport, non-destructive testing, strength criteria, radiation monitoring, magnetic, acoustic, eddy current

Сеть нефтепроводов нередко сравнивают с кровеносной системой мировой экономики. Сложно переоценить значимость современной нефтетранспортной системы. Огромные танкерные флотилии, миллионы километров трубопроводов, нескончаемые вереницы железнодорожных и автомобильных цистерн связывают в единую цепь месторождения, нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы, сбытовые предприятия нефтяных компаний, а сами нефтяные компании, в свою очередь, – с потребителями.

В сложной механике нефтяного бизнеса не существует мелочей. Сегодня, когда практически все ресурсы – от сырьевых до финансовых – становятся все менее доступными, эта формула приобретает особую актуальность. Все сегменты бизнеса подвергаются жесткому экономическому анализу. Яркий пример применения такого подхода – работа в сфере логистики, влияние которой на эффективность производственных процессов очень велико [1].

Логистические схемы пронизывают все производственные процессы, связывают их между собой. Поэтому мы разрабатываем новые уникальные маршруты транспортировки нефти с наших труднодоступных арктических месторождений, активно участвуем в формировании конкурентной среды на рынке внутренних перевозок нефтепродуктов, совершенствуем систему внутрипромыслового транспорта, что приносит не только экономический, но и значимый экологический эффект.

Сегодня более 60% всей добываемой в мире нефти доставляется потребителям по морю. Такая ситуация вполне закономерна, если учитывать географию основных современных центров добычи, экспорта и импорта нефти. В топ экспортеров вот уже несколько десятилетий традиционно входят Россия, Ближний Восток, Латинская

Америка, Африка. В то же время список импортеров с некоторыми вариациями возглавляют Западная Европа, США, Китай, Япония, страны Юго-Восточной Азии. Конечно, некоторые связи порой меняются довольно радикально – достаточно вспомнить пример США, на волне сланцевой революции значительно сокративших импорт и даже нацелившихся на роль экспортеров. Тем не менее морские пути по-прежнему остаются одной из главных связующих нитей между производителями и потребителями нефти.

Современная система транспортировки нефти по суше на большие расстояния немыслима без трубопроводов. Впервые подобный способ транспорта нефти с промыслов предложил Дмитрий Менделеев, немало сделавший для развития отечественной нефтяной отрасли. Однако его идею оперативно подхватили не на родине, а в США – в 1860-х годах американцы проложили первый в мире нефтепровод от нефтяных месторождений Пенсильвании до ближайшей железнодорожной станции.

Как органическая подсистема экономики инфраструктура и современные формы ее пространственной организации в настоящее время превратились по своей значимости в один из важнейших ресурсов национального развития. Сформированные в советское время и получившие дальнейшее развитие в рыночный период специфические экономические структуры как результат межуровневого взаимодействия факторов производства создали и адекватную им инфраструктуру. Ее пространственно-видовые композиции обеспечивали условия для функционирования фрагментарной экономики, состоящей в основном из отдельных корпораций или групп предприятий, имеющих различный уровень и скорость развития. Вместе с утратой отраслевых и территориально-производственных объединений предприятий и органов их управления была разрушена инфраструктура территориально-отраслевых рынков, обеспечивающая стабильность мезоуровневой воспроизводственной системы. В результате существенно замедлилась передача сигналов на макроуровень для координации деятельности отдельных хозяйствующих субъектов и распространение научно-технических и организационно-экономических новаций. Как следствие, нарушилась сбалансированность между отдельными инфраструктурными подсистемами: инновационные процессы недопустимо отстали от производственных, рост инвестиций – от роста потребностей технико-технологической модернизации и т.д. Наблюдаемая сегодня инфраструктурная обветшалость производственного фундамента мезоуровневой экономики служит основным препятствием для экономического роста и способности к воспроизводству. Например, износ основных фондов транспортной системы достиг 55–70% и продолжает нарастать [1]. В газотранспортной отрасли он составляет в среднем 56%, причем 14% газопроводов (по протяженности) уже выработали нормативный срок службы, а 1/3 оборудования газораспределительных станций требует замены [2]. Износ основных фондов магистральных нефтепроводов превышает 70%. Такая же картина и в других отраслях инфраструктуры. Поиск решения проблем, связанных с модернизацией мезоэкономической инфраструктуры, привлекает большое внимание ученых-экономистов, но пока еще в российской науке не сложилось системного представления об этом явлении и его эволюции. Отсутствуют научные подходы, методы и приемы анализа инфраструктуры сравнительно новых форм мезоэкономических образований и ее влияние на экономический рост.

Как открытая система инфраструктура отраслевых комплексов находится в состоянии постоянного взаимообмена на входах и выходах в экономическую среду, поэтому как подсистема мирового хозяйства она отображает все процессы, происходящие в мире, в том числе и процессы модернизации. Дело в том, что выход из кризиса и наращивание финансово-экономического потенциала новых центров силы (Китай, Индия Бразилия и др.) происходит в условиях становления нового технологического уклада, в котором модернизируемая инфраструктура выступает фактором преодоления противоречий в процессе технологических сдвигов и обеспечивает единство и непрерывность взаимодействия с ресурсной базой предшествующей фазы и служит базой для будущей. Поэтому правительства этих стран увеличивают инвестиции в развитие современной производственной инфраструктуры, пытаясь встроить их в мировое политико-экономическое пространство на условиях, исключающих прежде всего сырьевую и валютно-финансовую формы эксплуатации и обеспечивающих устойчивые предпосылки долгосрочного экономического роста.

В локальном аспекте под модернизацией отраслей инфраструктуры понимается индустриализация мобилизационного типа,

в которой государство не только централизованно распределяет ресурсы и осуществляет контроль за их использованием, но и создает мотивационный механизм инвестиций частного сектора в инфраструктурные проекты, являющиеся точками роста. В реальности в последние двадцать лет в России, особенно в системообразующих инфраструктурных отраслях экономики, происходили прямо противоположные процессы, приведшие не к промышленному развитию, а к деиндустриализации

В разное время Россия не единожды становилась мировым лидером по мощности нефтепроводного транспорта и к настоящему времени прочно закрепила за собой первенство.

В 2015 году на правительственном уровне был утвержден план развития системы продуктопроводов «Транснефти», согласно которому одобрена реализация двух проектов федерального значения: развитие продуктопровода «Север» и строительство продуктопровода «Юг». Завершить работы планируется до 2020 года. ПАО «Газпромнефть»: реализация этих проектов дает дополнительные возможности по оптимизации транспортных затрат за счет наращивания объемов прокачки по системе нефтепродуктопроводов. В первую очередь компания заинтересована в проекте «Север», конечный пункт которого – порт Приморск. Запланированное увеличение пропускной способности «Севера» до 25 млн тонн в год позволит удовлетворить перспективные потребности российских вертикально-интегрированных нефтяных компаний (далее – ВИНК) в экспортных прокачках дизельного топлива.

К 2025 году ПАО «Газпромнефть» планирует увеличить объем прокачки по северной трубе. Проект «Юг» с конечным пунктом в Новороссийске, учитывая существующую географию производства компании, в разряд стратегических не входит – тем не менее в перспективе дизельное топливо производства Омского нефтеперерабатывающего завода, в зависимости от соотношения тарифов ОАО «РЖД» и ОАО «Транснефть», а также рыночной конъюнктуры, может прокачиваться и по южной трубе. Использование трубопроводного транспорта во многих случаях позволяет оптимизировать затраты на логистику. Вместе с тем ОАО «Транснефть» планомерно и регулярно повышает тарифы на транспортировку нефтепродуктов. По некоторым направлениям использование трубопроводного транспорта уже сравнялось по эффективности с прямыми железнодорожным отправками.

В последние годы в России интенсифицировали работу по испытанию и внедрению новых технологий в области строительства, ремонта, диагностики, ингибиторной защиты и мониторинга коррозии трубопроводов. С начала 2015 года на предприятиях нефтедобычи успешно прошли испытания образцов нефтегазопроводных труб из новой марки с повышенными технологическими характеристиками, разработанных специально для эксплуатации в условиях Крайнего Севера.

На 2016 год в «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» запланировано строительство первого трубопровода из стали этой марки. Внедрение инновации позволит значительно увеличить срок безаварийной эксплуатации трубопроводов. Сейчас на 45% трубопроводов предприятия используют химические соединения, которые уменьшают скорость коррозии труб, тем самым значительно продлевая срок их эксплуатации.

Масштабные испытания двух образцов ингибиторов нового поколения прошли на водоводах высокого давления и нефтесборных трубопроводах на всех месторождениях предприятия. Испытания доказали эффективность применения таких ингибиторов даже при снижении дозировки реагентов. Также для обеспечения надежности трубопроводов в последние годы мы внедрили ряд передовых методов контроля их состояния, включая применение беспилотных летательных аппаратов и мобильной лаборатории неразрушающего контроля при помощи рентгенографической аппаратуры, приборов ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии [4].

В 2015 году с использованием инновационных методик мониторинга и диагностики было обследовано почти 60% трубопроводов. В ближайшем будущем эта цифра будет расти: сейчас на производственных объектах нефтяных компаний продолжаются испытания ряда технических решений.

В экономическом обосновании необходимости замены аварийного трубопровода существует понятие критической частоты отказов, при которой замена становится финансово целесообразной. В нефтяных компаниях за такую частоту принято принимать показатель, когда ущерб от отказов оказывается не менее чем в 1,2 раза больше затрат на замену трубопровода. Этот подход начиная с 2010 года позволял ежегодно снижать

аварийность примерно на четверть от уровня предшествующего года. Однако опыт показывает, что этап динамичного снижения аварийности благодаря ремонту и замене критических объектов быстро заканчивается, и, если не принимать дополнительные меры по управлению целостностью трубопроводов с частотой отказов ниже критической, аварийность будет расти.

На современном этапе активно развивается новое научное направление, которое включает в себя оценку поврежденности металлов и разработку методов расчета остаточного ресурса элементов конструкций. Это направление приобретает особую важность, особенно если речь идет об элементах конструкций потенциально опасных объектов, а таких на территории России насчитывается около 100 тыс., из которых 1500 ядерных, около 3000 химических и биологических. Результаты этих исследований имеют большое значение в современных условиях для обеспечения техногенной безопасности работы стареющего оборудования.

Неразрушающий контроль широко используется при диагностике транспортной системы нефтяных компаний. Для решения практических задач неразрушающего контроля созданы оригинальные первичные преобразователи и алгоритмы их расчета, разработаны многочисленные методики контроля и серия приборов (коэрцитиметры; структуроскопы; дифференциальные структуроскопы; коэрцитиметры для контроля твердых сплавов КТС-1, КТС-3; структуроскопы для контроля поверхностного упрочнения; устройства для измерения магнитных полей и регистрации магнитных фаз (α-фазы); многофункциональный структуроскоп; магнитоизмерительные комплексы; автоматизированный комплекс для контроля дефектов чугунного литья; комплекс автоматизированного контроля ферро- магнитных примесей в неферро- магнитных сыпучих материалах [1].

Среди инновационных технологий неразрушающего контроля одно из первых мест занимает радиационный контроль с использованием рентгеновского и гамма-излучения [2]. Радиационные методы НК применимы к изделиям из любых материалов и превосходят полнотой информации о дефектах (тип, форма, размеры, место расположения) другие виды НК: магнитный, акустический, вихретоковый и др. Радиационным методам и системам отдают предпочтение при контроле качества сварных и паяных соединений; контроле качества литья, газо- и нефтепроводов; элементов и конструкций автомобильного, железнодорожного и авиационного транспорта; агрегатов химического и энергетического машиностроения.

Излучатель Блок питания Пульт

Бетатрон МИБ 9Д

Основными элементами радиационного сканирующего дефектоскопа – томографа являются источник излучения, сканер и детекторная линейка. Источником излучения служит бетатрон с максимальной энергией 9 МэВ и мощностью дозы 25 Р/мин на расстоянии 1 м от мишени. Лабораторный сканер позволяет перемещать детали массой до 150 кг с регулируемой скоростью от 0,3 до 10 см/с. Активная длина сканера составляет 2 м.

В системах радиационного неразрушающего контроля произошли существенные изменения в последние годы, прежде всего за счет новых многоэлементных полупроводниковых детекторов радиационных изображений, а также интенсивному внедрению цифровых технологий получения, обработки и анализа изображений. При использовании подобных детекторов и цифровых технологий ионизирующее излучение, прошедшее через контролируемый объект, с помощью электронных средств преобразуется в массив электрических сигналов, которые затем оцифровываются, обрабатываются и используются для формирования цифрового изображения контролируемого объекта.

Обеспечить надежную защиту можно лишь за счет упреждающей замены безаварийных трубопроводов в тех случаях, когда диагностика дает неблагоприятный прогноз по отказам на ближайшее будущее. Впрочем, упреждение отказов – недешевое удовольствие: рост протяженности заменяемых трубопроводов неизменно влечет за собой кратный рост затрат, при авариях на трубопроводах компания несет существенные финансовые потери. Однако и обеспечение максимальной безопасности требует вложения немалых средств. Единственный способ достичь баланса вложений и отдачи – это сделать ставку на надежную диагностику.

Точная диагностика позволяет не только своевременно предупредить возможную аварию, но и значительно сократить протяженность заменяемых трубопроводов. Опыт показывает, что до 80 % аварийного трубопровода может иметь участки с остаточным ресурсом 5–10 лет. Выявляя такие участки, мы можем исключить их преждевременную замену, а сэкономленные деньги потратить на развитие той же диагностики или рекультивацию «исторического наследия» [5].

На данный момент актуальными можно считать два проекта диагностики трубопроводов, направленных на разработку технических средств для определения состояния трубопроводов. Один из них – магнитометрический – относится к наружной диагностике. Он опирается на так называемую магнитную память металла, основан на регистрации магнитных полей и позволяет определять зоны локальной коррозии. Второй НИОКР касается разработки внутритрубных индикаторов дефектов (ВИД). Эта разработка позволяет диагностировать внутрипромысловые трубопроводы с небольшим диаметром (до 219 мм) – именно те, что в силу ряда технологических причин наиболее подвержены коррозии. До сих пор в России подобных диагностических приборов не создавалось.

Реализуемая на современном этапе программа «Чистая территория» предполагает замену порядка 400 км трубопроводов в год и ежегодное снижение потенциально аварийного фонда, дополнительные объемы ингибирования водоводов и полную рекультивацию загрязненных земель. Если все планы будут выполнены, то в дальнейшем нефтедобывающие компании смогут поддерживать нулевой уровень загрязнения на территориях своего присутствия.

Продление ресурса безопасной эксплуатации высокорисковых объектов – принципиально важная задача, заключающаяся в оценке остаточного ресурса не только после различных степеней выработки назначенного срока службы, но и за его пределами. На наиболее важных направлениях транспорта нефти речь идет о необходимости продления срока эксплуатации даже свыше 40 лет. С одной стороны, это дает значительный экономический эффект, но при этом увеличивает риск дальнейшего безопасного функционирования объекта и резко снижает экономический эффект от его эксплуатации, а в некоторых случаях может превзойти его.

Список литературы

1. Брякин И.В. Ферродинамический дефектоскоп // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. – 2016. – Т. 16. – № 1. – С. 75–79.

2. Гриб М.И., Хафизов А.М., Давлетбаев А.Г., Добрынин Е.Н., Забелин К.Л. Ультразвуковая дефектоскопия для контроля сварных швов // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. – 2016. – Т. 7. – № 1. – С. 89–93.

3. Дерусова Д.А., Вавилов В.П. Неразрушающий контроль материалов методом резонансной ультразвуковой инфракрасной термографии // В мире неразрушающего контроля. – 2016. – Т. 19. – № 1. – С. 21–23.

4. Коваленко А.Н. Системы определения местоположения дефектов на трубопроводе // Контроль. Диагностика. – 2016. – № 2. – С. 27–35.

5. Петинов С.В., Сидоренко В.Г. Обзор методов дефектоскопии при обследовании трубопроводов // Молодой ученый. – 2016. – № 2 (106). – С. 194–199.

6. Шарипов Ш.Г., Бакиев Т.А., Юсупов Р.Х., Аскаров Г.Р., Рафиков С.К. Методика оценки напряжений в дефектных сварных соединениях // Газовая промышленность. – 2016. – № 1 (733). – С. 52–55.

УДК 339.16

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА

Королева И.С., Петин А.Н., Игнатенко Е.А.

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: ekate-ignatenko@yandex.ru; koroleva_i@bsu.edu.ru

В работе рассматриваются теоретические и методологические вопросы, связанные с использованием ГИС-технологий при проведении рекреационного зонирования лесных территорий лесостепной зоны. Для апробации методики оценки лесных территорий с помощью ГИС-технологий был создан массив рекреационной информации о лесных ресурсах Белгородской области. Зонирование лесных экосистем Белгородской области осуществлялось на основе методики оценки рекреационной ценности земель лесного фонда с учетом положений концепции устойчивого развития туризма, взаимосвязей в системе природные комплексы – инженерные сооружения – человек, функциональности использования земель лесного фонда, основных свойств природных комплексов как различных типов угодий. Анализ массива данных позволил создать картографические модели и выявить направления рекреационного использования лесных территорий и осуществить рекреационное зонирование.

Ключевые слова: ГИС-технологии, лесные территории, базы данных, картографические модели

MAPPING OF FOREST AREAS FOREST-STEPPE ZONE FOR THE DEVELOPMENT OF REGIONAL TOURISM CLUSTER

Koroleva I.S., Petin A.N., Ignatenko E.A.

Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: ekate-ignatenko@yandex.ru; koroleva_i@bsu.edu.ru

In work the theoretical and methodological questions connected with use of GIS-technologies when carrying out recreational zoning forest territories of a forest-steppe zone are considered. For approbation of a technique of an assessment of forest territories by means of GIS-technologies the array of recreational information on forest resources of the Belgorod region was created. Zoning the forest ecosystems of the Belgorod region was based on the methodology for assessing the recreational value of forest land subject to the concept of sustainable tourism development, the relationships in the system of natural systems – engineering structures – man, the functional use of forest land, the basic properties of natural systems as the different types of land. The analysis of a data file allowed to create cartographical models and to reveal the directions of recreational use of forest territories and to carry out recreational zoning.

Keywords: GIS-technologies, forest territories, databases, cartographical models

В результате изучения методологических основ рекреационной географии и опыта использования ГИС-технологий в лесоводстве (А.С. Исаев, М.Д. Брейдо, В.В. Фомин, Д.А. Старостенко, И.А. Вуколова, Н.В. Малышева, К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферов и другие) выяснили [1, 6, 7, 8]:

1) часть регионов России использует геоинформационные системы для сбора информации о лесных ресурсах и их учета;

2) ГИС выступают в качестве базы данных в лесоводстве;

3) в научной литературе подробно освещена рекреационная роль леса (Ф.К. Арнольд, Г.Ф. Морозов, Г.Н. Высоцкая, Н.С. Казанская, Г.А. Поляков, В.П. Чижова, В.Д. Пряхин, А.И. Тарасов, Р.И. Ханбеков, Л.П. Рысин и др.);

4) существуют методики экономической оценки лесных ресурсов, оценки ягодных и грибных угодий, но при этом отсутствует разработанная методика оценки рекреационной ценности лесных территорий.

Цель исследования – зонирование лесных экосистем лесостепной зоны с использованием геоинформационных технологий (на примере лесных ресурсов Белгородской области).

Зонирование лесных экосистем Белгородской области осуществляется на основе методики оценки рекреационной ценности земель лесного фонда [2] с учетом положений концепции устойчивого развития туризма, взаимосвязей в системе природные комплексы – инженерные сооружения – человек, функциональности использования земель лесного фонда, основных свойств природных комплексов как различных типов угодий. В основу методики исследования положен ландшафтный подход. Рекреационная оценка земель лесного фонда представляет собой интегральный показатель и рассматривается как суперпозиция

частных рекреационных оценок угодий и местности в целом:

$$C_{\text{злф}} = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots C_n) \cdot K_{\text{Р.Ц}},$$

где $C_1 + C_2 + C_3 + \dots C_n$ – рекреационная ценность видов угодий, представленных на земельном участке лесного фонда; $K_{\text{Р.Ц}}$ – коэффициент рекреационной ценности [2].

Для осуществления зонирования территории Белгородской области и апробации предложенной методики был создан и подвергнут анализу оригинальный массив данных о состоянии земель лесного фонда Белгородской области. Построены карты рекреационной ценности рельефа, водных ресурсов, растительного покрова, аттрактивных свойств ландшафта, ландшафтно-рекреационного, культурно-исторического, экотуристического потенциалов, туристической инфраструктуры и транспортной доступности.

В ходе исследования рассчитаны усредненные значения коэффициентов природно-рекреационной ценности, они составляют 1,5 (варьируют от 1,0 до 2,2), природно-культурно-исторической ценности – 1,1 (варьируют от 1,0 до 1,7), туристической инфраструктуры – 0,6 (варьируют от 0,25 до 2,25). Они отражают рекреационную ценность земель Белгородской области. Расчет коэффициента рекреационной ценности территории выполнен с использованием SQL-запроса в отдельном поле атрибутивной таблицы слоя, по аддитивной модели через коэффициенты природно-рекреационной, природно-культурно-исторической ценностей и туристической инфраструктуры и путем пересечения исходных слоев с частными оценками. Он позволяет учитывать качественное состояние рекреационных земель, их инфраструктурный потенциал и каркасные элементы, и объекты природного и культурного наследия и прогнозировать развитие рекреационного лесопользования в данной местности.

Для выявления незначительных различий с целью проведения зонирования рекреационная ценность лесных угодий определялась по аддитивной модели для каждого квартала в отдельности. В дальнейшем, используя SQL-запрос, выбирались ключевые участки, получившие максимально возможные баллы по каждому из видов угодий, и для них определялся тип ландшафта.

В Белгородской области в 90% случаев закрытый тип ландшафта с вертикальной сомкнутостью крон (залесенность более 60%, просматриваемость менее 10 м) используется как охотничье прогулочно-промысловое угодье, закрытый тип ландшафта с горизонтальной сомкнутостью крон (менее 20 м) – как прогулочно-спортивное, лечебно-оздоровительное, прогулочно-промысловое (ягодное и охотничье) угодья. Они занимают около 51 и 38% от общей доли рекреационных лесов. Полуоткрытый тип ландшафта (залесенность 20–60%) используется как прогулочное, прогулочно-спортивное, селитебное, прогулочно-промысловое (ягодное, грибное и лекарственное) угодья; открытый тип ландшафта (менее 20%) – как прогулочно-спортивное (спортивные игры), селитебное, прогулочно-промысловое (лекарственное) угодья и занимают соответственно 4 и 7% территории [4].

Показатели, используемые для определения ценности угодий, учитывали их основные свойства и оценивались по четырехбалльной системе. Для которых, используя мультипликативную модель, определяют рекреационную ценность земель лесного фонда. В дальнейшем путем слияния устранялись границы смежных контуров с одинаковыми значениями оценок для получения полигонов угодий, имеющих разную рекреационную ценность.

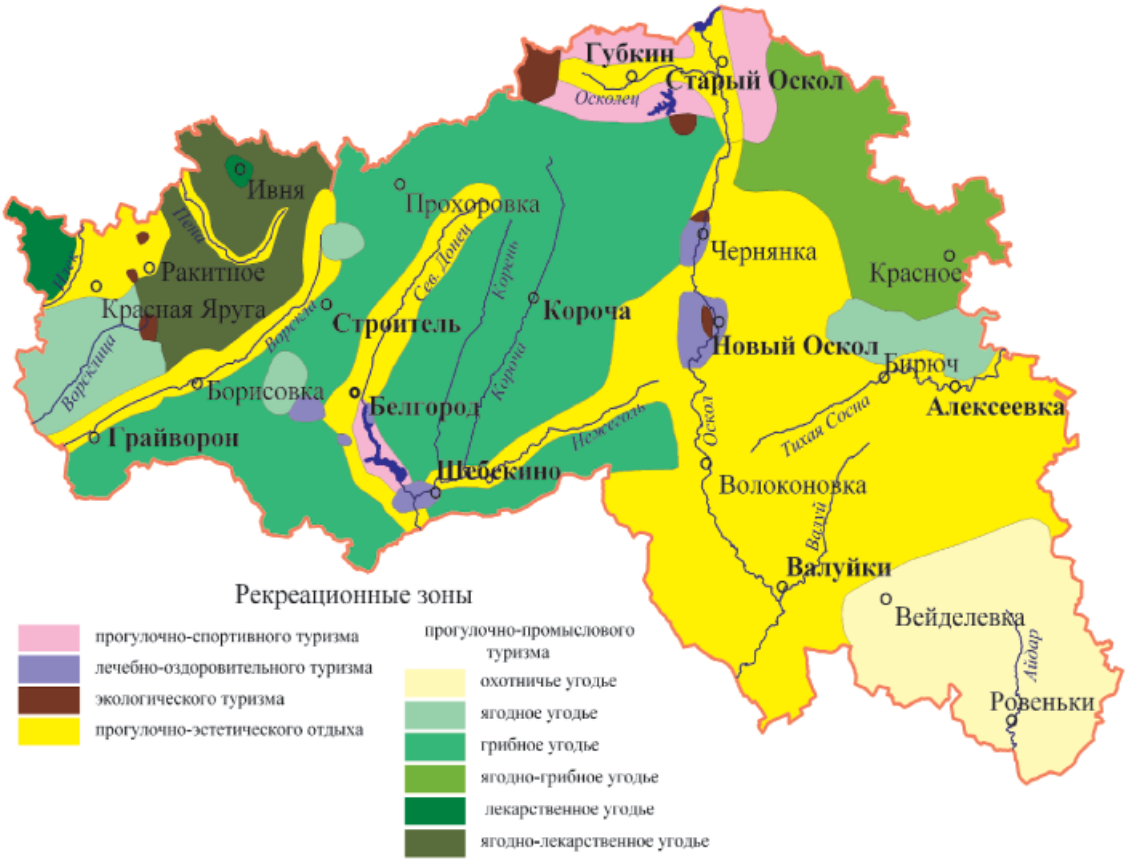
В результате были получены картографические модели, отражающие ценность лесных угодий по 5 направлениям рекреационного использования:

1) прогулочно-промыслового;
2) прогулочно-эстетического;
3) прогулочно-спортивного;
4) экологического туризма;
5) лечебно-оздоровительного отдыха.

В дальнейшем для осуществления рекреационного зонирования было осуществлено их слияние и получена многослойная картографическая отражающая рекреационные особенности в использовании лесных угодий (рисунок).

Основная доля лесных территорий отводится под зону прогулочно-промыслового туризма. Она в Белгородской области представлена охотничьими, ягодными, грибными, лекарственными, ягодно-грибными и ягодно-лекарственными угодьями. Поскольку лесная зона позволяет использовать продукты побочного лесоводства не только для целей туризма, но и промышленных заготовок грибов, лекарственного и ягодного сырья.

Ягодные угодья представлены фрагментально в Алексеевском, Белгородском и Грайворонском лесхозах. Это территории высокой эстетической ценности с большим количеством полян, опушек и болот, в которых произрастают калина, рябина, терен, боярышник, шиповник и земляника.



Рекреационное зонирование лесных территорий Белгородской области

Лекарственные угодья располагаются в Краснояружском лесничестве Ракитянского лесхоза. Здесь собирают душицу, зверобой, череду, шалфей и другие виды лекарственных растений. Но основная доля земель лесного фонда данного лесхоза используется как лекарственно-ягодное угодье.

Белгородский, Шебекинский, Грайворонский и Старооскольский лесхозы в основном используются в качестве грибных угодий. Данная подзона располагается в пределах бассейнов рек Северский Донец, Нежеголь, Короча, Корень и зоны наилучшей транспортной доступности. Лесные территории в данных лесхозах имеют высокую рекреационную ценность, так как обладают сильными аттрактивными свойствами долин рек и естественными лесными массивами со значительным запасом промыслового сырья. Объектом промысла на данной территории являются опенок осенний, подосиновик, подберезовик, лисичка, сыроежка, а также экзотичный белый гриб.

Ягодно-грибные угодья располагаются в Шаталовском лесничестве Старооскольского лесхоза и Красненском лесничестве Новооскольского лесхоза.

В качестве охотничьего угодья используются лесные территории Ровеньского лесхоза. Здесь проводятся мероприятия по сохранению оптимальной численности животных и созданию благоприятных условий для их обитания. В данной подзоне располагают ландшафтами с низкой рекреационной ценностью. Использовать лесные территории Ровеньского лесхоза в качестве ягодных, грибных и лекарственных угодий не рекомендуется, поскольку здесь произрастает малое количество дикорастущих плодов, ягод, орехов, грибов и лекарственного сырья. В данной зоне лесные территории используются для пчеловодства.

Зона прогулочно-эстетического отдыха располагается на лесных территориях, входящих в состав всех лесхозов области, но основная доля прогулочных угодий располагается в Старооскольском, Новооскольском и Алексеевском лесхозах. Зона характеризуется высокой рекреационной ценностью, так как она обладает сильными аттрактивными свойствами в связи с тем, что располагается в долинах рек, отличается сильной овражно-балочной расчлененностью, распространением карстовых

воронок, степных блюдец, т.е. уникальным внешним обликом. Зона прогулочно-эстетического отдыха также имеет высокий культурно-исторический и экотуристический потенциал. Лесные территории данной зоны имеют ограничения по заготовке дикорастущих плодов и ягод, грибов, лекарственного сырья и меда. Это связано с тем, что эта территория подверглась радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Негативным моментом для развития рекреационной отрасли является слабо развитая рекреационная сеть.

Зона прогулочно-спортивного туризма располагается в лесопарковой части зеленых зон Белгородской и Старооскольско-Губкинской агломераций. Эта территория имеет хорошую и наилучшую транспортную доступность для жителей агломераций и благоустроена в рекреационных целях.

Зона экологического туризма приурочена к территориям, входящим в состав ООПТ. Это территории заповедных участков «Лес на Ворскле» – единственный сохранившийся до наших дней старовозрастный дубовый лес – возраст некоторых дубов достигает 300 лет, «Стенки Изгорья» – где распространяются меловые боры, «Ямская степь» – единственный в мире участок южного варианта луговых степей на мощных черноземах и «Лысые горы» – местообитание редких видов растений Среднерусской возвышенности, приуроченных к сообществам «сниженных Альп». Выделенная зона имеет высокий экотуристический потенциал и может использоваться для экологического просвещения местного населения [3, 5].

Зона лечебно-оздоровительного отдыха располагается на рекреационных землях лесного фонда. Для нее характерна высокая рекреационная ценность местности, наличие лечебно-оздоровительных ресурсов, развитая рекреационная сеть и наиболее благоприятная зона транспортной доступности. Лечебно-оздоровительный туризм в Белгородской области развивается на базе Белгородской водолечебницы и санаторно-курортных учреждений.

Результаты проведенной оценки дают основание утверждать, что лесные территории Белгородской области обладают высокой природной, ландшафтно-экологической и эстетической ценностью, что может способствовать функционированию и развитию различного вида туризма и различных видов отдыха.

Список литературы

1. Ананьев В.А. Система FORESTER для лесной отрасли // ARCREVIEW. – 2009 – № 3. – С. 18–19.

2. Королева И.С. Теория и методология рекреационной оценки лесных угодий с помощью ГИС-технологий // Сетевой научно-практический журнал «Научный результат» серия технологии бизнеса и сервиса. – 2015. – № 2. – С. 4–13.

3. Королева И.С., Петин А.Н, Павлюк Я.В. Применение ГИС-технологий для оценки экотуристического потенциала староосвоенного региона (на примере Белгородской области) // Сетевой научно-практический журнал «Научный результат» серия технологии бизнеса и сервиса. – 2015. – № 1. – С. 13–18.

4. Королева И.С. Рекреационная оценка лесных систем с применением ГИС-технологий // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 17 частях. – Тамбов, 2014. – С. 83–87.

5. Петин А.Н., Королева И.С. Ландшафтно-рекреационная оценка территории Белгородской области // География и туризм: сборник научных трудов. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный университет». – Пермь, 2006. – С. 164–171.

6. Yarashev K.S., Meliev B.A. Problems of studying and mapping paragenetic landscape complexes in Surkhandarya region European Science Review // Европейское научное обозрение – 2015 – № 3–4.

7. Gopchenko E.D., Romanchuk M.E., Pogorelova M.P. The influence of the afforestation and swampiness on the design characteristics of the spring flood peak flowin the river Pripyat basin // Европейское научное обозрение – 2015 – № 1–2.

8. Volkova T.A., Antipceva J.O., Mishchenko A. Prospects of preservation and present condition of geological and geomorphological sites of tourist interest in Krasnodar region // Европейское научное обозрение – 2014 – № 9–10.

УДК 624.139

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ БАШЕННЫХ КОПРОВ НА АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ РУДНИКАХ В ЯКУТИИ

[1]Курилко А.С., [2]Дроздов А.В., [1]Соловьев Д.Е., [2]Мельников А.И., [1]Хохлов Ю.А.

[1]ФГБУН «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского» СО РАН, Якутск, e-mail: mel@crust.irk.ru;

[2]ФГБУН «Институт земной коры» Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: drosdovav@list.ru

В настоящей статье представлены материалы по оптимизации систем управления устойчивостью башенных копров на подземных алмазодобывающих рудниках АК «АЛРОСА». Исследованиями по развитию деформаций пород при изменении температур установлено, что наибольшее влияние оказывают реологические процессы в зоне промерзания-протаивания. В соответствии с рекомендациями для эффективного промораживания грунтов необходимо принять температуру охлаждающей жидкости равную –20 °С. Максимальная температура грунтов, при которой можно начинать нагрузку на основание башенных копров, должна быть не выше –7 °С. В период эксплуатации сооружения, с учетом неоднородности грунтов и их засоленности, температуру в контролируемых точках следует поддерживать на уровне – 12–13 °С. Разработанная трехмерная математическая модель теплообмена грунтов под основанием башенных копров показала, что замораживающую систему в зависимости от температуры охлаждения и воздуха в стволе рекомендуется эксплуатироваться в цикличном режиме. Полученные значения температур пород в районе расположения свай фундамента башенных копров должны сверяться с результатами моделирования и при необходимости корректировать работу охлаждающих устройств для обеспечения требуемых температурных условий.

Ключевые слова: подземный рудник, геотермический контроль, температурный режим, мерзлые грунты

OPTIMISATION OF CONTROL SYSTEMS BY STABILITY TOWER ON DIAMOND-MINING MINES IN YAKUTIA

[1]Kurilko A.S., [2]Drozdov A.V., [1]Solovev D.E., [2]Melnikov A.I., [1]Khokhlov Yu.A.

[1]Institute mining of the North of N.V. Chersky of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Yakutsk, e-mail: mel@crust.irk.ru;

[2]Institute of the Earth's Crust Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Irkutsk, e-mail: drosdovav@list.ru

In the present article, materials on optimization of control systems by stability tower on underground diamond-mining mines AC «ALROSA» are presented. By researches on development of deformations of breeds at change of temperatures, it is established that the greatest influence render rheological processes in a zone frost penetration-thraw through. According to recommendations for effective expose to frost soils it is necessary to accept temperature of a cooling liquid equal – 20 °C. The maximum temperature soils at which it is possible to begin loading on the basis tower makes not above – 7 °C. In construction operation, taking into account heterogeneity soils and their salinities, the temperature in controllable points should be supported at level – 12–13 °C. The developed three-dimensional mathematical model of heat exchange soils under the basis tower has shown that freezing system depending on cooling and air temperature in a trunk it is recommended to be maintained in a cyclic mode. The received values of temperatures of breeds around an arrangement of piles of the base tower should will be verified with results of modelling, and if necessary to correct work of cooling devices for maintenance of demanded temperature conditions.

Keywords: underground mine, geothermal control, a temperature mode, frozen ground

Эксплуатация различных инженерных сооружений в районах криолитозоны осуществляется в основном с сохранением грунтов основания в мёрзлом состоянии. Для сохранения мерзлоты и, как следствие, несущей способности пород в период эксплуатации башенных копров алмазодобывающих рудников Якутии на каждом стволе предусмотрена замораживающая установка. В этом случае возникает неординарная задача, связанная с управлением процесса охлаждения грунтовых оснований, т.е. добиться необходимой несущей способности свайных полей, а также не допустить разрушения бетонной и тюбинговой крепи стволов из-за негативных воздействий напряжений, возникающих при промерзании [1].

Тепловой режим оснований копров шахтных стволов отличается от такового в других зданиях тем, что кроме вертикальных тепловых потоков в них существенную роль играет горизонтальный теплообмен от ствола, в который в зимнее время подается подогретый воздух. Понятие «система управления устойчивостью копра» над стволом подземного рудника включает

в себя две подсистемы: замораживающую установку, состоящую из замораживающих устройств и станции, и термометрический комплекс, состоящий из термометрических скважин и пункта оператора. Основной целью данных исследований являлась разработка регламентов по режиму работы замораживающих станций на период эксплуатации шахтных стволов на рудниках АК «АЛРОСА». Основным методом исследования принят метод математического моделирования термомеханического состояния оснований фундаментов копров, т.е. температурных полей и связанных с ними несущих способностей свай [3].

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов исследований по развитию горизонтальных сдвижений грунта при его охлаждении вокруг устьевой части ствола показал, что наибольшее влияние оказывают реологические процессы деформирования в зоне промерзания-протаивания [6]. Активный рост смещений горных пород наблюдается в момент деградации мерзлоты. Для предотвращения деформирования и разрушения крепи ствола сдвиговыми напряжениями, возникающими в процессе замерзания грунтов в закрепном пространстве, необходимо наличие в нем демпфирующей талой кольцеобразной зоны.

При строительстве шахтных стволов на рудниках наблюдаются активные процессы обводнения и засоления грунтов на участках расположения башенных копров при подъеме горной массы, вынимаемой из подмерзлотных водоносных горизонтов. Для обеспечения устойчивости сооружений необходимо заморозить обводненный интервал, особенно в районе свайных фундаментов, с помощью систем охлаждения. При этом возникает необходимость оценки температурного и концентрационного состояния засоленных отложений, как в естественных условиях, так и при техногенном воздействии. Основной акцент при таких исследованиях сделан на разработку математических моделей и алгоритма их реализации для расчета температурного режима засоленных образований, находящихся в зоне действия годовых теплооборотов.

Башенные копры, возводимые над стволами, являются главными горнотехническими сооружениями шахтных комплексов, определяющими эффективность работы строящихся и эксплуатируемых предприятий. Расчет крепи шахтных стволов глубиной до 50 м или их устьев регламентируется действующим СНиП [4], предусматривающим определение нормативных и расчетных нагрузок на крепь с учетом пригрузки от сооружений, расположенных вблизи ствола, а также с учетом материала и установления размеров крепи. Для мерзлого состояния грунтов, полученного в результате замораживания верхней части растепленного массива, необходимо оценить их термомеханическое влияние на крепь устьевой части ствола. При оставлении небольшой зоны оттаивания между замороженным массивом и крепью ствола грунты в зоне оттаивания будут деформироваться в жесткопластическом режиме.

Жесткопластическая модель деформирования пород предусматривает образование двух зон в массиве вокруг подземной выработки: примыкающий к породному обнажению участок неупругих деформаций и остальная область, деформирующаяся по закону Гука. Однако жесткопластическая модель предполагает такое взаимодействие пород с крепью выработки, когда неупругие деформации обнажения во много раз превосходят по величине упругие смещения. При этом блок, находящийся за зоной неупругих деформаций, рассматривается как твердое тело, упругие подвижки которого не оказывают механического влияния на пластическое сдвижение участков неупругих деформаций.

В зависимости от размеров области неупругих деформаций возможно образование устойчивых сводов равновесия разрушенных горных пород. Параметры сводов определяются в основном размерами поперечного сечения шахтного ствола. Применение жесткопластической модели к расчету нагрузки на крепь ствола можно считать обоснованным в аспекте развития геомеханических процессов в массиве пород вокруг выработки. Нагрузка на крепь ствола будет определяться размерами сводов устойчивого равновесия. При этом мощность толщи пород практически не влияет на параметры нагрузки на крепь выработки.

Криогенный массив представляет собой многофазную систему, состоящую из незамерзшей воды, газообразных веществ в порах, льда, минерального скелета горных пород. Известно, что многолетнемерзлые грунты обладают высокой прочностью за счет цементирующего действия замерзшей воды в порах и трещинах массива. В процессе эксплуатации горных выработок мерзлое состояние толщи обеспечивает длительное время устойчивость породного обнажения выработки, что позволяет их проходить без крепления при условии сохранения отрицательного температурного режима вскрываемой толщи.

Во всех расчетных схемах основным условием деформирования является уравнение совместности перемещений выше указанных систем, из которого находятся выражения для расчета нагрузок на крепь шахтного ствола. Анализ расчетов показал, что при повышении температуры пород от –24 °С до нулевой отметки смещение породного массива увеличивается на 1,0...1,5 мм. На основе этих результатов делается вывод, что нагрузка на абсолютно жесткую крепь составит 3,5...4,0 МПа, а с учетом податливости крепи – до 0,7 МПа [5].

Анализ результатов расчетов показывает существенное влияние глубины протаивания вокруг ствола на величину нагрузки на крепь выработки. С другой стороны, протяженность выработки так же значительно влияет на параметры нагрузки на крепь ствола при больших размерах зон протаивания. Как известно, механическое поведение мерзлых грунтов в значительной мере определяется развитием термодинамических, тепломассообменных, химических, физико-химических процессов жидкой, газообразной и твердой фазы в породном массиве. В процессе нагружения минеральный скелет проявляет разные виды деформирования (упругое, пластическое, вязкое). Учитывая значительную область деформирования горных пород вокруг выработки, в зависимости от параметров распределения напряженного и прочностного состояния породного массива, можно предположить одновременность протекания разных видов деформаций в разных точках приконтурного слоя.

На алмазодобывающих рудниках, как правило, сооружают свайное основание с проветриваемым подпольем при глубоком охлаждении грунтов, используемых в качестве фундаментов башенных копров [5], которое обеспечивается замораживающей системой, состоящей из охлаждающих устройств различного типа и термометрической станции для контроля температурного состояния прилегающего массива. При этом рекомендуется оставлять талую зону вокруг ствола мощностью 0,5–1,0 м, что должно предотвратить разрушающие нагрузки на крепь ствола при полном промораживании пород.

Максимальные расчетные нагрузки на крепь устьевой части шахтного ствола значительно ниже ее несущей способности, что обеспечивает нормальную эксплуатацию ствола при замороженном основании копра. При минимальной прочности монолитного бетона на сжатие 10–15 МПа вероятность возникновения разрушения крепи по причине температурных напряжений исключена из-за небольшого температурного градиента. Температурные напряжения, кроме сжимающих нагрузок, оказывают также растягивающий эффект в бетонной крепи. Предел прочности на растяжение бетона составляет до 2 МПа. Тогда возможно появление зон разрушения бетона в местах максимальных температурных напряжений. Это отмечается в основном на внутренней поверхности бетонной крепи, которая может проявляться в виде шелушений, отколов и трещинообразования на ее поверхности. Таким образом, результаты оценок нагрузок на крепь устьевой части шахтного стола показывают, что при правильной организации функционирования замораживающей станции термомеханическое состояние грунтов не оказывает существенного влияния на формирование нагрузок на крепь устьевой части сооружения. Несущая способность крепи устьевой части шахтного ствола обеспечивает в данных геотермических состояниях его нормальную эксплуатацию.

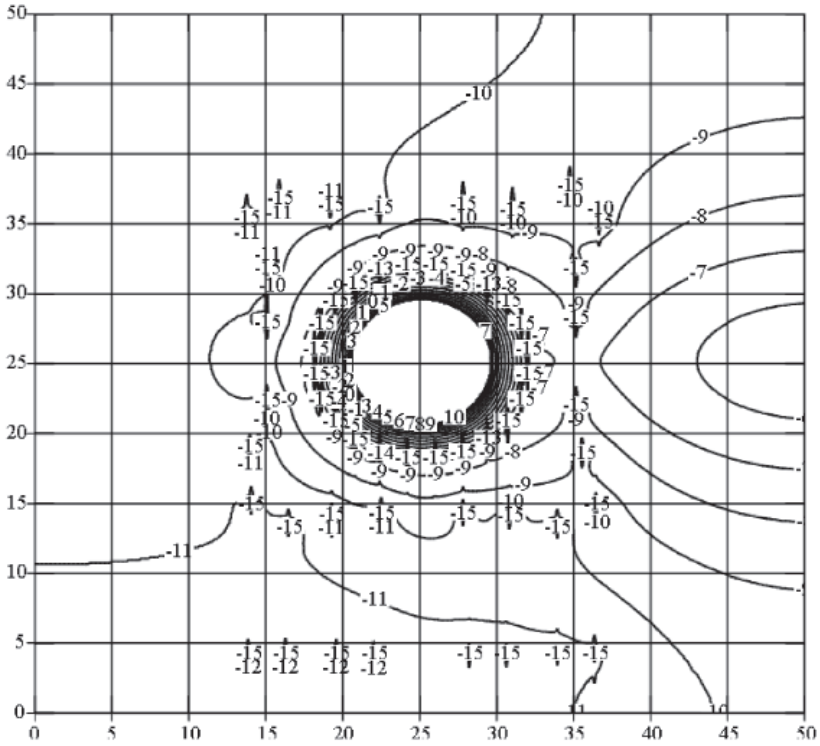
Для прогноза тепловых условий выделим расчетную область, которая учитывает наличие вентиляционного канала, который примыкает к стволу и через него подается теплый рудничный воздух. Постановку модельной задачи осуществим с учетом процессов промерзания-протаивания влаги в горных породах, теплообмена охлаждающих устройств с окружающим породным массивом, а также воздуха с внутренней поверхностью ствола и вентканала, влияния дневной поверхности. При численном эксперименте обычно задают различные значения параметров, изменяется ширина диапазона температур фазового перехода. Мощность и средняя температура тепловыделителя остаются постоянными, а меняется вид функции плотности распределения тепла. При этом идентифицированные расчетные формулы учитывают реальный процесс промерзания-протаивания порового раствора. Преимуществом данного подхода является то, что отсутствует необходимость выбора параметра сглаживания. Данный подход позволяет строить разностные схемы со сглаженными коэффициентами, т.е. совершается переход к обычной задаче теплопроводности. Численная реализация нелинейной задачи осуществляется с помощью итерационных методов сквозного счета, что намного упрощает процесс решения задач тепломассообмена в мерзлых грунтах при использовании аддитивных локально-одномерных разностных схем.

Для решения трехмерной задачи теплообмена использован метод суммарной аппроксимации [2, 7], который сводит

исходную задачу к последовательности одномерных задач. При этом разностные схемы удовлетворяют условиям аппроксимации и устойчивости только в конечном счете. На каждом временном слое решается последовательность одномерных задач. Все системы разностных уравнений выводятся с учетом геометрии рассматриваемой области. Система разностных уравнений решается методом простой итерации с применением метода прогонки. Полученный результат является искомым решением на новом временном слое.

С началом работы замораживающих систем необходимо организовать процесс таким образом, чтобы не допустить промораживания пород демпфирующей зоны и в то же время поддерживать мерзлое состояние свайного фундамента, обеспечивая при этом его несущую способность. Для решения этой задачи проведены масштабные вычислительные эксперименты на специально разработанной математической модели. Модель позволяет рассчитать температурный режим пород, окружающих ствол, с учетом режима работы замораживающей системы и размеров ореолов протаивания вокруг него, а также определить несущую способность каждой сваи в зависимости от температурных условий грунтов и степени их засоленности. При выполнении расчетов были рассмотрены различные режимы работы замораживающей системы. При моделировании рассмотрены две температуры охлаждения –15 и –20 °С, а также три температуры в стволе: +5, +10 и +15 °С. В результате вычислительных экспериментов выбраны наиболее рациональные режимы работы замораживающей системы, при которых обеспечивается наличие демпфирующего талого кольца размером не менее 0,5 м.

При температуре в стволе +10 °С и температуре замораживания –15 °С был выбран оптимальный вариант, когда замораживающая система работает в течение 5 месяцев, с последующим месячным отключением, после которого вновь включается в работу на тот же срок. На рисунке приведены температурные изолинии, полученные по результатам проведенных расчетов температурных полей вокруг ее, по горизонтальной плоскости на глубинах 14 м. Как видно из рисунка, на глубине 14 м вокруг ствола при таком режиме работы замораживающей станции через 4 года может быть образована кольцеобразная мерзлая зона с температурой пород –10 °С, а на глубине 27 м – такая же зона с температурой –6…–8 °С. Из графика видно, что существенное тепловое влияние на окружающий породный массив стволов оказывает вентканал, температура пород вокруг которого не превышает –1…–3 °С.



Температурное поле вокруг ствола ВВС рудника «Удачный» на конец четвертого года эксплуатации замораживающей системы (глубина 14 м)

Согласно выполненным расчетам, температуру замораживающей жидкости следует поддерживать не выше –15 °С. Контроль температуры грунтов вокруг шахтного ствола необходимо осуществлять с использованием горизонтальных и вертикальных термометрических скважин, специально оснащенных гирляндами датчиков. Замораживающая система, зависящая от температур охлаждения и воздуха в стволе, должна эксплуатироваться в цикличном режиме. Рациональные режимы работы замораживающей системы, по результатам модельных расчетов, приведены в таблице.

Режимы эксплуатации системы охлаждения в зависимости от температур замораживания и воздуха в стволе

Температура воздуха в стволе, °С	Температура замораживания, °С	
	–15	–20
5	0,5 + 2,5	0,5 + 3,5
10	5 + 1	2 + 2
15	5 + 1	5 + 1

Примечание. (5 + 1) означает, что замораживающая система работает 5 месяцев, а на 1 месяц отключена.

При эксплуатации стволов необходим постоянный контроль динамики размеров ореолов демпфирующей зоны для оптимизации работы замораживающей системы. Установлено, что изменения несущих способностей свай носят сезонный характер: зимой происходит их повышение, а летом, наоборот, – снижение. Рассчитанные значения несущих способностей свай, на которые опирается фундамент копра, изменяются в пределах от 400 до 900 тонн, что превышает проектные значения. Для оценки температурных полей в верхней части приствольного пространства необходим мониторинг состояния грунтов в районе вентканала, а при необходимости рекомендуется установка дополнительных замораживающих устройств. Кроме этого, основным требованием является обеспечение постоянного мониторинга температур приповерхностного массива в течение всего периода эксплуатации ствола. Полученные значения температуры грунтов в районе расположения свай фундамента необходимы для выбора оптимального режима функционирования замораживающей системы.

Выводы

Анализ результатов проведенных исследований по развитию горизонтальных деформаций грунта при изменении температур вокруг устьевой части ствола показал, что наибольшее влияние оказывают реологические процессы деформирования в зоне промерзания-протаивания. В соответствии с рекомендациями для эффективного промораживания грунтов необходимо принять температуру охлаждающей жидкости равную –20 °С. Максимальная температура грунтов, при которой можно начинать нагрузку на основание башенных копров, составляет не выше –7 °С. В период эксплуатации сооружения, с учетом неоднородности грунтов и их засоленности, температуру в контролируемых точках следует поддерживать на уровне –12…–13 °С. Изменения несущих способностей свай вблизи копров носят сезонный характер, зимой происходит их повышение, а летом, наоборот – снижение. Поэтому необходим постоянный контроль за температурным режимом грунтов в околоствольном пространстве.

Следует отметить, что массив искусственно замороженных пород служит барьером и предотвращает миграцию солей, а также способствует снижению интенсивности тепломассообменных процессов. Поскольку на промплощадке в верхней части разреза имеются участки с повышенным содержанием солей, необходим мониторинг за состоянием и температурным режимом грунтов под основанием башенных копров. Разработанная трехмерная математическая модель теплообмена под основанием башенных копров показала, что замораживающую систему в зависимости от температуры охлаждения и воздуха в стволе рекомендуется эксплуатировать в цикличном режиме. Полученные значения температур пород в районе расположения свай фундамента башенных копров должны сверяться с результатами моделирования, и при необходимости корректировать работу охлаждающих устройств для обеспечения требуемых температурных условий.

Список литературы

1. Иудин М.М., Петров Е.Е. Взаимодействие многолетнемерзлого породного массива с крепью вертикального ствола. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. – 148 с.

2. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М., Наука, 1983. – 616 с.

3. Слепцов В.И., Мордовской С.Д., Изаксон В.Ю. Математическое моделирование теплообменных процессов в многолетнемерзлых горных породах. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 104 с.

4. СНиП II-94-80 Подземные горные выработки. – М.: Госстрой СССР, 1982.

5. СНиП 2.02.04-88. Основание и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М.: Госстрой СССР, 1990.

6. Попов В.И., Курилко А.С. Решение задач тепломассопереноса при промерзании – оттаивании горных пород с учетом уравнения фазового состояния поровой влаги. ГИАБ. – 2006. Тематическое приложение «Физика горных пород». – С. 236–244.

7. Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. – Новосибирск: Наука, 1967. – 196 с.

УДК 502.4

ИДЕНТИФИКАЦИЯ УСЛУГ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫМИ ПРИРОДНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ

[1]Литвинова А.А., [1]Игнатьева М.Н., [2]Коротеев Г.Д.

[1]ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург, e-mail: albalit2012@yandex.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», Екатеринбург, e-mail: ief.etp@m.ursmu.ru

Раскрыта значимость особо охраняемых территорий (ООПТ) для поддержания ландшафтно-экологического равновесия территории и особенности современной российской системы ООПТ. Дана классификация функций и услуг ООПТ. На основе анализа целей и задач, стоящих перед различными видами ООПТ, выделены две основные категории функций ООПТ: природоохранные и обеспечивающие, реализация которых формирует поток предоставляемых услуг: средообразующие (сохранение биоразнообразия) и эколого-стабилизирующие), рекреационные (рекреационно-информационные, рекреационно-средообразующие, рекреационно-продукционные), информационные (научно-информационные и эколого-просветительные) и продукционные. Подчеркивается приоритетность природоохранных функций ООПТ. Выявлена усредненная структура функциональных зон ООПТ северных регионов, проведена оценка интенсивности потока предоставляемых услуг природными комплексами функциональных зон различных видов ООПТ, предложен коэффициент природоохранной ценности функциональных зон. Сделан вывод об обусловленности оценки общей ценности ООПТ ценностью потока услуг, предоставляемых ими.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, экосистемные услуги, функциональные зоны, ценность

IDENTIFICATION OF THE SERVICES PROVIDED BY SPECIALLY PROTECTED NATURAL RESERVATIONS

[1]Litvinova A.A., [1]Ignateva M.N., [2]Koroteev G.D.

[1]Institute of Economics the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, e-mail: albalit2012@yandex.ru;

[2]Ural State Mining University, Ekaterinburg, e-mail: ief.etp@m.ursmu.ru

The importance of specially protected natural reservations (SPNR) to maintain the landscape and the ecological balance of the territory and the particular qualities of the modern Russian system of SPNP are revealed. We produce a new classification of the functions and services of SPNR. Based on the analysis of the objectives and tasks of the different SPNA we highlight two main categories of functions of SPNA: environment-oriented and providing (the implementation of which forms the flow of services): habitat-forming (conservation of biodiversity and eco-stabilizing), recreational (recreational and informational, recreational and habitat-forming, recreational and productional), informational (scientific and informational and environmental and educational) and productional. The priority of environment-oriented functions of SPNA emphasizes. The average structure of functional spaces of SPNA of the northern regions is revealed, we assess the intensity of the flow of services provided by natural systems of functional spaces of different SPNA and offers the coefficient of environment-oriented value of the functional spaces. The article concludes that the value of services flow provided by SPNA governs the assessment of overall value.

Keywords: specially protected natural reservations (SPNR), ecosystem services, functional space, value

Большую роль в предотвращении или снижении вреда, причиняемого природе хозяйственной деятельностью, и сохранении или создании благоприятных условий жизнедеятельности человека принадлежит формированию сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Рост признания значимости ООПТ требует обобщения, анализа и обоснования направлений совершенствования методического инструментария экономической оценки ООПТ, представляющей собой неотъемлемый элемент механизма управления ООПТ.

Целью проведения настоящего исследования является идентификация выполняемых функций ООПТ и предоставляемых ими услуг на базе раскрытия особенностей современной российской системы ООПТ, выявления специфики предоставления услуг в рамках функциональных зон ООПТ.

Результаты исследований и их обсуждение

В современных условиях наблюдается существенное изменение в развитии сети ООПТ. С экологической и государственной точек зрения заповедование территорий является переходом к более высокой и социально значимой форме природопользования, а не «изъятием из хозяйственного

оборота» природных ресурсов [6], т.е. природные территории ООПТ не изымаются из хозяйственного оборота, а включаются в более высокоэффективную нетрадиционную форму хозяйства, имеющую высшие эколого-социально-экономические цели. К особенностям современной российской системы ООПТ следует отнести:

– рассмотрение сохранения природы в рамках ООПТ в качестве одного из направлений рационального природопользования, неразрывно связанного с ресурсоиспользованием и ресурсопотреблением;

– превалирование научных и природоохранных приоритетов в задачах управления ООПТ различных уровней;

– включение в число первоочередных задач системы ООПТ сохранения биоразнообразия, как видового, так и экосистемного;

– признание высокой значимости эколого-стабилизирующих услуг природных систем ООПТ, способствующих поддержанию жизнеобеспечивающих процессов и систем, необходимых для человека и его развития;

– создание сети ООПТ с позиции формирования экологического каркаса, состоящего из крупных резерватов, соединенных экологическими коридорами, ориентированного на поддержание ландшафтно-экологического равновесия территории;

– интеграция деятельности ООПТ в региональное социально-экономическое развитие, предполагающая: комплексный учет всей природоохранной ценности ООПТ; расширение комплекса туристско-рекреационных услуг, способствующее развитию региона в результате увеличения доходной части региональных бюджетов за счет вносимых налогов; получение выгод местным населением от соседства с ООПТ; учет потребностей коренных малочисленных народов в использовании природных ресурсов; увеличение собственных средств ООПТ за счет развития туристско-рекреационной деятельности и взаимодействия с бизнес-структурами [2].

Для экономической оценки ценности ООПТ важным этапом является идентификация выполняемых функций ООПТ и предоставляемых ими услуг, а также определение получателей выгод (доходов) от потребления услуг. Анализ существующих классификаций экосистемных услуг [4] и опыта экономической оценки ООПТ [3, 5], систематизация целей и задач, стоящих перед различными видами ООПТ, позволили выделить две основные категории функций ООПТ: природоохранные и обеспечивающие, реализация которых обуславливает совокупность услуг, предоставляемых ООПТ (табл. 1). Считаем, что к приоритетным функциям ООПТ относятся природоохранные функции. В соответствии с «Методикой оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем», разработанной WWF России, выделяют пять основных природоохранных функций ООПТ: эталонную, рефугиумную, «монументальную», резерватную, и эколого-стабилизационную [8]. Реализация эталонной, рефугиумной, «монументальной» и резерватной функций являются основой предоставления ООПТ услуги по сохранению биологического разнообразия.

Эколого-стабилизирующая функция заключается в предоставлении природными комплексами ООПТ различного рода экосистемных услуг (ЭУ), значимых для окружающих ее и (или) для более удаленных территорий. В качестве основных видов ЭУ ООПТ выделяются: регулирующие (климаторегулирующая, стабилизация состава атмосферы, водорегулирующая, регулирование криогенных процессов, ассимиляционная) и защитные (противоэрозионная, почвозащитная, берего- и склонозащитная, теплоизоляционная и др.). В настоящее время поддерживающие услуги (почвообразование, фотосинтез, биогеохимические циклы и пр.) не рассматриваются в качестве ЭУ. Они характеризуются как часть основополагающих структур, процессов и функций, характеризующих экосистемы [1, с. 85]. Считается, что ключевым фактором эффективности и устойчивости выполнения природными комплексами эколого-стабилизирующей функции является биологическое разнообразие [7].

Реализация всего комплекса природоохранных функций формирует предоставляемые ООПТ *средообразующие услуги*, включающие компоненты: сохранения биологического разнообразия и эколого-стабилизирующие услуги (депонирования углерода, регулирования количества и качества воды и пр.). К основным получателям выгод от потребления средообразующих услуг относятся как мировое сообщество, так и отрасли экономики региона и сопредельных территорий. Само наличие средообразующих услуг природных комплексов ООПТ обуславливает:

– поддержание экологического равновесия (баланса) региона, способствующего устойчивому экономическому развитию региона;

Таблица 1

Функции и услуги ООПТ

Функции ООПТ	Услуги ООПТ
I Природоохранные:	I Средообразующие:
эталонная	Ia сохранение биоразнообразия
рефугиумная	
резерватная	
«монументальная»	
эколого-стабилизирующая	Iб эколого-стабилизирующие:
	регулирующие
	защитные
II Обеспечивающие	II Обеспечивающие
	IIа рекреационные
	рекреационно-информационные
	рекреационно-средообразующие
	рекреационно-продукционные
	IIб информационные
	научно-информационные
	эколого-просветительные
	IIв продукционные (лесные, рыбные, ресурсы, дикоросы, охотничьи ресурсы и др.)

– повышение продуктивности природных комплексов прилегающих территорий (сельскохозяйственных угодий, лесных, охотничьих угодий);

– уменьшение негативных процессов в сопредельных экосистемах вследствие их взаимосвязи и взаимозависимости;

– повышение рекреационной привлекательности прилегающих территорий;

– глобальную значимость сохранения ненарушенных и малонарушенных природных комплексов, редких и исчезающих видов растений и животных, уникальных природных объектов.

Кроме природоохранных функций природные комплексы ООПТ выполняют и обеспечивающие функции по удовлетворению нематериальных потребностей человека (предоставление рекреационных и информационных услуг), а также материальных потребностей (предоставление продукционных услуг). *Рекреационные услуги* ООПТ предоставляются рекреантам в процессе осуществления ими активного отдыха и (либо) различных видов туризма: экологического, в том числе познавательного, водного; охотничьего; природно-этнографического, орнитологического, научного и др. К основным получателям выгод (доходов) от потребления рекреационных услуг относятся рекреанты и поставщики рекреационных услуг (ООПТ, бизнес-структуры, местные жители, родовые общины КМНС). Данный вид услуг включает компоненты: рекреационно-информационные услуги (информация о структуре и функционировании природных систем, красивые пейзажи, разнообразная природа, наблюдение за животными и пр.); рекреационно-средообразующие (оздоровительный эффект отдыха и туризма на природе); рекреационно-продукционные (регламентированный и контролируемый сбор дикоросов, вылов рыбы, охота).

Информационные услуги ООПТ включают компоненты: научно-информационные и эколого-просветительные услуги. Научно-информационные услуги базируются на проводимой ООПТ научно-исследовательской деятельности, направленной на изучение природных комплексов и объектов, инвентаризацию животного и растительного мира, формирование научных фондов (архивных, коллекционных, музейных и библиотечных, генетических банков и др.), разработку и внедрение научных методов сохранения биологического разнообразия и пр. *Эколого-просветительные услуги* направлены на обеспечение поддержки идей природно-заповедного дела широкими слоями населения, формирования экологического сознания и развития экологической культуры населения (выпуск и реализация издательской продукции пропагандистского и научно-популярного природоохранного профиля, организация и проведению студенческих и школьных экологических практик и пр.).

Продукционные услуги ООПТ характеризуют потоки прямого использования возобновимых природных ресурсов в объемах, предусмотренных положениями об ООПТ (заготовка дров и деловой древесины, сбор дикоросов, любительский лов и охота и пр.).

Разные типы ООПТ предоставляют в различной степени интенсивности средообразующие и обеспечивающие услуги в зависимости от функционального зонирования их территорий. В табл. 2 представлены данные экспертной оценки значимости предоставляемого ООПТ потока услуг. Так, заповедники предоставляют в полной мере весь комплекс средообразующих услуг. Полноценное предоставление средообразующих услуг в национальных и природных парках относится только к заповедным и особо охраняемым зонам. Рекреационные зоны и зоны традиционного природопользования (зоны хозяйственной деятельности КМНС, находящиеся в большинстве случаев в рекреационных зонах), как правило, не включают в себя особо ценные для охраны природные комплексы. Поэтому для этих зон ценность услуги по сохранению биоразнообразия ниже, чем у заповедных и особо охраняемых зон, но предоставление эколого-стабилизирующих услуг сохраняется практически в полном объеме, вследствие целостности природного комплекса парков. Зоны хозяйственного назначения (нужды парка, в том числе для обслуживания посетителей) не предоставляют услуги по сохранению биоразнообразия, а ценность предоставления эколого-стабилизирующих услуг значительно снижена. Заказники наряду с предоставлением эколого-стабилизирующих услуг предоставляют услуги по сохранению биоразнообразия в части реализации резерватной и рефугиумной функций. Памятники природы главным образом предоставляют услуги по сохранению биоразнообразия в части реализации «монументальной» функции. Предоставление эколого-стабилизационных услуг характерно для ландшафтных природных памятников.

Таблица 2

Услуги ООПТ

Наименование услуг		Тип ООПТ							
		Заповедник		Национальный парк, природный парк				Заказник	Памятник природы
		заповедная	хозяйственные участки	заповедная	особо охраняемая	рекреационная	хозяйственная зона		
1.	Средообразующие								
	– сохранение биоразнообразия:	++		++	++	+			
	эталонная								
	рефугиумная							++	
	резерватная							++	
	«монументальная»								++
	– эколого-стабилизирующие	++	+	++	++	++	+	++	+
2.	Рекреационные								
	– рекреационно-информационные	+		+	+	++			
	– рекреационно-средообразующие	+		+	+	++			
	– рекреационно-продукционные					++			
3.	Информационные								
	– научно-информационные	++		+	+				
	– эколого-просветительные	++		+	+				
4	Продукционная		+			+	+		

Примечания: ++ – высокая значимость; + – средняя значимость. При наличии в рекреационной зоне национального (природного) парка участков хозяйственной деятельности КМНС значимость продукционной услуги увеличивается.

Таблица 3

Структура функциональных зон ООПТ

Тип ООПТ и виды зон	Доля от площади ООПТ, %
Заповедники	
заповедная зона	95
зона хозяйственного назначения	5
Национальные, природные парки	
заповедная зона	15
особо охраняемая зона	35
зона традиционного природопользования	15
рекреационная зона	30
зона хозяйственного назначения	5

Предоставление широкого спектра *рекреационных услуг* принадлежит национальным и природным паркам, в силу основных задач, возлагаемых на них по созданию условий для регулируемого туризма и рекреации (отдыха) населения. В заповедниках в настоящее время внедряется познавательный туризм как один из видов экологического туризма. Предоставление заказниками рекреационных услуг регламентируется режимом его охраны. Для большинства заказников рекреационная деятельность не предусматривается.

Значимые научно-информационные и эколого-просветительные услуги предоставляют заповедники. Для национальных парков, отчасти и природных парков, важным элементом информационных услуг являются изучение историко-культурного наследия, предоставление информации, способствующей воспитанию у населения культурных традиций.

Предоставление продукционной (ресурсной) услуги в целом для всех ООПТ не входит в их задачи, но фактически данная услуга реализуется и поэтому должна учитываться при экономической оценке ООПТ.

На основании анализа материалов по функциональному зонированию ООПТ ХМАО, ЯНАО, Мурманской области, Республики Карелии, Республики Коми, Камчатки выявлена усредненная структура функциональных зон (табл. 3). На основе анализа значимости реализации природоохранных функций и выявленной структуры функциональных зон различных видов ООПТ предлагаются относительные коэффициенты природоохранной ценности функциональных зон $K_ф$ (табл. 4).

Таблица 4

Рекомендуемые коэффициенты природоохранной ценности функциональных зон

Тип ООПТ и виды зон	Значение $K_ф$, б/р
Заповедники	1,0
Национальные, природные парки	
заповедные, особо охраняемые зоны	1,0
зона традиционного природопользования	0,9
рекреационная зона	0,8
зона хозяйственного назначения	0,5
Заказники:	
Комплексные (ландшафтные) с изъятием земли	1,0
Комплексные (ландшафтные) без изъятия земли	0,8
Остальные (кроме комплексных) с изъятием земли	0,9
Остальные (кроме комплексных) без изъятия земли	0,7
Памятники природы	1,0

Заключение

Полученные знания по идентификации услуг, предоставляемых природными комплексами ООПТ, позволят производить следующий этап: общую экономическую оценку ООПТ, базирующуюся на оценке всей совокупности предоставляемых ими услуг.

Статья подготовлена в рамках и при финансовой поддержке гранта РНФ № 14-18-00456 «Обоснование геоэкосоциоэкономического подхода к освоению стратегического природно-ресурсного потенциала северных малоизученных территорий в рамках инвестиционного проекта "Арктика – Центральная Азия"».

Список литературы

1. Груневальд К., Бастиан О., Дроздов (ред). TEEB процессы и экосистемные оценки в Германии, России и в некоторых других странах Евразии, 2014. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript_372.pdf (дата обращения: 28.02.2016).

2. Концепция развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 года / утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2011 г. № 2322-р.

3. Литвинова А.А., Игнатьева М.Н., Власова Л.В. Опыт экономической оценки особо охраняемых природных территорий // Известия УГГУ. – 2015. – № 3(39). – С. 57–62.

4. Литвинова А.А., Игнатьева М.Н., Коротеев Г.Д. Понятие экосистемных функций и услуг // Экономика и социум. – 2016. – Вып. № 3(22) (март, 2016) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://iupr.ru/domains_data/files/zurnal_22/LITVINOVA A.A.pdf (дата обращения 05.04.2016).

5. Литвинова А.А., Игнатьева М.Н., Морозова Л.М. Методические подходы к обоснованию создания сети особо охраняемых природных территорий // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 10(140). – С. 83–85.

6. Методические указания по проектированию государственных природных заповедников / утв. Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 13 мая 1994 г. (п. 1.7).

7. Павлов Д.С., Букварева Е.Н.. Биоразнообразие, экосистемные функции и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. – 2007. – Т. 77. – № 11. – С. 974–986.

8. Стишов М.С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. – М.: WWF России, 2012. – 284 с.

УДК 551.4 (571.5)

ИСТОРИЯ ОСВОЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИАНГАРЬЯ

Лопатина Д.Н.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: daryaneu@mail.ru

В данной статье рассматриваются исторические этапы хозяйственного освоения территории Приангарья с незапамятных времен до наших дней и вместе с тем характер воздействия человека на природные ландшафты, изменения их свойств под влиянием человеческой деятельности, характерные для каждого периода. Приангарье имеет многовековую историю освоения и сельскохозяйственного использования земель. Освоение сибирских регионов протекало неравномерно. В истории заселения и хозяйственного использования пространства и природных ресурсов, а также в интенсивности воздействия наблюдались как периоды упадка, так и периоды расцвета. Ознакомление с историей природопользования на территории района исследования необходимо, поскольку это является предпосылкой ландшафтного, географического и экологического исследования местности. Изучение истории освоения и характера использования земель позволяет объяснить многие моменты, которые невозможно определить по современному состоянию ландшафта.

Ключевые слова: Приангарье, история освоения и использования земель, земледелие, хозяйственная деятельность человека, истощение почвы, восстановление плодородия почвы

HISTORY OF LAND DEVELOPMENT AND LAND USE IN THE TERRITORY OF ANGARA REGION

Lopatina D.N.

V.B. Sochava Institute of geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: daryaneu@mail.ru

In this article are considered historical stages of land development in Angara region from time immemorial up to our days, and, at the same time, nature of mankind impact on natural landscapes, changes of their properties under the influence of human activity, characteristic of every period. Angara region has centuries-old history of development and agricultural use of lands. Development of the Siberian regions proceeded unevenly. In the history of settling and land use of the territory and natural resources, and also in intensity of influence both the decline periods, and the blossoming periods were observed. Acquaintance with environmental management history in the territory of the area of research is necessary as it is the prerequisite of landscape, geographical and ecological research of the district. Studying of history of development and nature of use of lands allows to explain many moments, which it is impossible to determine by a current state of a landscape.

Keywords: Angara region, history of land development and land use, agriculture, human activity, soil exhaustion, restoration of fertility of the soil

Заселение территории Приангарья началось в палеолите. Исследуемый регион населяли кочевые народы, которые занимались в основном рыболовством, охотой и собирательством – они использовали только богатую флору и фауну прибайкальских лесов, степей и рек, и не вносили значительных изменений в облик окружающей природной среды [7].

С приходом бронзового века связано появление земледелия и скотоводства. В бронзовом веке принято выделять несколько эпох:

1. Афанасьевская (конец III – начало II тысячелетия до н.э.).
2. Окуневская (первая половина II тысячелетия до н.э.).
3. Андроновская (середина II тысячелетия до н.э.).
4. Карасукская (XII–VII вв. до н.э.).

Но находки времен бронзового века в Приангарье малочисленны, если сравнивать с изобилием археологических находок времен эпохи, которую относят уже к железному веку – тагарской (VII–III вв. до н.э.).

Тагарская эпоха характеризуется периодом расцвета хозяйственной деятельности на большой территории Сибири – от Оби до берегов Байкала. На основании многочисленных археологических находок, обзора литературных данных исторических сводок было установлено, что в тагарскую эпоху, в III–II вв. до н.э. на территории Сибири сформировалось раннеклассовое государство [5; 4].

В китайских хрониках указано, что около 1300–1000 гг. до н.э. в Забайкалье пришел вытесненный китайцами из Северного Китая народ – Динлин. Этот народ затем продвинулся гораздо дальше Забайкалья – на запад и занял также Прибайкалье и Минусинский край.

Динлины применяли очень эффективное и продуктивное мотыжное земледелие (в основном по речным долинам) в сочетании с молочным скотоводством. Также они занимались добычей и выплавкой руд и обработкой металлов. Впервые на территории Сибири было применено орошение пашен и пастбищ, строились первые оросительные каналы.

С этого времени можно было сказать, что воздействие человека на природные комплексы стало уже гораздо более значительным, чем раньше – интенсивно стали использоваться природные ресурсы, для скотоводства и земледелия требовались обширные открытые площади, которые должны были создаваться сведением и распахиванием лесных территорий. Выпас скота оказывал существенное воздействие на степную и луговую растительность, изменяя ее природное состояние – беднело видовое разнообразие, в определенных местах растительность становилась более разреженной. На пашнях естественная растительность заменялась культурной.

В распаханных почвах перемешивались генетические горизонты, постепенно истощался запас гумуса, нарушалась структура почвы, а также почва становилась более, чем до распашки, подвержена эрозионным процессам. Благодаря изобилию свободных земель долгое время господствовала примитивная система земледелия. Использовались одни и те же участки земли до полного истощения почв, а затем распахивались новые.

В 201 г. до н.э. государство народа Динлин было разгромлено гуннами. С 201 г. до н.э. до 4–5 вв. н.э. в Забайкалье и южном Прибайкалье один за другим сменяли друг друга множество кочевых скотоводческих племен, которые лишь частично занимались земледелием и почти не вносили изменений в облик природной среды.

Исторические сводки [7; 3] описывают появление в Прибайкалье примерно в 4–5 вв. н.э. тюркского народа – курыкан. Этот народ плотно заселил берега Байкала и распространился по Ангаре до Балаганска, а по Лене – до Жигалова. Курыканы занимались земледелием, которое по тем временам было очень высокоразвитым и высокопродуктивным. Значительная часть территории была распахана – остатки древних пашен были обнаружены археологами во многих местах – в Приольхонье, на реке Куда и др. Но кроме земледелия курыканы занимались разведением домашнего скота, охотой, собирательством, ловлей рыбы.

О жизни и деятельности курыкан мы узнаем не только из письменных источников, а еще по археологическим находкам, по раскопкам поселений, городищ, стоянок и могильников. Кроме всего этого найдено множество наскальных рисунков, отражающих занятия этого народа. Например, писаницы шишкинских скал (Качугский район, вблизи деревни Шишкино) иллюстрируют множество видов деятельности, показывают, что одним из главных занятий курыкан было скотоводство, а его главной направленностью являлось табунное коневодство. Большинство наскальных рисунков на шишкинских скалах изображают лошадей и всадников. Кроме лошадей курыканы занимались разведением крупного рогатого скота, овец, верблюдов [6].

Важно было обеспечивать стадам хорошие летние пастбища в засушливых районах, а потому курыканами стало применяться искусственное орошение для полива сенокосных угодий, пастбищ и полей. Следы этих оросительных систем были найдены в Кудинской степи, в Приольхонье. Также вблизи городищ с тех пор сохранились остатки древних пашен, они представляют собой длинные параллельные грядки. Обычно орудием вспашки являлась соха, а в качестве тягловой силы использовали быков и лошадей. Основной пищевой культурой курыкан было просо, хотя они также выращивали на полях и другие злаки – рожь, ячмень, пшеницу. Немалую роль в жизни курыкан играли также охота, ловля рыбы и собирательство.

На основании археологических раскопок был сделан вывод о том, что в начале 11 века на территорию Приангарья и южного Приленья переселилась большая группа кочевых монгольских племен из Забайкалья. Эти монголоязычные племена перемешались с частью курыканского народа и стали предками современных бурят, которые переняли от своих предков уже высокоразвитое земледелие и скотоводство. Другая часть курыкан переселилась севернее по Лене и дала начало возникновению якутского народа.

В связи с интенсивным использованием земель усилилась привязка человека к определенному месту – человек стал зависеть от свойств земли на локальной территории. Если люди, занимавшиеся охотой и собирательством, связывали свое существование с обширной территорией охотничьих угодий и мало зависели от свойств ландшафта на топическом уровне, то оседлые земледельцы должны были учитывать свойства именно на топическом уровне, так как каждый раз бросать обработанную, полностью истощенную почву и переселяться на новые места было им значительно труднее [4].

Русские, которые, как известно, начали освоение нынешней Иркутской области с севера по рекам Лене и Ангаре, появились в Приангарье в начале XVII века. Русское

освоение угодий под земледелие началось с северных районов области (территории нынешних Илимского, Киренского и др. районов), а южные лесостепные территории были заняты бурятским населением, которое занималось земледелием, хотя и не очень интенсивно, и скотоводством. В дальнейшем русскими интенсивно осваивались также степные и лесостепные земли на юге области – наиболее удобные, поскольку на их подготовку к обработке и их возделывание не требовалось больших затрат труда. Характерная особенность начального этапа заселения русских – быстрое земледельческое освоение территории вширь.

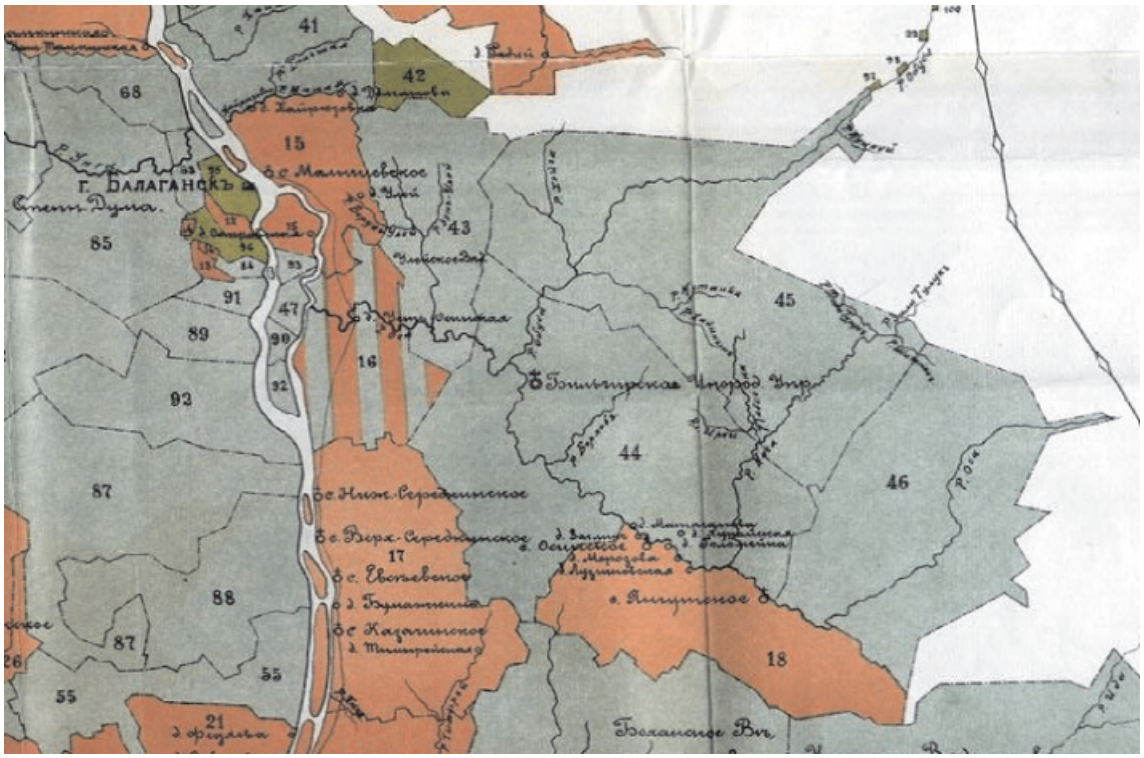
К приходу русских незалесенные пространства на юге нынешней Иркутской области были уже значительно расширены за счет сведения леса. Так как даже бурятское население, которое сравнительно мало внимания уделяло земледелию, все же нуждалось в увеличении открытых, свободных от леса пространств для создания обширных пастбищных угодий. С притоком русского населения многократно увеличилось уничтожение леса, и не только с целью очистить территорию для пахотных и пастбищных угодий, но еще и для целей потребления древесины, которое у русского населения было значительно больше, чем у бурятского.

На тот период взаимоотношения землепользования со структурой ландшафта стали терять обусловленный самыми верхними уровнями организации ландшафта характер. Если при охоте и собирательстве играли самую важную роль животный мир и растительный покров, а при земледелии – богатство и плодородие почв, характер поверхности и другие физико-географические условия, то теперь на первый план стали выходить другие свойства ландшафта, которые к его природе не имеют прямого отношения – близость ландшафта к населенным пунктам и основным путям сообщения, доступность его в разные сезоны [4].

На рисунке представлен фрагмент карты конца XIX века, на котором изображена часть территории данного исследования – лесостепь Верхнего Приангарья, со стороны юга современного Осинского района. Иркутская губерния на тот момент состояла из пяти округов. Южная часть Осинского района входила в Балаганский округ. На карте зеленым цветом изображены так называемые инородческие земли, то есть принадлежащие бурятскому народу, а красным – земли русского крестьянства. Как видно, русское крестьянство занимало малую часть современной сельскохозяйственной части Осинского района – только рядом с селом Янгутское, которое сейчас носит название Русские Янгуты.

В конце XIX – начале XX века заселение территории Приангарья русскими продолжалось. Главные центры заселения сформировались еще в предыдущие периоды, поэтому новых населенных пунктов уже не создавалось много. В основном происходило заселение территории от центров вглубь. Стали осваиваться земли не столь плодородные и не столь удобные для сельскохозяйственного использования, это совместно с постепенным истощением староосвоенных земель привело к общему ухудшению урожайности. В этот период успешное использование земель стало зависеть от давности их освоения [4]. Истощенные земли переводились в залежь, с частичным или полным прекращением использования, это происходило постоянно, так как почти на всей территории господствовала залежная система восстановления плодородия, а это заставляло население осваивать новые и новые земли, которые были все менее удобными для использования в земледелии.

В период с начала 1890-х годов до 1917 года была построена железная дорога, а также была приведена в порядок система переселения посредством создания в 1893 году Переселенческого управления. А до этого времени переселенцы в основном были предоставлены сами себе: при выборе места поселения некоторые из них пользовались информацией из рассказов людей, ранее уже побывавших в Сибири или же они ехали вслепую [8]. Никто заранее не проводил исследования пригодности заселяемых земель для использования в сельском хозяйстве. В.А. Степынин [8] пишет, что переселенцы в основной массе были знакомы с наиболее на тот момент совершенной системой земледелия и хорошими орудиями труда, в частности использовали плуг, унаваживали свои поля. Сибирские старожилы последовали их примеру, хотя раньше применение навоза они считали вредным. Несмотря на это, все равно выгоднее было восстанавливать плодородие земель через залежь, а удобрения применялись редко в тех местах, где имелся недостаток удобных и плодородных земель.



Фрагмент карты конца XIX века. Южная часть Балаганского округа [2]

В этот период (с 1890-х годов до 1917 года) началось интенсивное освоение подтаежной зоны, продолжалось размещение переселенцев в новых поселках, и теперь расселение и освоение новых территорий было централизованным и упорядоченным. Возросло качество агротехники, стали применяться удобрения. Также стало более упорядоченным и формирование структуры землепользования, этому способствовали начавшиеся землеустроительные работы – проводилась заготовка переселенческих и запасных участков земель. К началу XX века в лесостепной и степной зонах современной Иркутской области запас свободных земель был фактически исчерпан, поэтому, как уже было сказано ранее, началось интенсивное освоение подтаежной зоны.

При ограниченных запасах свободных земель и залежной системе восстановления плодородия сроки пребывания почвы в залежном состоянии приходилось все более сокращать, агрономически ценные свойства почвы не успевали восстановиться за короткий промежуток времени, а это снова способствовало скорейшему истощению почв и уменьшению урожайности. Данный период времени также характеризовался увеличением густоты сети дорог, линий связи, строительством промышленных предприятий, а это ускоряло отведение огромной части на несельскохозяйственные цели.

Таким образом, в период с 1890-х годов до 1917 года освоение и использование земель перестало быть стихийным, а стало упорядоченным в связи с землеустроительными работами. Но также обострилось противоречие между способами и интенсивностью воздействия на ландшафт и возможностями самого ландшафта, это проявлялось в быстром истощении ресурсов ландшафта [4].

В период с 1917 по 1930-е годы на использование земель косвенно, но существенно возымели действие революция и гражданская война и связанный с ними упадок в сельском хозяйстве. Продолжалось переселенческое движение, теперь в основном заселялась подтаежная зона, к северу от Транссибирской магистрали. В начале 1930-х годов происходит перестройка структуры землепользования, которая связана с коллективизацией сельского хозяйства. Характерно возникновение нового типа поселений – колхозов и совхозов.

В конце 1940-х гг. был взят курс на развитие животноводства. Подвергались реконструкции старые и строились новые животноводческие и птицеводческие фермы. Тем

самым удалось увеличить поголовье скота. Однако это привело к проблеме нехватки кормов. Поэтому были значительно увеличены площади посевов кормовых культур. Хотя средняя урожайность зерновых и других сельскохозяйственных культур оставалась низкой, земледелие почти полностью удовлетворяло потребности населения Прибайкалья в хлебе. Небольшая часть его даже вывозилась в Якутию и районы Забайкалья.

В целом сохраняется экстенсивный характер воздействия на землю: расширенное воспроизводство осуществлялось за счет сокращения залежных площадей, которые были почти все переведены обратно в пашни к середине – концу 1950-х годов. Во время войны произошло сокращение посевных земель и ресурсов для их обработки.

Для послевоенного периода характерно укрупнение колхозов, усиление их материально-технической базы, электрификация деревни, концентрация и специализация сельскохозяйственного производства. Для периода 1960–1970 годов характерен процесс интенсивной индустриализации, а также сокращение сельского населения за счет оттока в города. Характерно укрупнение сельскохозяйственных предприятий.

В годы начавшейся в регионе широкомасштабной индустриализации, особенно после возведения ангарских ГЭС, существенно изменились структура и география размещения сельскохозяйственных угодий. До этого огромная часть всей пашни располагалась на плодородных землях припойменной части Ангары и ее притоков, эту территорию даже называли «золотой долиной» Приангарья, а кормовые угодья занимали преимущественно суходольные луга. После создания водохранилищ наиболее продуктивные участки пашни, пастбищ и сенокосов были затоплены. Поэтому приходилось осваивать новые земли, прежде всего пологие склоны и водоразделы, в том числе бывшие кормовые угодья.

В 1990-е годы большинство пахотных угодий перестали использоваться в связи с социально-экономическими и политическими переменами в стране. Многие хозяйства прекратили существование. Земли перешли в залежное состояние, и некоторые земли находятся в нем и по настоящий момент. К примеру, на территории Осинского района Иркутской области более 80–85 % всех земель, используемых для пашни в 1970–1980-х годах, оказались заброшены, согласно данным космоснимков разных лет. Для агрономически ценных свойств земли этот факт является положительным, поскольку в залежном состоянии почва восстанавливает свои свойства, напрямую влияющие на плодородие. Восстановление идет не слишком быстро – на бывшей пахотной почве образуется дерновый горизонт, идет накопление гумуса [1], структура почвы меняется с пылеватой, например, на зернисто-комковатую или зернистую, характерную для естественной плодородной почвы, почва пахотного горизонта разуплотняется. Естественная растительность заменяется на пашнях агрокультурами. На залежах проходит восстановление естественной растительности. Сначала на заброшенных землях появляются сорные виды растений – осот, пырей, полынь и другие, а затем они постепенно вытесняются видами растений, характерными для конкретного ландшафта в естественном состоянии.

Таким образом, Приангарье имеет давнюю историю освоения, но сильную нагрузку под влиянием хозяйственной деятельности человека природа региона начала испытывать только в последние 100–150 лет, почвы стали быстро терять агрономически ценные свойства и истощаться. Однако, благодаря большому количеству залежных земель в наше время, бывшие пахотные почвы на обширных территориях имеют возможность восстанавливать свойства, связанные с плодородием почвы.

Список литературы

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация): учебное пособие / под ред. академика РАН Г.В. Добровольского. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.

2. Губернии и области Российской империи. Иркутская губерния. – Режим доступа: (http://metalloiskateli-info.ru/gubernii-i-oblasti-rossijskoj-imperii/irkutskaya-guberniya/).

3. История Бурят-Монгольской АССР, том 1 / под ред. А.П. Окладникова. – Улан-Удэ, 1954.

4. Какарека С.В. Ландшафтно-экологическая типология земель западной части КАТЭКа: дис. ... канд. геогр. наук. – Иркутск, 1987. – 219 с.

5. Кызыласов Л.Р. История Южной Сибири в средние века. – М.: Высшая школа, 1984. – 167 с.

6. Молокова Ю. Хозяйство древнего населения Прибайкалья – курыкан // Прибайкалье в экономической истории России: материалы научно-практической студенческой конференции. – Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2007. – 212 с.

7. Надеждин Б.В. Ленно-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк). – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 328 с.

8. Степынин В.А. Колонизация Енисейской губернии в эпоху капитализма. – Красноярск, 1962. – 565 с.

УДК 551.324.63

ЛЕДНИКОВЫЙ БАЛАНС КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ В ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ

[1,2]Онищенко В.В., [1,2]Дега Н.С., [1,2]Тохчуков Ш.Ю.

[1]ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева», Карачаевск, e-mail: kcsu@mail.ru;

[2]Карачаево-Черкесское региональное отделение Русского географического общества, Карачаевск, e-mail: ovv333@mail.ru

Общеизвестным фактором является отступание ледников. Среди районов Большого Кавказа по размерам оледенения Карачаево-Черкесия занимает второе место после Центрального Кавказа. Ледники дают питание истокам реки Кубани и ее левым притокам, в основном расположенным в Карачаево-Черкесской Республике. Оледенение на территории КЧР, по состоянию на 2015 г. составило 151,90 км^2, что на 19% меньше площади в 2000 году. Имеющиеся данные о ледниковых геосистемах Карачаево-Черкесской Республики, их динамике и зависимости от тенденций эволюции современного оледенения, с учетом изменения климатических условий, позволяют сделать предварительный прогноз дальнейшего развития нивально-гляциальных комплексов. Из-за увеличения температуры воздуха в зимний период, жидких осадков в летне-осенний период до 2030 года повсеместно будет происходить сокращение площади оледенения в республике. Несмотря на повышение интенсивности таяния ледников и увеличение выпадающих осадков, поверхностный сток воды в реках КЧР снижается, указывая на существование причин антропогенного характера.

Ключевые слова: ледники, оледенение, глобальный климат, осадки, снеговая линия, воздушная циркуляция, концевые участки ледников, линейное сокращение, отступание языков, динамика, палеоклиматический прогноз

GLACIAL BALANCE OF KARACHAY-CHERKESSIA IN GLOBAL AND REGIONAL NATURAL AND ANTHROPOGENOUS TRANSFORMATIONS

[1,2]Onischenko V.V., [1,2]Dega N.S., [1,2]Tokhchukov Sh.Yu.

[1]Karachay-Cherkess State University of name U.D. Aliev, Karachaevsk, e-mail: kcsu@mail.ru;

[2]Karachay-Cherkess regional office of the Russian geographical society, Karachaevsk, e-mail: ovv333@mail.ru

Well-known factor is the otstupaniye of glaciers. Among regions of Greater Caucasus by the freezing sizes Karachay-Cherkessia takes the second place after Central Caucasus Mountains. Glaciers give food to the sources of the Kuban River and its left inflows which are generally located in the Karachay-Cherkess Republic. A freezing in the territory Karachay-Cherkess Republic, as of 2015 I have made 151,90 km^2 that is 19% less to 2000 squares to year. The available data on glacial geosystems of the Karachay-Cherkess Republic, their dynamics and dependence on tendencies of evolution of a modern freezing, taking into account change of climatic conditions, allow to make the preliminary forecast of further development the nivalno-glyatsialnykh of complexes. Because of increase in air temperature during the winter period, liquid rainfall during the aestivo-autumnal period, till 2030, there will be everywhere a reduction of the area of a freezing in the republic. Despite increase of intensity of thawing of glaciers and increase in the dropping-out rainfall, a superficial drain of water in the rivers of the Karachay-Cherkess Republic decreases, pointing to existence of the reasons of anthropogenous character.

Keywords: glaciers, freezing, global climate, rainfall, snow line, air circulation, trailer sites of glaciers, linear reduction, otstupaniye of languages, loudspeaker, paleoklimatichesky forecast

В широких научных и общественных кругах высказываются опасения, что отступающие ледники, некогда покрывавшие большие пространства горных территорий, не вернутся, оставаясь в воспоминаниях далекого прошлого. Этому способствуют нестабильный климат и погодные аномалии, которые создают иллюзию межледникового периода. Большинство ученых говорят о продолжении глобального потепления, мнение других сводится к неизбежности наступления ледникового периода. Тем не менее в любом климатическом сценарии человечество окажется на грани выживания. Актуальность настоящих исследований продиктована стремлением к пониманию возможных воздействий глобальных и региональных климатических изменений на криосферу горной системы. При этом основными ограничивающими факторами являются: отсутствие детальной и полной базы данных по горным склонам и хребтам; недостаточное понимание многих процессов горной метеорологии и высотной зональности в климатических изменениях; недостаточный уровень представления горной территории в построении моделей для этих сложных систем [8].

Цель исследования – оценка деградации современного оледенения Карачаево-Черкесии в условиях потепления климата.

Материалы и методы исследования

Наблюдения за колебаниями ледников в Карачаево-Черкесии ведутся с середины XX века, в соответствии с «Основным положением по организации и проведению наблюдений за колебаниями ледников» [2], в которых сформулированы теоретические положения, инструктивные указания и дан анализ организационных проблем таких наблюдений в России. Исследования включали ежегодную тахеометрическую и навигационную съемку колебаний концов наиболее характерных ледников КЧР (12 ледников) и получение данных, характеризующих эти изменения, фотосъемку геоморфологических параметров. Использованы фондовые материалы Северо-Кавказского Росгидромета и ежегодные технические отчеты высокогорных экспедиций НИЛ геоэкологического мониторинга КЧГУ 2002–2015 гг.

Результаты исследований и их обсуждение

Динамика линейных показателей трансформации современного оледенения Карачаево-Черкессии и перспектива дальнейшей деградации ледников по климатическому сценарию [7, 10] рассмотрена нами за период 1967–2030 гг. (табл. 1). Представлены данные непосредственных наблюдений, выполненных исследователями в различные отрезки времени.

Для большинства ледников долинного типа отступание определено путем непосредственных промеров. Величины колебания ледников Карачаево-Черкесии (рисунок) за 1967–2015 гг. варьируют в широких пределах. На леднике Хакель (№ 173) в 2008 г. отмечалось наступание фронта языка – (+3,5 м), а в 2014 году его отступание – (–39,7 м). Колебания этого ледника имеют крайние абсолютные значения в оледенении республики за последние 15 лет. В целом по исследованным ледникам КЧР величина колебания зарегистрирована от (+1,6) м (наступание) у Северо-Каракайского (№ 110), в 2006 и 2007 гг. и (–39,3) (отступание) у Алибекского (№ 138) в 2015 году. Средние скорости отступания изменялись соответственно от 1,6 м/год ледники Гвандра (№ 241) и Большой Кичкинекол (№ 273) в период 1967–2000 гг. до 15,7 м. Хасаутский бассейн р. Б. Зеленчук, в период 2000–2015 гг. Средняя величина отступания ледников Карачаево-Черкесии, по состоянию на 2015 год равна 9,1 м/год. Эта величина изменялась в отдельные периоды.

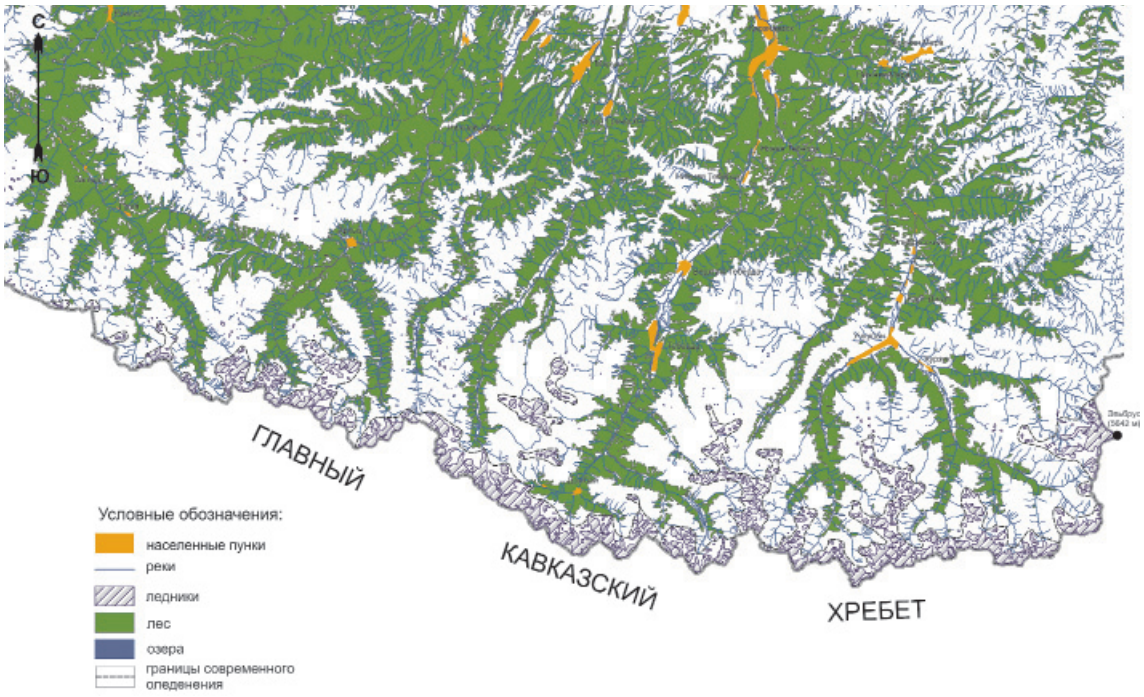
Параметры изменения климатических условий до 2030 г. приняты по палеоклиматическому сценарию, в соответствии с которыми температура воздуха за летне-осенний период, к 2020 г. увеличится на 2,4 °С, а сумма осадков за период аккумуляции на 11 %; к 2050 г. эти величины соответственно возрастут на 2,0 °С и 23 % [1, 7]. По состоянию

Таблица 1

Линейное отступание отдельных ледников Карачаево-Черкесии в связи с изменением регионального климата

Название ледника, номер по каталогу	Пл. ледн., км^2	1967–2000 гг.		2000–2015 гг.		2015–2030 гг.	
		Общее, м	Среднее за год, м	Общее, м	Среднее за год, м	Общее, м	Среднее за год
Аманаузский, 59	1,6	142	4,7	168	11,2	141	9,4
Марухский, 108	3,3	168	5,6	132	8,8	111	7,4
Хасаутский, 115	3,0	60	2,0	235	15,7	198	13,2
Джаловчатский, 118	6,4	325	10,8	158	10,5	133	8,4
Алибекский, 138	5,2	70	2,4	217	14,5	182	12,3
Птыш, 152	1,9	78	2,6	78	5,2	66	4,4
Чотча, 170	0,7	63	2,1	120	8,0	101	6,7
Хакель, 173	2,5	72	2,4	130	8,7	109	7,3
Восточно-Клухорский, 177	0,4	160	5,3	170	11,3	143	9,5
Гондарай, 229	0,9	131	4,4	66	4,4	56	3,7
Гвандра, 241	2,3	47	1,6	78	5,2	66	4,4
Большой Кичкинекол, 273	2,0	48	1,6	93	6,2	78	5,2
Итого, среднее	**2,5**	**114**	**3,8**	**137**	**9,1**	**115**	**7,7**

Примечания:
– 1967–2015 – экспериментальные величины;
– 2015–2030 – прогнозируемые значения, согласно расчету по климатическому сценарию.



Распределение высотных зон Карачаево-Черкесии

на 2030 год, в горах Карачаево-Черкесии расчетная температура воздуха за летне-осенний период увеличится на 2,1 °С, а сумма осадков в период аккумуляции возрастет на 9,6%. По другому сценарию изменения параметров климатических условий [6], к 2030 г. температура воздуха на северном склоне Большого Кавказа, за теплый период возрастет на 4,8°С, а сумма осадков – на 11%, что, по нашему мнению, несколько завышено.

Аппроксимация отступания ледников Карачаево-Черкесии приведена в табл. 1. Как следует из данных таблицы, в 2015–2030 гг. уменьшение оледенения в республике будет продолжаться и сократится за этот период на 115 м, или 25,2% от состояния в 2000 году. Следует отметить, что скорость уменьшения протяженности ледников в 2015–2030 гг. будет больше скорости, которая определена в 1967–2000 гг. и меньше, чем в 2000–2015 гг. Увеличение скорости сокращения протяженности ледников в 2000–2030 гг. определяется значительным повышением температуры воздуха в этот период на 2,1 °С и количества атмосферных осадков в летне-осенний период на 9,6%.

Уменьшение площади оледенения в Карачаево-Черкесии

На протяжении XX столетия, наряду с уменьшением длины (отступанием), повсеместно отмечено изменение числа ледников, снижение площади, толщины и объема их массы [6, 10]. В начале XXI в. интенсивность этих процессов увеличилась. Наиболее значительное сокращение численности отмечено в бассейне р. Кубани – на 58 ледников.

Широкое применение тахеометрической съемки, не только концевых участков ледников, но и области питания позволяет оценить направление и темп изменения размеров как отдельных ледников [4, 5], так и ледниковых массивов.

В табл. 2 приводится динамика современного и на ближайшую перспективу оледенения в высокогорьях Карачаево-Черкесии. За 1967–2015 гг. площадь оледенения в республике уменьшилась на 54,1 км^2, или 26,3%, т.е. на 1,1 км^2/год. При этом скорость сокращения в последние 15 лет была существенно больше, чем в 1967–2000 гг. – в 4,4 раза. То есть темп сокращения оледенения в 2000–2015 гг. значительно увеличился, что позволяет сделать вывод о том, что при сокращении площади оледенения на данном этапе увеличивается скорость его таяния.

По отдельным бассейнам рек в регионе, за 1967–2015 гг. величины уменьшения площади оледенения изменялись незначительно, от 25,6% в бассейне р. Теберды до 27,3% в бассейнах рек Большая Лаба и Уллу-Кам. Такое явление объясняется некоторым различием в локально-орографических и мезоклиматических условиях существования ледников, хоть и в единой макро-орографической системе Северного склона Западного Кавказа.

Таблица 2

Расчетное сокращение оледенения Карачаево-Черкесии по этапам, за период с 1967 по 2030 гг.

Бассейн реки	1967–2000 гг.		2000–2015 гг.		2015–2030 гг.		
	Пл. ледников, км², по состоянию на 1967 г.	Сокращение, в среднем на 9%, км², по отношению к (2)	Пл. ледников, км², по состоянию на 2000 г.	Сокращение, в среднем на 19%, км², по отношению к (4)	Пл. ледников, км², по состоянию на 2015 г.	Сокращение, в среднем на 16%, км², по отношению к (6)	Пл. ледников, км², по состоянию на 2030 г
1	2	3	4	5	6	7	8
Большая Лаба	6,0	0,5	5,5	1,14	4,36	0,64	3,72
Большой Зеленчук	31,1	2,6	28,5	5,51	22,99	3,68	19,31
Малый Зеленчук	26,7	2,1	24,6	4,75	19,85	3,20	16,65
Теберда	61,4	4,9	56,5	10,83	45,67	7,36	38,31
Даут	5,6	0,5	5,1	0,95	4,15	0,64	3,51
Учкулан	21,6	1,9	19,7	3,80	15,90	2,56	13,34
Уллу-Кам	53,6	5,5	48,1	9,12	38,98	6,24	32,72
Всего	**206,0**	**18,0**	**188,0**	**36,10**	**151,90**	**24,32**	**127,56**

Несколько иная картина с уменьшением площади происходит у отдельных ледников. Наибольшие абсолютные величины сокращения поверхности наблюдаются у сложных и простых долинных, реже у карово-долинных. Например, площадь долинного ледника Алибекский (№ 138) за 1967–2000 гг. сократилась с 5,2 до 5,0 км², за 2000–2015 гг. до 4,78 км². В общем, за 1967–2015 гг. площадь ледника сократилась на 6.3 %. Площадь небольших ледников (каровых, карово-висячих) в абсолютных значениях сократилась незначительно, однако в процентном отношении она превысила 10-процентный барьер. Например, у карового Северо-Каракайского ледника (№ 110), при незначительной скорости отступания 0,76 м/год площадь сократилась на 12,7 %.

В течение рассматриваемого периода уменьшение площади ледников происходило неравномерно: в отдельные годы и даже несколько лет подряд сокращение происходило быстро, в другие – медленно. Такой характер сокращения площади оледенения объясняется в основном особенностями деградации оледенения и только частично погодными условиями [6]. Во всех случаях значительное сокращение площади ледников связано с отчленением у них отдельных потоков или распадом на части. Уменьшение площади оледенения происходит неравномерно и по высотным зонам. По средним показателям площадь оледенения в КЧР: за 1967–2000 гг. сократилась на 9 %; за 2000–2015 гг. на 19 %; за 1967–2015 гг. на 26,3 %.

Оледенение в первой четверти XXI столетия

Как показано ранее, площадь оледенения КЧР за последние полвека устойчиво сокращается. Причем в последние 15 лет скорость его сокращения существенно увеличилась, что связано с современными климатическими условиями и региональными особенностями трансформации ледников. Одновременно с уменьшением площади оледенения при общем увеличении выпадающих осадков происходит снижение годового расхода поверхностных вод. В связи с этим представляет большой практический интерес прогноз современного оледенения, хотя бы на краткосрочную перспективу.

Для определения возможной величины сокращения площади современного оледенения использовались не только размеры площади оледенения КЧР на конкретный период, известные на начальный период расчета (2015 г.), но и значения климатических элементов на прогнозируемый период.

В.Д. Пановым [10] установлена тесная зависимость сокращения площади современного оледенения от определенных факторов: температуры воздуха и суммы атмосферных осадков во взаимодействии с предшествующими размерами оледенения.

Расчеты изменения площади оледенения КЧР, приведенные в табл. 2, произведены по уравнению [6, 10]:

$$\Delta S' = [(2{,}008t - 0{,}0135x + 0{,}315S + 6{,}882)\times \times 43/77]\cdot n,$$

где $\Delta S'$ – изменение площади за расчетный период, км²; t – средняя температура воздуха за летне-осенний период на высоте фирновой линии, °С; x – сумма осадков за период аккумуляции, мм; S – средняя площадь группы ледников на исходный период аппроксимации, км²; n – число лет в расчетном периоде.

Из данных табл. 2 следует, что в 2015–2030 гг. (по палеоклиматическому сценарию изменения климатических условий) ожидается продолжение уменьшения площади оледенения Карачаево-Черкесии. Оно составит за этот период 127,56 км², сократившись в среднем на 16% от площади 2015 г., при этом скорости сокращения площадей оледенения по бассейнам рек будут изменяться от 31,6% в Уллу-Кам до 33,2% в Большом Зеленчуке.

Следует отметить, что скорость уменьшения площади оледенения в 2015–2030 гг. будет в 1,9 раза больше, чем в 1967–2000 гг., и в 1.2 раза меньше, чем в 2000–2015 гг. Абсолютная скорость таяния ледников КЧР в первом промежутке времени была 0,54, во втором – 2,4 и в третьем, прогнозируемом – 1,6 км²/год.

Одновременно с уменьшением площади оледенения произойдет повышение высоты снеговых линий и продолжительности залегания снежного покрова, уменьшится ледниковый сток [10].

Величина ледникового стока имеет тесную зависимость от размеров площади оледенения: чем меньше площадь оледенения, тем меньше ледниковый сток, и наоборот [4]. С учетом этой зависимости, по размерам площади оледенения КЧР, полученных по палеоклиматическому сценарию изменения климатических условий, определен объем ледникового стока на 2030 г., который сократится на 24%.

Характер динамики ледникового стока в условиях изменения климата установлен для горных районов Кавказа [5, 7, 10]. Полученные результаты показали, что даже незначительное изменение климатических условий во всех горно-ледниковых районах сопровождается сокращением ледникового стока. По результатам исследований отдельных авторов [6] на Большом Кавказе сокращение ледникового стока даже на 20–30% не повлияет существенно на общий речной сток, поскольку он играет подчиненную роль в общем стоке рек. Тем не менее анализ мониторинга поверхностного стока основных водных артерий Карачаево-Черкесии [3, 9] указывает на весьма существенное его снижение. Причину, авторы видят в последствиях антропогенной деятельности, нарушающей водный баланс рек.

Заключение

Таким образом, трансформация современного оледенения в Карачаево-Черкесии имеет свои специфические черты, определяемые глобальным изменением климата, преобразующимся региональной хозяйственной деятельностью в гидрографической структуре верховий р. Кубани.

Оледенение на территории КЧР, по состоянию на 2015 г. составило 151,90 км², что на 19% меньше площади в 2000 году.

Средняя скорость отступания ледников КЧР за 2000–2015 гг. увеличилась на 1,9 км²/год, или в 4,4 раза.

При увеличивающейся интенсивности таяния ледников в высокогорьях республики и количества выпадающих осадков, в отличие от многих субъектов РФ, расход воды в реках существенно сокращается, что свидетельствует о нарушении эколого-географического баланса в гидрографической сети.

До 2030 года, в соответствии с палеоклиматическим сценарием изменения климатических условий, площадь оледенения в Карачаево-Черкесии сократится на 16% и составит 127,56 км², соответственно, расчетная скорость таяния ледников будет в среднем 1,6 км²/год.

Список литературы

1. Борзенкова И.И., Будыко М.И., Бютнер Э.К. Антропогенные изменения климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – С. 89–95.

2. Волошина А.П., Котляков В.М., Макаревич К.Г., Михалев В.И., Ходаков В.Г., Цветков Д.Г., Шумский П.А. Основные положения по организации и проведению наблюдений за колебаниями ледников // Хроника, обсуждения: материалы гляциологических исследований. – М.,1973. – Вып. 22. – С. 54–67.

3. Дега Н.С. Динамика основных компонентов ландшафта Карачаево-Черкесии в условиях меняющегося климата и хозяйственной деятельности: дис. … канд. географ. наук. – Ростов-на-Дону, 2010. – 150 с.

4. Дюргеров М.Б. Ледниковый сток и гляциальные стихийно-разрушительные процессы // Инженерная география горных стран. – М.: Изд. МГУ, 1984. – С. 134–159.

5. Дюргеров М.Б., Поповнин В.В. Реконструкция баланса массы пространственного положения и жидкого стока ледника Джанкуат со второй половины XIX в. – М.: МГИ, 1981. – Вып. 40. – С. 73–82.

6. Ефремов Ю.В., Панов В.Д., Лурье П.М., Ильичев Ю.Г., Панова С.В., Лутков Д.А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. – Краснодар: Кубан. гос. ун-т, 2007. – 338 с.

7. Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Снежный покров и ледники бассейна реки Кубани // Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации и их влияние на отрасли экономики России: труды Тебердинского государственного природного биосферного заповедника. – Кисловодск: Северокавказское изд. МИЛ., 2006. – Вып. 41 – 243 с.

8. Онищенко В.В., Дега Н.С. Устойчивое развитие Карачаево-Черкесии в условиях современной организации горных экосистем // Устойчивое развитие горных территорий. – Владикавказ, 2009. – Вып. 1. – С. 49–54.

9. Онищенко В.В., Дега Н.С. Экосистемный мониторинг горных районов Карачаево-Черкесии в условиях техногенного прессинга и изменения климата // Безопасность в техносфере. – М.: Изд-во «Русский журнал», 2009. – Вып. 6. – С. 14–18.

10. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – 430 с.

УДК 662.014

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ КМА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНОМАЛЬНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Петин А.Н., Бугаева Е.А., Полыгалова А.Ю.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: bugaeva@bsu.edu.ru

Степень экологической опасности предприятий горно-металлургического цикла во многом определяется их геохимическим воздействием на атмосферный воздух. Загрязнение атмосферного воздуха газами и пылевыми выбросами происходит при буровзрывных, погрузочно-разгрузочных работах; при дроблении руды и ее переделе; а также при пылении отвалов, хвостохранилищ, складов готовой продукции и т.д. При этом наиболее весомый вклад в валовое загрязнение атмосферы горнопромышленного района вносят периодически осуществляемые массовые взрывы в карьерах с большой мощностью зарядов. Они загрязняют воздух мелкодисперсной пылью, аэрозолями и газами. Горнорудное производство приводит к деформации земной поверхности (рельефа), нарушению гидрогеологического режима, состава поверхностных вод, грунтовых и подземных вод, деградации почвенного и растительного покрова, нарушению функционирования (жизнедеятельности) живых организмов – от бактерий до человека. Существенное влияние на состояние здоровья населения в горнопромышленных районах КМА оказывает повышенное аномальное геомагнитное поле Земли.

Ключевые слова: негативное влияние горного производства на окружающую среду, геоэкология, техногенные и природные экологические факторы, медико-экологическая ситуация, заболеваемость населения, аномальное геомагнитное поле Земли

GEOECOLOGICAL SITUATION AND THE POPULATION HEALTH STATUS IN THE MINING REGIONS OF KMA UNDER CONDITIONS OF THE ABNORMAL EARTH GEOMAGNETIC FIELD INFLUENCE

Petin A.N., Bugaeva E.A., Polygalova A.Yu.

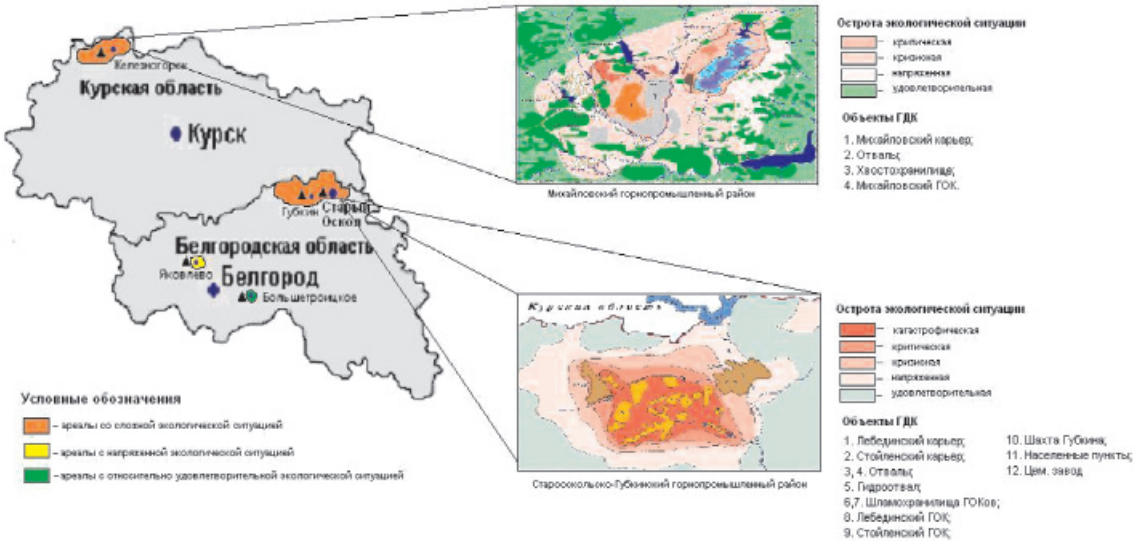
Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: bugaeva@bsu.edu.ru

The degree of environmental hazards of mining and metallurgical cycle is largely determined by their geochemical impact on the air. Air pollution gases and dust emissions occur during drilling and blasting, loading and unloading operations; crushing of ore and its redistribution, as well as the dusting of dumps, tailings ponds, warehouses, etc. In this case, the most significant contribution to the gross pollution of the mining district is produced by the periodically carried out mass explosions in quarries with a large capacity charges. They pollute the air with fine dust, aerosols and gases. Mining production leads to deformation of the earth's surface (relief), disturbance of the hydrogeological regime of surface waters, soil and groundwater, degradation of soil and vegetation cover disruption of the functioning (activity) of living organisms – from bacteria to humans. Significant impact on the health status of the population in mining regions, KMA has increased by the anomalous geomagnetic field of the Earth.

Keywords: negative impact of mining on the environment, geoecology, natural and manmade environmental factors, medical-ecological situation, population morbidity, anomalous geomagnetic field of the Earth

Влияние горного производства на окружающую природную среду проявляется многопланово: через изменение химического и механического состава атмосферы, деформацию земной поверхности, активизацию экзогенных геоморфологических процессов, нарушение гидрологического режима, состав поверхностных грунтовых и подземных вод, деградацию почвенного и растительного покрова, нарушение функционирования (жизнедеятельность) живых организмов – от бактерий до человека.

Комплексные геоэкологические исследования, проведенные В.И. Петиной [18] и А.Н. Петиным [16, 17] на территории железорудных районов КМА, показали, что при широкомасштабном освоении и эксплуатации железорудных месторождений происходят нарушения в природных системах и активизация деструктивных природных и техногенных процессов, обусловливающих напряженную экологическую обстановку различной степени остроты. Характер и интенсивность многих процессов зависит от применяемых способов добычи железорудного сырья: карьерного, шахтного и скважинной гидродобычи. Выделенные ареалы различной степени остроты экологических ситуаций территориально совпадают с границами ныне разрабатываемых железорудных месторождений и горнопромышленных районов КМА (рисунок).



Картосхема ареалов экологических ситуаций в горнопромышленных районах КМА: а – Михайловском; б – Старооскольско-Губкинском

Первый, наиболее крупный ареал со сложной геоэкологической ситуацией (около 900 км^2) расположен в северо-восточной части Белгородской области, охватывая городскую территорию городов Губкина и Старого Оскола, а также территорию между ними, и приурочен к зоне влияния Старооскольско-Губкинского горнопромышленного комплекса. По количеству объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, этот участок является наиболее насыщенным техногенными объектами в Белгородской области, модуль техногенной нагрузки превышает 1000.

Здесь, кроме урбанизированных территорий (гг. Губкин и Старый Оскол), расположены два крупных железорудных карьера (Лебединский и Стойленский) с глубинами более 300 м, многочисленные отвалы высотой от 60 до 100 м, хвостохранилища, занимающие площадь несколько десятков квадратных километров, Стойленский и Лебединский ГОКи, шахта им. Губкина, Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК), ТЭЦ, цементный завод и многие другие мелкие предприятия.

Для данного ареала наиболее важными экологическими проблемами являются: загрязнение атмосферного воздуха, поликомпонентное загрязнение поверхностных и подземных вод и донных илов, химическое загрязнение почв, а также комплексное нарушение земель, вызванное открытой добычей железорудного сырья и складированием в отвалы вскрышных пород. Все это приводит к развитию на них геодинамических процессов, утрате продуктивности биоценозов, к деградации и истощению эколого-ресурсного потенциала.

В пределах Старооскольско-Губкинского горнопромыленного района выделяются участки территории с различной степенью экологической напряженности: катастрофической, критической, кризисной, напряженной и относительно удовлетворительной.

Второй ареал со сложной геоэкологической ситуацией геологической среды приурочен к Михайловскому горнопромышленному району. Он занимает площадь около 500 км^2, в пределах которого разрабатывается с конца 50-х годов Михайловское железорудное месторождение. На базе этого месторождения действует крупнейший в России Михайловский ГОК, который является предприятием по добыче и переработке богатых руд, железистых кварцитов, производству аглоруды, железорудных офлюсованных окатышей и концентратов.

На Михайловском железорудном месторождении руда добывается открытым способом. Переработкой и производством продукции железной руды занимается ОАО «Михайловский ГОК». В состав данного предприятия входят следующие основные объекты: карьер, дробильно-сортировочная фабрика по переработке богатых руд, дробильно-обогатительный комплекс и фабрика окомкования по переработке железистых кварцитов, отвалы, хвостохранилище,

объекты железнодорожного и автомобильного транспорта, ремонтного назначения, объекты обслуживающего и вспомогательного назначения, теплосиловое хозяйство. Здесь горнодобывающие и сопутствующие ему предприятия являются источниками значительного преобразования компонентов природной среды. Это проявляется в деградации почвенного и растительного покрова, загрязнении и истощении подземных водоносных горизонтов, перестройке рельефа, уничтожении малых рек и т.п.

Важной экологической проблемой в пределах данного геоэкологического ареала является дефицит питьевой воды. Значительная депрессионная воронка, сформировавшаяся в результате дренажных работ, привела к сработке основных водоносных горизонтов. И, как следствие этого, прекратили действовать водозабор «Речица» и ряд водозаборных скважин в сельхозпредриятиях Железногорского района. Уменьшилась величина подземного питания поверхностных водотоков. Сброс рудничных вод в речную сеть привел к существенному загрязнению поверхностных вод нефтепродуктами, соединениями железа, азота и взвешенными веществами.

Формирование внешних отвалов, занимающих большие площади, привело к подъему уровня грунтовых вод и появлению на окружающей местности контурного кольца озер и болот, а также к значительной активизации геодинамических процессов – эрозии, оползней, карстово-суффозионных процессов и т.д.

Основным загрязнителем воздушной среды района является металлургическая промышленность, включающая в себя предприятия Михайловского горно-обогатительного комбината. Количество вредных ингредиентов, выбрасываемых этими предприятиями, превышает три десятка, из которых наибольшее количество приходится на двуокись азота, сернистый ангидрид, взвешенные твердые вещества, сажу, летучие низкомолекулярные углероды, окись углерода, пятиокись ванадия, толуол.

Третий ареал с напряженной геоэкологической ситуацией приурочен к Яковлевскому железорудному месторождению, где добыча богатой железной руды осуществляется шахтным способом в сложных гидрогеологических условиях. Яковлеское месторождение – одно из крупнейших железорудных месторождений бассейна КМА. Богатые железные руды залегают на глубине от 460 до 630 м. Сложность освоения заключается в наличии нескольких водоносных горизонтов и комплексов, обводняющих рудную залежь. Главные геоэкологические проблемы в зоне влияния Яковлевского рудника – это нарушение естественного режима подземных и поверхностных вод и их загрязнение. Осушение рудной залежи уже сейчас привело к снижению уровня воды в них и образованию обширной депрессионной воронки с радиусом влияния от 50 до 75 км. Шахтные воды сбрасываются в прудотстойник, вода из которого через водовыпуск поступает в нижележащие пруды, а затем в р. Ворскла. Сбрасываемые шахтные воды рудника хлоридно-натриевого состава с минерализацией от 3,3 до 3,9 г/л, со слабо щелочной средой, повышенной жесткостью (8,0–9,3 мг-экв/л), высоким содержанием железа общего (до 2,4 г/л), хлоридов (до 1790 мг/л), натрия (до 1085 мг/л), меди (до 0,09 мг/л), свинца (до 0,015 мг/л), фтора (до 5,4–9,5 мг/л), бора (до 3,3 мг/л), никеля (до 0,03 мг/л), кобальта (до 9,022 мг/л), стронция (до 0,6 мг/л) и взвешенных веществ (до 70 мг/л), превышают нормативы для водоемов рыбохозяйственного назначения в 6–90 раз. Загрязнение воды р. Ворсклы такими компонентами как фтор, хлориды, натрий, прослеживается на десятки километров вниз по течению.

Преимущественно локальный характер воздействия на объекты животного и растительного мира позволяет наметить мероприятия по компенсации негативных воздействий, степень адекватности которых может быть определена только в процессе многолетнего биомониторинга.

Техногенные атмосферные примеси в большинстве своем обладают токсическими, аллергическими, канцерогенными, мутагенными свойствами и при повышенной концентрации сказываются на здоровье людей. Среди наиболее важных загрязнителей следует отметить соединения серы, соединения азота, углеводороды, ртуть, свинец и др.

Диоксид серы (SO_2), находящийся в воздухе, соединяясь с влагой, образует серную кислоту, которая разрушает легочную ткань человека и животных. Пыль, содержащая диоксид кремния (SiO_2), вызывает тяжелое заболевание легких – силикоз. Оксиды азота раздражают слизистые оболочки глаз и легких. Особенно они опасны, если в воздухе уже есть диоксид серы или другие токсичные соединения, так как проявляется эффект синергизма – усиление токсичности каждого вещества при их присутствии в смеси, превышающей действие, оказываемое компонентом в отдельности [16].

Тяжелые металлы, в отличие от газообразных и более легких аэрозольных примесей, оседают на земную поверхность, поэтому их воздействие на биоту и человека в большей степени проявляется через последующие водные и почвенно-биотические циклы миграции.

Техногенные атмосферные примеси не только влияют на здоровье человека, но и вызывают косвенный экологический эффект: они существенно трансформируют природную среду, изменяют свойства приземного слоя воздуха и местный климат.

По данным А.Н. Климовой [10], загрязнение окружающей среды приводит к ухудшению санитарно-гигиенических условий, комфортности проживания и, как следствие этого, негативно отражается на состоянии здоровья людей, работающих на горнорудных предприятиях и проживающих вблизи них. Основу техногенных выбросов в горнопромышленных районах КМА составляют железосиликатная пыль, сернистый ангидрит, окись углерода и окислы азота. Такие вещества, выброшенные в атмосферу, вызывают при длительном дыхании различные заболевания у человека, в том числе гиперплазию, а затем и атрофию слизистой оболочки верхних дыхательных путей, стоматиты, воспаления десен, поражение зубов. Аэрозоли железа и его оксиды при длительном воздействии откладываются в легких и вызывают разновидность пневмокониоза, бронхиты, начальную стадию эмфиземы, сухой плеврит. Среди рабочих железорудных предприятий со стажем более 10 лет сидероз выявлен в 33 % случаев.

Сероводород – сильный восстановитель, очень токсичен, оказывает раздражающее действие слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, при тяжелых отравлениях поражает центральную нервную систему.

Демографические показатели и анализ динамики заболеваемости населения в горнопромышленном регионе КМА за последние десятилетия показали, что загрязнение окружающей среды выступает мощным фактором формирования здоровья и физического развития его населения. Неблагоприятная экологическая ситуация окружающей среды оказывает негативное влияние на репродуктивную функцию и естественное воспроизводство населения, а также на заболеваемость и смертность [1, 11, 12, 13]. В первую очередь в горнопромышленных районах, характеризующихся напряженной экологической ситуацией, страдают социально незащищенные и ослабленные группы (беременные, новорожденные и дети). Вместе с тем состояние здоровья населения горнопромышленных районов не может рассматриваться без учета природообусловленных аномальных отклонений окружающей среды [23]. Особое место в этом отношении занимает Курская магнитная аномалия, где величина напряженности геомагнитного поля Земли достигает 2 эрстед при фоновом значении 0,45 эрстеда, что почти в 4 раза выше, чем в соседних областях Украины и России [7].

Издавна Курскую магнитную аномалию всегда считали удивительным природным явлением, где на относительно небольшой площади поверхности Земли (160 тыс. км^2) отмечаются локальные участки со значительными колебаниями напряженности геомагнитного поля Земли. Ее изучали в основном с целью выявления запасов железорудного сырья и почти никогда не задумывались о влиянии повышенного геомагнитного поля на состояние здоровья человека.

Первые публикации по изучению влияния Курской магнитной аномалии на здоровья населения этого региона появились лишь в конце 60-х годов прошлого столетия [6, 22]. Только в начале 70-х годов была опубликована первая обобщающая научная работа по изучению влияния аномального геомагнитного поля Земли, принадлежащая А.П. Дуброву [7]. В ней автором были проанализированы обширные и разносторонние данные о действии магнитного поля Земли на живые организмы и, в частности, особое внимание им было уделено влиянию аномального геомагнитного поля КМА на состояние здоровья здоровых и больных людей. В указанных публикациях отмечается, что заболеваемость населения гипертонией, ревматизмом и нервно-психическими болезнями на 120–160 % выше, чем в нормальных районах.

Планомерные исследования по влиянию аномального геомагнитного поля повышенной напряженности в регионе КМА на состояние здоровья человека, состояние живых систем и отдельных микроорганизмов проводятся в Курском медицинском университете на протяжении последних двадцати пяти лет. Исследованиями А.В. Завьялова, В.В. Бельского, П.В. Калуцкого, В.В. Киселевой [8] доказано, что от воздействия напряженного геомагнитного поля напрямую зависит риск заражения инфекционными

заболеваниями. Под его влиянием снижаются защитные механизмы (иммунитет) человека, а возбудители инфекций ведут себя более агрессивно, вырабатывая способность к ускоренному развитию и высокую устойчивость к антибиотикам.

На основании эпидемиологического анализа указанными выше исследователями было установлено, что на территории КМА (г. Железногорск) суммарная заболеваемость кишечными инфекциями выше в 2,66 раза (в частности, дизентерией, – 1,5 раза, сальмонеллезом – 2,89 раза), чем в других районах Курской и Белгородской областей, расположенных вне зоны влияния напряженного геомагнитного поля.

Есть основание считать, что повышенная заболеваемость среди населения, проживающего в зоне влияния аномального геомагнитного поля другими нозологическими формами неинфекционной природы (гипертоническая болезнь, ревматизм, онкологические, нервно-психические болезни и т.д.) связана с влиянием аномального магнитного поля, что подтверждается данными многих исследователей [3, 6, 7, 15, 22]. В ряде публикаций [4, 5, 9, 14, 25] высказывается мнение, что живые организмы в большей степени реагируют именно на изменения (колебания) геомагнитного поля, чем на его абсолютную величину.

Исследования Украинского института экологии человека (УИЭЧ) в области геомагнитного поля Земли и здоровья человека показали, что главной причиной заболеваний, связанных с нарушением метаболических процессов, является снижение геомагнитного поля Земли и экранирование его железобетонными домами, зданиями учреждений, цехов, кабинетов, кузовами автомобилей, автобусов, вагонами, каютами судов и прочими. Н.И. Головин, М.В. Курик [5] экспериментальными исследованиями установили, что средняя норма напряженности нормального в экологическом отношении геомагнитного поля Земли может быть принята в значениях, равных 0,5–0,7 Э. Более низкие значения нормы напряженности геомагнитного поля Земли является причиной многих заболеваний.

Особенно актуальной в регионе Курской магнитной аномалии является проблема сохранения и укрепления здоровья детского населения. Исследования, проведенные А.М. Черных [24], показали, что в условиях сочетанного воздействия аномального геомагнитного поля и экотоксикантов у детей выявлены стабильно высокие показатели общей и хронической заболеваемости, замедление заживления ран, более 67,0 % обследованных имеют нарушения иммуноцитохимических показателей, а также у 37,4 % детей отмечены отклонения в физическом развитии, в отставании темпов биологического созревания, что в 2,2 раза больше, чем у их сверстников в контрольном районе.

В общей структуре заболеваний кожи одну из лидирующих позиций занимает пиодермия – гнойное поражение кожи, возникающее в результате внедрения в неё гноеродных кокков. Исследования Е.И. Сироткиной [21] показали, что тяжесть клинической картины и их склонность к рецидивированию более выражены у пациентов, проживающих в регионе КМА.

Таким образом, аномальное геомагнитное поле может рассматриваться как важный фактор, участвующий в формировании санитарно-эпидемиологического благополучия населения региона КМА.

Как показали исследования А.В. Тулакина и В.И. Евдокимова [23], в горнодобывающих районах КМА наблюдается высокий уровень суммарного санитарно-эпидемиологического неблагополучия. Это неблагополучие (на 77–92 %) связано с воздействием антропогенных факторов, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха, нарушением природных ландшафтов, повышенным радиационным фоном и т.д. В местах же добычи железной руды (гг. Старый Оскол, Губкин, Яковлево и др.), где наблюдаются аномальные участки с напряженным геомагнитным полем (до 2 эрстед), значительный вклад (до 23 %) в формировании суммарного эколого-гигиенического неблагополучия принадлежит геомагнитному полю.

Таким образом, состояние здоровья человека находится в прямой зависимости от состояния окружающей среды. Особенно остро эти проблемы проявляются в районах развития горнопромышленного и металлургического производства. Именно к этим районам приурочены и наиболее неблагоприятные в экологическом отношении территории, а также повышенная заболеваемость населения и повышенный уровень младенческой смертности. Особое влияние на состояние здоровья населения в горнопромышленных районах КМА оказывает аномальное геомагнитное поле Земли.

Список литературы

1. Евдокимов В. И., Баромыченко А. С. О влиянии вредных веществ в атмосферный воздух на заболеваемость детского населения болезнями органов дыхания в условиях Белгородской области // Практическая работа природоохранных органов, промышленных и транспортных предприятий области по охране атмосферного воздуха. – Белгород, 1997. – С. 16–18.

2. Борисейко А.Н., Черных А.М. Гигиеническая оценка миграции химических элементов в экосистеме железорудного месторождения // Инновации в медицине: материалы Третьей международной дистанционной научной конференции. – Курск:ГОУ ВПО КГМУ Росздрава, 2010. – С. 27–29.

3. Борченко А.А., Малоземов Б.Г. Основные задачи по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты при добыче переработке руд КМА // Влияние естественных и слабых искусствен магнитных полей на биологические системы. – Белгород, 1973. – С. 6–8.

4. Васильев Н.В., Богинич Л.Ф. Состояние и перспективы развития исследования действия магнитного поля на иммунологическую реактивность организма // Влияние искусственных магнитных полей на живые организмы: материалы Всесоюз. симп. – Баку, 1972. – С. 122–135.

5. Головин Н.И., Курик М.В. Экологическая норма геомагнитного поля Земли и Здоровье человека // Конструктор. – 2003. – № 1 (34). – С. 28–29.

6. Дардымов И.В. Влияние геомагнитного поля Курской магнитной аномалии на заболеваемость населения // Кибернетика: тез. докл. Совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты. Научн. совет по компл. пробл. – М.: Наука, 1966. – С. 23.

7. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 176 с.

8. Завьялов А.В., Бельский В.В., Калуцкий П.В. др. Курская магнитная аномалия и здоровье людей // Экология и жизнь. – 1998. – № 1. – С. 90–93.

9. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. – Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.

10. Климова, А.П. Воздействие горнорудного производства КМА на окружающую среду и экологическое образование // Тр. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. Экономика, экология и общество в 21-м столетии. – СПб., 2003. – т. 3. – С. 192–195.

11. Крикун Е.Н., Божук Т.Н., Михайлик Т.А. и др. Анализ антропометрических показателей новорожденных детей в районах с различной экологической ситуацией // Современные аспекты фундаментальной и прикладной морфологии: материалы материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – СПб., 2004. – С. 135–139.

12. Крикун Е.Н., Петина А.Н. Заболеваемость населения и состояния физического развития новорожденных детей в районах Белгородской области с различной экологической обстановкой // Сборник студенческих научных работ БелГУ. – Белгород, 2001. – Вып IV. – С. 132–133.

13. Крикун Е.Н. Изменчивость морфофункциональных показателей организма человека под влиянием неблагоприятных эколого-биологических факторов. – автореф. дис. ... канд. д-ра наук. – М., 2006. – 39 с.

14. Муалевская Н.И. Физиологические проявленеия действия МП слабой напряженности в дапазоне сверхнизких частот: автореф. дис. … канд. мед. наук. – Л., 1978. – 21 с.

15. Павловский В.И. К вопросу изучения влияния магнитного поля на биологические объекты в условиях Курской магнитной анамалии (КМА) // Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты: материалы 2-го Всесоюзн. симп. – Белгород, 1973. – С. 12–13.

16. Петин А.Н. Новых Л.Л., Петина В.И. Основы Экологии и природопользования: учебное пособие. – М.: Изд. Московск. уни-та, 2004. – 288 с.

17. Петин А.Н. Рациональное недропользование в железорудно провинции Курской магнитной аномалии (проблемы и пути их решения): автореф. дис. … д-ра геогр. наук. – Астрахань. – 47 с.

18. Петина В.И. Интегральная оценка экологической ситуации и охрана окружающей среды Белгородской области: автореф. дис. … канд. геогр. наук. – Воронеж, 1999. – 24 с.

19. Плеханов Г.Ф. Биологический эффект слабых магнитных полей. – М.: Медицина, 1982. – 123 с.

20. Современные изменения природных комплексов в Старооскольско-Губкинском промышленном районе Белгородской области / А.Г. Корнилов, А.Н. Петин, Е.В. Кичигин, Ю.А. Присный, А.Ф. Колчанов, А.В. Присный // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2008. – № 2. – С. 85–92.

21. Сироткина Е.И. Коррекция иммунных нарушений у больных хроническими пиодермиями в условиях воздействия геомагнитного поля повышенной напряженности: автореф. дис. … канд. мед. наук. – Курск, 2012.

22. Травкин М.П. Колесиков А.М. Влияние Курской магнитной аномалии на заболеваемость населения // Материалы II Всес. совещания по изучению влияния магнитных полей на биологические объекты. – М., 1969. – С. 225.

23. Тулакин А.В., Евдокимов В.И. Критерии гигиенической безопасности среды обитания проблемных территорий / под ред. акад. РАМН А.И. Потапова. – М., 2002. – 220 с.

24.Черных А.М. Состояние здоровья детей при сочетанном действии природных и антропогенных факторов в условиях магнитной аномалии. – автореф. дис. … д-ра мед. наук. – Курск, 2003. – С. 48.

25. Becer B.O. Relationshis of geomagnetic environment to human biology // N.Y. State J. med. – 1963. – № 15. – P. 3315.

УДК 622.276

МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФИЛЬТРАЦИОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН С УЧЕТОМ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Романенков А.В., Синцов И.А., Полякова Н.С.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: ivan_sintsov@mail.ru

К стационарным исследованиям относят метод установившихся отборов, суть которого заключается в построении индикаторных кривых – зависимости между дебитом скважины и разностью квадратов пластового и забойного давлений для различных установившихся режимов работы скважины. На начальном этапе разработки важное значение имеет оценка коэффициентов фильтрационных сопротивлений, поскольку они определяют продуктивные характеристики пластов. При использовании метода «средней» скважины при проектировании коэффициенты фильтрационного сопротивления принимаются как средневзвешенные по дебиту. Возникает ситуация, когда некачественное исследование по скважине с высоким дебитом имеет больший вес по сравнению с качественным исследованием, но проведенным в скважине с более низкими продуктивными характеристиками. Разработан новый метод осреднения коэффициентов фильтрационных сопротивлений газовых и газоконденсатных скважин, основанный на определении коэффициента достоверности. Новый метод осреднения апробирован на данных гидродинамических исследований нефтегазоконденсатного месторождения Ямало-Ненецкого автономного округа и показал хорошие результаты.

Ключевые слова: индикаторная диаграмма, газовая скважина, коэффициенты фильтрационных сопротивлений, коэффициент достоверности, конденсат

METHOD OF FILTRATION RESISTANCE COEFFICENT JUSTIFICATION OF GAS AND GAS CONDENSATE WELL BASED ON VALIDITY

Romanenkov A.V., Sintsov I.A., Polyakova N.S.

Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen», Tyumen, e-mail: ivan_sintsov@mail.ru

For stationary study relates a method to establish the selection, the essence of which is to construct the indicator curves – relationship between the flow rate of the well, and the difference of the squares of the reservoir and bottomhole pressure for a variety of well established modes of operation. At the initial stage of development it is important to estimate the coefficients of filtration resistance, since they determine the characteristics of productive strata. When using the method of «average» wells in the design of filtration coefficients of resistance are taken as the weighted average production rate. There is a situation, when poor-quality study on a well with a high flow rate has a greater weight compared with the qualitative research, but conducted in the well with lower productive performance. A new method of averaging the coefficients of filtration resistances of gas and gas condensate wells, based on the determination of the reliability factor. The new method was tested on data averaging hydrodynamic studies oil and gas fields of the Yamal-Nenets Autonomous District and showed good results.

Keywords: indicator diagram, gas wells, filtration coefficients of resistance, reliability coefficient, condensate

Газогидродинамические исследования газовых и газоконденсатных скважин подразделяются на стационарные и нестационарные. К стационарным исследованиям относят метод установившихся отборов, суть которого заключается в построении индикаторных кривых – зависимости между дебитом скважины и разностью квадратов пластового и забойного давлений для различных установившихся режимов работы скважины [1–5]. Метод позволяет определять коэффициенты фильтрационного сопротивления a и *b*, зависящие от параметров призабойной зоны пласта и конструкции забоя скважины; условия разрушения призабойной зоны, накопления и выноса твёрдых и жидких частиц с забоя скважины; устанавливать технологические режимы эксплуатации скважины и др. На форму индикаторной кривой влияют неполная стабилизация пластового и забойного давлений, очищение или накопление на забое и в призабойной зоне скважины жидкости и твёрдых частиц, образование гидратов и др.

При исследовании низкопродуктивных скважин с длительным периодом стабилизации забойного давления и дебита используют модифицированные варианты метода установившихся отборов (изохронный, экспресс-методы), позволяющие значительно сократить продолжительность испытания.

Перед исследованием скважины методом установившихся отборов необходимо ознакомиться с геолого-промысловыми материалами по данной скважине и месторождению. Если процессы восстановления и стабилизации давления, дебита и забойного давления продолжаются несколько часов и более, то следует выбрать ускоренные методы испытания скважины.

Перед началом исследования давление на устье скважины должно быть статическим. Исследование нужно начинать с меньшего дебита и наращивать его от режима к режиму – прямой ход. После фиксирования статического давления скважину следует пускать в работу с небольшим дебитом и дожидаться полной стабилизации забойного устьевого давления и дебита. Забой скважины при испытании ее методом установившихся отборов должен быть чистым, или, если имеется какой-то столб жидкости или песчаная пробка, желательно, чтобы высота их оставалась неизменной. В противном случае коэффициенты сопротивления, определяемые по результатам испытания, будут переменными от режима к режиму, что приводит к сильному искажению индикаторной линии.

На начальном этапе разработки важное значение имеет оценка коэффициентов фильтрационных сопротивлений *a* и *b*, поскольку они определяют продуктивные характеристики пластов, а значит, и дальнейшую стратегию бурения и разработки месторождения.

При использовании метода «средней» скважины при проектировании коэффициенты фильтрационного сопротивления *a* и *b* принимаются как средневзвешенные по дебиту, т.е. рассчитываются по формулам

$$a_{\text{ср}} = \frac{\sum_{1}^{n} a_i Q_i}{\sum_{1}^{n} Q_i}; \qquad (1)$$

$$b_{\text{ср}} = \frac{n\sum_{1}^{n} b_i Q_i^2}{\left[\sum_{1}^{n} Q_i\right]^2}, \qquad (2)$$

где a_i – *i*-й коэффициент фильтрационного сопротивления a, атм^2/(тыс. м^3/сут); b_i – *i*-й коэффициент фильтрационного сопротивления *b*, атм^2/(тыс. м^3/сут)^2; Q_i – *i*-е значение дебита скважины, тыс. м^3/сут.

Дебит определяется по формуле

$$Q = -\frac{a}{2b} + \frac{\sqrt{a^2 + 4b\left(P_{\text{пл}}^2 - P_{\text{заб}}^2\right)}}{2b}. \qquad (3)$$

При таком подходе учитываются все исследования методом установившихся отборов, за исключением отбракованных, однако четких критериев отбраковки не существует. По принятым к рассмотрению исследованиям определяется средневзвешенное по дебиту значение. Однако дебит не является критерием достоверности исследования. Возникает ситуация, когда некачественное исследование по скважине с высоким дебитом имеет больший вес по сравнению с качественным исследованием, но проведенным в скважине с более низкими продуктивными характеристиками. Под качеством исследования подразумевается не только соблюдение технологии его проведения, но и целый комплекс факторов, влияющих на возможность достоверной интерпретации. Например, в стволах газоконденсатных скважин возникают нестационарные процессы конденсации углеводородов, что не позволяет достоверно определить дебиты пластового газа. Такая же ситуация может возникнуть и при наличии на забое воды или технических жидкостей. Возможно влияние негерметичности муфтовых соединений и эксплуатационной колонны, возникновение турбулентных течений при больших дебитах.

В таких случаях при построении зависимости разности квадратов пластового и забойного давления от дебита аппроксимирующая кривая не пересекает нулевое значение графика, то есть возникает парадокс, когда при нулевой депрессии дебит скважины не равен нулю. Для устранения этого противоречия вводится поправочный коэффициент С, численно равный смещению графика от нулевого значения по оси ординат (разность квадратов пластового и забойного давлений). Таким образом, коэффициент С является условным показателем качества проведенного исследования, поскольку чем меньше данный коэффициент, тем меньше факторов влияет на зависимость, по которой определяются коэффициенты фильтрационных сопротивлений.

В данной работе предлагается метод осреднения коэффициентов фильтрационного сопротивления *a* и *b* с учётом коэффициента достоверности σ. На основе большого количества интерпретированных исследований в табл. 1 предложено распределение коэффициента достоверности σ в соответствии с коэффициентом С. Такой подход объясняется тем, что чем выше коэффициент С, тем меньшей достоверностью обладают результаты гидродинамических исследований. Таким образом, на первом этапе при интерпретации индикаторных диаграмм необходимо составить таблицу с указанием всех трех коэффициентов – *a*, *b*, *C*. Затем в соответствии с таблицей выбирается коэффициент достоверности для каждого исследования.

Таблица 1

Распределение коэффициента достоверности σ в соответствии с коэффициентом С

C, атм^2	0–10	10–50	50–100	100–500	500–1000	1000–10000	10000–50000	50000–100000	> 100000
σ	1	0,875	0,75	0,625	0,5	0,375	0,25	0,125	0

Дальнейшее осреднение коэффициентов фильтрационных сопротивлений необходимо осреднять уже с учетом коэффициента достоверности по формулам

$$a_{\text{ср}} = \frac{\sum_{1}^{n} a_i \sigma Q_i}{\sum_{1}^{n} \sigma Q_i}; \qquad (4)$$

$$b_{\text{ср}} = \frac{n\sum_{1}^{n} b_i \sigma Q_i^2}{\left[\sum_{1}^{n} \sigma Q_i\right]^2}, \qquad (5)$$

где σ – коэффициент достоверности, д. ед.

Рассмотрим возможность использования метода на примере эксплуатирующегося нефтегазоконденсатного месторождения ЯНАО. В табл. 2 представлены результаты интерпретации ГДИ на стационарных режимах на месторождении за 2013 год.

Из таблицы видно, что значения коэффициента *C* находятся в очень широком диапазоне – от 201,77 до 159328 атм^2. В последнем столбце присвоены значения коэффициента достоверности в соответствии с коэффициентом *C*.

При расчете по методу средней скважины коэффициенты *a* и *b* равны соответственно 25,216 (атм)^2/(тыс. м^3/сут) и 0,04418 (атм)^2/(тыс. м^3/сут)^2. Дебит такой скважины составит 168,3 тыс. м^3/сут.

Воспользуемся предложенным методом и осредним коэффициенты фильтрационных сопротивлений с учетом коэффициента достоверности

a = 17,537 (атм)^2/(тыс. м^3/сут);

b = 0,06880 (атм)^2/(тыс. м^3/сут)^2;

Q = 157,6 тыс. м^3/сут.

В данном случае значение дебита приводится исключительно для комплексного сравнения коэффициентов фильтрационных сопротивлений, определенных по двум методам.

В 2014 году исследования проводились в меньшем количестве, при этом диапазон значений коэффициента С также сократился – от 136 до 7493 атм^2. Результаты гидродинамических исследований за 2014 год приведены в табл. 3.

Средневзвешенные по дебиту коэффициенты фильтрационного сопротивления *a* и *b* равны 11,244 (атм)^2/(тыс. м^3/сут) и 0,030231 (атм)^2/(тыс. м^3/сут)^2 соответственно. Дебит равен 217,6 тыс. м^3/сут. Таким образом, за год средневзвешенный коэффициент *a* уменьшился более, чем в два раза, что маловероятно на длительно эксплуатируемых залежах.

Таблица 2

Результаты интерпретации ГДИ на стационарных режимах на месторождении за 2013 год

Номер скважины	*a* (атм)^2/(тыс. м^3/сут)	*b* (атм)^2/(тыс. м^3/сут)^2	*C* атм^2	σ
91	62,75	0,3171	21265	0,25
42	31,372	0,0115	1825,1	0,375
61	12,397	0,0281	18394	0,25
62	54,48	0,0423	159328	0
63	0,0343	0,0328	2607	0,375
71	5,6225	0,0155	2875,7	0,375
72	2,6586	0,0105	201,77	0,625
81	43,091	0,0275	2521,4	0,375
91	35,697	0,0263	4943,7	0,375
101	3,6996	0,0018	402,67	0,625
241	11,189	0,0114	779,18	0,5
244	2,9216	0,0047	2494	0,375
31	175,86	0,3668	29721	0,25
242	5,6755	0,0002	388,43	0,625
244	13,594	0,0121	427,42	0,625

Таблица 3

Результаты интерпретации ГДИ на стационарных режимах за 2014 год

Номер скважины	*a*	*b*	*C*	σ
	$(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)$	$(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)^2$	$атм^2$	
71	5,6238	0,0313	5559,7	0,375
81	7,707	0,0535	7493,1	0,375
84	6,8713	0,0178	167,27	0,625
91	65,48	0,1332	136,22	0,625
101	2,0227	0,0066	953,76	0,5
103	2,1946	0,0357	560,63	0,5
112	60,372	0,18	1542	0,375
243	7,8205	0,0043	3459,4	0,375

Таблица 4

Результаты интерпретации ГДИ на стационарных режимах

Средневзвешенные по дебиту			Средневзвешенные по дебиту с учетом коэффициента достоверности		
a	*b*	*Q*	*a*	*b*	*Q*
$(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)$	$(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)^2$	тыс. $м^3$/сут	$(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)$	$(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)^2$	тыс.$м^3$/сут
2013 год					
25,216	0,04418	168,3	17,537	0,06880	157,6
2014 год					
11,244	0,03023	217,6	12,810	0,06887	164,4

При расчете по предложенному методу были получены следующие значения:

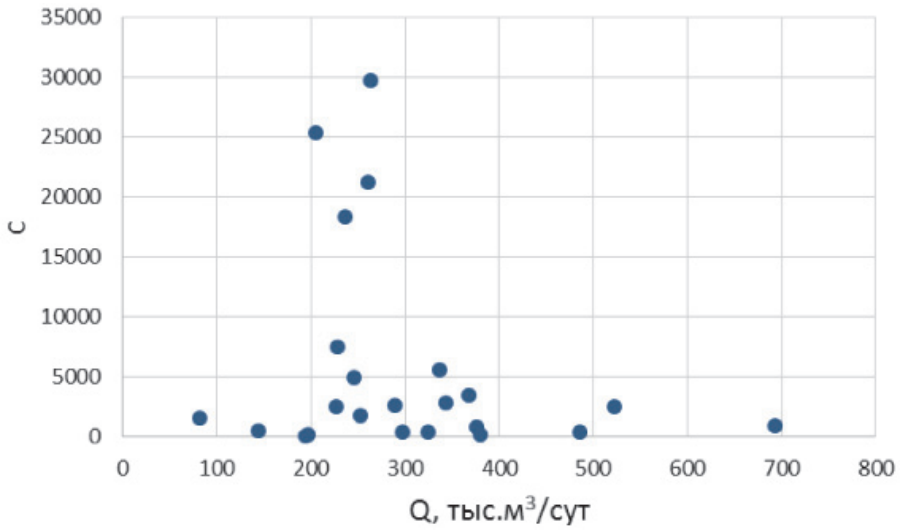
a = 12,810 $(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)$;

b = 0,068877 $(атм)^2/(тыс.\ м^3/сут)^2$;

Q = 164,4 тыс. $м^3$/сут.

В табл. 4 представлено сравнение коэффициентов фильтрационного сопротивления, средневзвешенных по дебиту и осреднённых с учетом коэффициента достоверности. По предложенному методу коэффициент b в 2013–2014 гг. остался практически неизменным, что хорошо согласуется с опытом разработки длительно эксплуатируемых месторождений Западной Сибири, однако произошло уменьшение коэффициента a.

Для дополнительного подтверждения независимости полученных значений по двум методам построим зависимость между коэффициентом C и дебитом для рассмотренных ГДИ (рисунок).



Зависимость коэффициента C от дебита

На рисунке видно, что какая-либо связь между двумя этими параметрами отсутствует, а наибольшими коэффициентами С характеризуются исследования скважин с дебитами в диапазоне 200–300 тыс. м^3/сут.

Выводы

1. Разработан новый метод осреднения коэффициентов фильтрационных сопротивлений газовых и газоконденсатных скважин, основанный на использовании коэффициента достоверности.

2. Новый метод осреднения апробирован на данных гидродинамических исследований нефтегазоконденсатного месторождения ЯНАО и показал хорошие результаты.

Список литературы

1. Басниев, К.С. Интерпретация газогидродинамических исследований горизонтальных скважин в деформируемых пластах // Известия Вузов. Нефть и газ. – 2003. – № 2. – С. 38–43.

2. Гриценко, А.И. Руководство по исследованию скважин / А.И. Гриценко, З.С. Алиев, О.М. Ермилов, В.В. Ремизов, Г.А. Зотов, под ред. Е.Н. Иванкина. – М.: Наука, 1995. – 523 с.

3. Карнаухов, М.Л. Современные методы гидродинамических исследований скважин: Справочник инженера по исследованию скважин / М.Л. Карнаухов, Е.М. Пьянкова – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 432 с.

4. Синцов И.А. Гидродинамические исследования в многозабойных скважинах с горизонтальными стволами // Территория Нефтегаз. – 2012. – № 3. – С. 64–69.

5. Эрлагер Р. Испытание скважин: достижения: пер. с англ.; под ред. А.В. Щебетова. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 469 с.

УДК 551.86

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗДНЕТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ ПРЕДВЕРХОЯНСКОГО ПРОГИБА

Рукович А.В.

Технический институт (филиал), Северо-Восточный федеральный университет, Нерюнгри, e-mail: raul1975@mail.ru

Материалы, изложенные автором в настоящей статье, являются логическим продолжением результатов исследований автора, изложенных в предыдущей статье «История формирования среднетриасовых отложений восточной части Вилюйской синеклизы и прилегающих районов Предверхоянского прогиба». Здесь, как и в предыдущей статье, автор восстанавливает историю формирования только уже позднетриасовых отложений на основании изучения литологии, стратиграфии и палеогеографии по материалам результатов глубокого бурения скважин на изученной территории. В основе проведенных исследований лежит детальная стратиграфия мезозойских отложений Вилюйской синеклизы и Предверхоянского прогиба, разработанная такими исследователями, как Ю.Л. Сластенов, В.Г. Князев, Б.Н. Шурыгин и др. Территория современной Вилюйской синеклизы и прилегающей части Предверхоянского прогиба в триасе представляла собой единый бассейн осадконакопления, фациальные условия в котором менялись от мелководно-морских до континентальных (аллювиальная равнина). В течение триасового периода площадь осадконакопления постепенно сокращалась за счет смещения западных границ бассейна на восток. В раннем триасе бассейн осадконакопления преимущественно представлял собой мелководное заливообразное море, в условиях которого шло формирование и накопление преимущественно глинистых отложений. В среднем триасе площадь морского бассейна постепенно сокращалась и его границы существенно сместились на восток. В позднем триасе на изученной территории в основном накапливались грубозернистые терригенные осадки, такие условия осадконакопления не способствовали образованию глинистых флюидоупоров.

Ключевые слова: Предверхоянский прогиб. Вилюйская синеклиза, дельта, колебания уровня моря, регрессия, песчаник, конгломерат

HISTORY OF FORMATION OF LATE TRIASSIC DEPOSITS OF EAST PART OF THE VILJUJSKY SYNECLISE AND ADJACENT REGIONS OF THE PREVERKHOYANSK DEFLECTION

Rukovich A.V.

Technical institute (branch) of Northeast Federal University, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru

The materials stated by the author in the present article are logical continuation of results of the researches of the author stated in the previous article «Formation History Srednetriasovykh of Deposits of East Part of the Vilyuysky Syneclise and Adjacent Regions of the Preverkhoyansk Deflection». Here, as well as in the previous article, the author restores history of formation of only already late Triassic deposits on the basis of studying of a lithology, a stratigraphy and paleogeography on materials of results of deep drilling of wells in the studied territory. The detailed stratigraphy of mesozoic deposits of the Vilyuysky syneclise and the Preverkhoyansk deflection developed by such researchers as Yu.L. Slastenov, V.G. Knyazev, B.N. Shurygin, etc. is the cornerstone of the conducted researches. The territory of a modern Vilyuysky syneclise and adjacent part of the Preverkhoyansk deflection in the Triassic represented the uniform pool of sedimentation in which facial conditions changed from shallow and sea to continental (the alluvial plain). During the Triassic Period the area of sedimentation was gradually reduced at the expense of the shift of the western borders of the pool to the east. In the early Triassic the pool of sedimentation mainly represented the shallow zalivoobrazny sea in the conditions of which there was a formation and accumulation of mainly clay deposits. On average the Triassic the area of the sea pool was gradually reduced, and his borders were significantly displaced to the east. In the late Triassic in the studied territory coarse-grained terrigenous rainfall generally collected, such conditions of sedimentation didn't promote formation of clay flyuidoupor.

Keywords: Preverkhoyansk deflection, Viljujsky syneclise, delta, sea level fluctuations, regression, sandstone, conglomerate

Хедаличенское время (карнийский век)

В начале хедаличенского времени произошла незначительная морская трансгрессия. В результате этого в Предверхоянском прогибе сформировалась глинистая пачка, залегающая в основании хедаличенской свиты. В Вилюйской синеклизе ей соответствуют глинисто-алевролитовые пласты в нижней части верхней пачки тулурской свиты. Мощность отложений, сохранившихся от хедаличенского времени, составляет в Вилюйской синеклизе 180–250 м, в центральной части Предверхоянского прогиба она достигает 520 м (Китчанская, Усть-Вилюйская, Сангарская площади). Сопоставление разрезов скважин показывает, что сокращение мощности тулурской свиты по мере ее приближения к бортам Вилюйской синеклизы происходит за счет выклинивания и размыва ее верхней и средней

толщ. В целом осадконакопление на территории обмелевшего Вилюйского палеозалива не претерпело принципиальных изменений. В мелководных условиях центральной части Вилюйского залива формировались разнозернистые песчаники с прослоями белых кварцевых гравелитов и мелкогалечных конгломератов верхней толщи тулурской свиты. В прибрежной части мелководного залива и в аллювиальных долинах усиливалась эродирующая и транспортирующая деятельность системы палеовилюйских рек, размывающих осадки, накопившиеся близ побережий, и переносящих грубый материал и остатки растений по подводным руслам в Предверхоянскую часть бассейна (рис. 1).

В хедаличенское время интенсивное выдвижение палеодельт способствовало региональному перемещению терригенного материала в более глубоководную – Предверхоянскую часть бассейна седиментации. Ввиду большой разницы мощностей тулурской свиты в центральных частях современных Вилюйской синеклизы и Приверхоянского прогиба можно предположить, что в центральной части Предверхоянского бассейна сформировалась крупная аванделта системы палеовилюйских рек. После осаждения осадки претерпевали глубокую переработку во время волнений, в результате чего шло формирование крупнозернистых, иногда гравелитистых песчаников хедаличенской свиты с грубой косой и волнистой слоистостью. На плоскостях наслоения песчаников наблюдаются скопления мелкого обугленного детрита, окатышей глинистых пород, встречаются также обломки обугленной и окаменелой древесины. Мощность хедаличенской свиты значительно изменяется от центра бассейна к его северной и южной частям. Если в центральной части мощность хедаличенской свиты составляет в среднем 550 м, то в южной ветви современного Приверхоянского прогиба ее мощность сокращается до 400 м, а в северной – до 370 м. Такое сокращение мощностей в северной и южной частях Предверхоянского бассейна можно объяснить меньшей интенсивностью тектонического прогибания на этих территориях.

В муосучанское время (норийский век)

Вилюйский залив представлял собой аллювиальную равнину, которая являлась областью сноса: в разрезе триасовых отложений здесь отсутствуют норийские отложения. Осадконакопление продолжалось лишь на территории современного Предверхоянья. В норийский век, в условиях наступающей дельты, происходило накопление пород муосучанской свиты, залегающей на подстилающих отложениях с размывом, который фиксируется по присутствию конгломератов в ее основании. Породы свиты, имеющей сложное литологическое строение, характеризуются широким развитием белых кварцитовидных песчаников, серых мелкозернистых песчаников с прослоями аргиллитов и алевролитов, содержащими многочисленные сидеритовые желваки и остатки корневой системы растений.

В целом фациальная модель муосучанского времени представляет собой широкое развитие дельтовой системы, впадавшей в мелкое море, существовавшее на территории современного Верхоянья (рис. 2). На это указывает размер терригенных осадков, однонаправленная крупномасштабная косая слоистость у кварцитовидных песчаников. Песчаники муосучанского дельтового комплекса содержат прослои и линзы мелкогалечных полимиктовых конгломератов, которые можно характеризовать как структуры вреза проток или приливных каналов. В обнажениях на реке Тарыннах (правый приток р. Бегиджан) характер песчаников отражает в некоторой степени обмеление бассейна и усиление турбулентности в зоне седиментации. Вверх по разрезу возрастает не только размер зерен, но и зрелость песка. В самой верхней части кварцевые пески представлены наиболее чистой разностью и имеют лучшую окатанность по сравнению с песками нижних слоев свиты. Такую направленную изменчивость в сочетании с увеличением зернистости можно интерпретировать как результат наращивания дельты в сторону мелкого моря, вследствие чего наименее устойчивые обломки разрушались, а пески поэтому обогащались кварцем. Петтиджон [1] в своей работе говорит о возможности образования зрелых песков под воздействием повторяющихся процессов промывания и провеивания песков в волноприбойной полосе. В нашем случае это могло происходить при отступлении вод с авандельтовой части проградирующей дельты. О колебаниях уровня моря свидетельствуют наличие остатков корневой системы растений и прослойков углистого материала в алевролитах муосучанской свиты, периодическое ожелезнение пород. Подъем уровня морской воды, мутьевые потоки, взвеси и шторма поставляли глинистый материал, который в последующем осаждался в местах с наиболее спокойной гидродинамикой и представляет в настоящее время

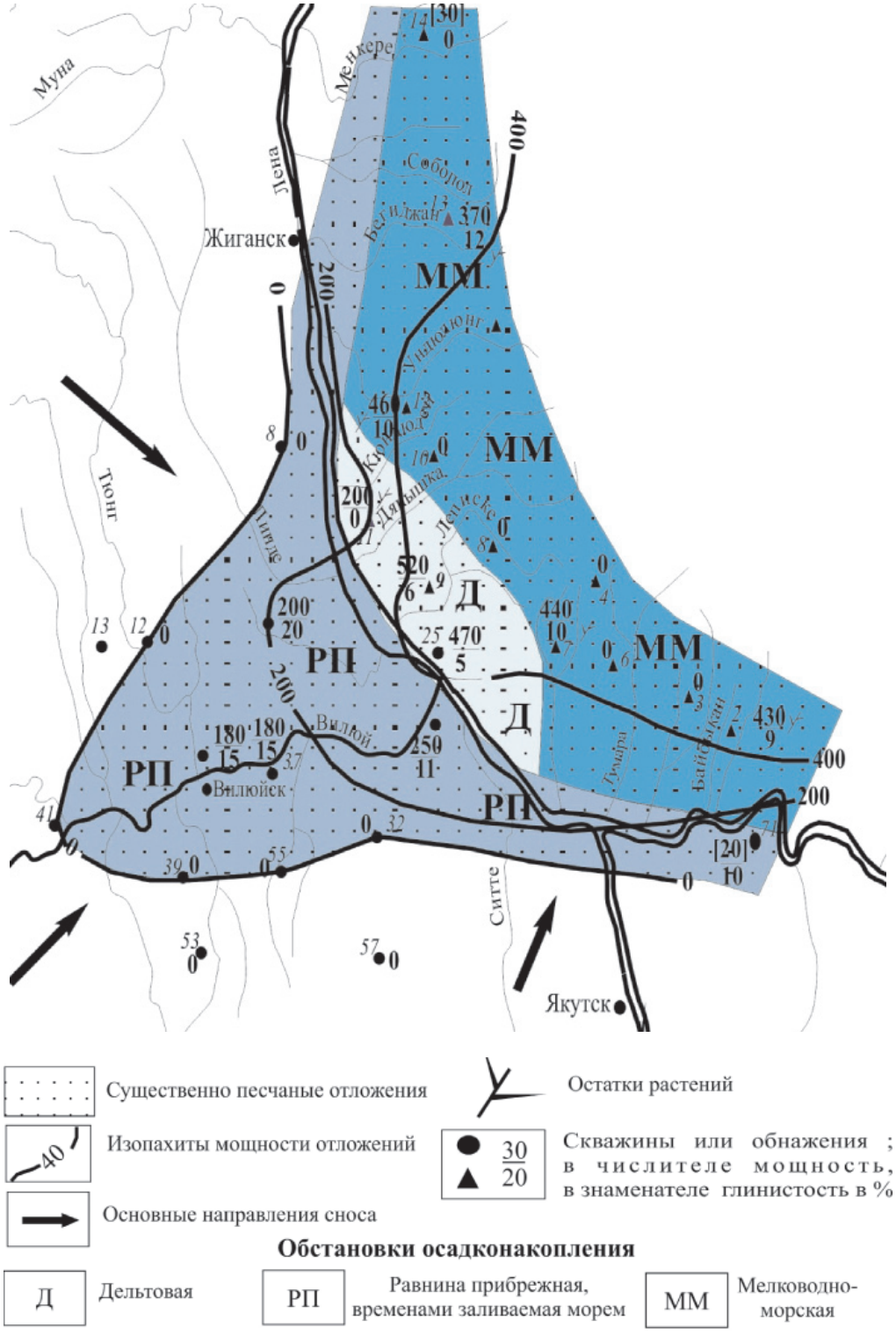


Рис. 1. Палеогеографическая схема хедаличенского времени

прослои аргиллитов в разрезе муосучанской свиты. О неустойчивой динамике вод морского бассейна можно также судить по прослоям конгломератов и галечников, состоящих из кварца, кремней, роговиков, кислых эффузивов, которые нельзя характеризовать, как обломки пород из подстилающих муосучанскую свиту отложений. Предположительно, в периоды повышения интенсивности привноса терригенного материала дельтовыми системами мегакластовый материал привносился из удаленных районов. Скорее

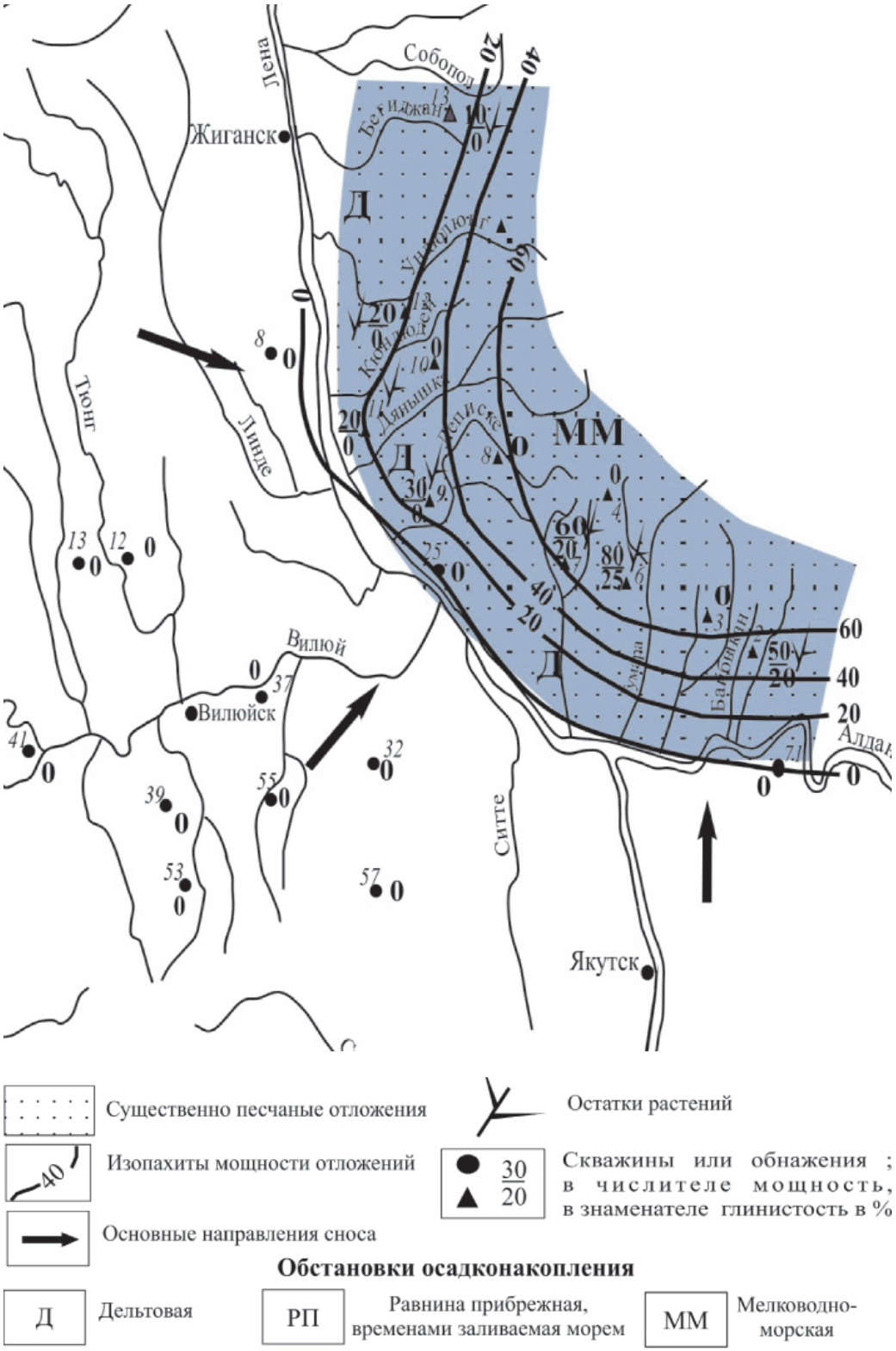


Рис. 2. Палеогеографическая схема муосучанского времени

всего «экзотический» обломочный материал являлся продуктом размыва метаморфических и интрузивных пород Якутского поднятия или центрального и восточного склонов Алданского щита [5]. В отложениях муосучанского времени известны находки отпечатков позднетриасовых ископаемых растений, однако отсутствуют остатки макромерной фауны.

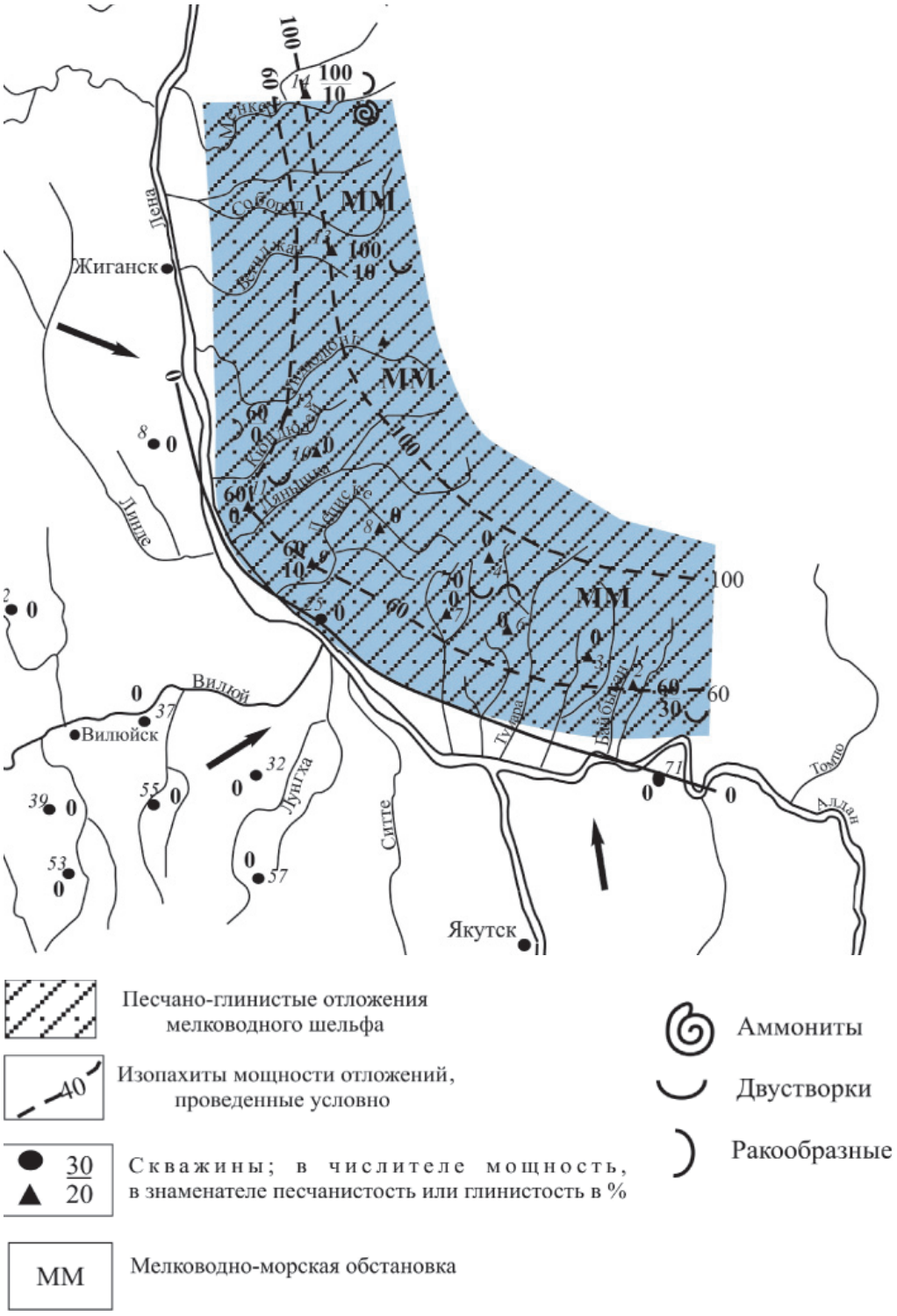


Рис. 3. Палеогеографическая схема бырандянского времени

Бырандянское время (рэтский век)

После образования пород муосучанской свиты произошел непродолжительный перерыв в осадконакоплении в Предверхоянском морском палеозаливе, выразившейся в неровностях подошвы бырандянской и нижней части кыбыттыгасской свит, а также в присутствии конгломератов в их основании. На данном этапе произошли коренные изменения в характере накопления осадков на территории современного Приверхоянского прогиба. Береговая линия смещается с восточного склона современного Верхоянья приблизительно до широты

Нижне-Вилюйского месторождения. В бырандянское время снижается интенсивность речной деятельности и в отложениях существенно увеличивается роль мористых отложений. Это выражается в увеличении числа пачек переслаивания глинистых алевролитов в разрезе бырандянской свиты, содержащих остатки двустворчатых, брахиопод (*Piarorhinchia* sp), а также остатки аммонитов (*Racophilltes debilis timorensis* (Welter)), что свидетельствует о нормальной солености вод и связи Предверхоянского бассейна с Палеоверхоянским океаном. В песчаниках бырандянской свиты встречаются прослои пелитоморфных известняков. Это обстоятельство, видимо, обусловлено низменным рельефом прилегающей суши, а также терригенно-карбонатным составом областей питания, особенно расположенных на юге.

В целом на большей части Предверхоянского бассейна, представлявшего собой мелководное море с нормальной соленостью, происходило накопление преимущественно песчано-алевритовых осадков с ходами илоедов, в которых встречаются остатки морских двустворчатых моллюсков, брахиопод, реже аммоноидей. Исключением, возможно, является северная часть бассейна (бассейн р. Менгкере), где, по-видимому, осадконакопление происходило в условиях авандельты. На это указывает меньшее развитие алевритоглинистых пород, а среди песчаников преобладают серо-цветные, средне-крупнозернистые разности с однонаправленной косой слоистостью. Неспокойная динамика вод и морской характер осадконакопления подтверждается наличием остатков эвригалинной морской фауны (*Tosapecten* ex gr. *hiemalis* (Tell.)). Территория современной Вилюйской синеклизы в рэтский век представляла собой широкую аллювиальную равнину с множеством рек, переносивших терригенный материал в Предверхоянскую морскую акваторию.

В целом, давая общую характеристику средне-позднетриасовому периоду, можно сказать, что раннетриасовая трансгрессивная эпоха в среднем и позднем триасе сменилась регрессией морского бассейна, что существенно сказалось на характере осадконакопления. В наиболее активной гидродинамической обстановке происходит формирование отложений карнийского и норийского веков, что выразилось в широком распространении грубообломочных осадков. Описанная выше пестрота фаций этих эпох обусловлена четко выраженной мелководностью бассейна, следствием чего явилось широкое выдвижение дельтовых комплексов, а также частыми колебаниями уровня морских вод. Такая седиментация обусловила отсутствие в разрезе средне-позднетриасовых отложений глинистых флюидоупоров, характерных для раннетриасовых отложений таганджинской и мономской свит.

Список литературы

1. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. – М.: Недра, 1981. – 750 с.

2. Сафронов А.Ф. Историко-генетический анализ процессов нефтегазообразования. – Якутск: Изд-во ЯНЦ, 1992. – 146 с.

3. Сластенов Ю.Л. Геологическое развитие Вилюйской синеклизы и Приверхоянского прогиба в позднем палеозое и мезозое // Минерагения, тектоника и стратиграфия складчатых районов Якутии. – Якутск, 1986. – С. 107–115.

4. Сластенов Ю.Л. Стратиграфия Вилюйской синеклизы и Предверхоянского прогиба в связи с их нефтегазоносностью: автореф. дис. ... д-ра геол. мин. наук. – СПб., 1994. – 32 с.

5. Тучков И.И. Палеогеография и история развития Якутии в позднем палеозое и мезозое. – М.: Наука, 1973. – 205 с.

УДК 332.1: 314.42: 314.7

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА (НА МАТЕРИАЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ)

Шамаев Ю.А.

ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова», Элиста, e-mail: yuliy.shamaev@gmail.com

Социально-демографические процессы существенно влияют на экономическую жизнь региона и имеют свои региональные особенности. Одним из факторов, оказывающих негативный эффект на экономику региона, является сокращение числа трудоспособного населения. На примере республики Калмыкия в качестве причин сокращения трудоспособного населения можно выделить преждевременную смертность и выездную миграцию населения. Настоящая статья посвящена оценке экономических потерь региона в виде недополученного валового внутреннего продукта из-за выбытия человека из трудовой деятельности. Расчет экономических потерь произведен статистическими методами на основании официальных данных по Республике Калмыкия за период с 2005 по 2014 год, опубликованных Федеральной службой государственной статистики. Проведен анализ динамики ключевых показателей и выявлены тенденции и угрозы, которые могут повлиять на развитие экономики Республики Калмыкия.

Ключевые слова: региональная экономика, экономические потери, валовой региональный продукт, смертность, миграция

A NOTE ON INFLUENCE OF SOCIO-DEMOGRAPHIC PROCESSES ON DEVELOPMENT OF REGIONAL ECONOMY (ON MATERIALS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA)

Shamaev Yu.A.

Federal State Educational Institution of Higher Education Kalmyk State University, Elista, e-mail: yuliy.shamaev@gmail.com

Socio-demographic processes significantly affect the economic life of the region and have their own regional characteristics. Reducing of the working-age population is one of the factors that have negative effect on the economy of the region. On the example of the Republic of Kalmykia reasons of the reducing of the working population can be identified as early mortality and out-migration of population. This article is devoted to estimate the regional economic losses in the form of lost gross domestic product due to people disposals from the economic activity. Calculation of economic losses produced by statistical methods based on official data in the Republic of Kalmykia, published by the Federal State Statistics Service, in the period from 2005 to 2014. The analysis of the dynamics of key performance indicators and identify trends and threats that may affect the development of the economy of the Republic of Kalmykia.

Keywords: regional economic, economic losses, gross regional product, mortality, migration

Человеческие ресурсы являются одним из ключевых факторов экономического развития региона. Особенное значение этот фактор принимает в современную эпоху глобальной экономики, характеризующуюся повышением мобильности и конкуренции на рынке труда. Характерной особенностью рынка труда в России является существенная концентрация человеческих ресурсов в крупных экономических центрах, сопровождающаяся оттоком трудоспособного населения из менее развитых регионов. Помимо экономических факторов, оказывающих влияние на рынок труда, существенное значение имеет социально-демографическая обстановка в регионе. Так, Россия исторически относится к числу стран с высокой смертностью населения, и, несмотря на существенный прогресс в этой области (снижение с 16,1 смертей на 1000 человек в 2003 году до 13,1 в 2014 году [2]), все еще отстает от развитых европейских государств (например, в Германии, Франции, Великобритании смертность составляет менее 6 случаев на 1000 человек [1]). Преждевременная смертность человека в трудоспособном возрасте, вызванная неудовлетворительным состоянием здоровья, заболеваемостью или внешними факторами, оказывает не только негативный социально-демографический эффект, но и приносит экономические потери в виде недополученного продукта, который мог быть произведен за время трудовой деятельности человека. Качественное рассмотрение подобных вопросов невозможно без количественной оценки влияния того или иного процесса на экономику региона.

Цель настоящей статьи – на примере Республики Калмыкия оценить потери региона вследствие неблагоприятных социально-демографических процессов, выраженных в снижении количества трудоспособного населения. В качестве причин сокращения трудоспособного населения рассматриваются смертность и миграция.

В качестве индикатора состояния экономики Республики Калмыкия рассмотрим показатель валового регионального продукта (далее ВРП) и производные от него показатели. Для целей дальнейшей оценки потерь экономики региона от смертности и миграции населения особый интерес представляют среднедушевые показатели ВРП. За период с 2010 по 2014 год ВРП Республики Калмыкия вырос на 21,6 млрд руб. или на 17,2% в среднегодовом выражении, для сравнения средний рост ВРП по регионам России за тот же период составил 12,9% годовых. При этом отмечается сокращение населения республики с 289,7 тыс. чел. в 2010 г. до 282,0 тыс. чел. в 2014 г. Таким образом, показатель ВРП на душу населения продемонстрировал существенный рост, практически удвоившись, с 84,2 тыс. руб. в 2010 году до 163,3 тыс. руб. в 2014 г. Аналогичный рост мы наблюдаем при расчете среднедушевого ВРП на занятое в экономике население. Основные социально-экономические показатели по Республике Калмыкия представлены в табл. 1. Анализируемый период охватывает 2010–2014 годы, дополнительно для сравнения приведены данные за 2005 год.

развитие. Особое беспокойство вызывает сокращение населения региона, обусловленное миграционным оттоком и смертностью.

Показатель смертности в России характеризуется крайне неравномерным распределением и сильно варьируется в регионах. Можно выделить следующие группы факторов, существенно влияющие на смертность населения:

- Природно-климатические и экологические факторы внешней среды проживания человека.
- Социально-демографические факторы, связанные с генетическими и культурными особенностями, образом жизни населения.
- Экономико-политические факторы, связанные с качеством жизни населения, оказанием медицинской помощи и политикой в области охраны жизни и здоровья человека.

Несмотря на сложное экономическое положение Республики Калмыкия, региональный показатель смертности населения стабильно ниже среднего по России и на конец 2014 года составляет менее 10 смертей на 1000 жителей (снижение с 11,4 в 2005 году до 9,8 в 2014 г.) [2]. Динамика показателя смертности по Республике Калмыкия в сравнении со средним по России приведена на рисунке.

При общей тенденции на снижение наблюдается всплеск смертности в Калмыкии в 2009–2010 годах, обусловленный отложенным эффектом экономического кризиса 2008–2009 годов и вызванным им общим снижением благосостояния населения. Таким образом, можно отметить чувствитель-

Таблица 1

Динамика основных социально-экономических показателей Республики Калмыкия за 2005, 2010–2014 гг. [5]

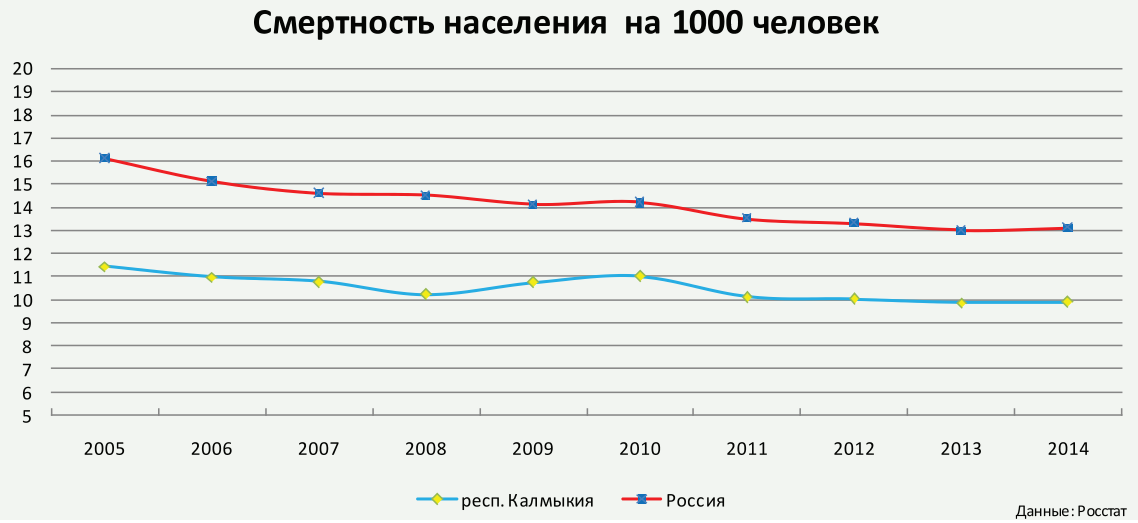
Показатель	Ед. изм.	2005	2010	2011	2012	2013	2014
ВРП в основных ценах	млн руб.	9 686	24 404	29 319	35 898	41 166	46 044
Население, всего	тыс. чел	293,2	289,7	288,9	286,7	284,1	282,0
ВРП на душу населения	**тыс. руб.**	**33,0**	**84,2**	**101,5**	**125,2**	**144,9**	**163,3**
Экономически активное население	тыс. чел.	150,5	148,6	149,0	145,3	142,1	146,7
занятые в экономике	тыс. чел.	128,8	126,6	127,8	126,2	124,4	130,7
Безработные	тыс. чел.	21,6	22,0	21,2	19,1	17,7	16,0
ВРП на душу занятого в экономике населения	**тыс. руб.**	**75,2**	**192,6**	**229,4**	**284,5**	**330,9**	**352,3**

Принимая во внимание слабое состояние экономики региона (по показателю ВРП на душу населения на 2014 год Калмыкия занимает 74 место среди регионов России [5]), положительная динамика ВРП характеризует скорее догоняющее, а не опережающее

ность показателя смертности к экономическим факторам. Влияние неблагоприятных экономических факторов в кризисный период особенно остро проявляется в регионах с низким накопленным благосостоянием, так показатель смертности по респу-

блике Калмыкия в посткризисный 2010 год вернулся к значениям 2006 года, тогда как смертность в среднем по России лишь замедлила тенденцию к снижению.

Негативное влияние преждевременной смертности на экономику региона или страны в целом можно подвергнуть количественной оценке в терминах упущенного или недополученного валового продукта за период возможного дожития человека. Для этих целей значение имеет не столько общая смертность, сколько распределение совокупной смертности по возрастным группам. Например, очевидно, что смертность в пожилом возрасте от естественных причин несет в себе меньшие потери, нежели смертность в трудоспособном возрасте 20–40 лет. Распределение основных социально-демографических показателей по возрастным группам приведено в табл. 2.



Смертность населения

Таблица 2

Распределение населения и смертности по возрастным группам в Республике Калмыкия за период 2005, 2010–2014 гг. [5]

Показатель	Ед. изм.	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Население	**тыс. чел**	**293,2**	**289,7**	**288,9**	**286,7**	**284,1**	**282,0**
менее 20 лет	тыс. чел	89,5	76,4	75,3	74,4	73,4	73,2
20–40 лет	тыс. чел	84,3	90,1	90,4	89,2	87,8	85,9
40–50 лет	тыс. чел	52,6	45,4	43,1	40,5	38,3	36,2
50–70 лет	тыс. чел	50,2	57,8	59,8	62,3	64,8	67,6
более 70 лет	тыс. чел	16,6	20,1	20,3	20,3	19,9	19,2
Занятые в экономике	**тыс. чел**	**128,8**	**126,6**	**127,8**	**126,2**	**124,4**	**130,7**
менее 20 лет	тыс. чел	6,7	3,3	1,8	1,1	1,4	1,2
20–40 лет	тыс. чел	62,7	57,3	60,8	60,6	60,6	61,6
40–50 лет	тыс. чел	39,9	40,2	34,6	34,5	31,5	32,8
50–70 лет	тыс. чел	19,5	26,0	30,5	30,0	31,0	35,2
Смертность	**чел.**	**3 329**	**3 172**	**2 913**	**2 850**	**2 793**	**2 771**
менее 20 лет	чел.	110	76	54	68	66	67
20–40 лет	чел.	281	228	247	208	223	184
40–50 лет	чел.	426	285	262	222	221	178
50–70 лет	чел.	1 120	975	878	903	907	916
более 70 лет	чел.	1 392	1 608	1 472	1 449	1 376	1 426

Так, в 2014 году больше половины смертности (51,5%) в республике Калмыкия приходится на пожилых людей старше 70 лет, тогда как в 2005 году этот показатель составлял 41,8%, что говорит о снижении именно преждевременной смертности в регионе. Процесс снижения смертности сопровождается повышением числа занятых в экономике пожилых граждан. На 2014 год доля занятых граждан в возрасте 50–70 лет составила 27% от общего числа занятых в экономике, тогда как в 2005 году этот показатель составлял 20%. При этом наблюдается сокращение численности населения в возрастной группе 40–50 лет, к которой традиционно приписывают наиболее квалифицированную рабочую силу. Таким образом, наряду с позитивной динамикой по смертности, основной рост числа населения, занятого в экономике, приходится на возрастную категорию 50–70 лет, что несет в себе риски недостаточного восполнения рабочего населения в среднесрочной перспективе.

Оценка экономических потерь от смертности, в виде недополученного ВРП, за отчетный год осуществлялась по следующей формуле:

$$УВГ_i = \sum_{ВГ} ЧУ_{i,ВГ} \cdot \frac{ЧЗ_{i,ВГ}}{ЧН_{i,ВГ}} \cdot \frac{ВРП_i}{ЧЗ_i} \cdot 0,5,$$

где $УВГ_i$ – упущенная выгода за год в производстве ВРП в *i*-м отчетном году; $ЧУ_{i,ВГ}$ – число умерших в возрастной группе в *i*-м отчетном году; $ЧЗ_{i,ВГ}$ – число занятых в возрастной группе в *i*-м отчетном году; $ЧН_{i,ВГ}$ – численность населения в возрастной группе в *i*-м отчетном году; $ВРП_i$ – валовый региональный продукт в *i*-м отчетном году; $ЧЗ_i$ – общая численность населения в *i*-м отчетном году; 0,5 – коэффициент ожидания равномерного распределения смертности по времени в течение года.

Для оценки совокупного эффекта от смертности можно рассчитать потери не только в отчетном году, но и за весь период потенциального дожития, по следующей формуле:

$$УВС_i = \sum_{ВГ} ЧУ_{i,ВГ} \cdot \frac{ЧЗ_{i,ВГ}}{ЧН_{i,ВГ}} \cdot \frac{ВРП_i}{ЧЗ_i} \cdot ПГ_{ВГ},$$

где $УВС_i$ – упущенная выгода в производстве ВРП в *i*-м отчетном году за период потенциального дожития; $ЧУ_{i,ВГ}$ – число умерших в возрастной группе в *i*-м отчетном году; $ЧЗ_{i,ВГ}$ – число занятых в возрастной группе в *i*-м отчетном году; $ЧН_{i,ВГ}$ – численность населения в возрастной группе в *i*-м отчетном году; $ВРП_i$ – валовый региональный продукт в *i*-м отчетном году; $ЧЗ_i$ – общая численность населения в *i*-м отчетном году; $ПГ_{ВГ}$ – потерянные годы потенциальной жизни в возрастной группе.

Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Экономические потери от смертности в Республике Калмыкия по возрастным группам за период 2005, 2010–2014 гг.

Показатель	Ед. изм.	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Потери ВРП за год	**млн руб.**	**36,6**	**80,8**	**94,8**	**109,0**	**127,5**	**135,8**
менее 20 лет	млн руб.	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
20–40 лет	млн руб.	7,9	14,0	19,1	20,1	25,5	23,2
40–50 лет	млн руб.	12,2	24,3	24,1	26,9	30,1	28,5
50–70 лет	млн руб.	16,3	42,2	51,4	61,9	71,8	84,0
Доля в ВРП	%	0,38%	0,33%	0,32%	0,30%	0,31%	0,29%
Совокупные потери ВРП за период дожития	**млн руб**	**1 744,0**	**3 534,2**	**4 157,0**	**4 641,5**	**5 508,5**	**5 523,3**
менее 20 лет	млн руб.	35,3	36,0	16,8	16,8	23,2	21,6
20–40 лет	млн руб.	660,5	1 172,7	1 601,8	1 687,7	2 139,6	1 950,0
40–50 лет	млн руб.	656,7	1 312,5	1 303,7	1 452,0	1 623,1	1 536,3
50–70 лет	млн руб.	391,5	1 013,0	1 234,7	1 485,0	1 722,6	2 015,4
Доля в ВРП	%	18,01%	14,48%	14,18%	12,93%	13,38%	12,00%

Мгновенный эффект от смертности существенно не изменился за период с 2010 по 2014 год и составил порядка 0,3% ВРП, тогда как совокупные потери ВРП с учетом периода потенциального дожития сократились с 14,5% в 2010 до 12% ВРП в 2014 году. По оценкам аналитического агентства «РИА Рейтинг» [4] на 2013 год совокупные потери ВВП России по причине преждевременной смертности населения составляют 14,3% ВВП, при потерях от 7,6 до 30% ВРП регионов. В отчете «РИА Рейтинг» из 83 регионов по уровню экономических потерь от смертности по состоянию на 2013 год Калмыкия занимает 18 место с потерями 13% ВРП, что с небольшой погрешностью соответствует значению 13,4% полученному в настоящей статье.

Применяемая методика расчета в целом соответствует методологии оценки экономических потерь от смертности, утвержденной приказами Минэкономразвития России, Минздравсоцразвития России, Минфина России, Росстата от 10 апреля 2012 г. № 192/323н/45н/113 [3]. Отличительной особенностью настоящего расчета является использование исключительно открытых данных Росстата по Республике Калмыкия. Таким образом, некоторые данные, используемые в официальной методологии, в настоящем расчете не участвуют в силу отсутствия в открытых источниках. Перечислим основные отличия от официальной методологии:

● Данные по населению, занятости, смертности агрегированы по возрастным группам, официальная методология предполагает использование неагрегированных данных.

● Для каждой возрастной группы используется средний период дожития, вместо вероятностей дожития, основанных на таблицах смертности.

Еще одним фактором снижения численности населения Республики Калмыкия наряду со смертностью является выездная миграция населения. Официальные данные Росстата по миграции в Калмыкии приведены в табл. 4.

Всего за период с 2005 по 2014 год миграционная убыль населения составила 27 017 человек или порядка 9% от общей численности населения Калмыкии. Экономический характер миграции объясняет снижение миграционного оттока в периоды экономического спада и увеличение оттока в периоды роста экономики России. Так, в кризисный 2009 год миграционная убыль в Республике Калмыкия составила 1990 человек (6,9 на 1000 населения), сократившись более чем на 30% к прошлому году. Однако затем в период восстановления экономики России миграция из Республики Калмыкия возросла до 3947 в 2012 году (13,8 на 1000 населения). В настоящее время в связи с экономическим кризисом в экономике России можно ожидать замедления миграционного оттока в Республике Калмыкия, заметного уже по итогам 2014 года.

Оценить потери ВРП Республики Калмыкия от миграционного оттока населения можно аналогично потерям от смертности, учитывая следующие различия:

● Отличия в возрастной структуре выбывающего населения. Расчет потерь произведен в предположении соответствия возрастной структуры миграционных потоков общей возрастной структуре населения по Республике Калмыкия.

● Отличия во временном горизонте, за который оцениваются потери: миграционный отток может носить возвратный характер, тогда как потери от смертности уже невосполнимы. Расчет потерь произведен за 5-летний ретроспективный период;

Результаты расчета приведены в табл. 5.

Таблица 4

Итоги миграции в Республике Калмыкия за 2005–2014 гг. [5]

Год	Миграционная убыль	Население всего	Миграция на 1000 чел.
2005	–1 644	293 179	–5,6
2006	–2 089	292 478	–7,1
2007	–2 663	291 776	–9,1
2008	–2 918	291 075	–10,0
2009	–1 990	290 373	–6,9
2010	–2 203	289 672	–7,6
2011	–3 484	288 902	–12,1
2012	–3 947	286 689	–13,8
2013	–3 440	284 140	–12,1
2014	–2 639	282 021	–9,4

Таблица 5

Экономические потери от миграции в Республике Калмыкия за период с 2010 по 2014 г.

Год	Миграционный отток, чел.	Потери за год, млн руб.	Потери накопленным итогом к 2014 году, млн руб.	Доля накопленных потерь в ВРП 2014 года, %
2010	2 203	93	835	1,81 %
2011	3 484	177	2 073	4,50 %
2012	3 947	247	3 308	7,18 %
2013	3 440	249	4 056	8,81 %
2014	2 639	215	4 271	9,28 %

На конец 2014 года за предшествующие 5 лет совокупные потери Республики Калмыкия от миграционной убыли населения можно оценить на уровне 9,3 % ВРП.

Таким образом, упущенная выгода в производстве ВРП по Республике Калмыкия на 2014 год по причине преждевременной смертности и миграции составляет порядка 21,3 % ВРП. В заключение отметим, что подобные оценки характеризуют скорее нереализованный потенциал для экономического роста региона, нежели реальные потери в производстве.

Список литературы

1. Банк данных Глобальной обсерватории здравоохранения // Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – URL: http://www.who.int/gho/database/ru.

2. Демографический ежегодник России 2014 // Федеральная служба государственной статистики. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/ publications/catalog/doc_1137674209312.

3. Приказ Минэкономразвития РФ от 10.04.2012 г. № 192 «О методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения» // Российская газета [Электронный ресурс]. – URL: http://rg.ru/pril/73/43/77/23983_metodologiia.pdf.

4. Рейтинг регионов по экономическим потерям от преждевременной смертности // РИА-Рейтинг [Электронный ресурс]. – URL: http://riarating.ru/regions_rankings/20141216/610640551.html.

5. Сайт Федеральной службы государственной статистики по Республике Калмыкия [Электронный ресурс]. – URL: http://statrk.gks.ru.

УДК 622.691

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ГАЗОТУРБИННОГО ТИПОВ ПРИВОДА НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Шпилевой В.А., Закирзаков А.Г.

ФГОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: shpilevoyva@tsogu.ru, zakir1404@mail.ru

В статье произведен анализ состояния разветвленной сети магистральных нефтепроводов Тюменской области на основе статистических данных, а также предложены пути повышения эффективности политики энергосбережения на магистральном транспорте нефти. Рассмотрены различные типы привода насосов магистральных нефтепроводов. Определено, что на сегодняшний день не существует строгой аналитической зависимости между основными эксплуатационными свойствами силовой турбины газотурбинного двигателя. В то же время возникает необходимость определения рабочих параметров при использовании турбины на ГТНА, взаимосвязи между мощностью и частотой оборотов, а также целесообразности использования того или иного режима. Анализ зарубежного опыта, состояния отечественных предприятий, снабжающих страну газовыми турбинами, особенностей дальнейшего развития транспорта углеводородных ресурсов позволяет сделать вывод о целесообразности снабжения нефтетранспортной отрасли нашей страны насосными установками на базе газотурбинного привода.

Ключевые слова: энергосбережение, трубопроводный транспорт нефти, газотурбинные насосные установки, топливно-энергетические ресурсы, электрический привод насоса

COMPARISON OF ELECTRIC AND GAS TURBINE TYPES DRIVE PUMPING STATIONS OF MAIN OIL PIPELINES

Shpilevoy V.A., Zakirzakov A.G.

Federal State Educational Institution of Higher Education Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: shpilevoyva@tsogu.ru, zakir1404@mail.ru

The article analyzes the state extensive network of main oil pipelines of Tyumen region on the basis of statistical data, as well as suggest ways to improve the efficiency of energy-saving policy on the main transport oil. Various types of pumps drive the main oil pipelines. It has been determined that to date there is no strict relationship between the main analytical performance characteristics of the power turbine the gas turbine engine. At the same time it is necessary to determine the operating parameters using a turbine at GTNA, the relationship between power and speed rate, as well as the feasibility of using a particular mode. Analysis of international experience, the state of domestic enterprises supplying the country with gas turbines, particularly the further development of transport hydrocarbon resources allows us to conclude the feasibility of supplying the oil transportation industry of our country pumping units based on gas turbine drive.

Keywords: energy saving, crude oil pipeline, turbine pump installations, energy resources, electric drive pump

Вопросы, связанные с экономией потребления энергии, все чаще и чаще оказываются в центре внимания мировой общественности. Актуальность энергосбережения вызвана ограниченностью и медленными темпами восстановления источников энергии природного происхождения. Следует отметить, что магистральный транспорт нефти является одним из крупнейших потребителей ТЭР в Российской Федерации.

Существующая система нефтепроводов и газопроводов Российской Федерации сложилась в 60–80 годах прошлого века, а наибольшее развитие их сооружений получено в связи с необходимостью транспортировки больших объемов нефти и газа от месторождений Западной Сибири в центральные районы страны и на экспорт.

Государственная политика развития российских экспортных магистральных нефтепроводов предопределила необходимость создания двух новых направлений:

- северного: с месторождений Западной Сибири (начало в районе г. Сургута) и Тимано-Печерской нефтегазоносной провинции до побережья Баренцева моря и далее экспорт нефти морем в страны Северо-Западной Европы и Северной Америки;
- восточного: с перспективами освоения ресурсов Восточной Сибири и Дальнего Востока и организации экспорта нефти в Китай, Японию и другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Поскольку значительная часть трасс обоих проектов намечается в северных широтах, а также по территории Сибири, то опыт проектирования и строительства

подобных нефтепроводных систем в соответствующих природно-климатических условиях в России имеется и может быть дополнен зарубежным в отдельных аспектах.

Магистральные насосные агрегаты – мощные потребители энергии, поэтому их эффективная и экономичная эксплуатация – весьма важная задача эксплуатирующих организаций.

Энергозатраты на транспорт нефти могут быть снижены за счет выбора оптимального вида энергопривода насосных станций как при сооружении, так и при реконструкции уже существующих нефтепроводных магистралей, поскольку электропривод магистрального насоса остается безальтернативным уже на стадии составления нормативно-технической документации.

Основной долей энергии в трубопроводном транспорте нефти является электроэнергия (рис. 1). ГОСТ на нефтеперекачивающие агрегаты, разработанный в СССР, предусматривал исключительно электропривод магистральных насосов, что было обусловлено прогрессивной политикой мировой державы в области развития единой системы электроснабжения. Последовавшая на смену советским ГОСТам нормативно-техническая документация российских нефтетранспортных компаний, также не оставляет выбора инженеру-проектировщику относительно привода магистральных агрегатов.

Одним из условий динамичного развития магистрального транспорта нефти является снижение себестоимости перекачки, важной составляющей которой являются затраты на энергоресурсы. Существуют различные способы снижения энергозатрат:

– Оптимизация режимов перекачки нефти с применением современных способов регулирования производительности трубопровода.

– Снижение потерь электроэнергии в эксплуатируемом оборудовании, линиях электропередач, распределительных сетях.

– Внедрение современных методов снижения гидравлического сопротивления трубопровода.

– Оптимизация методики выбора привода насосных агрегатов, т.к. электропривод магистрального насоса остается безальтернативным уже на стадии составления нормативно-технической документации.

При развитой системе газоснабжения нефтеперекачивающие агрегаты с газотурбинным проводом могут составить конкуренцию существующим. Особенно актуально их использование в районах, в которых отсутствует единая система электроснабжения. На выбор типа привода НПС влияет ряд основных факторов. В первую очередь наличие достаточно мощных источников энергии, а также технические, энергетические и экономические аспекты.

В начальный период отечественного развития нефтепроводного транспорта выбор типа привода насосных агрегатов НПС не представлял трудностей. Во многих случаях имелся только один источник энергии – энергия сгорания перекачиваемого продукта. При этом обеспечивалось автономное надежное и бесперебойное снабжение энергией. Это решение широко используется и в настоящее время для газотурбинного привода компрессорных станций магистральных газопроводов, где источником энергии является энергия сгорания отбираемой части перекачиваемого газа, а система автоматического управления и регулирования прекрасно обеспечивает все требования эксплуатации магистральных газопроводов.

Многолетние исследования и практика использования энергоприводов компрессорных станций (КС) отечественных

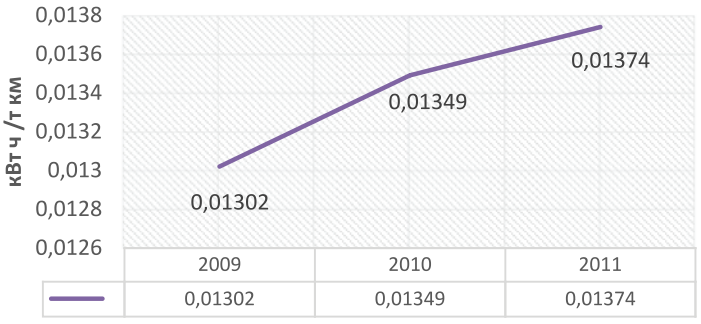


Рис. 1. Удельные затраты электроэнергии на трубопроводный транспорт нефти по Тюменской области

магистральных газопроводов (МГ) предопределили предпочтительное применение газотурбинных установок различной мощности и типов, которые целесообразно использовать на КС, расположенных в удаленных от централизованного электроснабжения регионах и сложных климатических условиях, а электроприводные КС – в районах крупных электроэнергетических систем с относительно дешевой электроэнергией от атомных и гидроэлектростанций.

В течение многих лет аргумент энергетической автономии перевешивал аргументацию в пользу применения других видов приводов. Тем не менее в последующем и для отдаленных районов, и районов со сложными природно-климатическими и географическими условиями (Западная Сибирь), для НПС магистральных нефтепроводов повсеместно стал использоваться электропривод. Этому во многом способствовала отечественная идеологическая мотивация приоритетности и утверждение, что «электрификация является стержнем развития экономики социалистического общества».

Вместе с тем проектирование использования того или иного привода насосов НПС должно определять наличие источника энергии и экономические аспекты его целесообразности и необходимости, связанной с унификацией оборудования, различного для каждого вида источника энергии (электричества, нефти, газа). Влияние факторов, определяющих принятие решения по виду привода, в каждом случае может иметь различную весомость. При этом необходимо проведение технико-экономических сравнений.

С энергетических позиций коэффициент полезного использования (КПИ) энергии при электроприводе определяется как произведение КПД элементов электроэнергетической цепи:

$$\eta_{эп} = \prod_{1}^{i} = \eta_{эс} \cdot \eta'_{пс} \cdot \eta_{л} \cdot \eta''_{пс} \cdot \eta_{с} \cdot \eta_{эд}, \quad (1)$$

где $\eta_{эс}$ – КПД питающей электростанции (для тепловых электростанций 0,35–0,4, для атомных и гидроэлектростанций существенно выше); $\eta'_{пс}$ и $\eta''_{пс}$ – КПД повышающей и понижающей подстанции (0,98); $\eta_{л}$ – КПД линии электропередачи (0,95); $h_{с}$ – КПД распределительной (питающей) сети (0,96); $\eta_{эд}$ – КПД приводного электродвигателя (0,85–0,9).

При тепловых электростанциях $\eta_{эп}$ = 0,27–0,31.

При газотурбинном приводе КПД современного газотурбинного двигателя (ГТД) равен 0,25–0,29 (в перспективе повысится до 0,35–0,4). Он же представляет и КПИ газотурбинного привода $\eta_{ГТП}$.

В энергетическом аспекте электропривод от тепловых электростанций и газотурбинный привод НПС являются почти равноэффективными.

Для того, чтобы определить зависимости между основными рабочими параметрами были рассмотрены характеристики различных газотурбинных двигателей, а также экспериментальные данные в относительных величинах, являющихся отношением текущих параметров к номинальным:

$$N = \frac{N_{ст}}{N_{ном\ ст}}; \quad n = \frac{n_{ст}}{n_{ном\ ст}}; \quad G_{т} = \frac{G_{т}}{G_{т\ ном}}, \quad (2)$$

где N – мощность силовой турбины; n – частота оборотов силовой турбины; $G_{т}$ – расход топлива.

Анализ параметров ГТД показал, что для каждого значения мощности существуют наиболее оптимальные значения количества оборотов турбины. В результате анализа оборотов турбины на пике мощностей была получена кривая оптимальных режимов (рис. 2).

Учитывая КПД силовой турбины газотурбинных двигателей, была определена зона оптимального использования двигателя. При аппроксимации кривой оптимумов в программном комплексе «Advanced grapher» (рис. 3) была получена зависимость частоты оборотов силовой турбины ротора от мощности при оптимальных режимах при R^2 = 0,99965:

$$n = 6{,}8713N^2 - 9{,}9611N + 4{,}1184.$$

Принимая во внимание вышеизложенное, можно сделать вывод, что использование силовой турбины в качестве привода магистральных насосов может составить конкуренцию электродвигателю в условиях неравномерной подачи нефти, а полученный оптимум режимов позволит сэкономить топливный газ при максимальных мощностях двигателя.

ГТД в приводе насосов магистральных нефтепроводов могут использоваться в районах с различными климатическими условиями. Предпочтительнее применять их в районах с относительно низкой среднегодовой температурой окружающего воздуха, то есть в районах Крайнего Севера и Сибири.

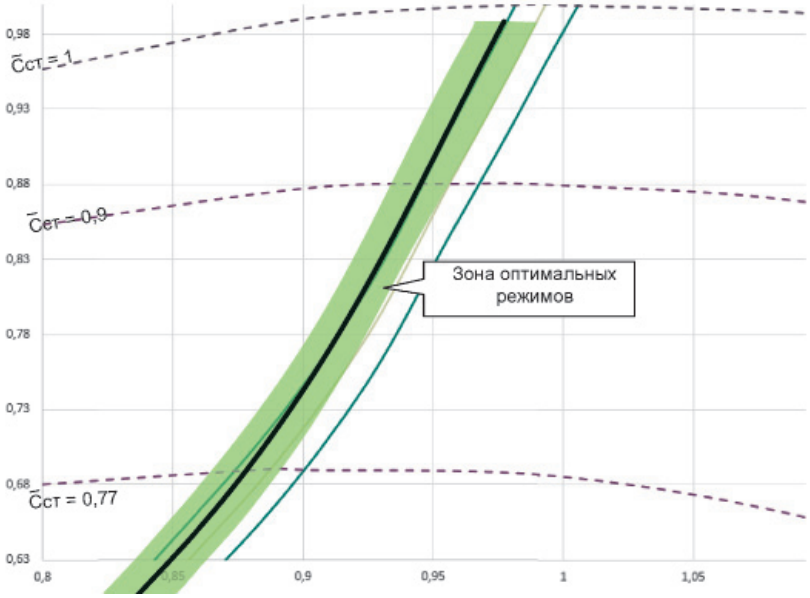


Рис. 2. Зона оптимальных режимов использования силовой турбины

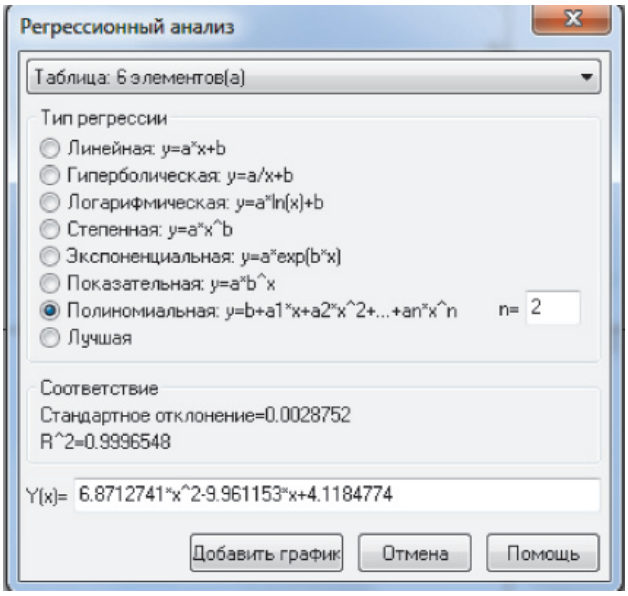


Рис. 3. Аппроксимация кривой оптимальных режимов

В мировой практике достаточно примеров широкого использования ГТД на магистральных нефтепроводах, в том числе Трансаляскинский протяженностью около 1300 км в северных условиях, близких к Западной Сибири и Крайнему Северу России.

Особое место при эксплуатации ГТД на нефтепроводах занимает вопрос использования перекачиваемого топлива. Такие вида топлива, как керосин, бензин, дизельное, газ попутный и природный, прямо соответствуют требованиям, предъявляемым к топливу для газовых турбин. Природный газ эффективно использовать, когда параллельно нефтепроводу проложен газопровод. Попутный газ можно использовать, если он перекачивается вместе с нефтью. Перекачиваемую сырую нефть можно использовать после подготовки на специальных блочных ректификационных установках. После ректификации нефти получается 25–30 % широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), а остаток (мазут) закачивается в нефтепровод. Применение такой системы является экономически выгодным в районах, удаленных от мощных источников электроснабжения. Утилизация продуктов сгорания решает проблемы теплопотребления НПС.

Для регулирования подачи насосной установки газотурбинный привод является наиболее экономичным, а система регулируемого электропривода – наименее экономичной.

В отечественной практике привода насосных агрегатов магистральных нефтепроводов также имеют место отдельные примеры оценки и использования регулируемого электрического и газотурбинного привода.

Особого внимания заслуживают разработки ОАО «Авиадвигатель» для проекта «Сахалин-2».

Однако для полной оценки эффективности того или иного вида привода НПС необходимо дальнейшее проведение их технико-экономической оценки с учетом надежности для конкретных условий эксплуатации. В районах с низкой стоимостью электроэнергии от гидроэлектростанций или атомных электропривод НПС может быть экономичней газотурбинного привода. Вместе с тем в условиях частого изменения режима работы нефтепровода предпочтительным может оказаться газотурбинный привод НПС.

Приведенные выше примеры показывают, что электрический привод не является безальтернативным в системах трубопроводного транспорта нефти. Возникает потребность в разработке методики выбора привода насосного агрегата, позволяющей сопоставить такие факторы, как удаленность от источников электроснабжения, состава перекачиваемой нефти, наличия развитой системы газоснабжения и т.д.

Реализация указанных мероприятий может стать залогом существенного повышения эффективности политики энергосбережения на магистральном транспорте нефти, обеспечить экономию электроэнергии и повышение надежности работы системы магистральных нефтепроводов.

Список литературы

1. Антропова А.Б., Закирзаков А.Г. Использование попутного нефтяного газа // Нефть и газ Западной Сибири»: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института / ответ. ред. О.А. Новоселов. – Тюмень, 2013. – С. 64–66.

2. Дурыманов В.В., Иванов А.С., Ишбулатова К.Р., Степанов А.Г., Сурников М.Ю. Газотурбинные агрегаты Siemens для Каспийского трубопроводного консорциума // Турбины и дизели. – 2013. – № 3. – С. 88–90.

3. Закирзаков А.Г., Егоров А.Л. Анализ состояния сети магистральных нефтепроводов тюменской области на основе статистических данных // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – http://www.science-education.ru/121-18926.

4. Земенков Ю.Д., Шпилевой В.А., Подорожников С.Ю., Закирзаков А.Г. Энерготехнологические комплексы при проектировании и эксплуатации объектов транспорта и хранения углеводородного сырья : учебное пособие. – Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 2014. – С. 105–109.

5. Иноземцев А.А., Хайруллин Ф.Х. Новые технические решения для проекта «Сахалин-2» // Пермские газовые турбины. Энергетика и транспорт газа». – 2010. – № 17. – С. 41–43.

6. Использование топливно-энергетических ресурсов в Тюменской области за 2009 год. Стат. бюл // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области. – 2010. – С. 120–132.

7. Смирнов А.Н., Венгеров А.А., Дудин С.М., Земенков Ю.Д. Мониторинг надежности производственных и технологических процессов сбора и подготовки продукции нефтяных промыслов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2010. – № 3. – С. 25–26.

8. Тырылгин И.В., Шпилевой В.А., Земенков Ю.Д. Энергосбережение и энергоэффективность экономики, добычи, транспорта нефти и газа России // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2012. – № 6. – С. 29–33.

9. Шпилевой В.А., Тырылгин И.В., Земенков Ю.Д. Альтернативные системы приводов насосных агрегатов для новых магистральных нефтепроводов // Известия высших учебных заведений. нефть и газ. – 2012. – № 5. – С. 75–78.