УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 5 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 – 20.05.2016

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. 22,25
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/5-2016
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БАЗИСНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ НА ИХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УСТОЙЧИВОСТЬ К ВНЕШНИМ СРЕДАМ
Белоконова Н.А., Костров Я.В., Жолудев С.Е., Вшивков С.А., Галяс А.Г. 9

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕЗИЙ-ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ МОЛИБДАТОВ С Al, Sc, In
Доржиева С.Г., Базаров Б.Г., Буш А.А., Базарова Ж.Г. 14

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЦИОННО-АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ
Кормош Е.В., Алябьева Т.М. 20

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
Костров Я.В., Белоконова Н.А., Вшивков С.А., Галяс А.Г., Жолудев С.Е. 25

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ НА МОЛЕКУЛЯРНУЮ МАССУ ПОЛИВИНИЛИЗОБУТИЛОВОГО ЭФИРА
Меркулов В.В., Алмазов А.И., Мантлер С.Н. 33

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТА КОНДЕНСАЦИИ 4-АМИНО-1,2,4-ТРИАЗОЛА И ФОРМАЛЬДЕГИДА, ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА МЕДИ (II) НА ЕГО ОСНОВЕ И СРАВНЕНИЕ ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
Проценко А.Н., Шакирова О.Г. 38

КИНЕТИКА ВЫСВОБОЖДЕНИЯ АНТИБИОТИКА ЛИНКОМИЦИН ИЗ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ БИОПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ
Севостьянов М.А., Баикин А.С., Насакина Е.О., Сергиенко К.В., Леонов А.В., Каплан М.А., Конушкин С.В., Хватов А.В., Тертышная Ю.В., Колмаков А.Г. 43

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ВЛИЯНИЕ ПОЛНОТЫ ДРЕВОСТОЕВ НА ТАКСАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОН ДЕРЕВЬЕВ В РЕКРЕАЦИОННЫХ СОСНЯКАХ
Данчева А.В., Залесов С.В. 47

ПАСТБИЩНАЯ ДИГРЕССИЯ ЛЕСОВ И КУСТАРНИКОВЫХ СООБЩЕСТВ ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ
Ефимова А.П. 53

СТРУКТУРА И СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТА БЕРЕЗЫ ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЕВ
Новикова М.А., Грязькин А.В., Новиков Я.А., Любимова А.С., Сырников И.А. 58

СОХРАННОСТЬ И РОСТ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР В ВОЗРАСТЕ 3–5 ЛЕТ, СОЗДАННЫХ ПО ОБРАБОТАННОЙ И НЕОБРАБОТАННОЙ ПОЧВЕ
Пак Л.Н., Банщикова Е.А. 64

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
Пахучий В.В., Шевелев Д.А. 69

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБИАЛЬНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ
Першакова Т.В., Купин Г.А., Михайлюта Л.В., Панасенко Е.Ю., Лисовой В.В., Викторова Е.П. 74

УСТОЙЧИВЫЙ РОСТ ПОТОМСТВА ЕЛИ ФИНСКОЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХВОИ
Рогозин М.В., Жекина Н.В. 79

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОК КАНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОАРМЕЙСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
Сафронова Т.И., Ананьева А.Е., Степанов В.И. 85

Науки о Земле (25.00.00)

РОЛЬ ЛИЧНОГО ПОДСОБНОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛИТИКИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ
Абдусаламова Р.М. 90

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОГЕОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРИ ОЦЕНКЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕГО ИРТЫША
Алимова Г.С., Земцова Е.С., Токарева А.Ю. 94

ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ГОДЫ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ
Богачев И.В., Шиманский А.Е., Шиманская Е.И. 99

ПОСТПИРОГЕННАЯ ДИНАМИКА ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯКУТИИ
Варламов С.П., Скрябин П.Н. 105

О ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ШАХТИНСКОМ УГЛЕНОСНОМ РАЙОНЕ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА
Гавришин А.И., Борисова В.Е., Торопова Е.С. 111

ПРОЯВЛЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ЦУНАМИ НА О. РУССКИЙ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ
Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Арсланов Х.А., Иванова Е.Д., Ганзей К.С. 116

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ ДОЛИН ГОРНЫХ РЕК РЕСПУБЛИКИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИЯ
Георгиева М.А., Арванова М.М., Газаев А.Х. 125

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СКИММЕРАМИ
Грибовский Г.Н., Галлямов Р.У., Гареев И.М., Минлибаев М.Р., Хисматуллин А.С. 130

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАПОВЕДНЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ СТЕПЕЙ ХАКАСИИ В МНОГОЛЕТНЕМ РЕЖИМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
Дубынина С.С. 135

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА ПРИ ПАРОПЛАЗМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ТБО
Морозенко М.И., Черняев С.И., Попова Е.В., Морозенко Д.Н., Карева Е.О. 141

ФАКТОРЫ И ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Назарьев Р.С. 148

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДНЕТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ ПРЕДВЕРХОЯНСКОГО ПРОГИБА
Рукович А.В. *153*

ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН: РЕГИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА
Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М., Фаронова Ю.В. *158*

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРА С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ ФОРМЫ СТЕНКИ
Тарасенко А.А., Чепур П.В. *163*

ИЗУЧЕНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ
Черкашина А.А., Силаев А.В. *168*

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КЫРГЫЗСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
Чодураев Т.М., Джайлообаев А.Ш. *174*

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

EFFECT OF BASIC STOMATOLOGICAL POLYMERS
ON THEIR THERMOMECHANICAL PROPERTIES
AND RESISTANCE TO EXTERNAL ENVIRONMENTS
Belokonova N.A., Kostrov Ya.V., Zholudev S.E., Vshivkov S.A., Galyas A.G. 9

DIELECTRIC PROPERTIES OF THE CESIUM-TITANIUM CONTAINING
MOLYBDATES WITH Al, Sc, In
Dorzhieva S.G., Bazarov B.G., Bush A.A., Bazarova Zh.G. 14

THE DEVELOPMENT OF EFFECTIVE SORPTION ACTIVE MATERIALS
FOR SEWAGE WATER PURIFICATION FROM OIL PRODUCT WASTE
Kormosh E.V., Alyabeva T.M. 20

ANALYSIS OF METHODS OF EVALUATING OF DENTAL POLYMER MATERIALS
Kostrov Ya.V., Belokonova N.A., Vshivkov S.A., Galyas A.G., Zholudev S.E. 25

INFLUENCE OF POLYMERIZATION PROCESS CONDITIONS
ON A MOLECULAR WEIGHT OF THE POLY VINYL ISOBUTYL ETHER
Merkulov V.V., Almazov A.I., Mantler S.N. 33

STUDY OF CONDENSATION PRODUCT OF 4-AMINO-1,2,4-TRIAZOLE
AND FORMALDEHYDE; PREPARATION OF COPPER (II) COMPLEX
ON ITS BASE AND COMPARISON OF THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY
Protsenko A.N., Shakirova O.G. 38

STUDY OF REGULARITIES OF THE RELEASE OF ANTIBIOTIC LINCOMYCIN FROM
POLYLACTIDE BIODEGRADABLE BIOPOLYMER MEMBRANES
Sevostyanov M.A., Baikin A.S., Nasakina E.O., Sergienko K.V., Leonov A.V.,
Kaplan M.A., Konushkin S.V., Khvatov A.V., Tertyshnaya Yu.V., Kolmakov A.G. 43

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

THE INFLUENCE OF DENSITY ON THE PARAMETERS CROWN
OF TREES IN PINE FORESTS OF RECREATIONAL PURPOSE
Dancheva A.V., Zalesov S.V. 47

A PASTORAL DIGRESSION OF THE MIDDLE LENA VALLEY FOREST
AND SHRUB COMMUNITIES
Efimova A.P. 53

THE STRUCTURE AND STATUS OF UNDERGROWTH
OF BIRCH UNDER THE CANOPY OF FOREST STANDS
Novikova M.A., Gryazkin A.V., Novikov Ya.A., Lyubimova A.S., Syrnikov I.A. 58

THE SAFETY AND GROWTH OF PINE CULTURES IN THE AGE OF 3–5 YEARS,
CREATED BY TREATED AND UNTREATED SOIL
Pak L.N., Banschikova E.A. 64

USE OF FOREST MANAGEMENT MATERIALS AND SATELLITE TECHNOLOGIES
AT THE FOREST DRAINAGE RESEARCHES
Pakhuchiy V.V., Shevelev D.A. 69

STUDY OF THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS
ON THE CHANGE OF MICROBIAL CONTAMINATION
OF VEGETABLE RAW MATERIALS DURING STORAGE
Pershakova T.V., Kupin G.A., Mikhaylyuta L.V., Panasenko E.Yu.,
Lisovoy V.V., Viktorova E.P. 74

SUSTAINABLE GROWTH OF PROGENY OF FINNISH SPRUCE
AND CHEMICAL COMPOSITION NEEDLES
Rogozin M.V., Zhekina N.V. 79

RATIONALE FOR THE CONSTRUCTION OF IMPERVIOUS COVERINGS
OF CHANNELS ON THE EXAMPLE OF KRASNOARMEYSK
DISTRICT OF KRASNODAR REGION
Safronova T.I., Ananeva A.E., Stepanov V.I. 85

Earth sciences (25.00.00)

ROLE OF PERSONAL SUBSIDIARY FARM IN REALIZATION
OF POLICY OF FOOD IMPORT SUBSTITUTION
Abdusalamova R.M. 90

THE APPLICATION OF ECO-GEOLOGICAL CRITERIA IN ASSESSMENT
OF CHEMICAL CONTAMINATION OF SEDIMENTS OF THE LOWER IRTYSH
Alimova G.S., Zemtsova E.S., Tokareva A.Yu. 94

THE TRANSFORMATION OF RURAL SETTLEMENTS
OF THE ROSTOV REGION DURING THE YEARS OF MARKET RELATIONS
Bogachev I.V., Shimanskiy A.E., Shimanskaya E.I. 99

POST-FIRE CHANGES IN THE HYDROTHERMAL STATE
OF PERMAFROST IN YAKUTIA
Varlamov S.P., Skryabin P.N. 105

THE FORMATION OF GROUNDWATER CHEMICAL COMPOSITION
IN SHAKHTY COAL – BEARING AREA OF THE EASTERN DONBASS
Gavrishin A.I., Borisova V.E., Toropova E.S. 111

MANIFESTATION OF HISTORICAL TSUNAMI
ON RUSSIAN ISLAND, SEA OF JAPAN
Ganzey L.A., Razzhigaeva N.G., Grebennikova T.A., Arslanov Kh.A.,
Ivanova E.D., Ganzey K.S. 116

ANALYSIS MODEL LANDSLIDE HAZARD MOUNTAIN RIVER VALLEYS
REPUBLIC KABARDINO – BALKARIA
Georgieva M.A., Arvanova M.M., Gazaev A.Kh. 125

MATHEMATICAL MODELING OF REMOVING OIL FROM
THE WATER SURFACE SKIMMER
Gribovskiy G.N., Gallyamov R.U., Gareev I.M., Minlibaev M.R., Khismatullin A.S. 130

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY AND CONSERVATION OF NATURAL
PLANT COMMUNITIES STEPPES OF KHAKASSIA IN LONG TERM OPERATION
Dubynina S.S. 135

GENERATOR GAS CHARACTERISTICS RESEARCH WITH STEAM PLASMA
GASIFICATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE
Morozenko M.I., Chernyaev S.I., Popova E.V., Morozenko D.N., Kareva E.O. 141

FACTORS AND BACKGROUND OF FORMATION OF A GRAIN INDUSTRY
OF THE CHUVASH REPUBLIC
Nazarev R.S. 148

HISTORY OF FORMATION OF MIDDLE TRIASSIC DEPOSITS
OF EAST PART OF THE VILJUJSKY SYNECLISE AND ADJACENT REGIONS
OF THE PREVERKHOYANSK DEFLECTION
Rukovich A.V. 153

GEO-DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT OF CITIES
IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: REGIONAL DIAGNOSTICS
Safiullin R.G., Safiullina R.M., Faronova Yu.V. 158

JUSTIFICATION OF EXPLOITATION TANK WITH GEOMETRICAL IMPERFECTIONS FORM WALL
Tarasenko A.A., Chepur P.V. *163*

STUDYING AND MAPPING OF AGROGENIC TRANSFORMATION OF SOIL COVER OF TUNKA DEPRESSION
Cherkashina A.A., Silaev A.V. *168*

WATER RESOURCES AND IRRIGATION WATER USE OF KYRGYZSTAN IN CLIMATECHANG CONDITIONS
Choduraev T.M., Dzhayloobaev A.Sh. *174*

УДК 544.35:616-77

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БАЗИСНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ НА ИХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УСТОЙЧИВОСТЬ К ВНЕШНИМ СРЕДАМ

[1]Белоконова Н.А., [1]Костров Я.В., [1]Жолудев С.Е., [2]Вшивков С.А., [2]Галяс А.Г.

[1]Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, e-mail: yakostrov@yandex.ru;

[2]Уральский федеральный университет, Екатеринбург, e-mail: sergey.vshivkov@urfu.ru

Одним из отрицательных свойств базисных материалов является содержание в готовом продукте – зубном протезе – непрореагировавших низкомолекулярных органических соединений, которые могут быть вымываемыми и невымываемыми. Содержание низкомолекулярных органических примесей влияет на механические и биологические свойства базисных материалов. В статье проведено изучение влияния отмывочных растворов на извлечение низкомолекулярных органических примесей из базисной пластмассы «Фторакс». Для исследований были приготовлены 3 группы образцов диаметром 50 мм, толщиной 0,6 мм согласно ГОСТ – 51889-2002 (ИСО 1567-99), которые отличались соотношением порошка и жидкости: 2:1; 2:0,9; 2:1.1. Образцы пластмассы «Фторакс» погружали в дистиллированную воду, 0,9 %-ный раствор хлорида натрия, 0,9 %-ный раствор хлорида кальция и модельный раствор слюны. Установлено, что в качестве критерия для оценки свойств базисных стоматологических полимерных материалов можно использовать величину их температуры стеклования, анализ термомеханических свойств образцов по температуре стеклования, определенной термомеханическим методом.

Ключевые слова: базисные пластмассы, Фторакс, остаточный мономер, стеклование, термомеханические свойства

EFFECT OF BASIC STOMATOLOGICAL POLYMERS ON THEIR THERMOMECHANICAL PROPERTIES AND RESISTANCE TO EXTERNAL ENVIRONMENTS

[1]Belokonova N.A., [1]Kostrov Ya.V., [1]Zholudev S.E., [2]Vshivkov S.A., [2]Galyas A.G.

[1]Ural State Medical University, Ekaterinburg, e-mail: yakostrov@yandex.ru;

[2]Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: sergey.vshivkov@urfu.ru

One of the negative properties of the basic stomatological materials is the substance in the finished product – the denture – unreacted low molecular weight organic compounds that can be washed and non-washed. The content of low molecular weight organic impurities affect the mechanical and biological properties of the underlying materials. In the article studied the influence of washout solutions for the extraction of low molecular weight organic impurities from base resins «Ftoraks». For research were prepared 3 groups of samples with a diameter of 50 mm and a thickness of 0.6 mm according to GOST – 51889-2002 (ISO 1567-99), which are distinguished by the ratio of powder:liquid: 2:1; 2:0,9; 2:1.1. Samples of plastic «Ftoraks» were immersed in distilled water, 0,9 % solution of sodium chloride, 0,9 % solution of calcium chloride and a model solution of saliva. It is established that as a criterion of evaluation of basic properties of dental polymeric materials can be used for the analysis of thermomechanical properties of samples at the glass transition temperature.

Keywords: base plastics, Ftoraks, residual monomer, glass transition, thermomechanical properties

Современные базисные материалы – малорастворимые в водной среде соединения. Однако в большом количестве научных работ доказывается негативное влияние на состояние здоровья пациентов веществ, которые выделяются из материалов [1, 3–6, 8]. Технические требования к качеству и методам испытаний полимерных материалов для базисов зубных протезов изложены в ГОСТ Р 51889-2002 [2] и регламентируют содержание остаточного мономера метилакрилата, которое определяется хроматографическим методом после предварительной экстракции образцов в ацетоне или метаноле. В работе [6] авторы предлагают промывать не менее суток в проточной воде протезы на основе нейлона в связи с тем, что в водной вытяжке содержание формальдегида превышает нормативное значение в 6,9 раза.

Безусловно, в инструкции по синтезу полимерного материала учтены требования ГОСТ Р 51889-2002, и содержание остаточного мономера в готовом изделии не должно превышать установленных нормативных значений. В то же время очевидно, что в процессе взаимодействия материала со средой могут выделяться соединения, которые не нормируются в ГОСТ Р 51889-2002. В этой связи необходимы обобщенные критерии оценки качества изготовленных зубных протезов.

Цель работы – экспериментально исследовать термомеханические свойства образцов базисного стоматологического полимера «Фторакс», приготовленных при различных соотношениях компонентов – порошка (Т) и жидкости (Ж) в различных пропорциях (в пределах допустимых значений) до и после взаимодействия с отмывочными растворами различного состава.

Материалы и методы исследования

На базе зуботехнической лаборатории стоматологической поликлиники УГМУ были изготовлены пластмассовые определенной массы образцы марки «Фторакс» – диаметром 50 мм, толщиной 0,6 мм согласно ГОСТу [2] с соотношением компонентов 2:1 – № 1 (1); № 1 (2); 2:0,9 – № 0,9 (1); № 0,9 (2); 2:1,1 – № 1,1 (1). Образцы погружали: в дистиллированную воду, 0,9% раствор хлорида натрия, 0,9% раствор хлорида кальция и модельный раствор слюны, состав которого приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав модельного раствора слюны

Компонент	Формула	Концентрация, г/л
Роданид калия	KSCN	0,5170
Бикарбонат натрия	$NaHCO_3$	1,2530
Хлорид калия	KCl	1,4710
Дигидрофосфат натрия	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	0,1878
Молочная кислота	$C_3H_6O_3$	0,9000
Физико-химические свойства	pH = 6,60 œ = 3,86 мСм/см $B_к$ = 3,18 ммоль/л·$B_о$ = 1,5 ммоль/л	

Объем каждого раствора, в который погружался образец, составлял 30 мл. Через 24 часа измеряли электропроводность растворов (с помощью кондуктометра «Анион 7020») и концентрацию веществ в водной среде (с использованием осмометра криоскопического медицинского ОСКР-1М).

Таблица 2

Условия определения термомеханических кривых

Параметр	Значение
Режим	Пенетрация
Диаметр индентора	3,94 мм
Диаметр образца	8–9 мм
Толщина образца	1–3 мм
Величина нагрузки	5 сН
Действие нагрузки во времени	Постоянная
Скорость нагрева	2 К/мин
Среда	Азот, 50 мл/мин

Обзорные ИК-спектры НПВО (нарушенного полного внутреннего отражения) образцов записывали на кафедре высокомолекулярных соединений УрФУ с помощью ИК-Фурье Nicolet 6700 спектрометра в области волновых чисел 4000–500 см$^{-1}$. Спектры определяли на отражение света. Термомеханические исследования проводили с помощью прибора TMA 202 Netzsch в диапазоне температур 20–250 °С. Условия измерений приведены в табл. 2.

Термомеханические кривые получали для образцов до и после их взаимодействия с водными средами различного состава. По термомеханическим кривым определяли температуру стеклования (Тс). Температура стеклования – это температура, при которой аморфный полимер из высокоэластичного состояния переходит в стеклообразное состояние. Чем выше температура стеклования, тем меньше низкомолекулярных примесей содержит образец [7].

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 3 приведены результаты экспериментов.

Из данных табл. 3 следует:

– электропроводность водных систем увеличивается по сравнению с электропроводностью дистиллированной воды (№ 1–4). Это свидетельствует о том, что примеси, которые вымываются из твердых образцов акрилового полимера, являются электролитами. Наименьшее возрастание электропроводности раствора наблюдается после его взаимодействия с образцом, приготовленным при соотношении компонентов 2:1.

– плотность растворов после взаимодействия с образцами увеличилась, что свидетельствует об извлечении веществ из полимера. Однако концентрацию веществ в растворе не удалось измерить методом осмометрии;

– электропроводность МРС после взаимодействия с образцами увеличивается, концентрация веществ в растворе и плотность растворов незначительно снижаются;

Таблица 3

Электропроводность, плотность и концентрация водных вытяжек из образцов, изготовленных при разном соотношении компонентов (Т:Ж)

№ п/п	Образец Т:Ж	Раствор	Электропроводность, мкСм/см (мСм/см)	Плотность, г/мл	Концентрация, ммоль/кг
1		H_2O	2,1 мкСм/см	0,9967	0
2	2:0,9	H_2O	44,5 мкСм/см	0,9992	0
3	2:1,0	H_2O	9,7 мкСм/см	1,0019	0
4	2:1,1	H_2O	70,2 мкСм/см	1,0035	0
5		МРС	3,78 мСм	1,0045	78
6	2:0,9	МРС	3,94 мСм	1,0025	77
7	2:1,0	МРС	4,0 мСм	0,9997	76
8	2:1,1	МРС	3,97 мСм	1,0020	76
9		NaCl	13,0 мСм	1,0112	278
10	2:0,9	NaCl	13,7 мСм	1,0060	286
11	2:1,0	NaCl	13,2 мСм	1,0059	282
12	2:1,1	NaCl	13,3 мСм	1,0047	275
13		$CaCl_2$	15,0 мСм	1,0108	189
14	2:0,9	$CaCl_2$	16,8 мСм	1,0029	197
15	2:1,0	$CaCl_2$	17,2 мСм	1,0069	200
16	2:1,1	$CaCl_2$	17,2 мСм	1,0083	197

– концентрация веществ в растворе и электропроводность 0,9% раствора хлорида натрия после взаимодействия с образцами увеличивается незначительно, а плотность растворов снижается. Это может быть связано с сорбцией хлорида натрия образцом;

– концентрация веществ в растворе и электропроводность 0,9% раствора хлорида кальция после взаимодействия с образцами увеличивается более существенно, чем после взаимодействия с 0,9% раствором хлорида натрия, а плотность растворов также снижается. Это можно объяснить сорбцией веществ из раствора образцом.

ИК-спектры водных растворов, полученных после контакта дистиллированной воды с образцами с соотношением исходных компонентов 2:0.9; 2:1; 2:1.1, приведены на рис. 1.

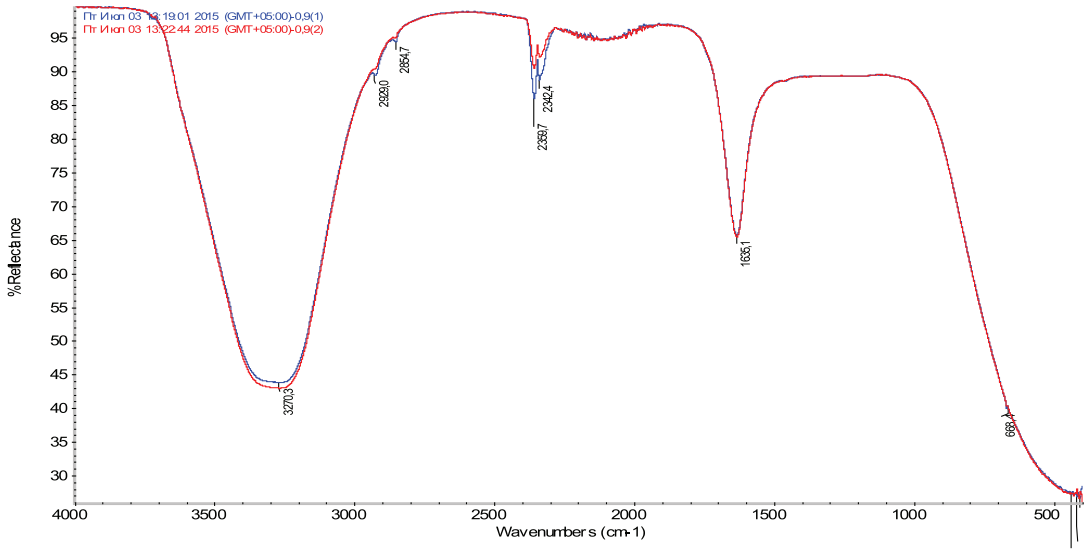


Рис. 1. ИК-спектры водных растворов веществ, вымытых из этих образцов с соотношением исходных компонентов 2:0,9

Из рис. 1 видно, что спектры двух параллелей образца «0,9» качественно совпадают, однако интенсивности полос образца «0,9 (1)» в диапазонах 2340–2360 и 2840–2945 см$^{-1}$ (валентные колебания в группах CH_3 и CH_2) больше, в сравнении со спектром образца «0,9 (2)». Во всех спектрах идентифицируются полосы, характерные для ИК-спектра воды, что подтверждается сравнением с библиотечными данными. Интенсивности широкой полосы с максимумом в области валентных колебаний О-Н-связей при 3200–3400 см$^{-1}$ и небольших пиков, характерных для спектров алифатических углеводородов, около 2929 и 2855 см$^{-1}$ (связанных соответственно с асимметричными и симметричными валентными колебаниями С-Н-связей в метиленовых группах) изменяются антибатно в ряду 0,9 (1) – 1 (1) – 1,1 интенсивность полосы в этом ряду возрастает, а пиков – убывает. Из этого можно предположить уменьшение концентрации органического вещества в растворе.

Из анализа ИК-спектров исходного материала следует, что частоты полос 2989; 2984; 2919 и 2849 см$^{-1}$ отвечают валентным колебаниям групп CH_3 и CH_2, 1780 см$^{-1}$ – колебаниям C = O групп, 1141–1260 см$^{-1}$ и 839, 668, 657 – колебаниям C-F групп. Это согласуется с литературными данными о химическом строении «Фторакса», который получается сополимеризацией фторсодержащих акриловых мономеров.

Сравнение спектров образцов с библиотечными данными однозначно показывает, что основным компонентом в составе всех образцов является полиметилметакрилат: степень соответствия – более 95% . В пробах отсутствуют примеси этилметакрилата и метилметакрилата, поскольку в спектре образцов не наблюдаются полосы вблизи 3430 см$^{-1}$, при 3105 см$^{-1}$, в интервалах 1640–1580 и 580–690 см$^{-1}$. По тем же причинам можно исключить присутствие дибутилфталата. Принципиальные отличия спектра диоксида титана от спектров пробы и полимера подтверждают отсутствие в образцах TiO_2. Гидрохинон проявляет себя в спектре рядом характеристических полос: с максимумом 3320 см$^{-1}$, полосы 1856; 1606 и 1626 см$^{-1}$, группа полос в интервале 495–625 см$^{-1}$. В исследованных образцах гидрохинона нет, так как не наблюдаются характеристические полосы (рис. 2).

Анализ спектров образцов с соотношением компонентов 2:0,9; 2:1 и 2:1,1 в совмещенных координатах (рис. 2) позволяет констатировать: интенсивность полос 2849,3 и 2922,9 см$^{-1}$ убывает в ряду 2:0,9 > 2:1 > 2:1,1. Полосы в этом спектральном диапазоне характерны для спектров алифатических углеводородов и отражают колебания связей С–Н в группах CH_3 и CH_2.

В табл. 4 приведена температура стеклования образцов до и после контакта с низкомолекулярными жидкостями.

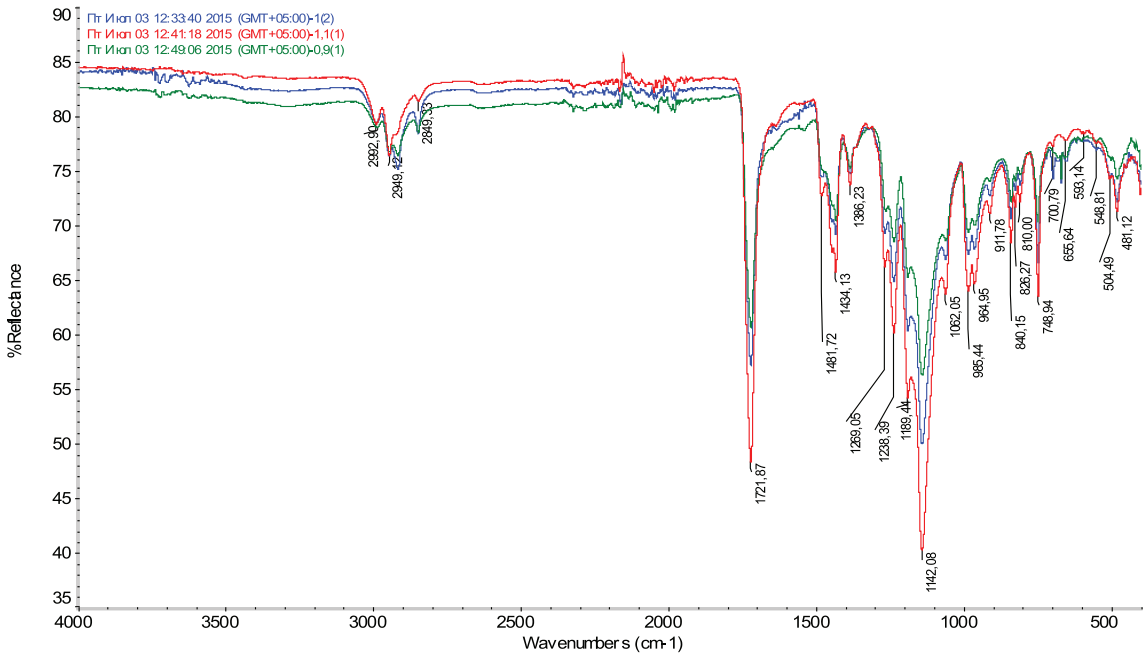


Рис. 2. ИК-спектры образцов «0,9 (1)», «1 (2)» и «1,1» в совмещенных координатах

Таблица 4

Результаты определения температуры стеклования образцов до и после взаимодействия образцов с водными средами разного состава

Образец Т:Ж	Температура стеклования (Тс), °С (±0,5 °С)				
	Образцы без отмывки	Дистиллированная вода	0,9 % NaCl	0,9 %$CaCl_2$	МРС
2:0,9	109	119	118,5	121	119
2:1	112	120	120	120	119
2:1,1	100	101	113	102	103

Разные величины Тс образцов, приготовленных при разном соотношении компонентов, могут свидетельствовать о разном содержании низкомолекулярных органических примесей в образцах [7]. Минимальное содержание органических примесей в образце, приготовленном при соотношении Т:Ж = 2:1, максимальное – в образце, приготовленном при соотношении Т:Ж = 2:1,1.

Из данных, представленных в табл. 4, следует, что образец, приготовленный с соотношением компонента Т:Ж = 2:1, может быть эффективно отмыт в дистиллированной воде и состав раствора не влияет на конечный результат (за исключением модельного раствора слюны). Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, может быть эффективно отмыт в растворе с большой ионной силой – 0,9 % раствор хлорида кальция. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:1,1, содержит большое количество примесей, которые не выделяются в вышеперечисленные растворы.

Выводы

1. Выделение из образцов непрореагировавших органических соединений в водную среду зависит от соотношения Т:Ж, при котором приготовлен образец, и от состава водной среды, с которой он взаимодействует. Образец, приготовленный с соотношением компонента Т:Ж = 2:1, может быть эффективно отмыт дистиллированной водой. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, может быть эффективно отмыт в 0,9 % растворе хлорида кальция. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:1,1, не может быть эффективно отмыт ни в дистиллированной воде, ни в 0,9 % растворах солей натрия или кальция.

2. Оценить количество вымытых нелетучих веществ из полимера, при использовании в качестве отмывочного раствора дистиллированной воды, можно по изменению плотности раствора. При использовании в качестве отмывочного раствора 0,9 % раствора хлорида кальция качественно оценить отмывку образца (или изделия) можно по относительному изменению электропроводимости или концентрации веществ, измеренной методом осмометрии.

3. При использовании в качестве отмывочного раствора 0,9 % раствора хлорида натрия или МРС оценить эффективность отмывки образца (или изделия) можно только по анализу термомеханических свойств образца (или изделия) т.е. по определению температуры стеклования.

4. В качестве критерия оценки свойств базисных стоматологических полимерных материалов можно использовать температуру стеклования изделий или образцов, определенную термомеханическим методом.

Список литературы

1. Альтер Ю.М. Полиуретановый базисный материал «Пенталур» и модифицированные композиции полиуретана: сравнительная оценка физико-механических свойств / Ю.М. Альтер, А.-М.П. Такчук, И.Я. Поюровская, Т.Ф. Сутугина, М.Ю. Огородников // Стоматология. – 2013. – № 1. – С. 9–13.

2. ГОСТ Р 51889-2002 (ИСО 1567-99). Материалы полимерные для базисов зубных протезов. Технические требования. Методы испытаний. – М.: Госстандарт России, 2002. – 20 с.

3. Жолудев С.Е. Особенности протезирования полными съемными протезами и адаптации к ним у лиц пожилого и старческого возраста // Уральский медицинский журнал. – 2012. – № 8. – С. 31–35.

4. Караков К.Г. Принципы профилактики и лечения различных видов непереносимости акриловой пластмассы // Актуальные проблемы стоматологии: XXXV научно-практическая конференция стоматологов Ставропольского края. – Ставрополь, 2004. – С. 235–238.

5. Садыков М.И. Сравнительная оценка биосовместимости базисных пластмасс / М.И. Садыков, А.Г. Нугуманов, Э.М. Гильмияров, О.А. Кизирова // Врач-аспирант. – 2011. – № 4.4 (47). – С. 633–638.

6. Серебров Д.В, Коваленко О.И. Сравнительная характеристика по санитарно-химическим показателям базисных материалов для изготовления съемных протезов / Д.В.Серебров, О.И. Коваленко // Образование, наука, практика в стоматологии» по объединенной тематике «3D-технологии». Новое развитие стоматологии, 3D – «Думать, действовать, достигать»: сб. тр. 7-й Всерос. науч.-практ. конф. 8-12 февр. 2010, Москва. – М., 2010. – С. 102–103.

7. Тагер А.А. Физикохимия полимеров / под ред. А.А. Аскадского. – М.: Научный мир, 2007. – 574 с.

8. Шемонаев В.И. Методика мониторинга адаптации пациентов к съемным стоматологическим конструкциям / В.И. Шемонаев, А.А. Малолеткова // Современный взгляд на болезни внутренних органов и полиморбидность: матер. междунар. науч.-практ. конфер. – Белгород: ИПК НИУ БелГУ, 2011. – С. 164–166.

УДК 546.77:544.623

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕЗИЙ-ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ МОЛИБДАТОВ С Al, Sc, In

[1]Доржиева С.Г., [2]Базаров Б.Г., [3]Буш А.А., [2]Базарова Ж.Г.

[1]Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ;
[2]ФГОУ ВПО «Бурятский государственный университет», Улан-Удэ;
[3]Московский технологический университет, Москва, e-mail: sdozh@binm.bscnet.ru

Изучены температурно-частотные зависимости диэлектрической проницаемости ε, удельного сопротивления ρ и тангенса угла диэлектрических потерь tgδ керамических образцов фаз $CsRTi_{0,5}(MoO_4)_3$ (R = Al, In, Sc), полученных методом твердофазного синтеза. Установлено, что образцы характеризуются при комнатной температуре невысокими значениями диэлектрической проницаемости (ε ~ 10). Керамика проявляет термоактивационный характер изменения диэлектрических параметров со значениями удельного сопротивления $\rho \sim 10^2–10^4$ Ом·см и диэлектрической проницаемости $\varepsilon \sim 10^3–10^4$ при повышенных температурах. На зависимостях tgδ(T) в области 750–800 К наблюдаются скачкообразные увеличения, положения которых не зависят от частоты измерительного сигнала, что указывает на фазовый переход при данных температурах. На частотных зависимостях в диапазоне 25–10^6 Гц диэлектрические параметры испытывают монотонные без заметных аномалий уменьшения, изменяющиеся по гиперболическому закону.

Ключевые слова: цезий, титан, молибдаты, удельное сопротивление, диэлектрическая проницаемость, фазовый переход

DIELECTRIC PROPERTIES OF THE CESIUM-TITANIUM CONTAINING MOLYBDATES WITH Al, Sc, In

[1]Dorzhieva S.G., [2]Bazarov B.G., [3]Bush A.A., [2]Bazarova Zh.G.

[1]Baykal Institute of Nature Management, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude;
[2]Buryat State University, Ulan-Ude;
[3]Moscow Technological University, Moscow, e-mail: sdozh@binm.bscnet.ru

The temperature and frequency dependences of the permittivity ε, resistivity ρ and dielectric loss tangent tgδ of ceramic samples of $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ (R = Al, In, Sc) phases obtained by solid phase synthesis were studied. It was found that the samples at room temperature characterized by low values of permittivity (ε ~ 10). Ceramics exhibits thermally activated behavior of the dielectric properties with values of resistivity $\rho \sim 10^2–10^4$ Om·cm and permittivity $\varepsilon \sim 10^3–10^4$ at high temperatures. On the dependences of tgδ(T) in the range 750–800 K observed an abrupt increase, the provisions of which do not depend on the frequency of the measurement signal, which indicates that the phase transition at these temperatures. Dielectric parameters on the frequency dependences in the range of 25–10^6 Hz are experiencing monotonous reducing without significant anomalies, changing hyperbolically.

Keywords: cesium, titanium, molybdates, resistivity, dielectric constant, phase transition

Особое внимание исследователей к сложным молибдатам щелочных элементов обусловлено возможностью их использования в качестве ионных проводников и твердотельных электролитов [1–7]. В этих работах также отмечена широкая распространенность полиморфных превращений, которые приводят к кристаллическому состоянию с высокой ионной проводимостью. Ранее были определены условия синтеза и получены образцы содержащих рубидий [4] и цезий [5, 7] молибдатов с титаном и трехвалентными элементами, уточнены структуры и кратко охарактеризованы свойства. В настоящей работе изучены температурно-частотные зависимости диэлектрических характеристик керамических образцов цезий-титансодержащих молибдатов с трехвалентными элементами Al, Sc, In.

Экспериментальная часть

Образцы фаз синтезировали по твердофазной методике на воздухе. В качестве исходных реактивов для синтеза использовали средние молибдаты, полученные ступенчатым отжигом стехиометрических количеств соответствующих оксидов в интервале температур 400–800 °C, оксиды TiO_2 (99,9 %) и MoO_3 марки «х.ч.». Конечная температура синтеза составила 600 °C. Фазовый состав и полноту синтеза проверяли при помощи рентгенофазового анализа на дифрактометре Advance D8 фирмы Bruker с использованием CuK_α-излучения в геометрии Брэгга-Брентано с линейным детектором Vantec. Получены керамические фазы состава $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ (R = Al, Sc, In), образующие изоструктурный ряд. Методом Ритвельда уточнены структуры синтезированных соединений. Установлено, что соединения кристаллизуются в тригональной системе с пространственной группой $R\bar{3}$, Z = 6 [5]. Объем элементарной ячейки возрастает с увеличением ионного радиуса R трехвалентного элемента [8]. Кристаллические структуры

представляют собой трехмерный смешанный каркас, состоящий из MoO_4 – тетраэдров и $(R,Ti)O_6$ – октаэдров, соединяющихся через общие кислородные вершины, и CsO_{12} – полиэдров. Структуры синтезированных молибдатов характеризуются наличием больших полостей каркаса, в которых размещаются катионы Cs. Следовательно, при заселенности каналов в каркасных структурах такого типа соответствующими катионами с подходящими ионными радиусами могут реализовываться условия для ионного транспорта.

Диэлектрические свойства синтезированных фаз изучены на поликристаллических образцах, сформованных в таблетки площадью 70−78,5 мм^2 и толщиной ~ 2−3 мм, приготовленных прессованием при давлении 10 МПа. Исследования температурно-частотных зависимостей коэффициента диэлектрических потерь, диэлектрической проницаемости и удельного сопротивления выполнены с помощью LCR-измерителя MT-4090 фирмы Motech при амплитуде измерительного напряжения 1 В в области температур T = 100−900 К и RLC-измерителя иммитанса E7-20 при амплитуде измерительного напряжения 2 В в области температур T = 300−880 К. Использовали специальную измерительную ячейку, в которой осуществляли нагрев и охлаждение образцов со скоростью 5−10 К/мин. При измерении электрических параметров в качестве электродов использовался слой Pt, изготовленный с помощью платиновой пасты.

Результаты исследования и их обсуждение

Измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь керамических таблеток проведены на частотах 0.1, 1, 10, 100, 200 КГц, на основании которых были вычислены и построены графики температурно-частотных зависимостей коэффициента диэлектрических потерь, диэлектрической проницаемости и удельного сопротивления.

Ранее в работах были представлены высокие значения проводимости изоструктурных содержащих рубидий [4] и цезий [5, 7] молибдатов с трехвалентными элементами ($\sigma \sim 10^{-2}$ См/см), что соответствует значениям проводимости суперионных проводников. Кроме того, было показано [7], что на температурной зависимости $\varepsilon(T)$ для $CsCrTi_{0.5}(MoO_4)_3$ приблизительно при 805 К есть хорошо образованный максимум. Эта же температура соответствовала изменениям в коэффициентах теплового расширения вдоль *a*- и *c*-плоскостей, а также эндотермическому сигналу на кривой ДСК. В настоящей работе представлены данные по диэлектрическим параметрам синтезированных соединений $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ (R = Al, Sc, In).

Результаты измерений зависимостей $tg\delta(T)$, $\varepsilon(T)$ и $\rho(T)$ на разных частотах для керамики $CsAlTi_{0.5}(MoO_4)_3$ в режиме нагревания и охлаждения представлены на рис. 1. На зависимостях наблюдается довольно резкое понижение удельного сопротивления от $\rho = 2{,}0\cdot10^6$ Ом·см при T = 674 К до $\rho = 8{,}8\cdot10^2$ Ом·см при T = 978 К. При температуре 756 К наблюдается фазовый переход, проявляющийся как максимум на зависимости $tg\delta(T)$, положение которого не зависит от частоты измерительного сигнала. При этой же температуре наблюдается изменение характера проводимости от прыжковой к термоактивационной.

Зависимости $tg\delta(T)$, $\varepsilon(T)$ и $\rho(T)$ на разных частотах для керамики $CsInTi_{0.5}(MoO_4)_3$ представлены на рис. 2. На зависимостях наблюдается понижение удельного сопротивления до $\rho \sim 3{,}1\cdot10^4$ Ом·см при T = 850 К.

Для керамики $CsScTi_{0.5}(MoO_4)_3$ удельное сопротивление понижается на 4 порядка, от $\rho \sim 3{,}6\cdot10^8$ Ом·см T = 700 К до $\rho \sim 1{,}9\cdot10^4$ Ом·см при T = 850 К (рис. 3).

При температурах 775−780 К для $CsInTi_{0.5}(MoO_4)_3$ и 785−790 К для $CsScTi_{0.5}(MoO_4)_3$ на зависимостях $tg\delta(T)$ наблюдаются скачкообразные увеличения, положения которых не зависят от частоты измерительного сигнала, что указывает на фазовый переход при указанных температурах (рис. 1−3).

В целом температурно-частотные зависимости диэлектрической проницаемости и проводимости $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ (R = Al, Sc, In) на рис. 1−3 показывают наглядную картину аномальных скачков в интервале температур 750−800 К. Результаты измерений диэлектрических параметров согласуются с данными ДСК, теплофизических измерений и высокотемпературных структурных исследований синхротронной дифракции [5, 7].

Проведены исследования частотных зависимостей мнимой и действительной частей диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь и удельного сопротивления $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ (R = Al, Sc) в диапазоне частот f = 25–10^6 Гц при разных температурах в температурном интервале от 450 до 880 К. Величины диэлектрических параметров измерены через каждые 50 К от 346 до 596 К. Диэлектрические параметры испытывают с ростом частоты монотонные без заметных аномалий уменьшения. Как пример на рис. 4 представлены зависимости при T = 596 К для $CsScTi_{0.5}(MoO_4)_3$. С увеличением температуры величина удельного сопротивления уменьшается (таблица). Для обоих составов наблюдаются два участка зависимостей диэлектрических параметров от частоты: низкочастотный 25–10^3 Гц (линейно-падающий с частотой) и высокочастотный 10^4–10^6 Гц (постоянный).

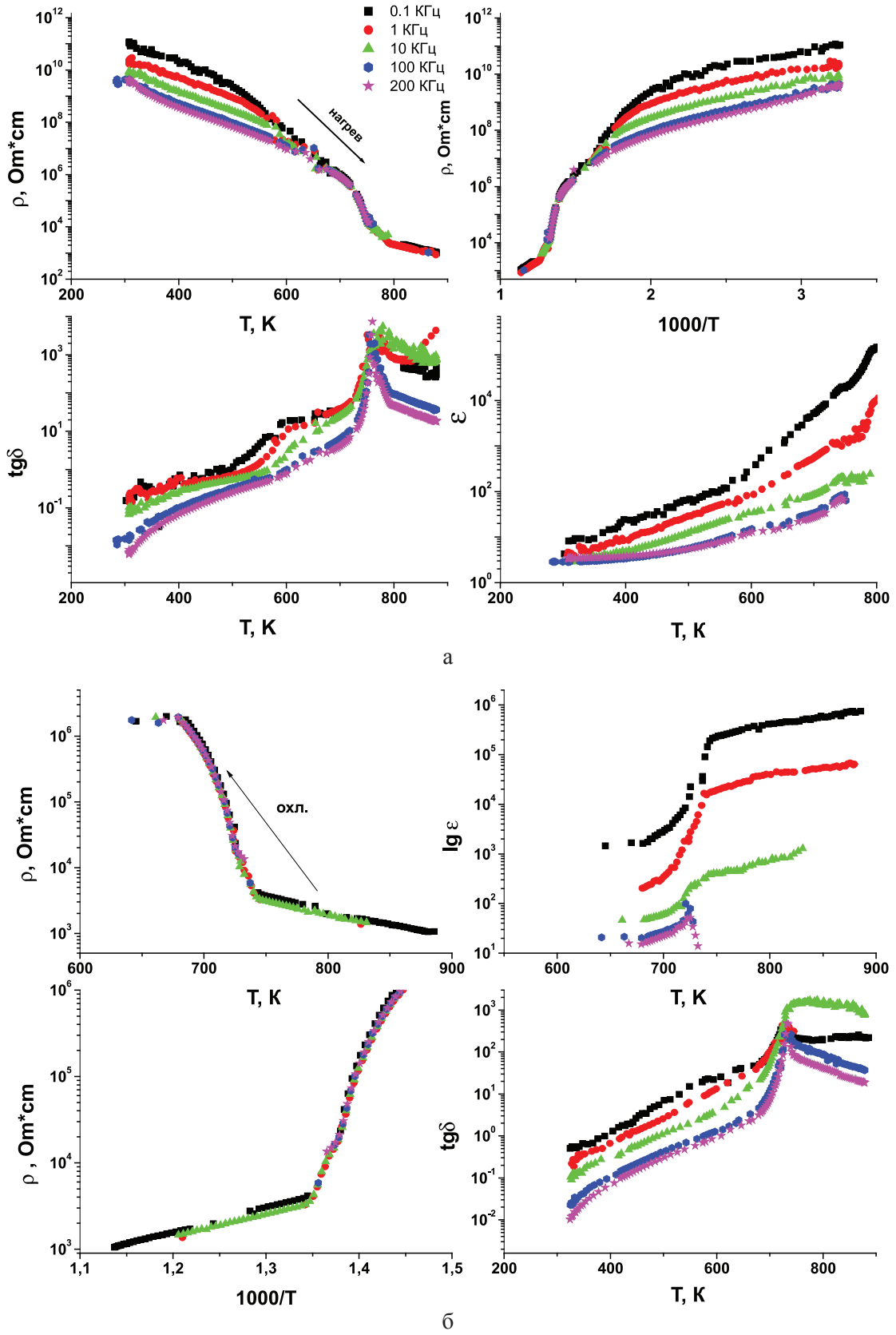
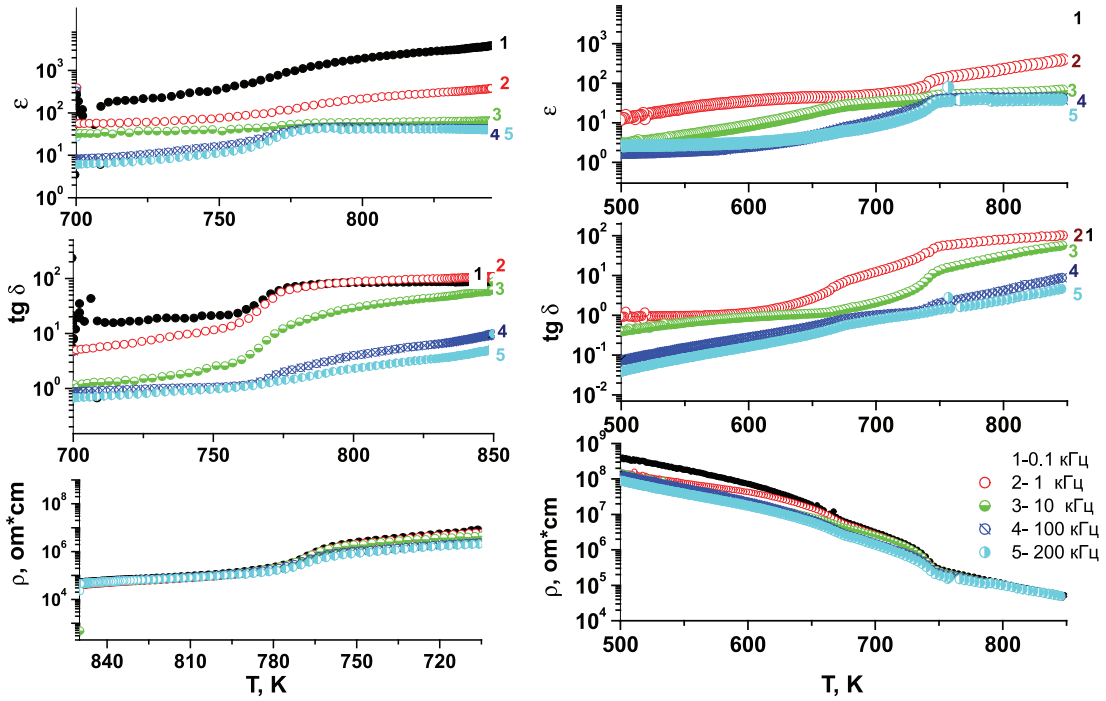
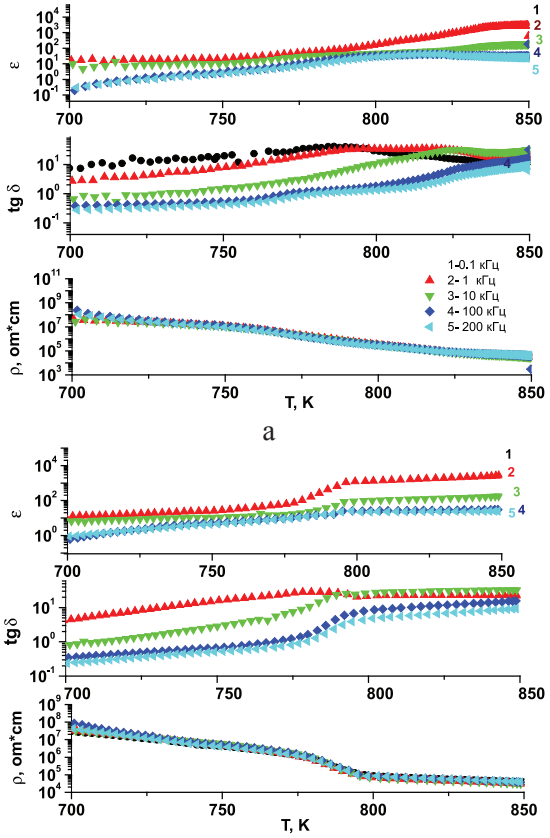


Рис. 1. Температурно-частотные зависимости диэлектрической проницаемости (ε), тангенса угла диэлектрических потерь (tgδ) и удельного сопротивления (ρ) керамики $CsAlTi_{0,5}(MoO_4)_3$, измеренные на частотах 0,1–200 кГц в режиме: а – нагревания; б – охлаждения



а б

Рис. 2. Температурно-частотные зависимости диэлектрических параметров керамики $CsInTi_{0.5}(MoO_4)_3$ в режиме: а – нагревания; б – охлаждения



а

б

Рис. 3. Температурно-частотные зависимости диэлектрических параметров керамики $CsScTi_{0.5}(MoO_4)_3$ в режиме: а – нагревания; б – охлаждения

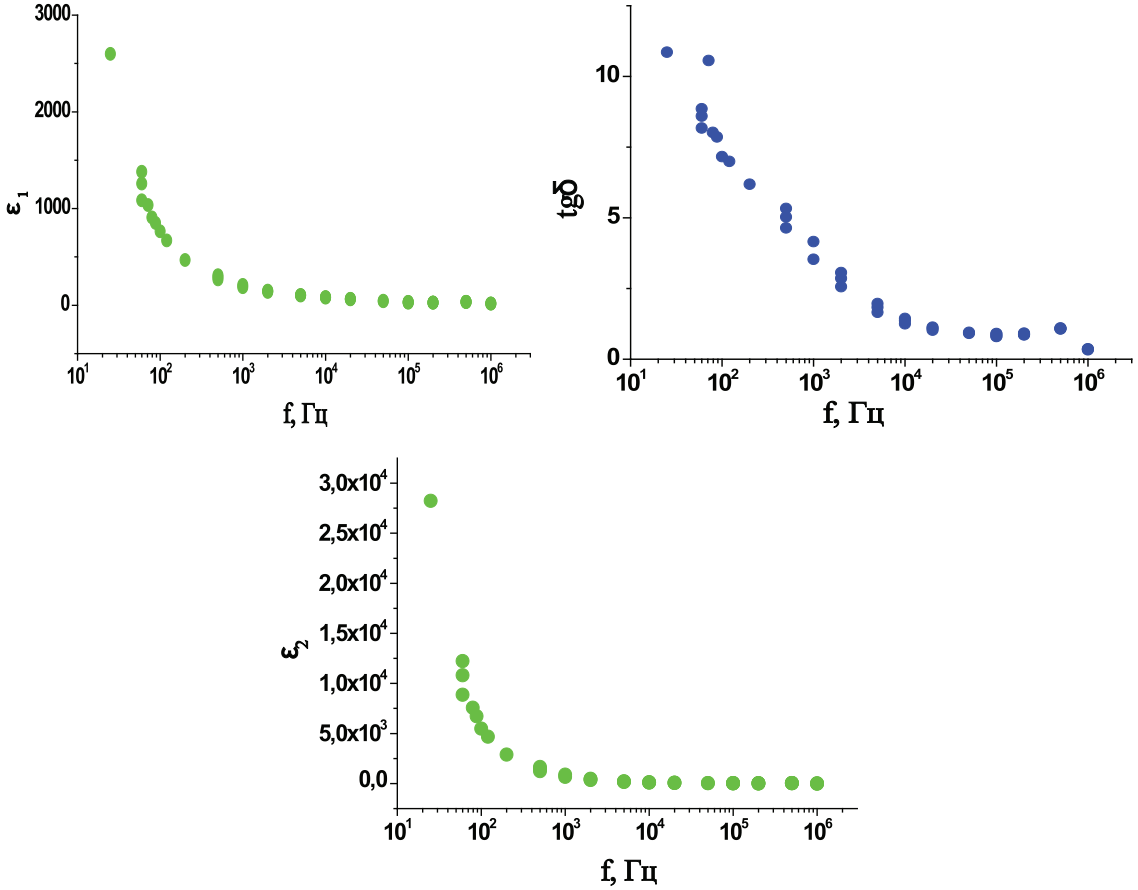


Рис. 4. Частотные зависимости действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости ε_2 и ε_1, тангенса угла диэлектрических потерь tgδ керамики $CsScTi_{0.5}(MoO_4)_3$, измеренные в диапазоне частот f = 25–10^6 Гц

Частотные зависимости удельного сопротивления ρ (Ом·см)

Соединения	*f*, Гц	ρ, Ом·см						
		296 K	346 K	396 K	446 K	496 K	546 K	596 K
$CsAlTi_{0.5}(MoO_4)_3$	10^2	$3{,}48\cdot10^5$	–	$5{,}3\cdot10^6$	$5{,}39\cdot10^5$	$1{,}52\cdot10^5$	$6{,}37\cdot10^4$	$3{,}38\cdot10^4$
	10^3	$1{,}46\cdot10^5$	$6{,}42\cdot10^6$	$1{,}03\cdot10^6$	$2{,}38\cdot10^5$	$4{,}81\cdot10^4$	$2{,}94\cdot10^4$	$1{,}96\cdot10^4$
	10^6	$1{,}45\cdot10^4$	–	$5{,}19\cdot10^4$	$1{,}29\cdot10^4$	$2{,}93\cdot10^3$	$1{,}46\cdot10^3$	$1{,}05\cdot10^3$
$CsScTi_{0.5}(MoO_4)_3$	10^2	$3{,}1\cdot10^5$	$8{,}71\cdot10^5$	$2{,}33\cdot10^5$	$3{,}53\cdot10^4$	$1{,}18\cdot10^4$	$3{,}83\cdot10^3$	$1{,}6\cdot10^3$
	10^3	$1{,}24\cdot10^5$	$2{,}56\cdot10^5$	$7{,}59\cdot10^4$	$1{,}94\cdot10^4$	$8{,}13\cdot10^3$	$3{,}36\cdot10^3$	$1{,}2\cdot10^3$
	10^6	$2{,}37\cdot10^3$	$4{,}36\cdot10^3$	$2{,}56\cdot10^3$	$4{,}39\cdot10^2$	$3{,}9\cdot10^2$	$2{,}82\cdot10^2$	$2{,}04\cdot10^2$

В целом на частотных зависимостях диэлектрические параметры уменьшаются с частотой по гиперболическому закону. Данный характер кривых диэлектрических параметров обусловлен возможными релаксационными процессами, связанными с особенностями структуры, в которых имеются пустоты или каналы для передвижения слабосвязанных ионов или микроструктуры образцов (релаксацией на границе зёрен керамики). Поведение подобного типа проявляют многие кристаллические неорганические соединения, имеющие большое значение в современном производстве электротехнической керамики.

Заключение

Методом твердофазных реакций синтезированы керамические образцы фаз $CsRTi_{0.5}(MoO_4)_3$ (R = Al, Sc, In), кристаллизующиеся в тригональной системе и имеющие большие полости в каркасе структуры

для передвижения ионов. Изучены температурно-частотные зависимости диэлектрической проницаемости ε, удельного сопротивления ρ и тангенса угла диэлектрических потерь tgδ образцов в диапазоне температур 100−900 К и частот 25−10^6 Гц. Образцы характеризуются при комнатной температуре невысокими значениями диэлектрической проницаемости ε ~ 10. Керамика проявляет термоактивационный характер диэлектрических характеристик со значениями удельного сопротивления ρ ~ 10^2−10^4 Ом·см и диэлектрической проницаемости ε ~ 10^3−10^4. На зависимостях tgδ(*T*) наблюдаются скачкообразные увеличения, положения которых не зависят от частоты измерительного сигнала, что указывает на фазовый переход при данных температурах. Диэлектрические параметры испытывают с ростом частоты монотонные без заметных аномалий уменьшения до значений ρ ~ 10^2–10^3 Ом·см, ε ~ 20–30, tgδ ~ 1, изменяющиеся по гиперболическому закону.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН № II.2П/V.45-15.

Список литературы

1. Базаров Б.Г., Намсараева Т.В., Федоров К.Н., Базарова Ж.Г. // Журн. неорган. химии. 2007. – Т. 52. – № 9. – С. 1552–1556.

2. Сорокин Н.И. Неорган. мат. – Т. 51. – № 5. – С. 546–549.

3. Чимитова О.Д., Базаров Б.Г., Клевцова Р.Ф., Федоров К.Н., Глинская Л.А., Кузнецов М.В., Базарова Ж.Г. // Изв. Акад. наук. Сер. хим. – 2007. – № 11. – С. 2063–2066.

4. Dorzhieva S.G., Bazarov B.G., Subanakov A.K., Bazarova J.G. // J. Sol. St. Chem. – 2013. – Vol. 199. – P. 21–26.

5. Dorzhieva S.G., Bazarov B.G., Bush A.A., Kamentsev K.E., Bazarova J.G. // Sol. St. Commun. – 2015. – Vol. 217. – P. 25–27.

6. Mhiri M., Badri A., Lopez M.L., Pico C., Amara M.B. // Ionics. – Vol. 21. – P. 2511–2522.

7. Sarapulova A.E., Bazarov B., Namsaraeva T., Dorzhieva S., Bazarova J., Grossman V., Bush A.A., Antonyshyn I., Schmidt M., Bell A.M.T., Knapp M., Ehrenberg H., Eckert J., Mikhailova D. // J. of Phys. Chem. C. – 2014. – Vol.118. – Issue: 4. – P. 1763–1773.

8. Shannon R.D. // Acta Crystallogr. – 1976. – A. 32. – P. 75.

УДК 551.114(0758) + 553 + 666.32/.36

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЦИОННО-АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Кормош Е.В., Алябьева Т.М.

АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», Белгород, e-mail: kormosh-e@mail.ru

В результате проведенных исследований были определены коллоидно-химические свойства природной, обогащенной, активированной кислотой и катионзамещенной монтмориллонитсодержащей глины Белгородской области. Выявлена взаимосвязь между условиями модифицирования, удельной поверхностью, коллоидно-химическими свойствами и дефектностью кристаллической структуры монтмориллонитсодержащих глин с их сорбционной способностью по отношению к органическим веществам в процессе обогащения, кислотного и кислотно-солевого модифицирования. Установлено, что повышение сорбционной способности обогащенных образцов по отношению к нефтепродуктам связано с увеличением доли сорбционно-активного компонента – монтмориллонитовой фракции, с увеличением дисперсности глинистого материала, а также внешней удельной поверхности глин в процессе обогащения. Показано, что при обработке кислотой монтмориллонитсодержащих глин увеличивается сорбционная способность по отношению к нефтепродуктам, что обусловлено изменением физических и коллоидно-химических свойств поверхности сорбентов. При этом сорбция органических веществ протекает по механизму физической сорбции. Установлено, что введение ионов натрия в обменные положения обработанного кислотой сорбента не оказывает существенного влияния на величину удельной поверхности и сорбционную способность в отношении нефтепродуктов. Полученные результаты открывают новые направления развития исследований в области разработки высокоэффективных сорбентов на основе местных природных минералов.

Ключевые слова: глина, монтмориллонит, модифицирование, удельная поверхность, сорбент, нефтепродукты, активирование, катионзамещение

THE DEVELOPMENT OF EFFECTIVE SORPTION ACTIVE MATERIALS FOR SEWAGE WATER PURIFICATION FROM OIL PRODUCT WASTE

Kormosh E.V., Alyabeva T.M.

Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, e-mail: kormosh-e@mail.ru

According to the research colloid-chemical properties of natural intensified acid enriched and cation displaced montmorillonite clay of the Belgorod region have been determined. The relation between modification conditions, specific surface, colloid-chemical properties and crystal structure defectiveness of monrmorillonite clay and its sorption capacity towards the organic substances under the enrichment of acid and acid salting modification has been found out. It is established that the sorption capacity increasing of the enriched samples towards oil products is connected with the increasing of sorption active component part of montmorillonite fraction, increasing of clay matter dispersion and outer specific surface. It is determined that sorption capacity towards oil products increases during acid treatment of montmorillonite clay. This is conditioned by the change of phisical and colloid-chemical properties of sorbent surface. Here organic substances sorption developes like physical sorption. It is determined that the injecting ions of sodium in metathetical state of acid treated sorbent doesn't have a significant influence on the size of the specific surface and sorption capacity towards oil products. The obtained results disclose new branches of development in high-efficiency sorbents elaboration based on local natural minerals.

Keywords: clay, montmorillonite, modification, specific surface, sorbent, oil products, activation, cation displacement

Загрязнение гидросферы нефтепродуктами является проблемой мирового значения, которая весьма актуальна для России, являющейся одной из ведущих стран мира по добыче и экспорту нефти [8].

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов обычно применяют механические, физико-химические и биологические методы [1]. Эффективным физико-химическим методом является сорбция. В качестве сорбентов используют различные материалы: золу, кокс, торф, силикагели, алюмогели, глины, шунгит и др. Наиболее распространенным сорбентом, традиционно применяемым в очистке сточных вод, является активированный уголь. В последние годы появляются разработки с использованием нанотехнологий. Однако активированный уголь, а особенно сорбенты, полученные на основе нанотехнологий, являются очень дорогостоящими материалами.

Стоимость местных природных минералов (глины, мела, песка) примерно на два-три порядка меньше. Это позволяет решать экологические вопросы более экономично. Имеется достаточно публикаций по использованию природных алюмосиликатов (глин и др.) для очистки воды от ионов тяжелых металлов [2, 3]. Однако встречается гораздо меньше работ по применению указанных сорбентов для очистки воды от нефтепродуктов [5].

Цель исследования – разработка эффективных сорбционно-активных материалов на основе природного минерального сырья для очистки сточной воды от поллютантов органического происхождения.

В соответствии с поставленной целью в работе решалась **задача** повышения сорбционной способности природных монтмориллонитсодержащих глин Белгородской области при использовании их в очистке сточных вод от органических веществ за счет обогащения, кислотного и кислотно-солевого модифицирования.

Материалы и методы исследования

С целью изучения сорбентов были исследованы глины киевской свиты месторождения «Поляна» Шебекинского района. Данные глины являются типичными представителями глин Белгородской области [4, 7].

Для получения модифицированных образцов глин использовали обогащение, кислотную и солевую обработку. Обогащение было направлено на удаление пустой породы и увеличение содержания сорбционно-активных минералов гравитационным методом. Для более глубокого воздействия на структуру глинистых минералов применялась кислотная обработка [9, 10]. Солевая обработка проводилась с целью замещения обменных катионов в структуре глинистых минералов на другие катионы. Обогащенную и обработанную кислотой глину обрабатывали 1 М раствором NaCl в течение 2 ч при температуре кипения водяной бани [6].

В работе использован комплекс современных физико-химических методов исследования. Удельная поверхность и пористость определялась на автоматическом анализаторе удельной площади поверхности и пористости TriStar II 3020 методом низкотемпературной адсорбции азота. Гранулометрический состав образцов определён методом динамического лазерного светорассеяния с использованием прибора Micro Sizer 201C. Методом электрофореза на приборе Zetasizer Nano ZS определен электрокинетический потенциал полученных образцов сорбентов.

Адсорбционную способность исследуемых образцов сорбентов предварительно определяли по эталонному раствору метиленового голубого. Концентрацию органического красителя в растворе после сорбции измеряли фотоколориметрическим методом на приборе КФК-3.01.

Способность глин сорбировать нефтепродукты была оценена на сточной воде г. Белгорода, отобранной в приемной камере очистной станции канализации с содержанием нефтепродуктов 1,39 мг/л. Измерение концентрации нефтепродуктов проводили методом ИК-спектрометрии с использованием концентратомера КН-2.

Результаты исследования и их обсуждение

Основные химико-минералогические и сорбционные свойства природных глин приведены в ранее опубликованных работах [2, 3]. В настоящей статье представлены результаты определения ряда коллоидно-химических свойств природной, обогащенной и модифицированных форм глин.

В табл. 1 представлены значения электрокинетического потенциала (ξ), удельной поверхности ($S_{уд}$), истинной плотности (d) и адсорбционной активности по метиленовому голубому исследуемых образцов глины.

Как известно, электрокинетический (дзета) потенциал поверхности природных глин имеет отрицательное значение. У исследуемой природной глины ξ = –32,1 мВ (образец № 1). Процесс обогащения приводит к увеличению ξ-потенциала по абсолютной величине до –45,5 мВ (образец № 2, размер фракции менее 5 мкм). С уменьшением размера частиц ξ-потенциал приобретает более отрицательное значение.

Обработка обогащенной глины 30 %-ным раствором H_2SO_4 в течение 6 ч приводит к уменьшению значения электрокинетического потенциала по абсолютной величине до –28,8 мВ (образец № 3). Обработка обогащенной и модифицированной кислотой глины хлоридом натрия (образцы № 4 и 5) приводит к увеличению ξ-потенциала по абсолютной величине (табл. 1).

Таблица 1

Значение ξ-потенциала, удельной поверхности, плотности и адсорбционной способности исследуемых образцов сорбентов

Номер образца	Сорбент	ξ, мВ	$S_{уд}$, м²/кг	d, кг/м³	А (МГ), мг/г
1	Природная глина	–32,1	79968	2508	75,6
2	Обогащенная глина:				
	фракция менее 50 мкм	–39,7	86406	2566	125,3
	фракция менее 10 мкм	–43,5	93259	2632	150,2
	фракция менее 5 мкм	–45,5	98121	2713	210,3
3	Мод. 30 % H_2SO_4, 6 ч	–28.8	161510	2320	436,2
4	Обог. + 30 % H_2SO_4 + NaCl	–32,4	160380	2395	460,8
5	Обог. + NaCl	–45,5	88818	2724	390,5

С уменьшением размера частиц удельная поверхность обогащенной глины увеличивается от 79968 до 98121 м^2/кг (образцы № 2).

Введение катионов Na^+ в обменные положения монтмориллонитсодержащей глины, предварительно обработанной кислотой, не оказывает существенного влияния на величину удельной поверхности. Незначительное изменение удельной поверхности образцов при введении Na^+ обусловлено тем, что водные растворы солей не производят заметного разрушения структуры монтмориллонита, как наблюдается при действии сильной кислоты.

Наблюдаемая тенденция к возрастанию истинной плотности глины в результате её обогащения свидетельствует об увеличении упаковки высокодисперсных частиц, слагающих отдельные фракции. Возрастание плотности натрийзамещенных образцов, по сравнению с обогащенными и модифицированными кислотой, является следствием внедрения катионов Na^+ в межпакетные позиции кристаллической решетки монтмориллонита.

Предварительная оценка сорбционной активности исследуемых образцов глин проведена по эталонному раствору метиленового голубого и представлена в табл. 1.

Экспериментально установлено, что обогащение повышает адсорбционную способность в отношении красителя метиленового голубого на 66 % для образцов с размером частиц менее 10 мкм, что можно объяснить следующим образом. Уменьшение размера частиц и увеличение удельной поверхности обогащенных глин делает доступными мезо- (2–50 нм) и макропоры (> 50 нм) для сорбции молекул красителя, размеры которого достаточно велики (1,97 нм^2). Кроме того, большему притяжению молекул метиленового голубого к отрицательно заряженной поверхности обогащенных глин способствует увеличение ξ-потенциала по абсолютной величине (табл. 1).

Адсорбционная способность катионзамещенных форм глины выше обогащенной глины в 3,7 и 3,1 раза соответственно для образцов № 4 и 5. Возрастание адсорбционной способности натриевых форм глин связано с увеличением активных центров, появившихся в обогащенной глине после насыщения их ионами Na^+. Меньшая адсорбционная способность образца глины № 5 по сравнению с образцом № 4 связана с меньшей величиной удельной поверхности первого из них (табл. 1). Высокая адсорбционная способность метиленового голубого объясняется также тем, что этот краситель может адсорбироваться не только на поверхности монтмориллонита, но и в его межслоевом пространстве.

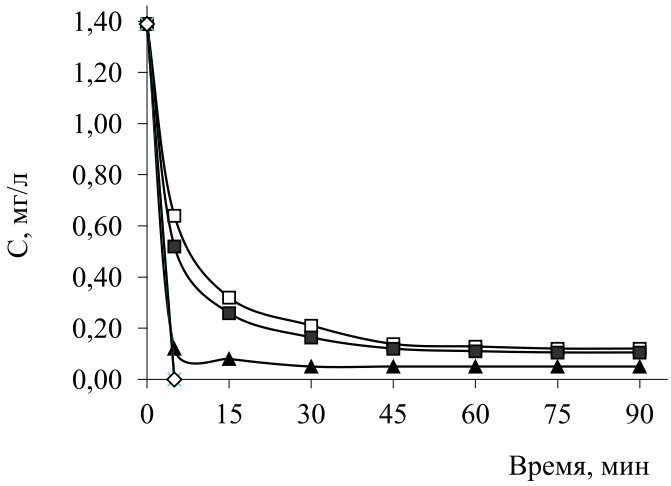
Следующим этапом работы было исследование сорбционной способности природных, обогащенных и модифицированных форм глин по отношению к нефтепродуктам.

Обогащение глин привело к увеличению адсорбционной способности природных глин по отношению к нефтепродуктам, что связано с увеличением удельной поверхности обогащенных образцов. Обогащение глин позволило увеличить их сорбционную способность по отношению к нефтепродуктам в 2,5 раза. Однако даже при использовании обогащенных образцов снизить концентрацию нефтепродуктов до предельно допустимой (ПДК = 0,3 мг/л) не удалось.

Повысить сорбционную способность в отношении органических веществ возможно путем увеличения удельной поверхности и порового пространства в структуре минералов. Один из способов увеличения удельной поверхности – обработка глин кислотой.

Ввиду того, что монтмориллонитовые глины имеют недостаточную сорбционную емкость, их активируют главным образом минеральными кислотами в строго определенных условиях. Использование кислотной обработки позволяет эффективно воздействовать на структуру минерала и создавать дефектность кристаллической решетки сорбционно-активных минералов, в частности монтмориллонита.

Для изучения сорбции нефтепродуктов были взяты обогащенные глины, обработанные 10, 20, 30 % H_2SO_4 в течение 6 ч. Данные образцы обладают максимальной удельной поверхностью, что должно способствовать увеличению сорбционной способности по отношению к органическим веществам (табл. 1). Образец, обработанный 10 % H_2SO_4 в течение 1 ч, был взят для сравнения способности сорбировать органические вещества среди глин, подвергнутых кислотной обработке. На рисунке представлена кинетика очистки сточной воды с содержанием нефтепродуктов 1,39 мг/л модифицированными кислотой глинами.



Кинетическая зависимость снижения концентрации нефтепродуктов в сточной воде:
□ – обогащенная глина; ■ – глина, обработанная 10% H_2SO_4 (1 ч);
▲ – глина, обработанная 10% H_2SO_4 (6 ч); ◊ – глина, обработанная 20, 30% H_2SO_4 (6 ч)

Кинетические кривые сорбции нефтепродуктов плавные, без резких перегибов, что характерно для физической сорбции (рис. 1). Максимальное снижение концентрации нефтепродуктов происходит в первые 5 минут сорбции. Это связано с тем, что поверхность обработанных кислотой глин приобрела кислотные свойства и в качестве обменных ионов содержит ионы H^+. Это способствует сильному притяжению органических веществ к поверхности. С увеличением времени сорбции наблюдается плавное уменьшение концентрации нефтепродуктов. Это связано с адсорбцией не только на поверхности сорбента, но и с проникновением в макро- и мезопоры кристаллической решетки глинистых минералов. Максимальной способностью снижать концентрацию нефтепродуктов обладают образцы, обработанные 20, 30% H_2SO_4 в течение 6 ч. Этими образцами осуществлена полная очистка сточной воды через 5 минут от начала сорбции (табл. 2).

Таким образом, кислотная обработка привела к увеличению сорбционной способности обогащенных глин в отношении нефтепродуктов, что обусловлено значительным увеличением удельной поверхности глинистых минералов в процессе кислотного модифицирования.

Увеличение вакантных мест в структуре глинистых минералов после обработки кислотой позволяет провести катионзамещение, направленное на повышение функционально активных центров. В результате обработки раствором NaCl получены натрийзамещенные формы обогащенной и обработанных H_2SO_4 (6 ч). Сорбционная способность в отношении нефтепродуктов у натрийзамещенных модифицированных кислотой форм глин осталась высокой, но увеличилось время сорбции (табл. 3). Это связано с появлением в обменных позициях ионов Na^+, которые и увеличивают время проникновения крупных органических молекул в межпакетное пространство.

Таблица 2

Концентрация нефтепродуктов в растворе после сорбции
и время установления сорбционного равновесия

Образцы	Нефтепродукты (C_0 = 1,39 мг/л)	τ, мин
Обогащенная глина	0,13	90
После обработки:		
10% H_2SO_4, 1 ч	0,11	75
10% H_2SO_4, 6 ч	0,05	30
20% H_2SO_4, 6 ч	не обн.	5
30% H_2SO_4, 6 ч	не обн.	5

Таблица 3

Концентрация нефтепродуктов в растворе
после сорбции и время установления сорбционного равновесия

Образцы	Нефтепродукты (C_0 = 1,39 мг/л)	τ, мин
Обогащенная глина	0,13	90
Обог. + NaCl	0,41	90
Обог. + 10 % H_2SO_4 + NaCl	0,03	75
Обог. + 20 % H_2SO_4 + NaCl	не обн.	75
Обог. + 30 % H_2SO_4 + NaCl	не обн.	75

Полученные натрийзамещенные формы глины не только эффективны в отношении сорбции нефтепродуктов, но и могут быть использованы как сорбент ионов тяжелых металлов, поскольку ионы Na^+, введенные в обменные позиции глинистых минералов, будут легче обмениваться на двухзарядные ионы тяжелых металлов. Это предположение будет являться результатом дальнейшего исследования.

Заключение

Проведено определение сорбционных свойств глин и продуктов их модифицирования по способности поглощать нефтепродукты – наиболее распространенные загрязнители биосферы. Установлено, что повышение сорбционной способности обогащенных образцов по отношению к нефтепродуктам связано, прежде всего, с увеличением доли сорбционно-активного компонента – монтмориллонитовой фракции, с увеличением дисперсности глинистого материала, а также внешней удельной поверхности глин в процессе обогащения. Показано, что при обработке кислотой и с последующим катионзамещением увеличивается сорбционная способность глин по отношению к нефтепродуктам, что обусловлено изменением физических и коллоидно-химических свойств поверхности сорбентов. При этом сорбция органических веществ протекает по механизму физической сорбции. Практическое использование разработанных материалов позволит произвести импортозамещение применяемых в настоящее время в Российской Федерации зарубежных сорбентов на отечественные комплексные сорбционно-активные материалы широкого спектра действия для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Проведенные исследования позволяют разработать оригинальные методологические подходы к созданию сорбционных материалов нового поколения с заданными свойствами.

Список литературы

1. Алябьева Т.М. Органическая химия: учебное пособие. – М.: Изд-во: БУПК «Кооперативное образование», 2010. – 252 с.

2. Алябьева Т.М., Кормош Е.В., Погорелова А.Г. Химико-минералогические аспекты возможности использования глин Белгородской области в разработке сорбентов для очистки сточных вод // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8. – С. 131–136.

3. Кормош Е.В. Использование природных глин Белгородской области для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов: монография. – Белгород: Изд-во БУКЭП, 2014. – 81 с.

4. Кормош Е.В., Везенцев А.И., Голдовская Л.Ф. Эколого-технологические аспекты использования глин Шебекинского района Белгородской области // Проблемы региональной экологии. – 2006. – № 5. – С. 72–76.

5. Решетова А.А., Годымчук А.Ю., Исследование процессов извлечения тяжелых металлов на природных минералах // Вестник Отделения наук РАН. – 2003. – № 1. – С. 1–3.

6. Тарасевич Ю.И., Поляков В.В., Алексеевич О.Л. Приготовление катионзамещенных форм глинистых минералов // Укр. Химический журнал. – 1997. – Т. 23. – С. 123–135.

7. Трубицын М.А., Везенцев А.И., Романщак А.А. Сорбционноактивные породы Белгородской области // Горный журнал. – 2004. – № 1. – С. 51–52.

8. Фатнева Е.А. Экологические проблемы рекреационных территорий и пути их решения // Современные исследования социальных проблем. – 2011. – Т. 8 – № 4. – С. 69–73.

9. Grzegorz J., Grzegorz B. Effect of Acid and Alcali Treatments on Surface Areas and Adsorption Energies of Selected Minerals // Clays and Clays Minerals. – 2002. – Vol. 50 – № 6. – P. 771–783.

10. Önal M., Sarikaya Y., Alemdaroğlu T. The Effect of Acid Activation of Some Physicochemical Properties of a Bentonite // Turk J Chem. – 2006. – № 26. – P. 409–416.

УДК 615.465

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

[1]Костров Я.В., [1]Белоконова Н.А., [2]Вшивков С.А., [2]Галяс А.Г., [1]Жолудев С.Е.

[1]ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет», Екатеринбург, e-mail: yakostrov@yandex.ru, 89221503087@mail.ru, sergey.vshivkov@urfu.ru, zholudev_se@mail.ru;

[2]Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, e-mail: sergey.vshivkov@urfu.ru

В статье приведены результаты изучения водопоглощения, растворимости конструкционных стоматологических полимеров горячего и холодного отверждения: «Фторакс», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», изготовленных в соответствии с инструкцией производителя. Оценить количество вымытых нелетучих веществ из полимера, при использовании дистиллированной воды, можно по изменению плотности раствора и его оптической плотности, измеренной в диапазоне длин волн 220-254 нм. Образцы пластмассы марки «Фторакс», изготовленные с разным содержанием исходных веществ (в допустимых пределах), проанализированы после их взаимодействия с дистиллированной водой, 0,9% раствором хлорида натрия, 0,9% раствором хлорида кальция и модельным раствором слюны. Экспериментальные данные показали, что выделение примесей низкомолекулярных соединений в водную среду зависит от состава среды и соотношения компонентов, которые используются для приготовления конструкционного материала. Выведение примесей из структуры полимера в растворы солей можно оценить по температуре стеклования, которая характеризует термомеханические свойства полимерного материала.

Ключевые слова: пластмассы «Фторакс», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», стеклование, остаточный мономер, термомеханические свойства материалов

ANALYSIS OF METHODS OF EVALUATING OF DENTAL POLYMER MATERIALS

[1]Kostrov Ya.V., [1]Belokonova N.A., [2]Vshivkov S.A., [2]Galyas A.G., [1]Zholudev S.E.

[1]Ural State Medical University, Ekaterinburg, e-mail: yakostrov@yandex.ru, 89221503087@mail.ru, sergey.vshivkov@urfu.ru, zholudev_se@mail.ru;

[2]Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: sergey.vshivkov@urfu.ru

The article presents the results of a study of water absorption and solubility properties of constructional polymers of hot and cold curing: «Ftoraks», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», made in accordance with the manufacturer's instructions. It is possible to estimate the amount of nonvolatile substances washed out of the polymer, when using distilled water, by the solution density and optic density, measured in the wavelength range 220–254 nm. «Ftoraks» plastic samples made with different monomer content (in permissible range), are analyzed after their interaction with distilled water, 0,9% sodium chloride, 0,9% calcium chloride solution and model solution of saliva. Experimental data have shown that the separation of the monomer in the aqueous medium depends upon the medium composition and the ratio of components used for the preparation of the construction material. The separation of monomer from the polymer structure into solutions of salts is possible to evaluate by the glass transition temperature which characterizes thermomechanical properties of the polymer material.

Keywords: plastics «Ftoraks», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», vitrification, residual monomer, the thermomechanical properties of the materials

Важнейшими свойствами материалов для базисов зубных протезов являются водопоглощение и растворимость. Водопоглощение определяет изменение объема конструкции, а растворимость влияет на состояние слизистой оболочки протезного ложа, тканей зубочелюстной системы в целом. У лиц, пользующихся зубными протезами, через несколько лет может возникнуть аллергический стоматит, который является реакцией замедленного типа и носит характер контактного воспаления. Это воспаление специфическое и по клинической картине сходно с химико-токсическим и механическим воспалением. Одним из основных этиологических факторов развития аллергических реакций на акриловый протез является «остаточный мономер», содержащийся в пластмассе и выделяющийся из нее в ротовую жидкость [2–4, 6, 7]. Он воздействует на функциональное состояние органов и полости рта (титр лизоцима, активность нейтрофилов и т.д.), вследствие чего происходит воспаление тканей протезного ложа. Остаточный мономер в результате конъюгации с белками приобретает свойство антигена с последующей сенсибилизацией в организме человека. Основную роль в развитии аллергической реакции на пластмассовые материалы играют сенсибилизированные лимфоциты, которые образуются в ответ на попадание в организм остаточного мономера (аллергена). Остаточный мономер, повторно связываясь с сенсибилизированными лимфоцитами, запускает ряд морфологических изменений, которые приводят к пролиферации и трансформации сенсибилизированных лимфоцитов и образованию лимфокинов. Лимфокины оказывают цитотоксическое действие

на клетки-мишени, приводя к нарушению их физиологических функций с последующим разрушением. Сенсибилизированные лимфоциты фагоцитируют клетки-мишени, что приводит к увеличению проницаемости сосудов. Все это проявляется в виде воспалительных реакций продуктивного типа, которые обычно проходят после элиминации аллергена. Таким образом, растворимость стоматологических полимерных материалов оказывает влияние на общее функциональное состояние организма пациента и его психофизиологический статус.

Технические требования к качеству и методам испытаний полимерных материалов для базисов зубных протезов изложены в ГОСТ Р 31572-2015 [1] и регламентируют определение водопоглощения, растворимости, содержания остаточного мономера метилакрилата. Водопоглощение и растворимость определяют по изменению веса образцов до и после погружения их в воду, а содержание остаточного мономера метилакрилата – хроматографическим методом, после предварительной экстракции образцов в ацетоне или метаноле.

Цель работы – экспериментально исследовать растворимость образцов из базисных стоматологических полимеров горячего и холодного отверждения.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования представлены в табл. 1.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51889-2002 изготовлено по 5 образцов каждого материала в виде дисков диаметром 50 мм, толщиной 0,6 мм, имеющих плоские верхнюю и нижнюю поверхности.

Для оценки растворимости образцов использован весовой метод. Электропроводность водных вытяжек измеряли с помощью кондуктометра «Анион 7020». Спектрофотометрический анализ выполнен на приборе LEKI SS 2109 UV: в водных вытяжках измеряли величину светопропускания (Т) и оптическую плотность (Д) при длинах волн 220–254 нм, в кюветах с длиной оптического пути кюв. 50 мм.

Водные вытяжки были проанализированы через 24 часа после погружения 3 образцов в дистиллированную воду, объемом 100 мл. Суммарное время нахождения образцов в воде составило 168 часов.

Образцы пластмассы марки «Фторакс» изготовлены дополнительно с соотношением компонентов 2:1 – образцы № 1(1); № 1(2); 2:0,9 – образцы № 0,9(1); № 0,9(2); 2:1,1 – образцы № 1,1(1); № 1,1(2). Образцы погружали: в дистиллированную воду, 0,9 % раствор хлорида натрия, 0,9 % раствор хлорида кальция и модельный раствор слюны, состав которого приведен в табл. 2.

Объем каждого раствора, в который погружался образец, составлял 30 мл. Через 24 часа в растворах измерена электропроводность (кондуктометр «Анион 7020») и осмоляльность (осмометр криоскопический медицинский ОСКР-1М), которая характеризует изменение концентрации вещества в водной среде.

Обзорные ИК-спектры НПВО (нарушенного полного внутреннего отражения) образцов записывали на кафедре высокомолекулярных соединений УрФУ с помощью ИК-Фурье Nicolet 6700 спектрометра в области волновых чисел 4000–500 см$^{-1}$. Спектры определяли на отражение света. Термомеханические исследования проводили с помощью прибора TMA 202 Netzsch в диапазоне температур 20–250 °С. Условия измерений приведены в табл. 3.

Термомеханические кривые получены для образцов до и после их взаимодействия с водными средами различного состава. По термомеханическим кривым была определена температура стеклования (Тс). Температура стеклования – это температура, при которой аморфный полимер из высокоэластичного состояния переходит при охлаждении в стеклообразное состояние. Чем выше температура стеклования, тем меньше образец содержит посторонних примесей [5].

Таблица 1

Тип полимеризации материалов,
нормируемые значения водопоглощения и растворимости

№ п/п	Торговая марка	Фирма	Примечание	По ГОСТ Р 51889-2002	
				Растворимость, мкг/мм^3	Водопоглощение, мкг/мм^3
1	Фторакс	СтомаДент, Россия	Тип полимеризации – горячий (1 тип по ГОСТ).	1,6	32
2	Acry-Free	Evolon, Израиль	Термопластический материал (3 тип по ГОСТ)	1,6	32
3	Castdon	Dreve, Германия	Тип полимеризации – холодный (2 тип по ГОСТ)	8	32
4	Nylon	Evolon, Израиль	Термопластический материал (3 тип по ГОСТ)	1,6	32
5	Perflex	Evolon, Израиль	Термопластический материал (3 тип по ГОСТ)	1,6	32

Таблица 2

Состав модельного раствора слюны

Компонент	Формула	Концентрация, г/л
Роданид калия	KSCN	0,5170
Бикарбонат натрия	$NaHCO_3$	1,2530
Хлорид калия	KCl	1,4710
Дигидрофосфат натрия	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	0,1878
Молочная кислота	$C_3H_6O_3$	0,9000
Физико-химические свойства	pH = 6,6 œ = 3,86 мСм/см $B_к$ = 3,18 ммоль/л·$B_о$ = 1,5 ммоль/л	

Таблица 3

Условия определения термомеханических кривых

Параметр	Значение
Режим	Пенетрация
Диаметр индентора	3,94 мм
Диаметр образца	8–9 мм
Толщина образца	1–3 мм
Величина нагрузки	5 сН
Действие нагрузки во времени	Постоянная
Скорость нагрева	2 К/мин
Среда	Азот, 50 мл/мин

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 4 приведена исходная масса образцов, масса образцов после выдержки (168 ч) в воде, а также после высушивания в сушильном шкафу при условиях, которые указаны в ГОСТ Р 31572-2015.

Образцы подвергались сушке 10 раз, суммарное время нахождения образцов в сушильном шкафу составило 50 часов. Это свидетельствует о том, что вода прочно удерживается в структуре и существующий критерий оценки растворимости не позволяет оперативно оценить количество вещества, которое выделяется из материала. Альтернативным методом оценки растворимости материала может быть анализ изменений массы водной среды, с которой взаимодействовали образцы материалов. Взвешивая массу водной системы до и после взаимодействия с образцами, мы рассчитали количество выделившегося вещества и растворимость на единицу объема погруженного материала. Из данных следует, что количество выделившегося вещества в водную систему больше, чем потеря массы после высушивания. Иными словами, существующий критерий оценки растворимости не позволяет адекватно оценивать количество вещества, которое выделяется из материала. Важно обратить внимание на то, что, например, для материала «Фторакс» (образец № 1) растворимость превышает нормируемое значение в 19 раз, а для образца № 3 «Castdon» – в 1,9 раза, если ее оценивать по количеству вещества, выделившегося в водную среду, и не превышает, если оценивать традиционным способом.

В табл. 5 представлены результаты оценки физико-химических свойств водных вытяжек вышеперечисленных образцов. Из данных следует:

– электропроводность (ǽ) растворов увеличивается. Значение электропроводности водных систем определяет наличие в ней электролитов: чем больше величина ǽ, тем больше содержание электролитов;

– величина светопропускания изменяется от 49 до 59 % (оптическая плотность соответственно от 0,31 до 0,24). Наибольшее количество веществ выделилось в образцах № 1 и № 3, что согласуется с данными табл. 4 по количеству выделившегося вещества в водную среду (в мкг/мм^3).

В табл. 6 представлены экспериментальные данные, полученные до и после взаимодействия с дистиллированной водой материала № 1 – «Фторакс». Образцы из этого материала изготовлены с соотношением компонентов 2:1; 2:0,9; 2:1,1. Данный материал получают путем полимеризации привитого сополимера метилметакрилата и фторсодержащего каучука, он представлен двумя компонентами – порошком и жидкостью. Олигомер пластифицируется в ходе внутренней пластификации за счет введения в макромолекулу метилакрилата и наружной – добавлением дибутилфталата до 1 %. Добавки красящих пигментов и двуокиси титана делают порошок непрозрачным и придают ему приятную розовую окраску. Согласно инструкции, материал готовят смешением порошка с жидкостью

в соотношении 2:1, но допускается соотношение 2:0,9–2:1,1, т.е. изменение жидкой составляющей на 10%. Жидкость состоит из смеси трех мономеров: метилметакрилата, этилметакрилата и метилакрилата, взятых в соотношениях соответственно 89; 8 и 2%. Жидкость может содержать ингибитор гидрохинон (0,005%) и пластификатор дибутилфталат (1%).

Таблица 4

Результаты измерений массы, объема, растворимости и водопоглощения образцов

№ п/п	Объем образцов, мм^3	Исходная масса образцов, г	Масса образцов после взаимодействия с водой, г	Водопоглощение, мкг/мм^3	Масса после сушки (50 ч), г	Растворимость, мкг/мм^3	Объем образцов № 1–3, мм^3	Изменение массы водной среды (№ 1–3), мкг	Количество выделившегося вещества, мкг/мм^3
1,1	1809	2,162	2,215	29,298	2,160	1,106	5391	166	30.8
1,2	1847	2,434	2,489	29,778	2,432	1,083			
1,3	1735	2,207	2,259	29,971	2,204	1,729			
1,4	1848	1,931	1,977	24,892	1,929	1,082			
1,5	2714	2,629	2,688	21,739	2,626	1,105			
2,1	2657	3,635	3,699	24,087	3,633	0,753	9065	80	8.8
2,2	2865	3,064	3,120	19,546	3,061	1,047			
2,3	3543	3,637	3,700	17,782	3,634	0,847			
2,4	2714	3,738	3,805	24,687	3,735	1,105			
2,5	3543	4,339	4,407	19,193	4,338	0,282			
3,1	2770	2,957	3,009	18,773	2,955	0,722	7655	116	15,2
3,2	2714	3,163	3,218	20,265	3,161	0,737			
3,3	2171	3,024	3,079	25,334	3,022	0,921			
3,4	2714	3,032	3,083	18,791	3,03	0,737			
3,5	2714	2,884	2,933	18,055	2,881	1,105			
4,1	2624	2,678	2,704	9,909	2,675	1,143	8968	96	10,7
4,2	2624	2,634	2,658	9,146	2,63	1,524			
4,3	3720	3,629	3,653	6,452	3,626	0,806			
4,4	2547	2,536	2,560	9,423	2,534	0,785			
4,5	2624	2,650	2,675	9,527	2,648	0,762			
5,1	2110	2,015	2,048	15,640	2,014	0,474	6620	92	13,9
5,2	2602	2,592	2,628	13,836	2,59	0,769			
5,3	1908	2,431	2,465	17,820	2,43	0,524			
5,4	2714	2,667	2,705	14,001	2,665	0,737			
5,5	2602	2,782	2,818	13,836	2,781	0,384			

Таблица 5

Результаты определения оптической плотности (A_{220}) и величины светопропускания (T_{220}) при λ = 220 нм (через 24 часа)

Показатели	Дистиллированная вода	Водные системы после взаимодействия образцов с дистиллированной водой				
		1	2	3	4	5
A_{220}	0,086	0,312	0,247	0,312	0,309	0,241
T_{220}, %	81,2	48,7	55,6	48,8	49,5	58,7
Электропроводность (ǽ), мкСм/см	3,7	13,4	23,7	8,7	13,7	9,6

Таблица 6

Физико-химические свойства водных вытяжек из образцов, изготовленных при разном соотношении компонентов (Т:Ж): электропроводность (ǽ), оптическая плотность (А), величина светопропускания (Т) при разных длинах волн: 220, 240, 254 нм

Номер образца	Оптическая плотность (А) и величина светопропускания (Т) при разных длинах волн: 220, 240, 254 нм						æ, мкСм/см
	A_{220}	A_{240}	A_{254}	T_{220}, %	T_{240}, %	T_{254}, %	
1(1)	0,218	0,119	0,122	60,5	75,9	75,5	16,4
1(2)	0,205	0,131	0,117	62,4	74,0	76,4	29,4
0,9(1)	0,362	0,260	0,249	43,5	54,9	56,5	19,9
0,9(2)	0,337	0,219	0,220	45,9	60,3	60,2	24,4
1,1(1)	0,318	0,172	0,144	48,1	67,3	71,9	15,9
1,1(2)	0,316	0,178	0,146	48,5	67,2	72,1	27,4
Дист. вода	0,116	0,077	0,099	76,6	83,8	79,5	2,1

Образцы с разным соотношением компонентов погружали в дистиллированную воду на 24 часа. Из экспериментальных данных (табл. 6) следует:

– электропроводимость водных вытяжек, полученных от образцов с одинаковым соотношением компонентов, существенно различается и не просматривается зависимость между значением показателя и соотношением компонентов смесей, при которых были изготовлены образцы;

– наименьшая величина оптической плотности (или наибольшее значение величины светопропускания) водных вытяжек наблюдается у образцов с соотношением компонентов 2:1. Наибольшее значение оптической плотности (или наименьшее значение величины светопропускания) водных вытяжек наблюдается у образцов с соотношением компонентов 2:0,9. Это свидетельствует о том, что из образца, приготовленного при соотношении компонентов 2:0,9, вымывается больше примесей, которые могут быть обнаружены при измерении светопоглощения при длинах волн 220, 240 и 254 нм.

ИК-спектры водных растворов веществ, вымытых из этих образцов с соотношением исходных компонентов 2:0,9, изучены методом ИК-спектроскопии (рис. 1).

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что спектры двух параллелей образца 0,9 качественно совпадают, однако интенсивности полос образца 0,9 (1) в диапазонах 2340–2360 и 2840–2945 см$^{-1}$ (валентные колебания в группах CH_3 и CH_2) больше, в сравнении со спектром образца 0,9 (2). Во всех спектрах идентифицируются полосы, характерные для ИК-спектра воды, что подтверждается сравнением с библиотечными данными.

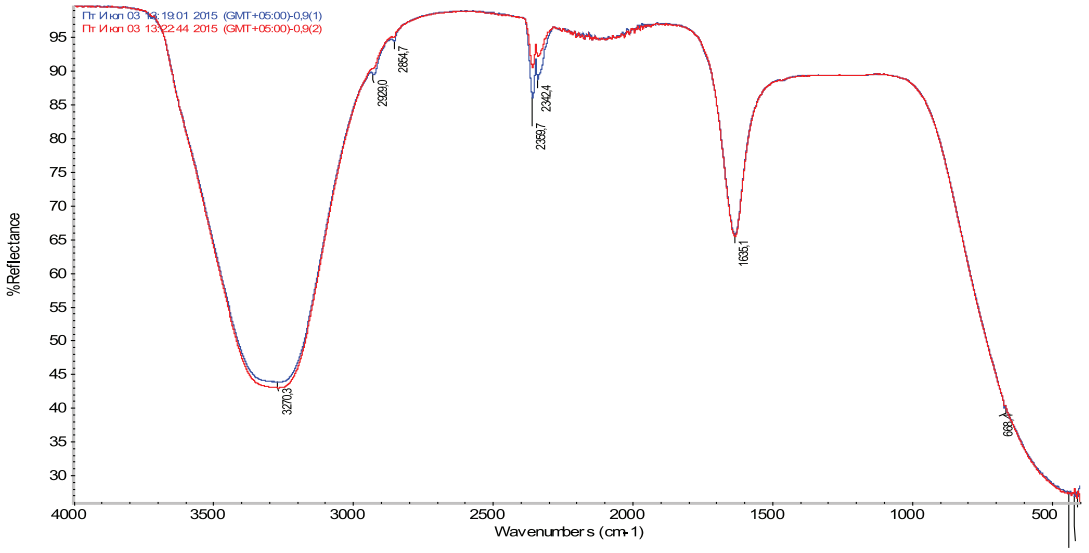


Рис. 1. ИК-спектры водных растворов веществ, вымытых из этих образцов с соотношением исходных компонентов 2:0,9

Интенсивности широкой полосы с максимумом в области валентных колебаний О–Н-связей при 3200–3400 см$^{-1}$ и небольших пиков, характерных для спектров алифатических углеводородов, около 2929 и 2855 см$^{-1}$ (связанных соответственно с асимметричными и симметричными валентными колебаниями С–Н-связей в метиленовых группах) изменяются антибатно в ряду 0,9(1) – 1(1) – 1,1 интенсивность полосы в этом ряду возрастает, а пиков – убывает. Из этого можно предположить уменьшение концентрации органического вещества в растворе.

Из анализа ИК-спектров полимеризованного материала следует, что частоты полос 2989, 2984, 2919 и 2849 см$^{-1}$ отвечают валентным колебаниям групп CH_3 и CH_2, 1780 см$^{-1}$ – колебаниям С=О групп, 1141–1260 см$^{-1}$ и 839, 668, 657 – колебаниям С-F групп. Это согласуется с литературными данными о химическом строении фторакса, который получается сополимеризацией фторсодержащих акриловых мономеров.

Сравнение спектров образцов с библиотечными данными однозначно показывает, что основным компонентом в составе всех образцов является полиметилметакрилат: степень соответствия – более 95 %. В пробах отсутствуют примеси этилметакрилата и метилакрилата, поскольку в спектре образцов не наблюдаются полосы вблизи 3430 см$^{-1}$, при 3105 см$^{-1}$, в интервалах 1640–1580 и 580–690 см$^{-1}$. По тем же причинам можно исключить присутствие дибутилфталата. Принципиальные отличия спектра диоксида титана от спектров пробы и полимера подтверждает отсутствие в образцах TiO_2. Гидрохинон проявляет себя в спектре рядом характеристических полос: с максимумом 3320 см$^{-1}$, полосы 1856, 1606 и 1626 см$^{-1}$, группа полос в интервале 495–625 см$^{-1}$. В исследованных образцах гидрохинона нет, так как не наблюдаются характеристические полосы.

Анализ спектров образцов 0,9(1), 1(2) и 1,1 в совмещенных координатах (рис. 2) позволяет констатировать: интенсивность полос 2849,3 и 2922,9 см$^{-1}$ убывает в ряду 0,9 > 1 > 1,1. Полосы в этом спектральном диапазоне характерны для спектров алифатических углеводородов и отражают колебания связей С–Н в группах CH_3 и CH_2.

На рис. 3 приведены термомеханические кривые образцов пластмассы «Фторакс» с соотношением Т:Ж = 2:1 до и после взаимодействия с дистиллированной водой. Понижение Тс может быть связано с содержанием в твердом веществе низкомолекулярных примесей.

В табл. 7 приведена температура стеклования всех образцов до и после отмывки в разных средах. Из данных следует, что образец, приготовленный с соотношением компонента Т:Ж = 2:1, может быть эффективно отмыт в дистиллированной воде

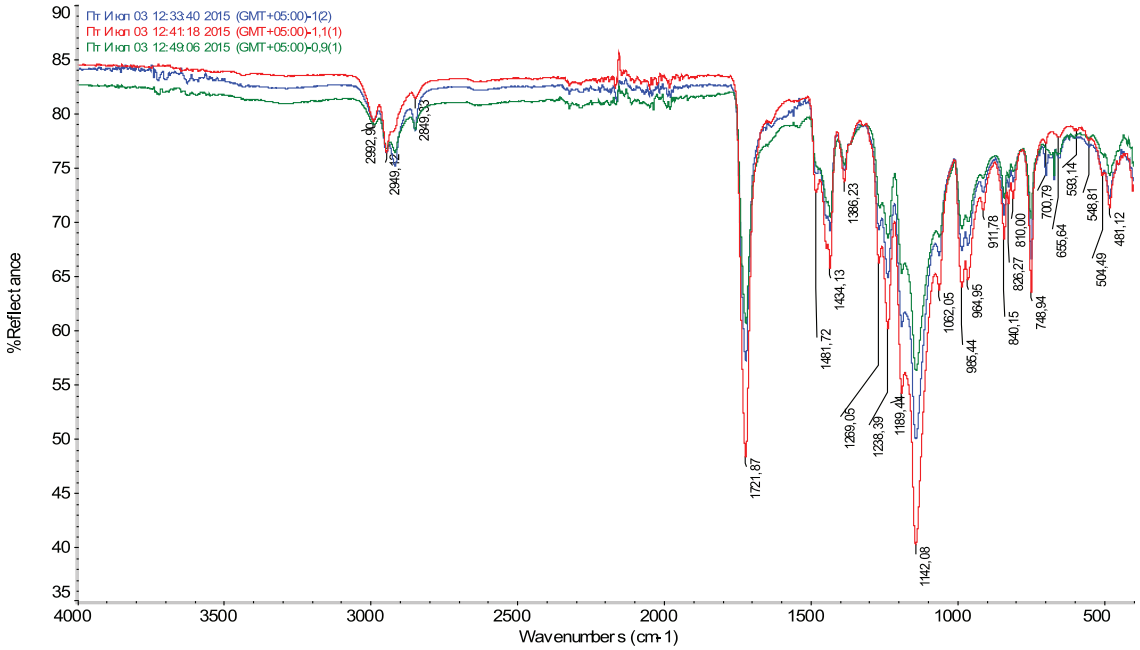


Рис. 2. ИК-спектры образцов 0,9 (1), 1 (2) и 1,1 в совмещённых координатах

и состав отмывочного раствора не влияет на конечный результат. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, с большим содержанием примесей может быть эффективно отмыт в растворе с большой ионной силой – 0,9 раствор хлорида кальция. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:1,1, содержит меньше примесей, чем образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, поэтому может быть эффективно отмыт в растворе с меньшей ионной силой – 0,9 % растворе хлорида натрия.

Из данных следует, что образец, приготовленный с соотношением компонента Т:Ж = 2:1 может быть эффективно отмыт в дистиллированной воде и состав отмывочного раствора не влияет на конечный результат. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, с большим содержанием примесей может быть эффективно отмыт в растворе с большой ионной силой – 0,9 % растворе хлорида кальция. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:1,1, содержит меньше примесей, чем образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, поэтому может быть эффективно отмыт в растворе с меньшей ионной силой – 0,9 % растворе хлорида натрия.

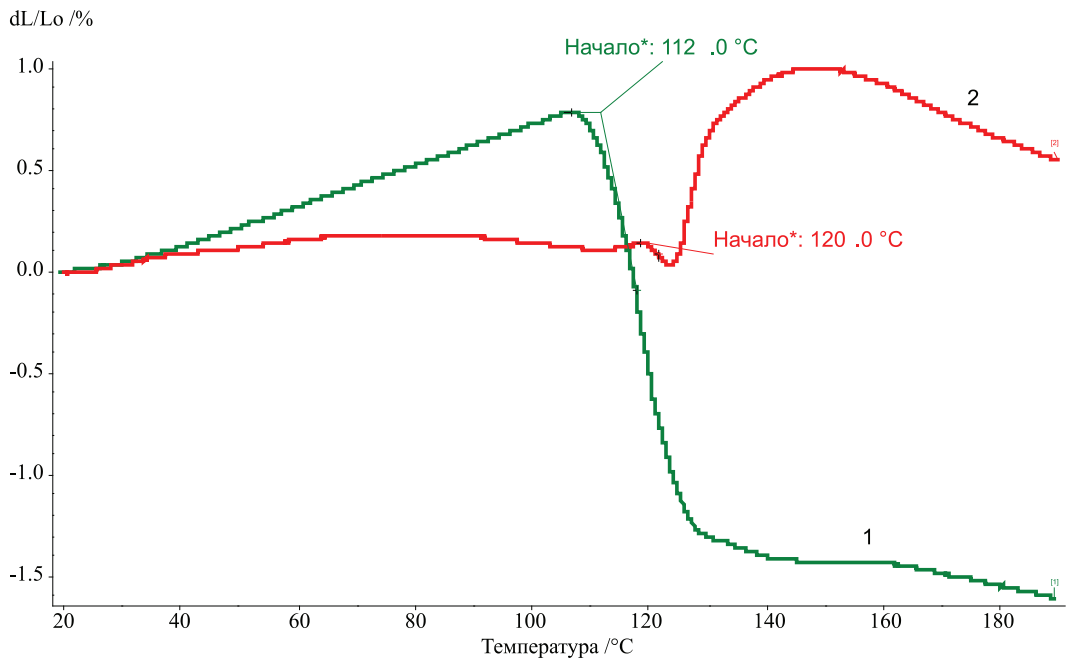


Рис. 3. Термомеханические кривые образцов пластмассы «Фторакс» с соотношением Т:Ж = 2:1 до и после взаимодействия с дистиллированной водой

Таблица 7

Результаты определения температуры стеклования образцов до и после взаимодействия с дистиллированной водой и разными водными системами

Образец Т:Ж	Температура стеклования образцов (Тс), °С (±0,5 °С)				
	до взаимодействия с дистиллированной водой или раствором	Среда, с которой взаимодействовали образцы			
		дистиллированная вода	раствор 0,9 % NaCl	раствор 0,9 % $CaCl_2$	МРС
2:0,9	109	119	118,5	121	119
2:1	112	120	120	120	119
2:1,1	100	101	113	102	103

Таблица 8

Электропроводность, плотность, концентрация вещества в растворе до и после взаимодействия с образцами, изготовленными при разном соотношении компонентов (Т:Ж)

№ п/п	Образец Т:Ж	Состав раствора	æ, мкСм/см	ρ, г/мл	Концентрация веществ, ммоль/кг
1		H_2O	2,1 мкСм/см	0,99678	0
2	2:0,9	H_2O	44,5 мкСм/см	0,9992	0
3	2:1,0	H_2O	9,7 мкСм/см	1,00194	0
4	2:1,1	H_2O	70,2 мкСм/см	1,0035	0
5		МРС-2	3,78 мСм	1,00456	78
6	2:0,9	МРС-2	3,94 мСм	1,0025	77
7	2:1,0	МРС-2	4,0 мСм	0,99972	76
8	2:1,1	МРС-2	3,97 мСм	1,00208	76
9		NaCl	13,0 мСм	1,01126	278
10	2:0,9	NaCl	13,7 мСм	1,00597	286
11	2:1,0	NaCl	13,2 мСм	1,00586	282
12	2:1,1	NaCl	13,3 мСм	1,00474	275
13		$CaCl_2$	15,0 мСм	1,01076	189
14	2:0,9	$CaCl_2$	16,8 мСм	1,00286	197
15	2:1,0	$CaCl_2$	17,2 мСм	1,00686	200
16	2:1,1	$CaCl_2$	17,2 мСм	1,0083	197

Из экспериментальных данных, представленных в табл. 8, видно:

– концентрация вымываемых веществ не может быть измерена методом осмометрии с использованием вышеуказанного прибора в связи с низкой концентрацией веществ в растворе;

– электропроводность МРС после взаимодействия с образцами увеличилась, концентрация электролитов и плотность растворов незначительно снизились;

– концентрация электролитов и электропроводность 0,9% раствора хлорида натрия после взаимодействия с образцами увеличилась незначительно, а плотность растворов снизилась. Это может быть связано с сорбцией веществ из раствора твердым образцом;

– концентрация электролитов и электропроводность 0,9% раствора хлорида кальция после взаимодействия с образцами увеличилась более существенно, чем после взаимодействия с 0,9% раствором хлорида натрия, а плотность растворов также снизилась. Это можно объяснить сорбцией веществ из раствора твердым образцом.

Выводы

1. Выделение низкомолекулярных примесей из базисного материала в водную среду зависит от состава среды и соотношения компонентов, которые используются для его приготовления.

2. Оценить количество вымытых нелетучих веществ из полимера, при использовании в качестве отмывочного раствора дистиллированной воды, можно по изменению плотности раствора или количества выделившегося вещества в водную среду. Для эффективной отмывки образцов в дистиллированной воде в качестве экспресс-критерия контроля целесообразно использовать величину оптической плотности отмывочной воды или величину светопропускания, измеренную в диапазоне длин волн 220–254 нм.

3. Оценить удаление низкомолекулярных примесей из полимера, при использовании растворов солей, можно только по температуре стеклования, которая определяется по результатам анализа термомеханических свойств материала.

Список литературы

1. ГОСТ Р 31572-2015 (ИСО 1567-99) Материалы полимерные для базисов зубных протезов. Технические требования. Методы испытаний. – М.: Госстандарт России, 2002. – 20 с.

2. Жолудев С.Е. Способы улучшения адаптации у лиц с проблемами непереносимости материалов съемных зубных протезов // Маэстро стоматологии. – 2005. – № 19. – С. 22–27.

3. Жолудев С.Е. Особенности протезирования полными съемными протезами и адаптации к ним у лиц пожилого и старческого возраста // Уральский медицинский журнал. – 2012. – № 8. – С. 31–35.

4. Караков К.Г. Методы профилактики непереносимости зубных протезов из акрилатов // Новое в теории и практике стоматологии. Сборник научных работ. – Ставрополь, 2003. – С. 187–189.

5. Тагер А.А.Физикохимия полимеров. – М.: Химия, 1978. – С. 544.

6. Трегубов И.Д., Болдырева Р.И., Михайленко Л.В., Магкелидзе В.В., Трегубов С.И. Применение термопластических материалов в стоматологии: учебное пособие. – М.: Изд-во «Медицинская пресса», 2007. – 140 с.

7. Физико-механические характеристики эластичных материалов для съемных зубных протезов / Б.Н. Корехов, А.Н. Ряховский, И.Я. Поюровская, Т.Ф. Сутугина // Стоматология. – 2009. – № 6. – С. 55–59.

УДК 661.7

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ НА МОЛЕКУЛЯРНУЮ МАССУ ПОЛИВИНИЛИЗОБУТИЛОВОГО ЭФИРА

Меркулов В.В., Алмазов А.И., Мантлер С.Н.

РГП «Карагандинский государственный индустриальный университет», Темиртау, e-mail: smart-61@mail.ru

Виниловые эфиры – потенциальный источник производства разнообразных продуктов и материалов с уникальным набором свойств. Эти свойства привлекают внимание исследователей, работающих в различных областях науки и техники. В связи с этим разработка простых методов их синтеза из потенциальных мономеров является актуальной задачей. В работе проводилось изучение процесса полимеризации винилизобутилового эфира в среде растворителя – бензина «Нефрас-А» в присутствии катализатора хлорида олова (II), а также исследование влияния условий его проведения (в частности, количества используемого катализатора и температуры синтеза) на молекулярную массу получаемого полимера. По результатам её экспериментального определения в разбавленных растворах поливинилизобутилового эфира при нескольких концентрациях с помощью капиллярного вискозиметра Уббелоде максимальная достигнутая молекулярная масса составила 73417 кг/кмоль. На основании экспериментальных данных были установлены оптимальные условия синтеза (количество катализатора $SnCl_2$ 0,025 % мас., температурные пределы 35–70 °С), а также получены опытные партии поливинилизобутилового эфира для дальнейших исследований.

Ключевые слова: виниловые эфиры, молекулярный вес, полимеризация

INFLUENCE OF POLYMERIZATION PROCESS CONDITIONS ON A MOLECULAR WEIGHT OF THE POLY VINYL ISOBUTYL ETHER

Merkulov V.V., Almazov A.I., Mantler S.N.

Karaganda State Industrial University, Temirtau, e-mail: smart-61@mail.ru

Vinyl esters are a potential source for production of a variety of products and materials with a unique set of properties. These properties have attracted the attention of researchers working in different fields of science and technology. In this regard, the development of simple methods of their synthesis from potential monomers is an actual task. The research was carried out to study the process of polymerization vinyl iso-butyl ether in a solvent – gasoline «Nefras-A» in the presence of stannic chloride catalyst (II). There is research of the influence of the process conditions (in particular, the amount of used catalyst and the synthesis temperature) on the molecular weight of the produced polymer. According to the results of its experimental determination in dilute solutions of polyvinyl isobutyl ether at several at several concentrations with using an Ubbelohde capillary viscometer reached the maximum molecular weight was 73417 kg/kmol. Optimal synthesis conditions (quantity of the catalyst SnCl2 is 0,025 % mas., temperature limits are 35–70 °C) were established on the basis of experimental data and also experimental batches poly vinyl isobutyl ether was obtained for further research.

Keywords: vinylesters, molecular weight, polymerization

Виниловые эфиры служат потенциальным источником разнообразных продуктов и материалов с уникальным набором свойств. Они представляют собой ненасыщенные простые и сложные эфиры общих формул $ROCH{=}CH_2$ и $RCOOCH{=}CH_2$ соответственно. Полезные свойства этих соединений привлекают внимание исследователей, работающих в различных областях науки и техники. На основе виниловых эфиров созданы и создаются синтетические волокна и пластмассы, вещества для медицины и сельского хозяйства. Быстро возрастает использование виниловых эфиров в таких важных отраслях, как производство полимеров, лаков, красок и т.д. В связи с этим поиск и разработка простых методов синтеза виниловых эфиров и исследование потенциальных мономеров является актуальной задачей.

Данная работа является частью программы по отработке методов синтеза ВМС на основе винилбутилового эфира (ВБЭ) и винилизобутилового эфира (ВиБЭ). Целью этой программы является создание промышленной технологии синтеза полимеров с заданными свойствами, что в свою очередь приведёт к получению новых видов клеевых и лаковых составов, столь необходимых в промышленности, и позволит частично провести импортозамещение в данном сегменте.

Материалы и методы исследования

В данном исследовании изучался процесс полимеризации винилизобутилового эфира на базе лаборатории «Химическая технология органических веществ» Карагандинского государственного индустриального университета.

Как известно, полимеризация – процесс образования полимеров путем последовательного

присоединения молекул низкомолекулярных веществ (мономеров) к растущему активному центру. В качестве мономеров могут быть использованы соединения, молекулы которых вступают в химическую реакцию не менее чем с двумя другими молекулами (или полифункциональными соединениями). Если у низкомолекулярного вещества имеется только одна функциональная группа, то полимеризация приводит к образованию линейного полимера, а если же в полимеризации участвуют две и более функциональные группы каждой молекулы мономера, то может образоваться сетчатый полимер [3]. При этом преобладающей структурой промышленных полимеров является структура типа «голова к хвосту».

Полимеризацию виниловых эфиров вызывает целый ряд соединений, например йод, концентрированные сильные минеральные кислоты, сернистый ангидрид, некоторые кислые и комплексообразующие соли. Для катионной полимеризации – это обычно апротонные кислоты, относящиеся к группе координационно-ненасыщенных солей металлов, особенно фтористый бор и хлористые цинк, бор, алюминий, кремний, двухлористое и четыреххлористое олово и хлорное железо. При этом катализаторы имеют разную активность [1].

Полимеризацию простых виниловых эфиров можно осуществить в блоке (обычно для низших алифатических простых виниловых эфиров)

$$n\mathrm{CH_2} = \underset{\underset{\mathrm{OC_4H_9}}{|}}{\mathrm{CH}} \rightarrow \left[-\mathrm{CH_2} - \underset{\underset{\mathrm{OC_4H_9}}{|}}{\mathrm{CH}} - \right]_n \qquad \mathrm{CH_2} = \mathrm{CH}(\mathrm{CH_2})_2\mathrm{CH} = \mathrm{CH_2} \rightarrow \left[-\mathrm{CH_2} - \mathrm{CH}(\mathrm{CH_2})_2\mathrm{CH} - \mathrm{CH_2} - \right]_n$$

По числу участвующих в полимеризации мономеров различают гомополимеризацию $nM \rightarrow Mn$ (один мономер) и сополимеризацию $nM_1 + nM_2 \rightarrow (M_1M_2)_n$ (два или более мономеров) [2]. Совместная полимеризация двух или трех мономеров является важнейшим методом синтеза многих полимеров. Таким методом удается получать полимеры с различными свойствами, варьировать эти свойства в желаемом направлении: увеличить или уменьшить эластичность, повысить или понизить температуру размягчения, изменить термостойкость, растворимость и т.д. Таким образом, свойства сополимеров не являются простой суммой свойств полимеров, образуемых каждым мономером в отдельности. В результате совместной полимеризации образуется полимер с новыми свойствами. Кроме того, известны специфические случаи сополимеризации двух веществ, которые в отдельности не способны полимеризоваться, например сополимеризация стильбена и малеинового ангидрида. Возможны также случаи, когда одно из веществ способно полимеризоваться, а другое нет, и может вступать только в реакцию сополимеризации с другим мономером (например, сополимеризация стирола с малеиновым ангидридом).

Полимеризация может быть осуществлена различными способами: в среде мономера (в блоке), в водной среде (эмульсии или суспензии), в газовой и твердой фазах, а также в растворе. Выбор способа полимеризации определяется конкретными требованиями к продукту полимеризации, природой мономера, а также рядом других факторов, влияющих на химическую структуру образующихся макромолекул (используемым катализатором (инициатором), температурой реакции и т.п.). Для получения поливинилизобутилового эфира в промышленных масштабах используется катионная полимеризация, при которой активными центрами являются образующиеся при распаде катализаторов ионы. В связи с этим ионную полимеризацию называют также каталитической полимеризацией.

или в растворе. Второй вариант с технологической точки зрения является более трудным, но более эффективным. Он позволяет вести процесс при низких температурах, дает возможность легко отводить выделяющееся при реакции тепло, что приводит к созданию высокопрочных полимеров со сравнительно высокой однородностью по молекулярному весу. Растворителями в процессе полимеризации служат алифатические, алициклические и ароматические углеводороды, их галогенопроизводные, простые алифатические эфиры, сложные эфиры, диоксан и т.п. Активные растворители (CCl_4, $CHCl_3$ и т.д.), способные участвовать в процессе полимеризации, вызывают преждевременный обрыв цепи. К недостаткам данного метода можно отнести неудобство работы с легколетучими растворителями, необходимость их рекуперации, особые требования предъявляют к растворителю и исходному мономеру (они должны быть абсолютно сухими, чтобы избежать гидролитического разложения), а также трудность удаления остатков растворителя из полимера.

Свойства полимера и степень его полимеризации зависят не только от вида катализатора, но в значительной мере и от способов и условий полимеризации, главным образом от температуры. Растворитель и температуру выбирают в соответствии с тем, какой полимер требуется получить; это же относится и к количеству катализатора.

Экспериментальная часть

Исходя из приведенного выше анализа литературных данных, были выбраны следующие условия для проведения полимеризации винилизобутилового эфира: для инициирования процесса брали хлорид олова (II) в количествах 0,005–0,630 % мас., растворителем служил бензин «Нефрас-А», температуру поддерживали в пределах

20–80 °С. Продуктом являлись низшие полимеры, молекулярный вес которых не превышал 100 000 (для удобства определения их молекулярного веса вискозиметрическим способом).

Процесс полимеризации ВиБЭ осуществлялся в трехгорлой колбе объемом 2 литра. В колбу вносили растворитель бензин «Нефрас-А» в количестве 1280 мл и 128 мг эфира, т.е. процесс вели при объёмном соотношении растворитель : реагент = 10 : 1. Включали перемешивание и доводили температуру реакционной массы до 22–25 °С. В случае использования в качестве растворителя изопентана температуру доводили до 20 °С, а для толуола – до 25 °С. Затем при перемешивании вносили катализатор: на 1 моль мономера брали 0,005 г катализатора, на 2 моля мономера – 0,008 г. Температуру бани поддерживали в пределах 22–25 °С [1].

Максимальное время полимеризации составляло 4–5 часов. Когда процесс полимеризации начинался, то через 5–10 минут должно было наблюдаться повышение температуры. Максимальное ее повышение составляло:

– для изопентана – до 40 °С;
– для бензина «Нефрас-А» – до 45–50 °С;
– для толуола – до 50–55 °С.

Понижение температуры указывало на окончание процесса полимеризации. При этом, если в течение часа температура не поднималась, необходимо было внести дополнительное количество катализатора в том же объеме, какой был взят первоначально.

Для стабилизации процесса полимеризации в реакционную колбу добавляют раствор следующего состава: 1 г антиоксиданта 2246 (агидол-2) на 1 % веса от веса мономера растворяют в 20–30 мл толуола и прибавляют 5 мл 5 %-го спиртового раствора КОН. Все перемешивается и вносится в реакционную массу (количество КОН эквимолярно количеству кислоты в катализаторе).

Затем проводили пароводяную дегазацию. Для этого была собрана необходимая установка. Бензин отгоняли посредством нагрева на водяной бане, а остатки растворителя отгоняли острым паром. После отгонки колбу охлаждают, извлекают из нее полимер и сушат в вакуум-сушильном шкафу [7, 8].

Определение молекулярного веса полученного ВМС

Для исследования реологических свойств относительно невязких жидкостей используют капиллярные вискозиметры. Разработано большое число конструкций капиллярных вискозиметров. Наиболее простым в экспериментальном исполнении является капиллярный вискозиметр Уббелоде [5, 6]. Измерения с его помощью сводятся к определению времени вытекания жидкости через капилляр с известными геометрическими параметрами. При стационарном ламинарном течении жидкости вязкость рассчитывают по получающемуся путем интегрирования уравнения Ньютона уравнению Пуазейля:

$$\frac{V}{\tau} = \frac{\pi \cdot r^4 \Delta P}{8\eta \cdot l},$$

где V – объем жидкости, вытекающей из капилляра радиусом r и длиной l за время τ; ΔP – разность давлений на концах капилляра; η – вязкость (динамическая) жидкости.

При работе с вискозиметром Уббелоде объем вытекающей жидкости ΔP, r и l постоянны. Поэтому при расчетах используют уравнение Пуазейля в более простой форме:

$$\tau = k\eta,$$

где $k = \dfrac{8Vl}{\pi \cdot r^4 \Delta P}$ – константа вискозиметра.

На основе теории вязкости разбавленных лиозолей Эйнштейна установлены формулы вязкости разбавленных растворов полимеров. Наиболее широкое распространение получило соотношение Марка – Куна – Хаувинка, используемое для определения молекулярной массы полимеров [7]:

$$[\eta] = K \cdot M^{\alpha},$$

где $[\eta] = \lim\left(\dfrac{\eta_{уд}}{C}\right)$ – характеристическая вязкость; $\dfrac{\eta_{уд}}{C}$ – приведенная вязкость; K и α – постоянные для данного гомологического ряда и растворителя.

Постоянная α, отражающая форму и плотность клубка макромолекулы, зависит от природы растворителя и гидродинамического взаимодействия в объеме клубка. Значения ее лежат в основном в пределах от 0,5 до 1,0 [4]. Для винилизобутилового эфира используемое в расчетах молекулярной массы получаемых полимеров значение постоянной Марка – Куна – Хаувинка было определено на основе статистической обработки экспериментальных данных и составило 0,67.

Определение молекулярной массы полимера проводили путем определения вязкости его разбавленных растворов при нескольких концентрациях с нахождением предельного значения приведенной вязкости. Последнее удобно делать методом экстраполяции, построив графическую зависимость приведенной вязкости от концентрации полимера, приведенную на рис. 1.

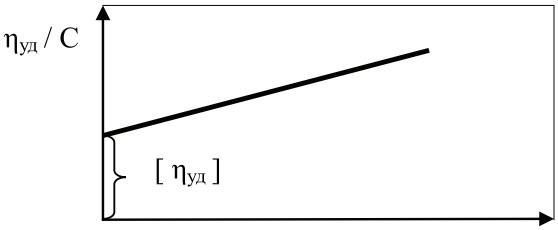


Рис. 1. Графическое определение характеристической вязкости

Молекулярный вес полимера определяли по преобразованному соотношению Марка – Куна – Хаувинка [5, 6]:

$$M = \sqrt[\alpha]{[\eta]/K}.$$

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице приведены данные, полученные в ходе проведения экспериментов по полимеризации винилизобутилового эфира в растворе, где в качестве растворителя применялся бензин «Нефрас-А», а катализатором полимеризации служил хлорид олова $SnCl_2$. Молекулярный вес полученного полимера определялся по описанной выше методике.

На основании этих данных был построен график зависимости молекулярного веса полимера от количества внесенного катализатора, представленный на рис. 2.

Данные по полимеризации винилизобутилового эфира в растворе

№ п/п	Количество катализатора, % мас.	Температура реакции, °C	Вязкость при 25 °C		Молекулярный вес полимера, кг/кмоль	Примечание
			характеристическая, в толуоле, см³/г	кинематическая, в бензоле, сСт		
1	2	3	4	5	6	7
1	0,038	20–80	0,44	–	37791	При выгрузке вели подогрев, высоковязкий
2	0,025	35–70	0,65	1,064	73417	При выгрузке вели подогрев, высоковязкий
3	0,058	30–70	0,42	2,160	34914	
4	0,630	20–23	0,36	3,270	26857	Полимер приобрел вишнёво-сиреневый цвет
5	0,050	30–75	0,50	–	46976	
6	0,005	35–80	0,35	–	25600	Полимер по внешнему виду напоминает ВБ-2

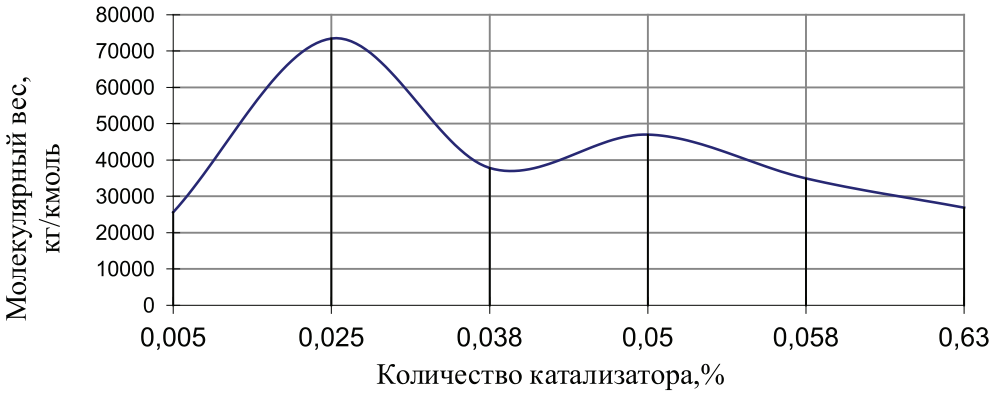


Рис. 2. Зависимость молекулярного веса полимера винилизобутилового эфира от количества используемого катализатора

Как видно из представленных экспериментальных данных, наблюдается определенная зависимость между количеством вносимого катализатора, температурой синтеза и молекулярной массой получаемого полимера. Низкая температура и высокая концентрация катализатора не приводит к получению высокомолекулярного полимера, так же как использование более высоких температур и концентрации катализатора ниже определенного предела. Поэтому условия проведения синтеза, использованные во втором опыте (табл. 1), можно считать оптимальными, поскольку они дают возможность получать полимер, молекулярная масса которого почти в два раза превышает молекулярную массу продуктов, полученных во всех остальных случаях.

Выводы

В ходе экспериментов разработан способ получения новых полимеров на основе виниловых эфиров. Определено влияние условий процесса полимеризации винилизобутилового эфира на молекулярный вес получаемого продукта. Выбраны оптимальные с точки зрения получения полимера с высокой молекулярной массой параметры проведения: количество катализатора (0,025 % мас.) и температура проведения синтеза (в пределах 3570 °С). Получены опытные партии поливинилизобутилового эфира для дальнейшего исследования механических свойств.

Список литературы

1. Гладышев В.П. Полимеризация винильных мономеров. – Алма-Ата, 1963.

2. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: учебник для бакалавров. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 602 с.

3. Коршак В.В. Химия высокомолекулярных соединений. – М-Л., 2000.

4. Краткая химическая энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1965.

5. Лосев И.П., Федотова С.Я. Практикум по химии высокополимерных соединений. – М., 1962.

6. Практикум по химии и физике полимеров. – М., 1977.

7. Трофимов Б.А. Новые данные по полимеризации бутилвинилового эфира под влиянием хлоридов Fe (II) и Fe (III) / Б.А. Трофимов, Л.В. Морозова, Т.Т. Минакова, Р.Д. Якубов и др. // Журнал прикладной химии. – 1976. – Т. 49. – № 4. – С. 902–903.

8. Ускач Я.Л., Зотов С.Б., Попов Ю.В., Кострюкова М.Н. Разработка технологии получения олигомеров поливинилбутилового эфира (винипола) // Известия ВолгГТУ. – 2010. – Вып. № 7. – Т. 2. – С. 36–40.

УДК 541.49+581.142+631.811

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТА КОНДЕНСАЦИИ 4-АМИНО-1,2,4-ТРИАЗОЛА И ФОРМАЛЬДЕГИДА, ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА МЕДИ (II) НА ЕГО ОСНОВЕ И СРАВНЕНИЕ ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Проценко А.Н., Шакирова О.Г.

ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: protsenko.chem@gmail.com

Получен продукт конденсации 4-амино-1,2,4-триазола с формальдегидом общей формулой $C_{15}H_{22}N_{20}O$ (L). На его основе синтезировано новое комплексное соединение с нитратом меди (II) состава $[Cu_3L(H_2O)](NO_3)_6$. Оба соединения идентифицированы методом ИК-спектроскопии. Проведен элементный анализ для обоих соединений. Анализ полученных данных свидетельствует, что реакция конденсации 4-амино-1,2,4-триазола с формальдегидом прошла успешно. Для полученного лиганда и его комплекса меди (II) показана биологическая активность. Для определения биологической активности обоих соединений проведены эксперименты по проращиванию семян огурцов сорта «Мазай». На 4-е и 8-е сутки подсчитывали число проросших семян и измеряли длину корня у каждого проростка. Полученные данные указывают на то, что синтезированное соединение $C_{15}H_{22}N_{20}O$ проявляет ярко выраженные свойства активатора роста растений, а полученное на его основе комплексное соединение меди (II) проявляет свойства ретарданта.

Ключевые слова: 4-амино-1,2,4-триазол, формальдегид, синтез, анализ, ИК-спектроскопия, активатор роста растений, ретардант

STUDY OF CONDENSATION PRODUCT OF 4-AMINO-1,2,4-TRIAZOLE AND FORMALDEHYDE; PREPARATION OF COPPER (II) COMPLEX ON ITS BASE AND COMPARISON OF THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY

Protsenko A.N., Shakirova O.G.

Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: protsenko.chem@gmail.com

Condensation product of 4-amino-1,2,4-triazole with formaldehyde general formula $C_{15}H_{22}N_{20}O$ has been synthesized. The new complex compound with copper nitrate (II) composition of $[Cu_3L(H_2O)](NO_3)_6$ was obtained on its base. Both compounds were identified by IR-spectroscopy. Elemental analysis for both compounds was performed. Analysis of the data shows that the condensation reaction of 4-amino-1,2,4-triazole with formaldehyde was carried out successfully. Biological activity was shown both for the resulting ligand, and its complex copper (II). The experiments on germination of cucumbers seeds «Mazai» were carried out to determine the biological activity of the both compounds. The number of germinated seeds and the root`s length of each sprout were counted on the 4 th and on the 8 t day. These results show that synthesized compound $C_{15}H_{22}N_{20}O$ reveals brightly expressed properties of the plant growth activator. And the complex compound obtained on its base reveals the properties of retardant.

Keywords: 4-amino-1,2,4-triazole, formaldehyde, synthesis, analysis, IR-spectroscopy, plant growth activator, retardant

Азотсодержащие гетероциклические соединения класса 1,2,4-триазола составляют большую группу фунгицидов и активаторов роста растений. Так, например, паклобутразол (4,4,-диметил-2-(1,2,4-триазол-1-ил)-1-(4-хлорфенил)-пентанол-3) используется в сельском хозяйстве в качестве ретардантов роста растений, при этом он проявляет и фунгицидные свойства. Аналогичную бинарную активность проявляют производные 1,2,4-триазола: униказол, диниконазол и баронет [4].

Производители препаратов для борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур, как правило, не учитывают тот факт, что азотсодержащие соединения способны взаимодействовать с ионами металлов, находящихся в почве, с образованием достаточно прочных комплексных соединений. Процессы комплексообразования ионов металлов с азотсодержащими лигандами могут привести либо к увеличению их биологической активности, либо полностью подавить данный процесс. Влияние комплексообразования на процессы роста и развития растений изучено недостаточно. Поэтому синтез нового полиазотсодержащего соединения класса 1,2,4-триазолов, изучение возможностей его комплексообразования с ионами меди (II), а также исследование биологической активности полученных соединений и их влияние на рост и развитие растений является актуальной задачей.

Цель исследования – получить продукт конденсации 4-амино-1,2,4-триазола с формальдегидом и на его основе синтезировать

новое комплексное соединение с нитратом меди (II). Для полученных соединений определить биологическую активность на примере экспериментов по проращиванию семян огурцов сорта «Мазай».

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть

Для синтеза использовали 4-амино-1,2,4-триазол (NH_2trz) (х.ч.), формальдегид CH_2O (17%-ный водный раствор), $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ (х.ч.). Элементный анализ на C, H, N выполнен в аналитической лаборатории ИНХ СО РАН (г. Новосибирск) на приборе EURO EA 3000 фирмы EuroVector (Италия). ИК-спектры поглощения снимали на FTIR-спектрометре IRAffinity-1S (Shimadzu) в области 400–4000 см$^{-1}$. Образцы готовили в виде таблеток в KBr.

Синтез

Синтез органического соединения общей формулой $C_{15}H_{22}N_{20}O$ (**L**) проводили по методике, близкой к [7]. Навеску 4-амино-1,2,4-триазола (0,2522 г; 0,003 моль) растворяли в 7 мл дистиллированной воды и к полученному раствору приливали 0,46 мл (0,003 моль) 17%-го раствора формальдегида. Смесь нагревали при постоянном перемешивании при температуре 60 °C в течение 45 мин. После окончания процесса из образовавшегося раствора отгоняли воду в ротационном испарителе. Полученный бесцветный продукт высушивали на воздухе, а затем в эксикаторе над ангидроном до полного удаления воды.

Найдено (%): C, 36,0; H, 4,9; N, 55,9. $C_{15}H_{22}N_{20}O$. Вычислено (%): C, 36,1; H, 4,5; N, 56,2. ИК-спектр, ν/см$^{-1}$: 3380, 1650 (OH, NH_2); 3108 (C–H); 1504, 650 (NH_2trz); 1198, 1205 (N–NH_2).

Синтез комплексного соединения состава $[Cu_3L(H_2O)](NO_3)_6$ проводили следующим образом. Полученный в синтезе лиганд (0,001 моль) растворяли в 20 мл этилового спирта, образовывавшуюся маслянистую пленку удаляли с помощью фильтра «синяя лента». К раствору лиганда приливали этанольный (15 мл) раствор $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ (0,3622 г; 0,0015 моль) с добавлением одной капли конц. азотной кислоты. Сразу после перемешивания выпадал осадок голубого цвета. Осадок отфильтровывали и промывали несколько раз этиловым спиртом, высушивали на воздухе. Содержание меди определяли трилонометрически после разложения проб в смеси конц. H_2SO_4 и $HClO_4$ (1:1).

Найдено (%): C, 16,2; H, 2,6; N, 34,0; Cu, 17,9. $C_{15}H_{24}Cu_3N_{26}O_{20}$. Вычислено (%): C, 16,7; H, 2,2; N, 33,7; Cu, 17,6. ИК-спектр: ν/см$^{-1}$: 3394, 1650 (OH, NH_2); 3266 (C–H); 1557, 630 (NH_2trz); 1212 (N–NH_2).

Результаты исследования и их обсуждение

Реакция конденсации 4-амино-1,2,4-триазола и формальдегида проведена по схеме:

Полученный продукт является прозрачной гелеобразной массой. Нерастворим в CH_2Cl_2, бензоле, толуоле, гексане; хорошо растворим в воде, этаноле, ацетоне, кислотах, ДМСО. При хранении на воздухе при комнатной температуре сильно гигроскопичен.

Комплекс образуется в результате взаимодействия этанольных растворов нитрата меди (II) и лиганда. Раствор нитрата меди подкисляли азотной кислотой для улучшения растворимости. Осадок комплекса выделяется по схеме 2:

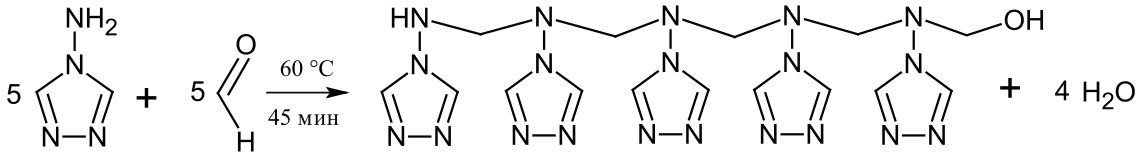
$$3Cu(NO_3)_2 + H_2O + L \rightarrow [Cu_3L(H_2O)](NO_3)_6\downarrow.$$

Комплекс нерастворим в этаноле, изопропаноле, ацетоне, CH_2Cl_2, бензоле, толуоле, гексане; хорошо растворяется в воде, кислотах, ДМСО. При хранении на воздухе при комнатной температуре устойчив в течение длительного времени, не гигроскопичен.

В высокочастотной области ИК-спектров L и комплекса наблюдаются полосы при 3380, 3394 и 1650 см$^{-1}$, которые соответствуют валентным колебаниям связанной OH-группы и координационной воды.

Для вывода о способах координации лиганда наиболее информативным является анализ положения полос поглощения в области 1550–1510 см$^{-1}$. Так, полосы валентно-деформационных колебаний триазольных циклов NH_2trz наблюдаются при 1530–1520 см$^{-1}$, в спектре комплекса они смещены на 20–30 см$^{-1}$ в область высоких частот. Смещение и изменение интенсивности полос поглощения свидетельствует о координации атомов азота азольных циклов к меди [8].

В области 600–700 см$^{-1}$ в спектре NH_2Trz присутствует одна полоса при 654 см^{1}. В спектре комплекса наблюдается одна полоса при 630 см$^{-1}$, что указывает на бидентатно-мостиковую координацию H_2Trz атомами N1,N2 цикла (симметрия C_{2v}) [8]. Вывод о способе координации NH_2trz подтверждает анализ положения полосы экзоциклической связи (N–NH_2) данного лиганда. В спектре NH_2trz наблюдается дублет при 1190, 1205 см$^{-1}$, а в спектре комплекса присутствует одна полоса при 1212 см$^{-1}$. Такое смещение также указывает на бидентатно-мостиковую координацию NH_2trz [3] к ионам меди атомами N1, N2.



Анализ полученных данных свидетельствует, что реакция конденсации 4амино-1,2,4-триазола с формальдегидом прошла успешно. В результате образовалось новое азотсодержащее органическое соединение, которое выступает в качестве лиганда при взаимодействии с нитратом меди (II) с образованием комплекса димерного строения, в котором к каждому иону меди координированы атомы азота соседних триазольных циклов молекулы L, а также атомы кислорода её гидроксильной группы и молекулы воды. При таком способе координации координационное число иона меди (II) равно 4, а координационные полиэдры – искаженные тетраэдры CuN_4 и CuN_2O_2. Полоса колебания $\nu_3(NO_3)$ нитрат-анионов при 1350 $см^{-1}$ в спектре комплекса практически не смещается по сравнению с полосой в спектре нитрата меди, что указывает на внешнесферное положение данных анионов. Наиболее вероятная структура комплекса в виде димера представлена на рис. 1. Структуры и свойства комплексных соединений меди (II) с подобной бидентатномостиковой координацией 1,2,4триазолов описаны в статьях [5, 6, 9, 10].

в дистиллированной воде. На 4-е и 8-е сутки подсчитывали число проросших семян и измеряли длину корня у каждого проростка. На 15-е сутки измеряли длину стебля, корня и площадь поверхности листа взрослого растения.

Эксперимент показал (рис. 2), что прирост длины корня проростков в растворе L относительно контрольного опыта составил 21%, а взрослого растения 20%. Для «Энергена» эти показатели – 8 и 38% соответственно. Раствор комплекса проявляет противоположные свойства – длина корня проростков относительно контрольного ниже на 72%, взрослого растения на 89%. Площадь поверхности листа в опытах с L больше относительно контрольного на 17%, а длина стебля ниже на 36%. Площадь поверхности листа в опытах с комплексом практически не отличается от контрольного, а длина стебля взрослого растения ниже на 72%, такие же показатели наблюдаются в опыте с «Энергеном».

Полученные данные указывают на то, что синтезированное соединение $C_{15}H_{22}N_{20}O$ проявляет ярко выраженные свойства активатора роста растений, а полученное на его основе комплексное соединение меди (II)

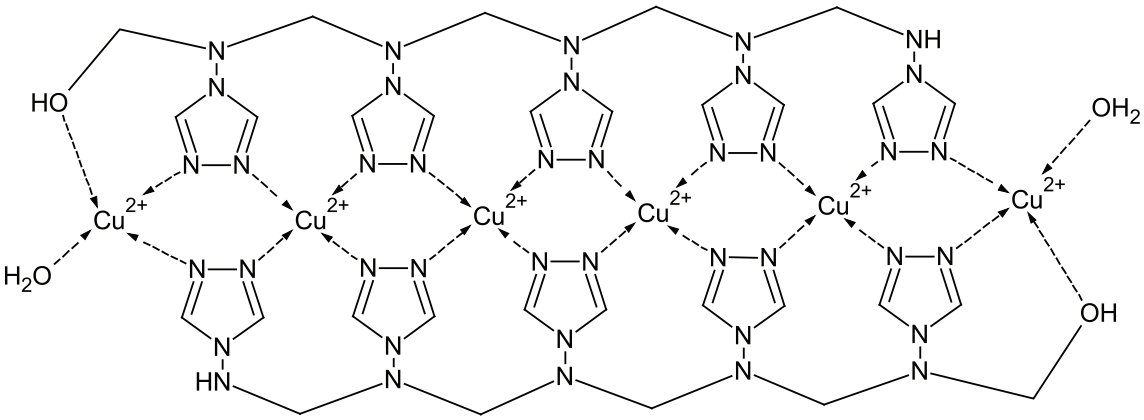


Рис. 1. Модель димера олигомерной структуры катиона $[Cu_3L(H_2O)]^{6+}$

Для определения биологической активности полученного лиганда и его комплекса были проведены эксперименты по проращиванию семян огурцов сорта «Мазай».

Семена огурцов проращивали в 0,025%-ных растворах полученного лиганда, его комплекса, а также в растворе известного активатора роста растений «Энерген» (ЗАО «ТПК Техноэкспорт», Россия) по методикам [2, 1]. В качестве контроля использовали семена огурцов, замоченные

проявляет свойства ретарданта. Значительное утолщение стебля и более темный цвет листьев в опытах с комплексным соединением по сравнению с остальными образцами, подтверждает ретардантные свойства комплекса. Ретарданты, как класс соединений, являются эффективным средством в борьбе против полегания зерновых культур, а также используются для выведения карликовых форм декоративных растений (рис. 3).

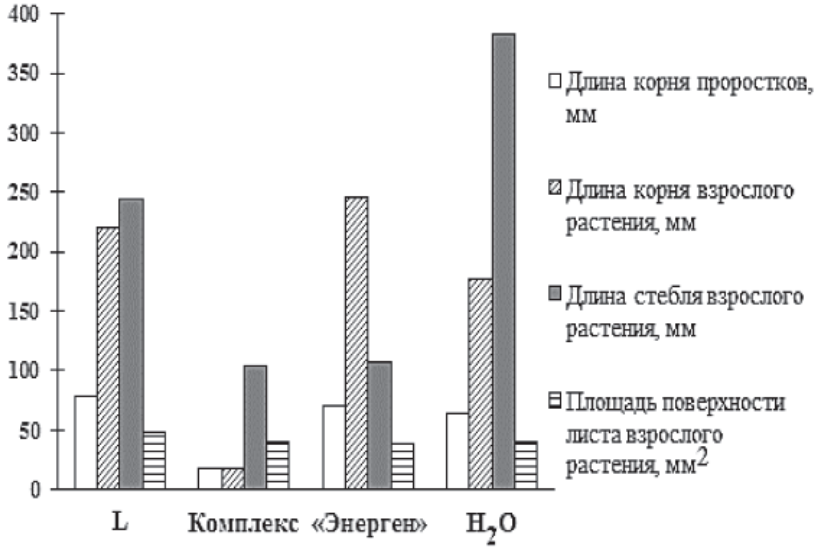


Рис. 2. Ростовые показатели проростков и взрослых растений огурцов сорта «Мазай»

Рис. 3. Нормальная (два слева) и ретардантная (два справа) формы растений

Однократное воздействие L и его комплекса меди (II) на семена растений не привело к снижению урожайности огурцов сорта «Мазай», в обоих случаях наблюдается высокий показатель – не менее 1,5 кг в неделю с куста. Отметим заметное ускорение начала цветения ретардантной формы – на две недели ранее остальных образцов.

Таким образом, в представленной работе показано, что использование в сельском хозяйстве азотсодержащих

соединений в качестве активаторов роста растений может приводить к образованию новых соединений, обладающих ретардантными свойствами. Это может происходить в результате протекания реакций комплексообразования с ионами металлов, активно используемых в сельском хозяйстве и находящихся в почве.

Список литературы

1. Иванова Е.М. Токсическое действие меди и механизм ее детоксикации растениями рапса: дис. ... канд. биол. наук. – М. 2011. – С. 129.

2. Колмыкова Т.С., Лукаткин А.С., Духовскис П., Куликова Н.Н. Эффект препарата силк в условиях комплексного воздействия температурного и водного стрессов на растения томата // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 1. – С. 86–92.

3. Синдицкий В.П., Сокол В.И., Фогельзанг А.Е. Колтельные спектры и строение координационных металлов с 4-амино-1,2,4-триазолом в качестве бидентатного лиганда // Журн. Неорган. Химии. – 1987. – Т. 32. – № 8. – С. 1910.

4. Солдатенков А.Т., Колядина Н.М., Туан А. Ле // Пестициды и регуляторы роста, Бином. – М., 2013. – С. 220.

5. Bessergenev V.G., Berezovskii G.A., Lavrenova L.G., Larionov S.V. // Russ. J. Phys. Chem. – 1997. – № 71. – 5. – С. 714–718.

6. Dîrtu M.M., Neuhausen C., Naik A.D., Rotaru A., Spinu L., Garcia Y. Insights into the Origin of Cooperative Effects in the Spin Transition of [Fe(NH2trz)3](NO3)2: the Role of Supramolecular Interactions Evidenced in the Crystal Structure of [Cu(NH2trz)3](NO3)2·H2O // J. Inorg. Chem. – 2010. – Vol. 49, № 12. – P. 5723–5736.

7. Garcia J.M., Jones G.O., Virwani K. Recyclable, strong thermosets and organogels via paraformaldehyde condensation with diamines // Science. – 2014. – № 344. – P. 732–735.

8. Haasnoot J.G., Vos G., Groeneveld W.L. 1,2,4-triazole complexes of transition metal(II) nitrates and fluoroborates // Z. Naturforsch. – 1977. – № 32. – P. 1421–1430.

9. Haasnoot J.G. Mononuclear, oligonuclear and polynuclear metal coordination compounds with 1,2,4-triazole derivatives as ligands // Coordination Chemistry Reviews. – 2000. – № 200–202. – P. 131–185.

10. Kumasaki M., Miyasaka R., Kiuchi H., Wada Y., Arai M., Tamura M., Kayaku Gakkaishi. The properties of azole-copper complexes // Journal of the Japan Explosives Society. – 2001. –Vol. 62, № 3. – P. 109–116.

УДК 541.64:536.7:532.73

КИНЕТИКА ВЫСВОБОЖДЕНИЯ АНТИБИОТИКА ЛИНКОМИЦИН ИЗ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ БИОПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

[1]Севостьянов М.А., [1]Баикин А.С., [1]Насакина Е.О., [1]Сергиенко К.В., [1]Леонов А.В., [1]Каплан М.А., [1]Конушкин С.В., [2]Хватов А.В., [2]Тертышная Ю.В., [1]Колмаков А.Г.

[1]Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Москва, e-mail: baikinas@mail.ru;

[2]Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, Москва

Разработана технология получения биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида с необходимыми для медицинского применения свойствами. Создана технология включения в полилактидные мембраны антибиотика общего действия – линкомицина. Изучено влияние толщины мембраны и pH окружающего мембраны раствора на кинетику высвобождения антибиотика из мембран. В работе показано, что кинетика высвобождения лекарственного вещества из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида зависит от свойств иммобилизованного в мембране вещества, технологии изготовления мембраны и условий, при которых проводится экстракция. Сделан вывод, что биодеградируемые биополимерные мембраны, используемые в данном исследовании, по техническим параметрам пригодны для изготовления покрытий стентов и протезов с пролонгированным и контролируемым высвобождением лекарственных препаратов в окружающие ткани.

Ключевые слова: антибиотик, биодеградируемые мембраны, полилактид, линкомицин

STUDY OF REGULARITIES OF THE RELEASE OF ANTIBIOTIC LINCOMYCIN FROM POLYLACTIDE BIODEGRADABLE BIOPOLYMER MEMBRANES

[1]Sevostyanov M.A., [1]Baikin A.S., [1]Nasakina E.O., [1]Sergienko K.V., [1]Leonov A.V., [1]Kaplan M.A., [1]Konushkin S.V., [2]Khvatov A.V., [2]Tertyshnaya Yu.V., [1]Kolmakov A.G.

[1]A.A. Baykov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: baikinas@mail.ru;

[2]N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow

The technology of obtaining biodegradable biopolymer membranes on the basis of polylactide with required for medical use properties. Technology developed to be included in polylactide membrane of the antibiotic to act lincomycin. The influence of the thickness of the membrane and the ambient pH of the membrane solution on the kinetics of antibiotic release from membranes. It is shown that the kinetics of release medicinal substances from biodegradable biopolymer membranes on the basis of polylactide depends on the properties of immobilized in the membrane substance, the technology of manufacturing membranes and the conditions under which extraction is carried out. Concluded that the biodegradable polymeric membranes used in this study are suitable for coating of stents and prostheses sustained and controlled release of drugs into the surrounding tissue.

Keywords: antibiotic, biodegradable membranes, polylactic acid, lincomycin

Разработка и изучение систем контролируемой доставки фармацевтических препаратов на основе биодеградируемых полимерных мембран является одним из наиболее перспективных и быстро развивающихся направлений химической технологии [5].

Одной из возможных областей применения данных систем контролируемой доставки является покрытие медицинских изделий типа «стент», служащих для расширения сузившихся полых органов организма человека. Локальное высвобождение лекарственных агентов из биодеградируемых покрытий способно решить целый ряд возникающих послеоперационных осложнений в месте имплантации стентов: образование повторного сужения-рестеноза, возникновение воспалительной реакции, тромбоза и др. Возникновение данных послеоперационных осложнений ведет к необходимости повторного хирургического вмешательства и замене стента, что ведет к дополнительным рискам для пациента. Поэтому в настоящее время идет активное исследование как материалов основы биодеградируемых покрытий, так и возможных для введения в покрытие лекарственных средств.

Основное преимущество систем контролируемой доставки состоит в возможности длительного и стационарного поддержания необходимого уровня фармацевтического препарата в тканях или биологических жидкостях в течение необходимого для терапии времени. Эффективность систем

с контролируемой доставкой фармацевтических препаратов во многом определяется свойствами самих материалов [9]. Они должны быть атравматичными, биосовместимыми, биодеградируемыми, иметь целый ряд необходимых физико-химических и механических свойств. Предполагается, что перспективным материалом для получения систем с контролируемой доставкой фармацевтических препаратов является полилактид.

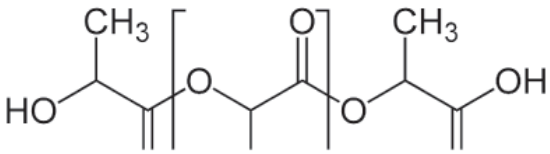


Рис. 1. Химическая формула полилактида

Полилактид алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота (рис. 1). Сегодня существует 2 способа синтеза полилактида:

1) поликонденсация молочной кислоты;
2) полимеризация лактида.

Зачастую в производстве используется комбинация этих способов. С помощью реакции поликонденсации молочной кислоты можно получить только низкомолекулярный полилактид. Данное ограничение связано с тем, что в процессе поликонденсации выделяется вода, которую сложно отвести из реакции и которая приводит к терминации роста полимерной цепи. Такой низкомолекулярный полилактид в дальнейшем деполимеризуют до димера молочной кислоты, лактида. Полученный лактид полимеризуют при высокой температуре до высокомолекулярного полилактида. Он биоразлагаем, биосовместим и термопластичен. Очевидным плюсом является то, что сырьем для производства полилактида служат возобновляемые ресурсы, а именно силосообразующие сельскохозяйственные культуры. Полилактид уже используется в медицине, для изготовления хирургических нитей и обработки штифтов [3, 7, 8, 10]. Нами создан ряд технологических решений получения биодеградируемых полимерных мембран и покрытий на основе полилактида с нужными механическими свойствами, однако принципиальная возможность создания на их основе систем контролируемой доставки фармацевтических препаратов до сих пор не подтверждена. Цель данной работы заключалась в исследовании кинетики высвобождения фармацевтического препарата линкомицина (антибиотик группы линкозамидов) (рис. 2) из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида.

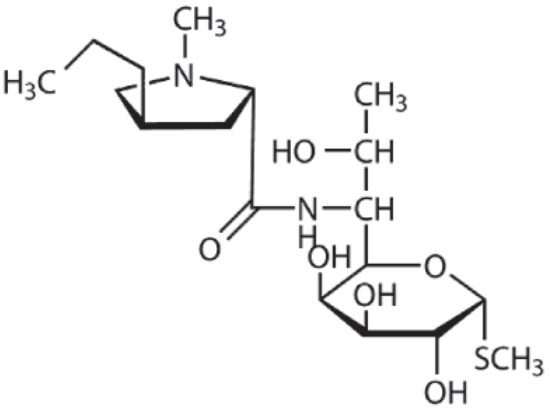


Рис. 2. Химическая формула линкомицина

Принципиальная новизна представленной работы заключается в создании и исследовании различных биодеградируемых полимерных мембран на основе полилактида, обладающих необходимыми механическими свойствами и способных без остатка высвобождать фармацевтический препарат линкомицин во временном интервале от 1 суток до 1 месяца.

Мембраны на основе полилактида получали методом литья раствора полимера с последующим испарением растворителя. Приготовление 3 % растворов полилактида (Nature Work, USA), в 100 % хлороформе (Ирea 2000, Россия) проводили перемешиванием до гомогенного состояния в течение 1 ч при температуре раствора 57 °C. Для депонирования в мембрану лекарственных препаратов в однородный раствор добавляли порошок линкомицин гидрохлорида (Акрихин ХФК, Россия) в массовом соотношении 2 %. Полученный раствор разливали по 6–12 мл в пластиковые формы диаметром 85 мм. После застывания мембраны высушивали при атмосферном давлении и температуре 40 °C. В итоге получаются пластичные мембраны, содержащие линкомицин и имеющие толщину от 200 до 400 мкм. Непосредственно перед экспериментом мембраны помещали в водные растворы для экстракции с разными значениями pH. Изучение кинетики высвобождения линкомицина из мембран на основе полилактида в раствор для экстракции проводили методом дифференциальной спектроскопии в видимой и ультрафиолетовой части спектра. Измерения проводили в кварцевых кюветах с длиной оптического пути 1 см при помощи спектрофотометра

Cary 100 (Varian, Австралия) [2, 4]. Суть метода заключается в сравнении спектральных свойств двух растворов, отличающихся по одному признаку. В нашем случае проводили сравнение раствора, образующегося над полилактидной мембраной с антибиотиком, и раствора над полилактидной мембраной без антибиотика. Данный подход позволяет учесть влияние полилактида, который тоже частично растворяется в водных растворах. Контроль pH растворов проводили с помощью прибора Эксперт-001 (Эконикс, Россия) [1]. Для контроля растворения полилактида использовали сравнение раствора, образующегося над полилактидной мембраной, не содержащей антибиотик, и изначального раствора, в котором проходила экстракция веществ из мембран. Для моментальных количественных оценок высвобождения антибиотика из мембран на основе полилактида было необходимо определить коэффициенты молярного поглощения линкомицина, мы приняли его за 8300 л/моль при 192 нм [9].

Исследовано влияние pH на высвобождение линкомицина из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида. В большинстве исследованных нами случаев скорость высвобождения антибиотиков из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида зависит от значений pH (табл. 1, 2). Хотя есть и свои исключения, например высвобождение линкомицина из фильтра толщиной 400 мкм, созданного на основе полилактида, слабо зависит от pH (табл. 3). В остальных случаях общей является следующая закономерность: чем ниже значение pH, тем быстрее идет высвобождение антибиотика. Так для фильтров толщиной 200 мкм при pH 5,8 и при pH 9,0 динамика выхода линкомицина на начальных участках отличается почти в 2 раза. Для фильтров толщиной 300 мкм при pH 5,8 и при pH 9,0 динамика выхода линкомицина на начальных участках отличается только в 1,5 раза.

Таблица 1

Высвобождение линкомицина из 200 мкм биодеградируемой биополимерной мембраны, созданной на основе полилактида, при разных значениях pH экстрагирующего водного раствора

Время, сутки	Экстракция линкомицина, моль/г сухого фильтра			
	pH 5,8	pH 6,3	pH 7,4	pH 8,5
1	0,0106 ± 0,0006	0,0049 ± 0,0004	0,0047 ± 0,0005	0,0046 ± 0,0004
2	0,0105 ± 0,0006	0,0099 ± 0,0006	0,0100 ± 0,0005	0,0096 ± 0,0007
3	0,0132 ± 0,0008	0,0166 ± 0,0010	0,0157 ± 0,0009	0,0222 ± 0,0013
5	0,0163 ± 0,0011	0,0204 ± 0,0012	0,0257 ± 0,0016	0,0302 ± 0,0019
7	0,0163 ± 0,0010	0,0218 ± 0,0013	0,0298 ± 0,0019	0,0361 ± 0,0023
10	0,0178 ± 0,0011	0,0220 ± 0,0014	0,0320 ± 0,0019	0,0431 ± 0,0027
13	0,0192 ± 0,0012	0,0233 ± 0,0014	0,0330 ± 0,0020	0,0454 ± 0,0023
15	0,0214 ± 0,0014	0,0233 ± 0,0015	0,0363 ± 0,0021	0,0456 ± 0,0030
30	0,0212 ± 0,0013	0,0250 ± 0,0016	0,0363 ± 0,0028	0,0456 ± 0,0027

Таблица 2

Высвобождение линкомицина из 300 мкм биодеградируемой биополимерной мембраны, созданной на основе полилактида, при разных значениях pH экстрагирующего водного раствора

Время, сутки	Экстракция линкомицина, моль/г сухого фильтра			
	pH 5,8	pH 6,3	pH 7,4	pH 8,5
1	0,0058 ± 0,0004	0,0044 ± 0,0006	0,0060 ± 0,0005	0,0061 ± 0,0004
2	0,0107 ± 0,0007	0,0114 ± 0,0007	0,0118 ± 0,0008	0,0121 ± 0,0007
3	0,0145 ± 0,0009	0,0159 ± 0,0011	0,0169 ± 0,0013	0,0277 ± 0,0015
5	0,0243 ± 0,0016	0,0257 ± 0,0016	0,0268 ± 0,0018	0,0325 ± 0,0019
7	0,0274 ± 0,0018	0,0278 ± 0,0019	0,0333 ± 0,0023	0,0395 ± 0,0025
10	0,0300 ± 0,0019	0,0281 ± 0,0017	0,0360 ± 0,0025	0,0431 ± 0,0026
13	0,0303 ± 0,0018	0,0330 ± 0,0022	0,0393 ± 0,0023	0,0451 ± 0,0029
15	0,0305 ± 0,0023	0,0330 ± 0,0020	0,0393 ± 0,0023	0,0455 ± 0,0027
30	0,0316 ± 0,0027	0,0353 ± 0,0025	0,0393 ± 0,0024	0,0476 ± 0,0029

Таблица 3

Высвобождение линкомицина из 400 мкм биодеградируемой биополимерной мембраны, созданной на основе полилактида, при разных значениях pH экстрагирующего водного раствора

Время, сутки	Экстракция линкомицина, моль/г сухого фильтра			
	pH 5,8	pH 6,3	pH 7,4	pH 8,5
1	0,0029 ± 0,0002	0,0035 ± 0,0003	0,0032 ± 0,0002	0,0037 ± 0,0004
2	0,0059 ± 0,0004	0,0064 ± 0,0004	0,0061 ± 0,0004	0,0066 ± 0,0005
3	0,0140 ± 0,0008	0,0154 ± 0,0011	0,0146 ± 0,0008	0,0158 ± 0,0012
5	0,0339 ± 0,0020	0,0403 ± 0,0024	0,0365 ± 0,0018	0,0357 ± 0,0020
7	0,0973 ± 0,0050	0,0974 ± 0,0058	0,0975 ± 0,0036	0,1003 ± 0,0075
10	0,1009 ± 0,0046	0,0988 ± 0,0059	0,0970 ± 0,0039	0,1038 ± 0,0063
13	0,1013 ± 0,0045	0,1009 ± 0,0040	0,0982 ± 0,0032	0,1038 ± 0,0062
15	0,1013 ± 0,0046	0,1027 ± 0,0061	0,0982 ± 0,0044	0,1045 ± 0,0050
30	0,1020 ± 0,0034	0,1027 ± 0,0062	0,0990 ± 0,0048	0,1047 ± 0,0053

Исследовано влияние толщины биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида на высвобождение из них линкомицина. При кислых pH (< 7,0) на первые и вторые сутки экстракции наблюдается следующая закономерность – чем тоньше мембрана, тем быстрее идет высвобождение. Так при pH 5,8 в первые сутки из 200 мкм мембраны в раствор выходит линкомицина около 0,010 М, из 300 мкм – 0,006 М, из 400 мкм – 0,003 М. При более длительных временах экспонирования данная зависимость инвертируется: к 10 суткам из 200 мкм мембраны в раствор выходит линкомицина около 0,01 М, из 300 мкм – 0,03 М, из 400 мкм – 0,10 М. К 30 суткам данное правило сохраняется, из 200 мкм мембраны в раствор выходит линкомицина около 0,02 М, из 300 мкм – 0,03 М, из 400 мкм – 0,10 М.

В целом кинетика выхода линкомицина из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида толщиной 200–300 мкм адекватно описывается экспоненциальным уравнением (Rise to Maximum) типа $y = a\cdot(1 - e^{-bx})$. Нужно отметить, что данный тип уравнения при подгонке имеет корреляцию с реальными результатами не менее $R^2 = 0{,}96$. Например, для формального описания кинетики выхода линкомицина из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида толщиной 300 мкм при pH 5,8 параметр $a = 0{,}0321$, $b = 0{,}2359$, при этом $R^2 = 0{,}98$. Кинетика выхода линкомицина из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида толщиной 400 мкм адекватно описывается двумя уравнениями, последнее из которых является уравнением описывающим максимальное насыщение системы $y = \text{const}$.

Таким образом, в работе показано, что динамика высвобождения фармацевтического препарата линкомицина из биодеградируемых биополимерных мембран на основе полилактида зависит от технологии изготовления мембраны и условий, при которых проводится экстракция. Биодеградируемые биополимерные мембраны, используемые в данном исследовании, по техническим параметрам вполне пригодны для изготовления покрытий стентов и протезов с пролонгированным и контролируемым высвобождением лекарственных препаратов в окружающие ткани [6].

Список литературы

1. Иванов В.Е., Карп О.Э., Попова Н.Р., Черников А.В., Гудков С.В., Брусков В.И. Образование долгоживущих форм белков сыворотки крови под действием тепла // Альманах клинической медицины. – 2014. – Т. 31. – С. 17–20.

2. Bruskov V.I., Karp O.E., Garmash S.A., Shtarkman I.N., Chernikov A.V., Gudkov S.V. Prolongation of oxidative stress by long-lived reactive protein species induced by X-ray radiation and their genotoxic action // Free Radical Research. – 2012. – Vol. 46. – P. 1280–1290.

3. Ezzat W.H., Keller G.S. The use of poly-L-lactic acid filler in facial aesthetics // Facial. Plast. Surg. – 2011. – Vol. 27(6). – P. 503–509.

4. Gudkov S.V., Astashev M.E., Bruskov V.I., Kozlov V.A., Zakharov S.D., Bunkin N.F. Self-oscillating water chemiluminescence modes and reactive oxygen species generation induced by laser irradiation; effect of the exclusion zone created by Nafion // Entropy. – 2014. – Vol.16(11). – P. 6166–6185.

5. Lasprilla A.J., Martinez G.A., Lunelli B.H., Jardini A.L., Filho R.M. Poly-lactic acid synthesis for application in biomedical devices – a review // Biotechnol. Adv. – 2012. – Vol. 30(1). – P. 321–328.

6. Nasakina E.O., Baikin A.S., Sergienko K.V., Sevostyanov M.A., Kolmakov A.G., Goncharenko B.A., Zabolotnyi V.T., Fadeev R.S., Fadeeva I.S., Gudkov S.V., Solntsev K.A. Biocompatibility of nanostructured nitinol with titanium or tantalum surface composite layers formed by magnetron sputtering // Doklady Chemistry. – 2015. – Vol. 461 (1). – P. 86–88.

7. Saffer E.M., Tew G.N., Bhatia S.R. Poly(lactic acid)-poly(ethylene oxide) block copolymers: new directions in self-assembly and biomedical applications // Curr. Med. Chem. – 2011. – Vol. 18(36). – P. 5676–5686.

8. Sapra S., Stewart J.A., Mraud K., Schupp R. A Canadian study of the use of poly-L-lactic acid dermal implant for the treatment of hill and valley acne scarring // Dermatol. Surg. – 2015. – Vol. 41(5). – P. 587–594.

9. Sevost'yanov M.A., Fedotov A.Yu., Nasakina E.O., Teterina A.Yu., Baikin A.S., Sergienko K.V., Kolmakov A.G., Komlev V.S., Ivanov V.E., Karp O.E., Gudkov S.V., Barinov S.M. Kinetics of the release of antibiotics from chitosan-based biodegradable biopolymer membranes // Doklady Chemistry. – Vol. 465 (1). – P. 278–280.

10. Shue L., Yufeng Z., Mony U. Biomaterials for periodontal regeneration: a review of ceramics and polymers // Biomatter. – 2012. – Vol. 2(4).– P. 271–277.

УДК 630*531:630*970.2

ВЛИЯНИЕ ПОЛНОТЫ ДРЕВОСТОЕВ НА ТАКСАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОН ДЕРЕВЬЕВ В РЕКРЕАЦИОННЫХ СОСНЯКАХ

[1]Данчева А.В., [2]Залесов С.В.

[1]Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, e-mail: a.dancheva@mail.ru;

[2]Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, e-mail: kaly88@mail.ru

В работе представлены результаты исследований влияния полноты древостоев на таксационные показатели крон деревьев в сосняках рекреационного назначения Казахского мелкосопочника (на примере Баянаульского государственного национального природного парка (ГНПП)). Объектом исследований являлись среднеполнотные и высокополнотные естественные и искусственные сосновые древостои II и IV классов возраста, произрастающие в сухих (тип леса C_2) и свежих (тип леса C_3) лесорастительных условиях. Установлено, что значение показателя жизненного состояния (ОЖС) исследуемых сосновых древостоев варьирует в пределах 67,0–76,0 %, что дает основание оценивать их как «ослабленные» или биологически неустойчивые. Наибольшим значением ОЖС, равным 75,7 %, характеризуются среднеполнотные древостои. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что средние значения протяженности ($L_{кр}$), диаметра ($D_{кр}$), площади ($S_{кр}$) и объема ($V_{кр}$) кроны деревьев в среднеполнотных древостоях в 1,6–6,4 раза превосходят аналогичные в высокополнотных древостоях. Установлена зависимость диаметра, площади и объема кроны от категорий жизненного состояния деревьев. С улучшением жизненного состояния деревьев отмечается увеличение значения рассматриваемых показателей. Экспериментально доказано, что в среднеполнотных древостоях диаметр ($D_{кр}$), площадь ($S_{кр}$) и объем ($V_{кр}$) крон деревьев превосходят аналогичные показатели в высокополнотных сосняках в 1,5–4,0 раза во всех категориях жизненного состояния. Полученные достоверные различия статистически доказаны. Найдена тесная взаимосвязь диаметра, площади и объема кроны деревьев сосны с показателем жизненного состояния, которая в естественных древостоях аппроксимируется уравнением полинома 2 и 3 степени. В среднеполнотных сосняках отмеченная взаимосвязь диаметра и площади кроны с показателем жизненного состояния носит линейный характер и подтверждается высоким коэффициентом аппроксимации (R^2). В результате проведенных исследований установлено, что на таксационные характеристики кроны деревьев большое влияние оказывает полнота и густота древостоев. Диаметр, площадь и объем кроны деревьев в рекреационных сосняках II и IV классов возраста являются достоверными диагностическими показателями их жизненного состояния.

Ключевые слова: рекреационные сосняки, полнота, показатель жизненного состояния, диаметр, площадь и объем кроны

THE INFLUENCE OF DENSITY ON THE PARAMETERS CROWN OF TREES IN PINE FORESTS OF RECREATIONAL PURPOSE

[1]Dancheva A.V., [2]Zalesov S.V.

[1]Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry, Schuchinsk, e-mail: a.dancheva@mail.ru;

[2]Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, e-mail: kaly88@mail.ru

The data presented of effect of stand density on the taxational characteristic of trees crowns of pine forests of recreational purposes of Kazakh Upland (for example, the Government National Nature Park (GNPP) «Bayanaul». Object of research are medium-density and high-density natural and artificial pine forests II and IV age class, which grow in dry (forest type C_2) and fresh (forest type C_3) forest-growing conditions. The index of vital status (IVS) studied pine stands varies 67,0–76,0 %, which give grounds to rate them as «weakened» or biologically non-sustainable. The greatest value of index of vital status (IVS), equal to 75,7 %, characterized medium-density pine forest stands. It was found that the length (L_{cr}), diameter (D_{cr}), the area (S_{cr}) and volume (V_{cr}) of crowns in medium-density pine forests in the 1,6–6,4 times higher consider the indicators in the high-density stands. These differences are statistically reliable. The dependence of diameter (D_{cr}), the area (S_{cr}) and volume (V_{cr}) of crowns with the category of the vital status of trees. With the improvement of the vital status of trees marked increase in the values of considered indicators. Experimentally proved that the in the medium-density pine forest stands diameter (D_{cr}), area (S_{cr}) and volume (V_{cr}) crown exceed similar indicators in high-density pine forests in 1,5–4,0 times in all categories of vital status. These differences are statistically reliable. It found that the relationship of index of vital status with diameter, area and volume of trees crown in natural pine forests approximated by polynominal function. In artificial pine forests relationship of diameter, area and volume of trees crown with index of vital status approximated by linear function and confirmed by the high coefficient of approximation (R^2). The results of the research showed that the taxational characteristics of crown of trees is greatly influenced by the fullness and density of forest stands. The diameter, area and volume of the crown of pine forest stands of recreational purposes II and IV age class are reliable diagnostic indicators of their vital status.

Keywords: recreational pine forest, density, index of vital status, diameter, area and volume of crown

В процессе роста древостоев конкурентные взаимоотношения между деревьями влияют в первую очередь на размеры кроны, а затем – на размеры стволов [4].

Отсутствие мер содействия формированию мощного ассимиляционного аппарата приводит к формированию у деревьев этиолированных чрезмерно полнодревесных

стволов, небольших крон и крайне недостаточной площади питания [6]. Возможности постоянного наращивания площади питания и массы ассимиляционного аппарата и диаметра средних деревьев в насаждениях всех главных лесообразующих пород можно достичь с помощью своевременных уходов требуемой интенсивности.

Для малолесных стран, к числу которых относится Казахстан, лесные насаждения приобретают важное природоохранное, социальное и хозяйственное значение. Учитывая тот факт, что все леса в РК по целевому назначению являются защитными, первоочередной задачей становится не только сохранение, но и увеличение их биологического потенциала для успешного выполнения лесами их экологических функций. Биологическая продуктивность насаждений напрямую связана с состоянием древесного полога. Поэтому данные о состоянии крон деревьев в древостое имеют важное практическое значение для улучшения строения лесных насаждений по густоте, повышения динамики их роста и продуктивности и, следовательно, устойчивости лесной экосистемы к внешним факторам воздействия.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в сосняках Баянаульского государственного национального природного парка (ГНПП), расположенного в Павлодарской области Республики Казахстан на окраине Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Заложено 5 пробных площадей (ПП) в Баянаульском лесничестве: в естественных сосняках – ПП-4Б (сухой тип лесорастительных условий (тип леса C_2)), ПП-5Б (свежий тип лесорастительных условий (тип леса C_3)); в искусственных сосняках – ПП-1Б и ПП-2Б (тип леса C_3), ПП-3Б (тип леса C_2). Все древостои ПП относятся к зоне туристической и рекреационной деятельности.

Закладка ПП проведена в соответствии с существующими методическими рекомендациями [2]. Для определения лесотаксационных параметров исследуемых сосновых древостоев применялся метод сплошных перечетов, традиционный для исследовательских работ на ПП [3].

Диаметр кроны определялся измерительной рулеткой по проекции кроны на поверхность почвы. Высота до первой живой ветви устанавливалась деревянным складным шестом с соответствующими делениями.

Анализ таксационных характеристик крон исследуемых древостоев на ПП проведен по данным замеров у 143 деревьев.

Определение жизненного состояния древостоя в целом и каждого дерева в отдельности проводилось по методике В.А. Алексеева [1]. При показателе 100–80% жизненное состояние древостоя оценивалось как «здоровое», при 79–50% древостой считается поврежденным (ослабленным), при 49–20% – сильно поврежденным (сильно ослабленным), при 19% и ниже – полностью разрушенным.

Площадь проекции кроны рассчитывалась по формуле

$$S_{кр} = \pi r^2, \quad (1)$$

где $S_{кр}$ – площадь кроны, м^2; π – число пи, равное 3,14; r – радиус кроны, см.

Объем кроны деревьев сосны вычислялся как объем геометрической фигуры, по формуле объема параболоида

$$V_{кр} = \frac{1}{2} S_{кр} \cdot L_{кр}, \quad (2)$$

где $V_{кр}$ – объем кроны, м^3; $S_{кр}$ – площадь кроны, м^2; $L_{кр}$ – протяженность кроны, м.

Данные обработаны статистически с помощью компьютерной программы Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Основные таксационные характеристики исследуемых сосновых древостоев представлены в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика сосновых древостоев в Баянаульском ГНПП

№ п/п	Состав	Тип леса	Возраст, лет	Средние		Густота, шт/га	Полнота	Запас, м^3/га	Класс бонитета
				высота, м	диаметр, см				
Естественные насаждения									
4Б	10С	C_2	69	8,9	12,4	2525	1,1	156,8	V
5Б	10С	C_3	69	10,3	14,9	2128	1,2	207,0	V
Искусственные насаждения									
1Б	10С	C_3	65	11,1	19,3	583	0,6	97,5	IV
2Б	10С	C_3	40	10,6	14,8	2080	1,2	206,9	III
3Б	10С	C_2	33	9,0	12,2	2778	1,1	162,3	III

По данным табл. 1 объекты исследований представлены чистыми по составу одновозрастными сосняками. На момент закладки опытов возраст естественных древостоев составил 69 лет (IV класс возраста). Класс бонитета – V. Искусственные сосняки на ПП-2Б и 3Б относятся к II классу возраста, на ПП-1Б древостои характеризуются IV классом возраста. Класс бонитета искусственных древостоев – III-IV.

Исследуемые древостои относятся к высокополнотным со средним значением полноты 1,2. ПП-1Б заложена в среднеполнотных древостоях, значение полноты – 0,6. Необходимо отметить, что снижение полноты на ПП-1Б произошло по причине самовольной вырубки деревьев в конце 1990 – начале 2000-х годов.

Биологическая устойчивость насаждения определяется способностью сохранять жизнеспособность и структуру в условиях неблагоприятных антропогенных и природных воздействий [5]. В качестве критерия биологической устойчивости исследуемых сосняков нами был использован показатель жизненного состояния [1].

Согласно полученным данным (табл. 2) значение показателя жизненного состояния (ОЖС) исследуемых сосновых древостоев варьирует в пределах 67,0–76,0%, что дает основание оценивать их как «ослабленные» или биологически неустойчивые. Наибольшим значением ОЖС, равным 75,7%, характеризуется среднеполнотный древостой на ПП-1Б.

Необходимо отметить, что деревья сосны на ПП-1Б характеризуются хорошо развитой кроной, особенностью которой является ее ажурность и эстетичность восприятия древостоя в целом. Данный факт весьма важен для данных насаждений, являющихся по своему назначению рекреационными. Визуальная оценка декоративных качеств кроны деревьев сосны в среднеполнотном древостое на ПП-1Б подтверждается полученными в результате проведенных исследований их таксационными характеристиками.

Приведенные в табл. 2 данные значений основных показателей кроны деревьев в исследуемых сосновых древостоях свидетельствуют, что наибольшей протяженностью ($L_{кр}$), диаметром ($D_{кр}$), площадью ($S_{кр}$) и объемом ($V_{кр}$) кроны характеризуются среднеполнотные древостои на ПП-1Б, средние значения рассматриваемых показателей которых в 1,6–6,4 раза превосходят аналогичные в высокополнотных древостоях. При проведении сравнительного анализа необходимо учесть тот факт, что значение показателя густоты произрастания на ПП-1Б составляет 583 шт./га, что в 3,6–4,8 раза меньше, в сравнении с данным показателем на ПП-2Б, 3Б, 4Б, 5Б. Также значительные различия между сравниваемыми ПП отмечаются в среднем диаметре древостоя, значения которого на ПП-1Б в 1,3–1,6 раза превышают аналогичный показатель на других ПП, при этом значительных различий в высоте древостоя не наблюдается.

Различия рассматриваемых показателей ($L_{кр}$, $D_{кр}$, $S_{кр}$, $V_{кр}$) между ПП-1Б и ПП-2Б, 3Б, 4Б, 5Б статистически доказаны ($t_{факт}$ = 3,8–7,1 при $t_{0,05}$ = 2,00).

Следует отметить, что достоверных различий в значениях $L_{кр}$, $D_{кр}$, $S_{кр}$ и $V_{кр}$ в сравниваемых по типам лесорастительных условий в высокополнотных естественных (ПП-4Б и 5Б) и искусственных (ПП-2Б и 3Б) сосновых древостоях не наблюдается, что подтверждается рассчитанным t-критерием Стьюдента ($t_{факт}$ = 0,0–1,7 при $t_{0,05}$ = 2,00).

В результате проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что на такие показатели, как протяженность ($L_{кр}$), диаметр ($D_{кр}$), площадь ($S_{кр}$) и объем ($V_{кр}$) кроны деревьев сосны в исследуемых сосняках, большое влияние оказывает полнота древостоев и густота произрастания.

Таблица 2

Среднестатистические данные таксационных показателей крон деревьев в сосняках Баянаульского ГНПП

№ п/п	Показатель жизненного состояния, %	Протяженность кроны ($L_{кр}$), м	Диаметр кроны ($D_{кр}$), см	Площадь кроны ($S_{кр}$), м^2	Объем кроны ($V_{кр}$), м^3
Естественные древостои					
4Б	69,3 ± 2,2	2,8 ± 0,2	157,4 ± 8,1	2,1 ± 0,2	3,3 ± 0,4
5Б	66,5 ± 2,8	3,4 ± 0,3	155,9 ± 10,2	2,1 ± 0,3	4,6 ± 1,0
Искусственные древостои					
1Б	75,7 ± 3,1	5,6 ± 0,5	274,4 ± 14,3	6,4 ± 0,6	21,0 ± 3,3
2Б	70,0 ± 3,0	2,6 ± 0,3	167,3 ± 11,4	2,5 ± 0,4	4,0 ± 1,0
3Б	73,3 ± 2,9	2,3 ± 0,2	186,3 ± 10,6	3,0 ± 0,3	4,2 ± 0,8

Для более полного анализа влияния густоты и полноты древостоев на параметры кроны нами было проведено распределение значений показателей кроны ($D_{кр}$, $S_{кр}$, $V_{кр}$) деревьев сосны на ПП по категориям жизненного состояния (табл. 3 и 4).

Данные табл. 3 свидетельствуют, что на всех обследованных ПП отмечается зависимость диаметра кроны ($D_{кр}$) от категории жизненного состояния дерева. С улучшением жизненного состояния деревьев отмечается увеличение значений диаметров их крон. Различия средних значений диаметра кроны ($D_{кр}$) достоверны при сравнении всех категорий жизненного состояния на каждой ПП ($t_{факт}$ = 3,1–24,4 при $t_{0,05}$ = 2,06–2,13).

Значения $D_{кр}$ деревьев в среднеполнотных сосновых древостоях на ПП-1Б, во всех рассматриваемых категориях жизненного состояния, превышают данный показатель в высокополнотных сосняках на ПП-2Б, 3Б, 4Б и 5Б в среднем в 1,3–1,6 раза. Полученные существенные различия в значениях диаметра кроны деревьев всех категорий состояния на ПП-1Б и ПП-2Б, 3Б, 4Б, 5Б достоверны и подтверждаются рассчитанным t-критерием Стьюдента ($t_{факт}$ = 3,2–22,6 при $t_{0,05}$ = 2,06–4,30).

Как было отмечено ранее, достоверных различий в значениях показателей кроны деревьев, в высокополнотных естественных (ПП-4Б и 5Б) и искусственных (ПП-2Б и 3Б) сосновых древостоях не наблюдается, поэтому для более точного анализа нами были сгруппированы данные показателей кроны вышеуказанных ПП.

В результате проведенного анализа данных выявлена взаимосвязь диаметра кроны деревьев с показателем жизненного состояния (рис. 1), которая в высокополнотных естественных и искусственных сосновых древостоях аппроксимируется уравнением полинома 2 степени. В среднеполнотных искусственных сосняках взаимосвязь диаметра кроны деревьев с показателем жизненного состояния носит линейную зависимость, которая подтверждается достаточно высоким коэффициентом аппроксимации R^2 = 0,9247.

Таблица 3

Средние значения диаметра кроны ($D_{кр}$) деревьев сосны на ПП по категориям жизненного состояния, см

№ п/п	Здоровые	Ослабленные	Сильно ослабленные
Естественные древостои			
4Б	202,8 ± 4,0	148,0 ± 8,4	80,6 ± 3,0
5Б	217,8 ± 14,8	143,0 ± 9,8	94,0 ± 4,0
Искусственные древостои			
1Б	309,6 ± 14,6	231,8 ± 20,9	148,7 ± 0,3
2Б	234,3 ± 15,3	144,3 ± 8,0	90,9 ± 5,9
3Б	233,5 ± 10,5	158,3 ± 9,8	109,4 ± 5,9

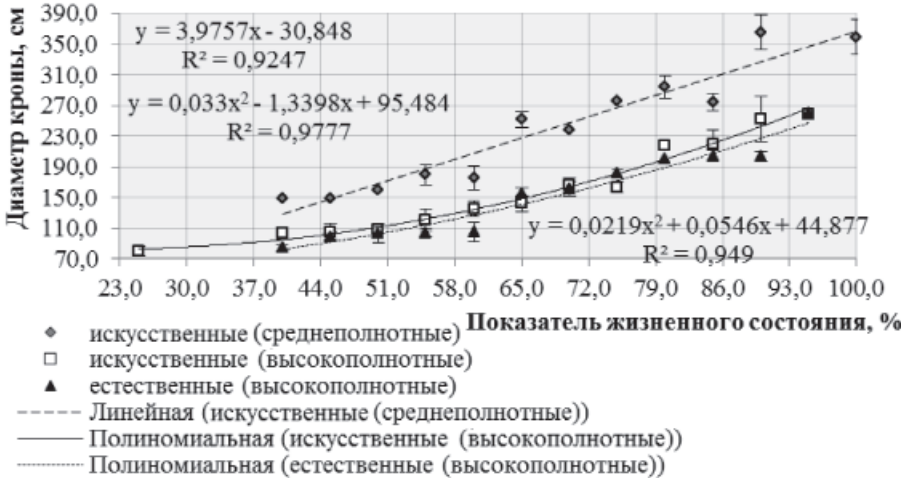


Рис. 1. Взаимосвязь диаметра кроны ($D_{кр}$) с показателем жизненного состояния в сосняках Баянаульского ГНПП

Распределение значений показателей площади ($S_{кр}$) и объема ($V_{кр}$) кроны деревьев сосны на ПП по категориям жизненного состояния, представленное в табл. 4, свидетельствует о существующей зависимости данных показателей от категорий жизненного состояния деревьев. Различия значений диаметра площади ($S_{кр}$) и объема ($V_{кр}$) кроны достоверны при сравнении всех категорий жизненного состояния между собой на каждой ПП ($t_{факт}$ = 3,1–11,4 при $t_{0,05}$ = 2,06–2,13).

Значения $S_{кр}$ и $V_{кр}$ в среднеполнотных сосновых древостоях на ППП-1Б, во всех рассматриваемых категориях жизненного состояния, превышают данный показатель в высокополнотных сосняках на ПП-2Б, 3Б,4Б и 5Б в среднем в 2–4 раза. Полученные существенные различия в значении площади кроны деревьев в каждой из категорий состояния между ПП-1Б и ПП-2Б, 3Б, 4Б, 5Б достоверны и подтверждаются рассчитанным t-критерием Стьюдента ($t_{факт}$ = 3,3–10,0 при $t_{0,05}$ = 2,06–4,30). Достоверные различия в значениях объема кроны статистически доказаны только при сравнении «здоровых» и «ослабленных» деревьев между ПП-1Б и ПП-2Б, 3Б, 4Б, 5Б ($t_{факт}$ = 3,5–5,6 при $t_{0,05}$ = 2,06–4,30).

В результате проведенного анализа данных установлена взаимосвязь площади кроны ($S_{кр}$) деревьев с показателем жизненного состояния (рис. 2), которая в высокополнотных естественных и искусственных сосновых древостоях аппроксимируется уравнением полинома 2 степени. В среднеполнотных искусственных сосняках взаимосвязь диаметра кроны деревьев с показателем жизненного состояния носит линейную зависимость, которая подтверждается достаточно высоким коэффициентом аппроксимации R^2 = 0,9303.

Таблица 4

Показатели площади ($S_{кр}$) и объема кроны ($V_{кр}$) деревьев сосны на ПП по категориям жизненного состояния, м²/м³

№ п/п	Здоровые	Ослабленные	Сильно ослабленные
Естественные древостои			
4Б	3,2 ± 0,1 6,1 ± 0,5	1,8 ± 0,2 2,6 ± 0,4	0,5 ± 0,0 0,4 ± 0,0
5Б	3,8 ± 0,5 11,6 ± 2,8	1,7 ± 0,3 2,8 ± 0,6	0,7 ± 0,1 0,7 ± 0,1
Искусственные древостои			
1Б	7,8 ± 0,7 29,2 ± 4,1	4,5 ± 0,7 9,9 ± 1,9	1,7 ± 0,0 1,2 ± 0,3
2Б	4,5 ± 0,7 9,1 ± 2,1	1,7 ± 0,2 2,1 ± 0,3	0,7 ± 0,1 0,4 ± 0,1
3Б	4,4 ± 0,4 7,3 ± 1,1	2,1 ± 0,2 2,0 ± 0,4	0,9 ± 0,1 0,3 ± 0,1

Примечание. В числителе – площадь кроны; в знаменателе – объем кроны.

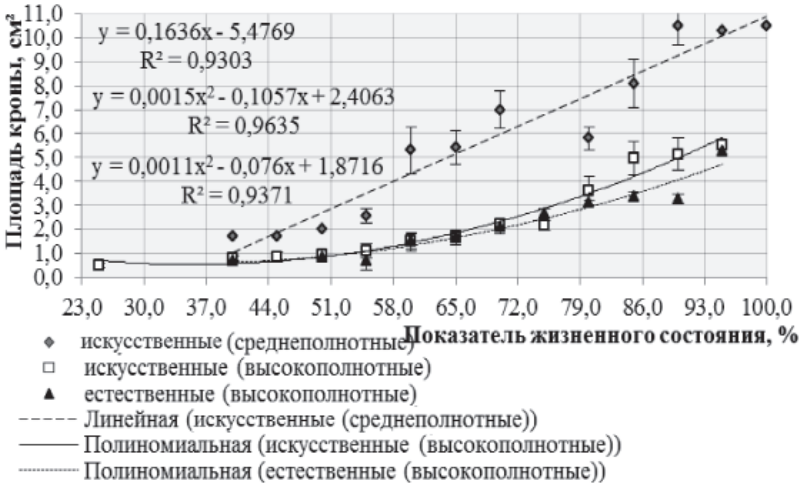


Рис. 2. Взаимосвязь площади кроны ($S_{кр}$) с показателем жизненного состояния в сосняках Баянаульского ГНПП

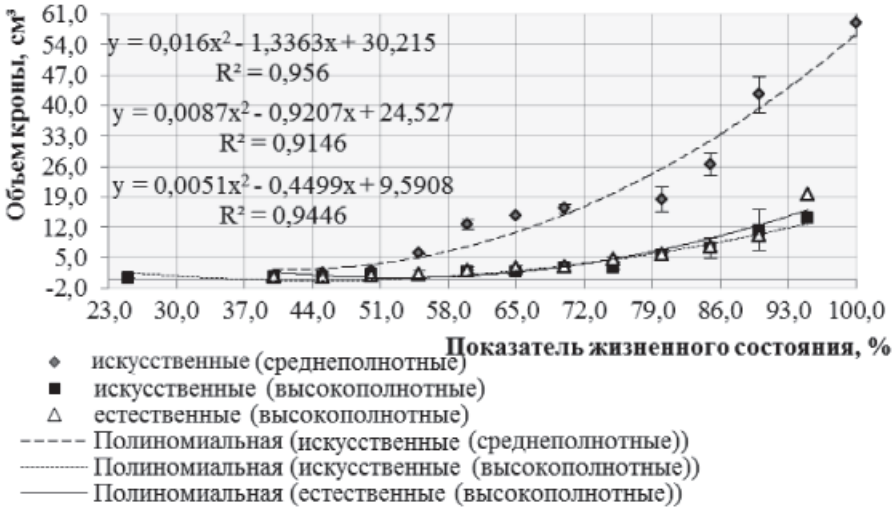


Рис. 3. Взаимосвязь объема кроны ($V_{кр}$) с показателем жизненного состояния в сосняках Баянаульского ГНПП

Выявленная взаимосвязь объема кроны ($V_{кр}$) деревьев с показателем жизненного состояния (рис. 3), в среднеполнотных искусственных и высокополнотных естественных и искусственных сосняках описывается уравнением полинома 2 степени с высокими значениями коэффициента аппроксимации (R^2).

Выводы

1. По значению показателя жизненного состояния (ОЖС) исследуемые сосновые древостои относятся к категории «ослабленные» и оцениваются как биологически неустойчивые. Наибольшим значением ОЖС характеризуется среднеполнотный древостой.

2. На протяженность, диаметр, площадь и объем кроны деревьев сосны в исследуемых сосняках большое влияние оказывают полнота древостоев и густота произрастания. Со снижением последних отмечается увеличение рассматриваемых параметров кроны.

3. Статистически доказана зависимость диаметра, площади и объема кроны от категорий жизненного состояния деревьев. С улучшением жизненного состояния деревьев отмечается увеличение значения диаметра их кроны.

4. Взаимосвязь рассматриваемых показателей крон деревьев в высокополнотных древостоях может быть описана уравнением полиноминальной функции. В среднеполнотных сосняках данная взаимосвязь носит прямолинейный характер и подтверждается высоким коэффициентом аппроксимации.

5. Диаметр, площадь и объем кроны деревьев в рекреационных сосняках II и IV классов возраста являются достоверными диагностическими показателями их жизненного состояния.

6. Одним из эффективных способов снижения полноты древостоев с сохранением санитарно-гигиенических и ландшафтных характеристик насаждений рекреационного назначения являются ландшафтные рубки, актуальность проведения которых в исследуемых сосняках не вызывает сомнения, поскольку применяемые на сегодняшний день сплошные санитарные рубки в сосняках Баянаульского ГНПП не решают задач повышения их биологической и пожарной устойчивости, а также рекреационной привлекательности.

Список литературы

1. Алексеев В.А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 38– 53.

2. Бунькова Н.П., Залесов С.В., Зотеева Е.А., Магасумова А.Г. Основы фитомониторинга: учебное пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 88 с.

3. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения: учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 152 с.

4. Сальникова И.С. Изменчивость линейных размеров крон деревьев в сосновых древостоях Среднего Урала // Леса России и хозяйства в них. – 2014. – № 1(48). – С. 23–25.

5. Турчин Т.Я., Ермолова А.С. Биологическая устойчивость насаждений тополя белого в степном Придонье // Вестник АГАУ. – 2014. – № 8(118). – С. 59–64.

6. Шульга В.Д. Физические принципы биосферного климаксового лесоводства // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. – № 2 (26). – С. 1–5.

УДК (630*161+581.526.427)(282.256.65)

ПАСТБИЩНАЯ ДИГРЕССИЯ ЛЕСОВ И КУСТАРНИКОВЫХ СООБЩЕСТВ ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ

Ефимова А.П.

ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск;
Якутская государственная сельскохозяйственная академия, Якутск, e-mail: aitalina_ef@mail.ru

В статье приводятся результаты лесоводственно-геоботанических исследований постпастбищных нарушений лесной и кустарниковой растительности наиболее заселенной части долины среднего течения р. Лены. Весомость группы синантропных видов в сообществах определена по коэффициенту участия, позволяющему комплексно оценить встречаемость и обилие видов. Исследования показали, что наиболее сильное влияние выпаса испытывают высокопойменные ивовые сообщества из *Salix bebbiana, S. pyrolifolia*, надпойменные ивово-березовые ценозы из *Betula pendula*, а также лиственнично-сосновые, сосново-лиственничные леса из *Larix cajanderi, Pinus sylvestris*. Пасквальная дигрессия лесных и кустарниковых сообществ долины Средней Лены выражается в изменениях флористического состава, перестройке спектра экоценоморф и расстройстве синузиальной структуры. Выделена группа синантропных пасквальных видов, определены их коэффициенты участия в нарушенных фитоценозах. Выделены три основные стадии пасквальной дигрессии, два дигрессивных варианта типов сообществ.

Ключевые слова: пастбищная дигрессия, синантропные, пасквальные виды, коэффициенты участия, долина Средней Лены, Якутия

A PASTORAL DIGRESSION OF THE MIDDLE LENA VALLEY FOREST AND SHRUB COMMUNITIES

Efimova A.P.

The Institute of Biological Problems of Cryolithozone of SD RAS, Yakutsk;
Yakutian Agricultural State Academy, Yakutsk, e-mail: aitalina_ef@mail.ru

Results forestry-geobotanical researches of post-pasturable disturbance of forest and shrubby vegetation of the most populated part of the Middle Lena River valley are given in article. Ponderability of group the synanthropic of species in communities is determined by the participation coefficient allowing estimating in a complex occurrence and abundance of species. Researches have shown that willow and birch communities from Salix bebbiana, S. pyrolifolia, Betula pendula and also the woods from Larix cajanderi, Pinus sylvestris are most strongly influenced of a pasture. A pastoral transformation of wood and shrub communities of the Middle Lena valley is realized in changes of floristic structure, in reorganizations of an ecological-coenotical spectrum and in vertical structures disintegrations. Synanthropic pastoral species groups are revealed, their participation coefficients in broken associations are determined. Three basic stages of a pastoral digression, two regressive variants of community types are allocated.

Keywords: pastoral digression, synanthropic species, participant coefficients, The Middle Lena valley, Yakutia

Человеческая деятельность стала существенным фактором нарушения лесной и кустарниковой растительности долины Средней Лены с XVII века, когда началось развитие землепашества и возведение города Якутска. Сельскохозяйственное освоение и строительство сопровождались масштабной рубкой и раскорчевкой лесов на надпойменных террасах, что привело к резкому снижению лесистости долины. В XX веке долина среднего течения р. Лены стала наиболее плотно населенной территорией Якутии, где сосредоточено свыше 30% населения республики. Развитие города, посёлков, сельскохозяйственного, топливно-энергетического производства и транспортной сети привело к снижению лесистости надпойменной части до критического уровня – 10–15% [5], масштабный характер приобрели опустынивание и заболачивание земель. В 1999 г. острые вопросы сохранения природы долины стали основанием для объявления её территории «горячей точкой» биоразнообразия [6].

Долинный биом Средней Лены, благодаря отепляющему влиянию речного русла и миграции по желобу долины многих видов, богат своеобразными природными комплексами и уникальными таксонами, но характеризуется низкой устойчивостью на всех уровнях системной организации. В долине и прилегающих к ней водоразделах встречается около 35% краснокнижных видов растений Якутии [1] и реликтовые растительные сообщества, подлежащие охране.

Цель исследования. С целью изучения вызванных пастбищным использованием изменений состава и структуры лесов нами проведены лесоводственно-геоботанические исследования лесной и кустарниковой

растительности современной долины среднего течения р. Лены в Покровском (долина Эркэни), Якутском (Туймада) и Намском (Энсели) участках.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на поперечной и продольной трансектах в низкой, средней, высокой поймах и I, II надпойменных террасах левобережья долины. Объектами изучения стали чистые или смешанные ивняки из ив прутовидной (*Salix viminalis* L.), удской (*S. udensis* Trautv. et C.A. Mey), Бэбба (*S. bebbiana* Sarg.), грушанколистной *(S. pyrolifolia* Ledeb.*),* леса из березы повислой (*Betula pendula* Roth), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), лиственницы Каяндера *(Larix cajanderi* Mayr*),* сосны обыкновенной *(Pinus sylvestris* L.*).* Материалами послужили около 200 лесоводственно-геоботанических описаний, выполненных по В.Н. Сукачеву, С.В. Зонну [4], и созданная на их основе база данных в программе IBIS.

Присутствие индикаторных синантропных видов в составе сообществ и их ценотическая весомость являются важными показателями уровня пастбищной нагрузки. Путем табличного анализа описаний синантропные виды нами выделены в группу, объединяющую сопряженные рудеральные, полусорные, пасквальные виды, имеющие высокую константность (постоянство) в одних и тех же сообществах. В состав группы включены: клевер ползучий (*Trifolium repens* L.*),* подорожники большой (*Plantago major* L.*) и* средний (*P. media* L.*),* одуванчик рогоносный (*Taraxacum ceratoforum* (Ledeb.) DC*),* хрен гулявниковый (*Armoracia sisymbrioides* (DC.) Cajand.*),* марь белая *(Chenopodium album* L.*),* дескурения Софии (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl), гречишка вьющаяся (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve). Виды группы имеют близкие значения баллов увлажнения и богатства-засоленности почв по шкале А.Ю. Королюка и др. [7].

Весомость группы синантропных видов в сообществах определена по коэффициенту участия (КУ) [3], позволяющему комплексно оценить встречаемость и обилие видов. При вычислении использован способ С.В. Дегтевой [2], заключающийся в определении встречаемости групп. Счетной единицей принято присутствие в массиве описаний хотя бы одного представителя группы. Для расчета коэффициента использована формула

$$\text{КУ} = \sum \frac{am}{n^2 8}, \qquad (1)$$

где n – число описаний; m – встречаемость группы видов; a – ранг группы. КУ может принимать значения от 0 до 1. Значимыми считались коэффициенты выше 0,3.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время воздействие на экосистемы долины Средней Лены в той или иной степени оказывают следующие виды антропогенных факторов: пастбищный, селитебно-промышленный, транспортный, хозяйственно-животноводческий и земледельческий. Основными факторами риска здесь являются: градостроительство, чрезмерный выпас, сенокошение, нерегулируемая рекреация, карьерные работы, строительство дорог, дноуглубительные и берегоукрепительные работы, замусоривание бытовыми и производственными отходами, сток агропромышленных и коммунально-бытовых объектов, загрязнения с речных судов, утечки горюче-смазочных материалов, также криогенные процессы и явления.

Одним из наиболее выраженных современных факторов антропогенного воздействия на растительные экосистемы долины является пастбищное использование пойменных и надпойменных земель с превышением допустимых нагрузок, нарушением правил пастбищеоборота. Наши исследования показали, что наиболее сильное влияние выпаса крупного рогатого скота и лошадей испытывают высокопойменные бэббаивовые, грушанколистноивовые сообщества, надпойменные ивово-березовые ценозы лесостепного комплекса, а также лиственнично-сосновые, сосново-лиственничные леса, соседствующие с разнообразными лугами.

Важным аспектом изучения пастбищной динамики растительности является выделение стадий дигрессии. Как показали наши исследования, при чрезмерном выпасе и рекреации для этой цели целесообразно использовать значение КУ синантропных видов, равное 0,35 и выше. По итогам анализа описаний нами выявлено, что КУ $\leq$ 0,35 индицирует низкий, фоновый уровень воздействия, 0,35 $\leq$ КУ $\geq$ 0,5 показывает средний, значения выше 0,5 показывают высокий уровень влияния. По комплексным признакам, характеризующим нарушенность сообществ, в том числе значениям КУ синатропных видов, нами дифференцировано три стадии пастбищной дигрессии: I стадия (начальная), II стадия (средняя) и III стадия (конечная).

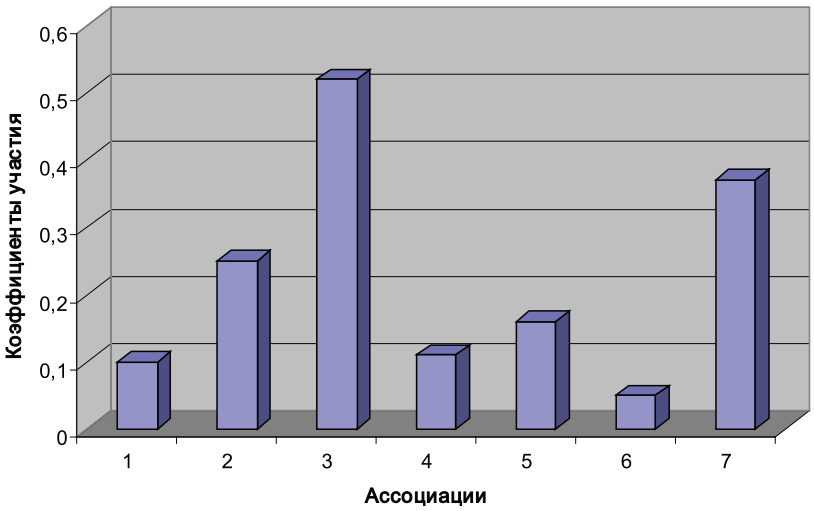
Первая начальная стадия пастбищной дигрессии характеризуется внедрением представителей группы синантропных видов и увеличением их участия, дисбалансом и перестройкой эколого-ценотических групп, состава доминантов, субдоминантов. Как правило, наиболее характерным видом является устойчивый к вытаптыванию вид, служащий индикатором перевыпаса – клевер ползучий.

При средних пастбищных нагрузках (II стадия) в травяном покрове лесов и кустарниковых зарослей чаще преобладают злаки – мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), овсяница якутская (*Festuca jacutica* Drob.)

и облигатные виды-рудералы, отдельные аборигенные виды элиминируются. Вслед за изменениями видового состава расстраивается синузиальное строение. Травяной покров изреживается, кустарниковый ярус полностью деградирует, наблюдается единичный сухостой кустарников или редкие поросли с низкой жизненностью. Сомкнутость и виталитет верхнего яруса снижается, характерны отмирание части крон и сухостой, высокая фаутность. Средняя стадия дигрессии проявляется также в резком снижении жизненности, обилия травянистых видов, в нарушении структуры подлеска и кустарников и верхнего древесно-кустарникового яруса. На участках ивняков, произрастающих в межгривовых депрессиях, наблюдается сильная деформация поверхности почвы вплоть до образования скотобойных кочек. Нарушения ивовых сообществ и березняков слабой и средней степеней могут иметь обратимый характер при условии запрета или резкого ограничения пастбищной эксплуатации.

Третья, конечная стадия характеризуется необратимыми процессами и явлениями – уничтожением верхних слоев почвы, господством в напочвенном покрове пасквальных видов, элиминацией подлеска и расстройством, распадом верхнего яруса. Необратимые изменения в долине Средней Лены приводят к опустыниванию земель, к формированию засоленных пустошей. Прогнозные оценки позволяют сделать предположение, что на последних стадиях должна происходить конвергенция всех ассоциаций лесных сообществ к редкотравным засоленным пустошам с ограниченным количеством видов-индикаторов выпаса и засоления.

Как следует из результатов наших исследований, антропогенные варианты сукцессий и соответствующие варианты типов сообществ обычно дифференцируются, начиная со второй стадии нарушения. Рисунок иллюстрирует динамику значений КУ в различных ассоциациях растительности долины Средней Лены. Наименьший КУ, равный 0,1, имеет низкопойменные лангсдорфовейниковые прутовидноивовые сообщества, ежегодно заливающиеся полыми водами, находящиеся в отдалении от населенных пунктов и лишь изредка посещаемые крупным рогатым скотом. Наибольшие значения КУ показывают сообщества 3 и 7, которые признаны антропогенными вариантами. Сообщества ползучеклеверного варианта бэббаивового грушанково-смешаннокустарникового типа находятся на конечной стадии постпасквального нарушения (КУ – 0,52). Они встречаются на высокой пойме в долине Энсиэли и характеризуются снижением жизненности видов всех ярусов, деградацией или полным уничтожением второго яруса кустарников и господством в травяном покрове клевера ползучего (покрытие – до 50 %).



Изменения коэффициентов участия группы синантропных видов в лесных и кустарниковых сообществах долины Средней Лены. Примечание. Ассоциации: 1 – лангсдорфовейниковый ивняк из ивы прутовидной; 2 – смешаннокустарниковый ивняк из ивы грушанколистной; 3 – грушанково-смешаннокустарниковый ивняк из ивы Бэбба, вариант ползучеклеверный; 4 – разнотравно-смешаннокустарниковый березняк; 5 – грушанково-зеленомошный ельник; 6 – бруснично-зеленомошный лиственничник; 7 – сосняк разнотравно-толокнянковый с лугостепными элементами, вариант якутскоовсяницевый

Также нами выделена одна дигрессивная модификация среди сосновых лесов надпоймы: якутскоовсяницевый вариант разнотравно-толокнянкового типа с лугостепными элементами, КУ синантропных видов – 0,37 (рисунок). Леса этого варианта находятся между второй и третьей стадиями дигрессии.

Антропогенные изменения состава и структуры в хвойных лесах надпоймы долины в целом аналогичны высокопойменным. Наши исследования показали, что в ельниках, лиственничниках и сосняках начальные постпастбищные нарушения проявляются в изменении соотношения лесных, луго-лесных видов и луговых, рудеральных видов. В лесах, находящихся непосредственно близ населенных пунктов, заметно увеличивается альфа-разнообразие за счет рудеральных, пасквальных, галофильных видов, разрастаются устойчивые к вытаптыванию плотнодерновинные злаки и осоки. Так, если среднее количество видов в разнотравно-грушанковых ельниках составляет 27 видов, то в нарушенном ельнике этой же ассоциации этот показатель достигает 39. Обилие боровых кустарничков и типичных лесных регрессирует: обилие брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) падает до 3–4 раз, ортилия однобокая (*Orthilia secunda* (L.) House), арктоус красноплодный (*Arctous alpina* subsp. *erythrocarpa* (Small) V. Ivanov) также угнетаются или исчезают. Далее резко снижается жизненность кустарников, подлесок деградирует. В первую очередь элиминируются гигромезофильные, затем мезофильные виды – *Spiraea salicifolia, Salix pyrolifolia*, *Ribes glabellum*. Более устойчивы ксеромезофильные, мезоксерофильные кустарники – *Rosa acicularis, Spiraea media, Salix bebbiana*. Подрост угнетается, постепенно снижается жизненность древостоя. На чрезмерно выпасаемых участках мохово-лишайниковый покров теряет свою структуру, целостность, некоторые виды лишайников и мхов элиминируются.

Дигрессивные модификации сосняков долины Туймаады представлены производными расстроенными типами паркового характера. Вышеприведенный вариант *Pinetum mixtoherboso-arctostaphylosum substepposum* var. *festucosa jacuticae* характеризуется сравнительной низкосомкнутостью древостоя (0,6). Подрост угнетен, подлесок отсутствует, травяно-кустарничковый покров мозаичен. Видовое богатство значительно – до 40 видов. Толокнянка (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.) и брусника отличаются крайне низким обилием, латки деградированы. Мохово-лишайниковый покров находится в сильной регрессии, покрытие не превышает 5 %. В настоящее время леса этой ассоциации находятся под выраженным антропогенным воздействием (рекреация, выпас) и характеризуются почти полной элиминацией толокнянки, разрастанием устойчивых к выпасу плотнодерновинных злаков и осок.

Выводы

Таким образом, антропогенное влияние сыграло важнейшую роль в формировании лесного и кустарникового покрова долины Средней Лены. Растительность поймы и надпойменных террас в той или иной степени несёт в себе черты дигрессивно-демутационных изменений, обезлесения, заболачивания и локального опустынивания. Антропогенные изменения сообществ выражаются в сдвигах флористического состава в сторону широкого участия и преобладания рудеральных, пасквальных видов, перестройке спектра экоценоморф и в расстройстве синузиальной структуры. Как один из индикаторов антропогенного воздействия выделена группа синантропных видов, определены их значения КУ в лесных и кустарниковых ассоциациях долины Средней Лены. По комплексу главенствующих признаков, в том числе значениям КУ синантропных видов, выделены три стадии постпасквальной дигрессии. Выявлено, что антропогенная трансформация лесной и кустарниковой растительности долины Средней Лены характеризуется двумя антропогенными вариантами ассоциаций, являющихся стадиями регрессивных сукцессий.

Долинные леса относятся к I лесохозяйственной группе и имеют неоценимые водоохранные, мерзлотозащитные, противоэрозионные функции, а также высокое социальное значение. Необходимы мониторинговые исследования с изучением дигрессивно-демутационного ряда в сообществах, подвергнутых чрезмерному выпасу. Для усиления природоохранных функций долинных лесов и кустарниковых зарослей необходимо запретить практику пастбищного использования земель без соблюдения правил пастбищеоборота. Сообщества III стадии дигрессии могут быть восстановлены лишь искусственным

путем, I–II стадий – поверхностным улучшением земель и содействием естественному возобновлению.

Работа выполнена в рамках темы ФГБУН «ИБПК СО РАН» № 52.2.8 «Лесные экосистемы криолитозоны Якутии в условиях глобального изменения климата и антропогенного воздействия: состав, структура, продуктивность, прогноз динамики».

Список литературы

1. Борисов Б.З., Борисова С.З., Захарова В.И., Борисов З.З. Проблема охраны редких и исчезающих видов флор сосудистых растений долины реки Лены // Флора и растительность Якутии: сб. науч. ст. – М., 1999. – С. 69 –77.

2. Дегтева С.В. Классификация березняков подзон южной и средней тайги Республики Коми. I. Березняки травянистые (Betuleta herbosa) // Растительность России. – 2001б. – № 2. – С. 3–37.

3. Ипатов В.С. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. – СПб., 1998. – 93 с.

4. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР. 1961. – 144 с.

5. Тимофеев П.А., Шурдук И.Ф. Состояние о вопросы охраны лесов долины Туймаады // Проблемы экологии Якутии. Биогеографические исследования. – Якутск: ЯГУ, 1996. – С. 101–105.

6. Шурдук И.Ф., Попов В.Ф. Долина Туймаада // Приоритетные территории Российского Дальнего Востока для сохранения биоразнообразия: экологические горячие точки (обзор). – Владивосток, 1999. – С. 181–182.

7. Экологическая оценка флоры и растительности Центральной Якутии / А.Ю. Королюк, Е.И. Троева, М.М. Черосов, В.И. Захарова, П.А. Гоголева, С.И. Миронова. – Якутск, 2005. – 108 с.

УДК 630*21

СТРУКТУРА И СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТА БЕРЕЗЫ ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЕВ

Новикова М.А., Грязькин А.В., Новиков Я.А., Любимова А.С., Сырников И.А.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, e-mail: masch-novikova@yandex.ru

Объектами исследования послужили 27 лесных участков в различных лесорастительных условиях Тверской и Ленинградской областей. На некоторых из них проведена выборочная санитарная рубка. Цель работы – оценка успешности естественного возобновления березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и березы повислой или бородавчатой (*Betula pendula* Roth.) под пологом древостоев в зависимости от типа леса, состава древостоев и других таксационных характеристик. Для учета подроста и растительности нижних ярусов закладывались круговые учетные площадки с постоянным радиусом 178,5 см. При этом учитывалось состояние подроста, его количество, состав, встречаемость и структура по высоте. На круговых площадках учитывали также подлесок (состав, количество и структуру по высоте) и живой напочвенный покров (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость по видам). Установлено, что состав и численность подроста зависят главным образом от типа леса и состава древостоя. На объектах, как в Тверской области, так и в Ленинградской области, наибольшее количество подроста березы наблюдается в условиях черничного типа леса. В первом случае это сосняк черничник влажный и березняк черничник, а во втором – ельник черничник. Под пологом древостоев численность подроста березы пушистой колеблется от 0,3 до 3,0 тыс./га, а подроста березы повислой – от 0,1 до 1,5 тыс./га. Основная часть подроста березы относится к жизнеспособному (10–100 %), доля сухого подроста не превышает 3–50 %. В условиях березняка травяно-таволгового, доля жизнеспособного подроста выше, а доля сухого меньше, чем в условиях кисличного типа леса.

Ключевые слова: таежная зона, древостой, береза пушистая, береза повислая, подрост, подлесок, живой напочвенный покров

THE STRUCTURE AND STATUS OF UNDERGROWTH OF BIRCH UNDER THE CANOPY OF FOREST STANDS

Novikova M.A., Gryazkin A.V., Novikov Ya.A., Lyubimova A.S., Syrnikov I.A.

Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, e-mail: masch-novikova@yandex.ru

The objects of this study are 27 forest areas in different forest conditions in the Tver and Leningrad regions. Some of them were carried out selective sanitary cuttings. The aim of the research is assessment of the success of natural regeneration of birch (Betula pubescens Ehrh. and Betula pendula Roth.) under the stand canopy, depending on forest type, composition of forest stands and other forest characteristics. For the account of the undergrowth and vegetation of the lower tier account laid circular pad with constant radius 178,5 cm taking into account the state of the undergrowth, quantity, composition, occurrence and structure height. On a circular site also considered in the undergrowth (composition, quantity and structure height) and living ground cover (species composition, projective cover and occurrence of species). It is established that the composition and abundance of undergrowth depend largely on forest type and composition of the forest. On objects, as in Tver oblast and Leningrad region, the greatest number of saplings of birch is observed in conditions of myrtillus-type forest. In the first case it is the pine forest of the wet blueberry bushes and blueberry bushes of the birch, and the second a thicket of blueberry bushes. Under the canopy of forest stands the number of birch undergrowth ranges from 0,3 thousand/ha to 3,0 thousand/ha, and of saplings of silver birch – 0,1 thous/ha to 1,5 thousand/ha. The main part of the undergrowth of birch relates to viable (10–100 %), the proportion of dry undergrowth does not exceed 3–50 %. In terms of the birch-herb-Tamagawa, the proportion of viable undergrowth is higher, and the proportion of dry less than in conditions of Oxalis forest type.

Keywords: taiga forests, tree stand, white birch, silver birch, undergrowth, underbrush, the living ground cover

По мнению многих исследователей, береза относится к почвоулучшающим породам [1]. Продуктивность березовых древостоев не уступает еловым, а во многих случаях даже превосходит их. К тому же оборот рубки в березовых лесах в два раза меньше, чем в хвойных [1]. Еще 10–15 лет назад лесопотребляющие производства страны использовали в основном хвойную древесину, в которой тогда уже ощущался большой недостаток. Древесина лиственных пород использовалась в ограниченных объемах, но зарубежный опыт и передовой опыт в нашей стране показывает, что такая древесина может использоваться во многих производствах и во многих случаях может заменить хвойную древесину. Важнейшим направлением использования лиственной древесины является целлюлозно-бумажное производство. По мнению Н.П. Чупрова (2008), в последнее десятилетие в нашей стране удельный вес использования лиственной древесины увеличился до 50 %. Развитие подроста под пологом материнского древостоя очень сильно заторможено, по сравнению с развитием сеянцев на открытом месте. Степень угнетения подроста стоит в прямой связи со степенью

сомкнутости крон верхнего яруса, а следовательно, со степенью затенения. Взрослые материнские деревья значительно иссушают почву и тем самым подавляют развитие подроста. Состояние естественного лесовозобновления под пологом леса и формирование производственных лесов в северной, средней и южной подзонах тайги является объектом пристального внимания со стороны лесоводов и многих ученых [3].

Материалы и методы исследования

Цель работы – оценка успешности естественного возобновления березы под пологом древостоев в зависимости от типа леса, полноты и состава древостоя.

Для исследования были отобраны 27 выделов в различных лесорастительных условиях Тверской и Ленинградской областей. В табл. 1 представлены основные характеристики объектов исследования.

Полевые и камеральные работы проводились по известной методике [3, 4]. Учет и глазомерно-измерительная оценка естественного возобновления проводились по ходовым линиям, которые равномерно размещались на лесном участке. Для учета подроста и растительности нижних ярусов закладывались круговые учетные площадки с постоянным радиусом 178,5 см. При этом учитывалось состояние подроста, его количество, состав, встречаемость и структура по высоте. На круговых площадках учитывали также подлесок (состав, количество и структуру по высоте) и живой напочвенный покров (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость по видам).

Сомкнутость полога измеряли кронометром КБ-2, а освещенность – люксметром новейшей модели «ТКА-Люкс».

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 представлены материалы по учету подроста под пологом материнского древостоя в различных условиях места произрастания на территории двух субъектов РФ.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

№ п/п	Состав древостоя	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Относит полнота	Возраст	Тип леса/ ТУМ	Запас
Тверская область							
1	7С2Б1Е + С	24	26	0,6	75	Счв	380
2	8С2Б + Ос	28	32	0,7	85	Счв	230
3	5С3Е2Б + Ос	27	32	0,5	85	Ечв	182
4	5Б3Е2С	23	20	0,7	70	Бтт	213
5	9С1Е + Б	26	28	0,5	75	Счв	111
6	9Б1Еед. С	20	18	0,7	60	Бтт/$С_4$	44
7	3С3Е3Ос1Б	24	26	0,7	75	Счер	160
8	10С + Б	20	30	0,7	80	Счер	360
9	9С1Б + Е	23	28	0,7	85	Счер	278
10	10С + Б	24	26	0,6	80	Счер	390
11	6Б4Е + Ос	29	30	0,6	85	Бкис	300
12	6Б2С1Ос1Е + Олс	27	24	0,8	60	Бтт	
13	7Б2Ос1Е	30	30	0,8	65	Бкис	
14	5Б3Е2Ос	20	19	0,7	60	Бтт	
15	8Б2Е + Ос + Яс ед. Вяз	25	29	0,8	75	Бкис	
16	6Б1Ос3С	30	26	0,7	80	Бчер	
17	10С	25	21	0,7	75	Счер	
18	7Б3С + Е + Ос	30	26	0,6	80	Бчер	
Ленинградская область							
19	10Е + Сед. Б	23	22	0,7	85	Ечв/$В_3$	110
20	6Е1С2Б1Ос	22	22	0,7	95	Ечв/$В_3$	124
21	4Е2С3Б1Ос	20	22	0,8	75	Екис/$С_2$	113
22	8Е1Б1Ос + С	24	32	0,4	80	Ечс/$В_2$	113
23	7Б1Е2С	24	28	0,7	65	Бчер/$В_2$	160
24	7Б2С1Е	24	22	0,8	70	Бчер/$В_2$	96
25	4Е3С2Б1Ос	23	22	0,8	85	Екис/$С_3$	103
26	4Е3Е1С1Б1Ос	26	30	0,7	80	Ечер/$В_2$	113
27	7Б2С1Е	21	22	0,6	60	Бчер/$В_2$	150

Таблица 2

Состав, численность и структура подроста по высоте под пологом древостоев

Номер объ-екта	Состав		Численность подроста, экз./га		Структура подроста березы по высоте, %		
	древостоя	подроста	общая	березы	крупн.	средн.	мелк.
1	7С2Б1Е + С	5Е3Бп2Ос	2666	700	46	39	15
2	8С2Б + Ос	8Е1Бп1Ос	1799	133	25	50	25
3	5С3Е2Б + Ос	6Бп4Е	1534	967	48	37	15
4	5Б3Е2С	5Е5Бп + Д	1866	833	35	43	22
5	9С1Е + Б	2Бп6Бб1С1Е + Ос	13533	2433	10	47	43
				8567	5	74	21
6	9Б1Еед. С	9ЕБп + Ос	2466	333	20	80	
7	3С3Е3Ос1Б	8Е2Ос + С	3266	–	–	–	–
8	10С + Б	3Е6Бп1С + Ос	1100	700	43	48	9
9	9С1Б + Е	8Бп1Е1С + Бб	4652	3870	66	19	15
				174	-	50	50
10	10С + Б	9Бп1С	2400	2267	34	42	24
11	6Б4Е + Ос	9Е1Бп	1000	133	50	50	
12	6Б2С1Ос1Е + Олс	7Ос3Е	233	–	0	0	0
13	7Б2Ос1Е	9Ос1Бп	1633	100	33	33	33
14	5Б3Е2Ос	5Бп3Ос2Е + С	2000	1100	67	15	18
15	8Б2Е + Ос + Яс ед. Вяз	9Ос1Кл + Е + Бп	2633	33	–	100	–
16	6Б1Ос3С	10Бп + С + Е	2267	2267	53	30	17
17	10С	5Бп3Ос1С1Е	3127	1600	32	36	32
18	7Б3С + Е + Ос	10Бп + С + Е	2367	2200	49	31	20
19	10Е + Сед. Б	8Е1Бп1Ос + Бб	6000	833	20	44	36
				67	100	–	–
20	6Е1С2Б1Ос	6Е3Бп1Ос + Бб	5667	1500	11	28	61
				42	–	–	100
21	4Е2С3Б1Ос	9Е1С + Бп + Ос	9220	300	–	–	100
22	8Е1Б1Ос + С	8Е1Бп + С + Д	6899	766	4	4	82
23	7Б1Е2С	10Е + Бп + Лп	2952	20	–	–	100
24	7Б2С1Е	8Е2Ос + Бп + Д	2733	100	–	67	33
25	4Е3С2Б1Ос	10Е	3367	0	0	0	0
26	4Е3Е1С1Б1Ос	9Е1Ос + Д	2900	0	0	0	0
27	7Б2С1Е	6Лп2Е1Ос1Бп	3994	428	–	100	–

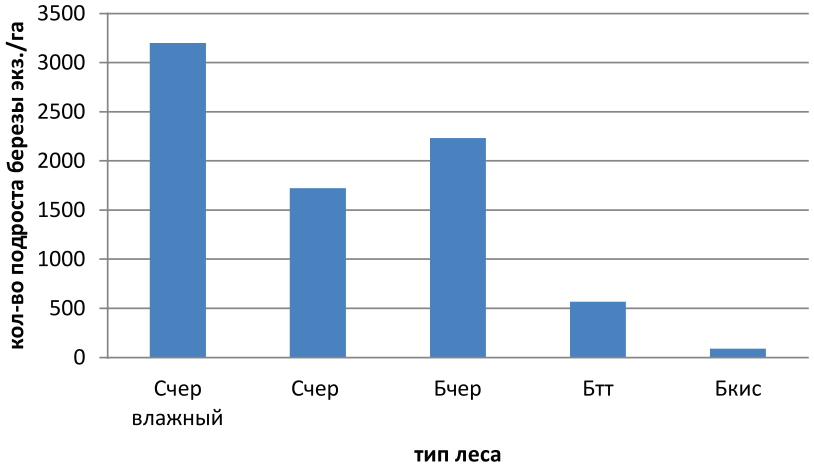
Примечание. Здесь и далее Бп – береза пушистая, Бб – береза бородавчатая.

Доля участия березы в составе древостоя не оказывает существенного влияния на состав подроста и численность молодого поколения березы. Однако определенные тенденции проявляются: при доле березы 5–7 единиц численность подроста березы максимальная, с увеличением доли березы в составе древостоя численность подроста березы снижается. Наибольшая численность подроста березы выявлена под пологом чистых сосняков.

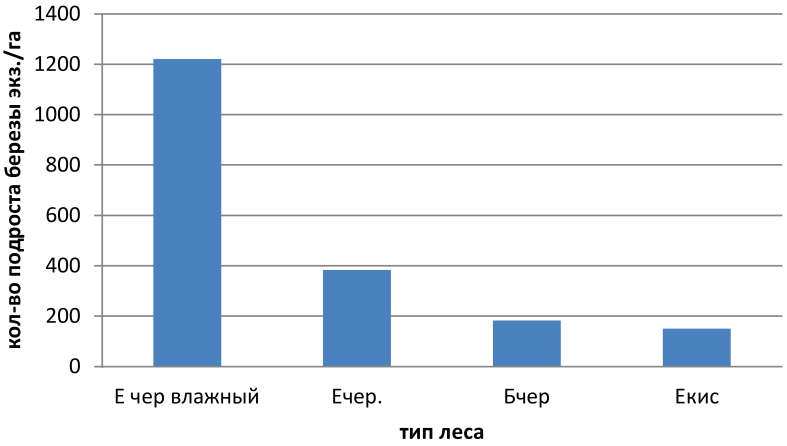
В большей степени структура подроста под пологом древостоев зависит от типа леса (рисунок).

Установлено, что на состав и численность подроста оказывает влияние сомкнутость полога и относительная полнота древостоя (табл. 3).

Тем не менее в большинстве случаев нежизнеспособный подрост имеется, его доля достигает 33 %, а в отдельных случаях составляет 56 %, что говорит о том, что на состояние подроста березы влияет материнский древостой. Об этом свидетельствует и большая доля сухого подроста.



а



б

Зависимость численности подроста березы от типа леса:
а – Тверская область; б – Ленинградская область

Таблица 3

Зависимость состава, численности и структуры подроста по высоте от относительной полноты древостоя

Номер объекта	Относительная полнота древостоя/сомкнутость полога	Состав подроста	Численность подроста, экз./га		Структура подроста березы по высоте, %		
			общая	березы	крупн.	средн.	мелк.
1	2	3	4	5	6	7	8
12	0,8/0,88	7Ос3Е	233	–	–	–	–
13	0,8/0,78	9Ос1Бп	1633	100	33	33	33
15	0,8/0,79	9Ос1Кл + Е + Бп	2633	33	–	100	–
21	0,8/0,86	9Е1С + Бп + Ос	9220	300	–	–	100
24	0,8/0,81	8Е2Ос + Бп + Д	2733	100	–	67	33
25	0,8/0,82	10Е	3367	–	–	–	–
2	0,7/0,74	8Е1Бп1Ос	1799	133	25	50	25
4	0,7/0,70	5Е5Бп + Д	1866	833	35	43	22
6	0,7/0,79	9ЕБп + Ос	2466	333	20	80	
7	0,7/0,72	8Е2Ос + С	3266	–	–	–	–
8	0,7/0,65	6Бп3Е1С + Ос	1100	700	43	48	9
9	0,7/0,66	8Бп1Е1С + Бб	4652	3870	66	19	15
				174	–	50	50

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
14	0,7/0,70	5Бп3Ос2Е + С	2000	1100	67	15	18
16	0,7/0,62	10Бп + С + Е	2267	2267	53	30	17
17	0,7/0,64	5Бп3Ос1С1Е	3127	1600	32	36	32
19	0,7/0,67	8Е1Бп1Ос + Бб	6000	833	20	44	36
				67	100	–	–
20	0,7/0,72	6Е3Бп1Ос + Бб	5667	1500	11	28	61
				42	–	–	100
23	0,7/0,76	10Е + Бп + Лп	2952	20	–	–	100
26	0,7/0,72	9Е1Ос + Д	2900	–	–	–	–
10	0,6/0,58	9Бп1С	2400	2267	34	42	24
11	0,6/0,63	9Е1Бп	1000	133	50	50	–
18	0,6/0,56	10Бп + С + Е	2367	2200	49	31	20
27	0,6/0,61	6Лп2Е1Ос1Бп	3994	428	–	100	–
3	0,5/0,50	6Бп4Е	1534	967	48	37	15
5	0,5/0,44	6Бб2Бп1С1Е + Ос	13533	2433	10	47	43
				8567	5	74	21
22	0,4/0,51	8Е1Бп + С + Д	6899	766	4	4	82

При относительной полноте древостоев 0,5–0,7 – численность подроста березы максимальная. При более высокой относительной полноте древостоев численность подроста березы существенно ниже.

Под пологом ельников полнотой 0,8 имеется незначительное количество мелкого и среднего по высоте подроста березы (от 33 до 300 экз./га). Здесь причина отсутствия подроста понятна: под пологом высокополнотных ельников подрост березы существовать не может. При относительной полноте древостоя 0,7 численность подроста березы может достигать 4 тыс./га. А при полноте 0,5 – даже до 11 тыс./га (опытный участок 5). При этом в большинстве случаев при сомкнутости полога 0,7 и ниже под пологом древостоев преобладает крупный подрост березы. Из этого следует вывод, что сомкнутость полога оказывает существенное влияние как на численность подроста березы, так и на его структуру по высоте.

На некоторых опытных участках (объекты 7, 12, 25 и 26) подроста березы нет. Это может быть связано как с лесорастительными условиями, так и с особенностями самих фитоценозов.

В составе подроста под пологом на всех объектах преобладает береза пушистая, кроме объекта 5. Численность подроста березы пушистой колеблется от 0,3 до 3,0 тыс./га, а численность подроста березы повислой – от 0,1 до 1,5 тыс./га.

В большинстве случаев под пологом древостоев произрастает жизнеспособный подрост березы (табл. 4).

Таблица 4

Распределение подроста березы по категориям состояния

Номер объекта	Состав подроста	Встречаемость, %	Категории состояния		
			жизнеспособный	нежизнеспособный	сухой
1	2	3	4	5	6
1	5Е3Бп2Ос	13	62	28	10
2	8Е1Бп1Ос	3	100		
3	6Бп4Е	43	94	3	3
4	5Е5Бп + Д	17	92		8
5					
6	9ЕБпуш + Ос	10	70	10	20
8	6Бпуш 3Е1С + Ос	23	85	10	5
9	8Бпуш1Е1С + Бпов	65	97		3
		9	100		

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
10	9Бпуш1С	70	98	1	1
11	9Е1Бпуш	3	25	25	50
13	9Ос1Бпуш	10	100		
14	5Бпуш3Ос2Е + С	30	85	15	
15	9Ос1Кл + Е + Бпуш	3	100		
16	10Бпуш + С + Е	70	96	4	
17	5Бпуш3Ос1С1Е	52	86	10	4
18	10Бпуш + С + Е	70	91	6	3
19	8Е1Бпуш1Ос + Бпов	40	84	8	8
		7	100		
20	6Е3Бпуш1Ос + Бпов	29	97		3
		4	100		
21	9Е1С + Бпуш + Ос	13	44	56	
22	8Е1Бпуш + С + Д	27	100		
23	10Е + Бпуш + 9Лип	2	100		
24	8Е2Ос + Бпуш + Д	7	67	33	
27	6Лип2Е1Ос1Бпуш	7	100		

Выводы

1. Состав и численность подроста существенным образом зависят от типа леса. Наибольшее количество подроста березы наблюдается на объектах в условиях черничного типа леса. В Тверской области под пологом сосняка черничника и березняка черничника, а в Ленинградской области – под пологом ельника черничника.

2. Основная часть подроста березы относится к жизнеспособному, доля сухого подроста в отдельных случаях достигает 50%.

3. В составе подроста под пологом на всех объектах преобладает береза пушистая, кроме объекта 5. Численность подроста березы пушистой колеблется от 0,3 до 3,0 тыс./га, а численность подроста березы повислой – от 0,1 до 1,5 тыс./га.

4. В целом естественное возобновление березы под пологом древостоев нельзя считать успешным, численность подроста березы чаще всего составляет менее 1,5 тыс./га.

Список литературы

1. Абатуров Ю.Д. Типы березовых лесов центральной части южной тайги: монография / Ю.Д. Абатуров, К.В. Зворыкина А.Ф. Ильюшенко. – М.: Наука,1982 – 156 с.

2. Березовые леса Беларуси: Типы, ассоциации, сезонное развитие и продуктивность. – Минск: Наука и техника, 1992. – 183 с.

3. Грязькин А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов. (На примере ельников Северо-Запада России): монография. – СПб., 2001. – С. 188.

4. Грязькин А.В. Пат. 2084129 РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста. № 94022328/13; Заяв. 10.06.94; Опуб. 20.07.97, Бюл. № 20.

5. Зарубина Л.В., Коновалов В.Н. Эколого-физиологические особенности ели в березняках черничных. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. – 378 с.

6. Феклистов П.А., Амосова И.Б. Морфолого-физиологические и экологические особенности березы повислой (Betula pendula Roth.) в таежной зоне. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 214 с.

7. Чупров Н.П. Березняки европейского севера России: монография. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2008. – 386 с.

УДК 630.232.4

СОХРАННОСТЬ И РОСТ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР В ВОЗРАСТЕ 3–5 ЛЕТ, СОЗДАННЫХ ПО ОБРАБОТАННОЙ И НЕОБРАБОТАННОЙ ПОЧВЕ

Пак Л.Н., Банщикова Е.А.

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН», Чита, e-mail: pak_lar@bk.ru

В последнее время в крае до 50% лесных культур ежегодно списывается из-за низкой приживаемости. Одной из причин этого является несоблюдение сроков обработки почвы и посадки лесных культур. В лесничествах обработка почвы проводится не сразу после ее оттаивания, когда в почве содержится максимальный запас продуктивной влаги, а в течение двух месяцев (мая – июня), т.е. в самый засушливый период года, что ускоряет иссушение верхнего слоя почвы. Посадочные работы проводятся не по свежеобработанной почве, а с большим разрывом между обработкой почвы и посадкой сеянцев. Чтобы сократить материальные и трудовые затраты, ускорить воспроизводство леса на непокрытых лесом землях в зоне «сухого лесоводства» проведены исследования по выращиванию лесных культур, созданных на обработанной и необработанной почве. Исследования показали, что интенсивный процесс элиминации сеянцев в культурах из-за нехватки доступной влаги в корнеобитаемом слое почвы происходил в контрольных посадках. Рост лесных культур в высоту не был стабильным по вариантам: в первые 3 года после посадки лидирующие позиции занимали испытательные культуры, на четвертый год – выбились контрольные посадки, а в последнем учетном году оба варианта сравнялись. Сохранность и рост лесных культур по вариантам зависели от влияния внешних факторов, а именно осадков, выпадающих в период протекания в нем ростовых процессов, и температуры почвы. При создании лесных культур в Забайкальском крае необходимо стремиться к максимально возможному использованию естественной влагообеспеченности и плодородия почвы. Наиболее полно таким требованиям отвечает необработанная почва. Интенсивный рост лесных культур на необработанной почве в первые годы после посадки явился залогом хорошей сохранности. Это позволило им быстрее выйти из-под межвидового влияния и снизить затраты на проведение трудоемких и дорогостоящих работ, связанных с дополнением культур и проведением уходных работ за культурами, не говоря уже об обработке почвы.

Ключевые слова: Забайкальский край, приживаемость, сохранность, рост, лесные культуры, сосна

THE SAFETY AND GROWTH OF PINE CULTURES IN THE AGE OF 3–5 YEARS, CREATED BY TREATED AND UNTREATED SOIL

Pak L.N., Banschikova E.A.

Institute of natural resources, ecology and cryology of SB RAS, Chita, e-mail: pak_lar@bk.ru

In recent times in the region up to 50% of forest plantations annually written off due to low survival rate. One reason for this is delays in the processing of soil and planting of forest cultures. In forestry soil treatment is not carried out immediately after thawing, when the soil contains the maximum amount of productive moisture, and within 2 months (may and June), i.e. in the driest period of the year, which accelerates the drying of the upper soil. Planting works are not freshly cut soil, but with a big gap between tillage and planting seedlings. To reduce material and labor costs, accelerate the reproduction of forests on non-forested lands in the area of «dry forest» conducted research on the cultivation of forest crops established on the treated and untreated soil. Studies have shown that an intensive process of elimination of seedlings in cultures due to the lack of available moisture in root-inhabited soil layer occurred in the test plantings. The growth of forest plantations in height was not stable variants: in the first 3 years after planting, leadership is held by the test culture, in the fourth year was out of control landing, and in the last accounting year both options are equal. The safety and growth of forest cultures on the options depended on the influence of external factors, namely, the precipitation in the period of occurrence in it of growth processes and soil temperature. When creating forest plantations in the TRANS-Baikal territory, it is necessary to strive for the maximum possible use of natural moisture, and soil fertility. Most fully meets these requirements untreated soil. Intensive growth of forest crops on untilled soil, in the first years after planting are the key to good sound. This allowed them to quickly get out of the influence of interspecific and reduce expenses for carrying out time-consuming and costly work associated with the addition of the cultures and conduct of care works for cultures, not to mention the cultivation of the soil.

Keywords: TRANS-Baikal territory, survival, preservation, growth, silviculture, pine

В практике лесовосстановления Забайкальского края при создании лесных культур традиционно используется механический способ обработки почвы с устройством микропонижений для повышения влажности в посадочном месте, формирования благоприятного водного и воздушного режимов почвы.

В последнее время в крае до 50% лесных культур ежегодно списывается из-за низкой приживаемости. Одной из причин этого является несоблюдение сроков обработки почвы и посадки лесных культур [1]. Другими словами, обработка почвы проводится не сразу после ее оттаивания, когда в почве содержится максимальный запас продуктивной влаги, а в течение двух месяцев (мая – июня), т.е. в самый засушливый период года, что ускоряет иссушение верхнего слоя почвы. Посадочные работы проводятся

не по свежеобработанной почве, а с большим разрывом между обработкой почвы и посадкой сеянцев.

Чтобы сократить материальные и трудовые затраты, ускорить воспроизводство леса на непокрытых лесом землях в зоне «сухого лесоводства» были проведены исследования по выращиванию лесных культур, созданных на обработанной и необработанной почве. Тем более что в последние годы появились сторонники способа создания лесных культур по необработанной почве [4, 5, 6].

Материалы и методы исследований

Объектом исследований явились лесные культуры сосны, расположенные вокруг Ингодинского лесного стационара ИПРЭК СО РАН в нижнем течении бассейна р. Какова (40 км от г. Читы). По лесорастительному районированию Забайкальского края эта территория относится к Забайкальскому горному лесному району с жесткими природно-климатическими условиями: неравномерным распределением осадков в годичном цикле (годовое количество осадков составляет 310–340 мм, из которых в мае – июне выпадает всего 20–40 мм, в августе – сентябре – до 230 мм); большими колебаниями температуры в течение года и вегетационного периода (среднегодовая температура воздуха – отрицательная (–2,7 °С), в марте – апреле температура воздуха в течение суток колеблется от –15–20 °С до + 10–15 °С, в сентябре – октябре – так же наблюдаются большие перепады температур в течение суток от –10–15 °С до + 15–20 °С); наличием поздневесенних (май – июнь) и раннеосенних (август – сентябрь) заморозков (продолжительность безморозного периода –65–75 дней) и низкой относительной влажностью воздуха весной (в апреле – июне 15–25 %) [2].

Посадку лесных культур проводили в 2010 г., во второй декаде мая, на гарях 2000 и 2008 гг. на месте соснового древостоя III–IV классов бонитета на песчаных и супесчаных почвах.

Контрольным вариантом служили производственные посадки, созданные по обработанной почве (в дно борозд). Нарезка борозд осуществлялась через 3 м с помощью плуга ПКЛ-70. Шаг посадки – 0,7 м. Одновременно с производственными посадками были проведены посадки испытательных культур по необработанной почве между бороздами. Испытательный вариант закладывался в трехкратной повторности, по 300 штук в каждой повторности. Для посадки использовались трехлетние сеянцы, высотой 15–20 см, выращенные на питомнике Сивяковского лесничества, расположенного рядом с Ингодинским лесным стационаром ИПРЭК СО РАН. Посадка лесных культур проводилась вручную под меч Колесова.

Изучение приживаемости (сохранности) и измерение показателей роста в высоту для оценки и сравнения вариантов закладки осуществляли в 2012–2015 гг., т.е. на 2–5-й год после посадки. Учет сохранности вариантов проводили с учетом длины посадки испытательных культур. Измерение роста побегов в высоту проводили на 3–4-й год после посадки – в конце вегетационного периода, а на 5-й год после посадки – ежедекадно.

Изучение динамики суточных и сезонных колебаний основных метеопараметров (температуры и влажности воздуха, количества осадков) проводили с использованием миниметеостанции Davis Vantage Pro 2, установленной на территории стационара. Эти параметры измерялись и записывались во встроенную память прибора с периодичностью в 2 часа. Кроме того, для изучения температуры почвы в борозде и на необработанной почве устанавливали термометры-щупы АМ-6 на глубину 10 см. Изучение температуры почвы в течение вегетации проводилось эпизодически.

Результаты исследований и их обсуждение

Основными показателями стандартности лесных культур в момент перевода их в покрытую лесом площадь традиционно являются приживаемость (сохранность) культур и высота.

Учет сохранности, проведенный осенью, на 2–5-й год после посадки, показал, что на фоне одинаковых экологических условий и неблагоприятных погодных факторов у вариантов наблюдались существенные различия данного показателя. Сохранность культур по годам оставалась стабильно одинаковой, на необработанной почве она оказалась выше на 2,4–7,3 % посадок на обработанной почве. Очевидно, в год посадки и на следующий год после нее процесс элиминации происходил наиболее интенсивно из-за нехватки доступной влаги в корнеобитаемом слое почвы. Ни один из вариантов не имел сохранность ниже 70 % (для Забайкальского края приживаемость лесных культур 60 % считается нормальной и культуры не дополняются).

Изменчивость роста культур в высоту по учетным годам не была стабильной по вариантам (табл. 1).

Анализ годичного роста культур в высоту на третий год после посадки показал на незначительное (на 6 %) преобладание испытательных культур (культур на необработанной почве) над контрольными посадками (культур на обработанной почве). Тестирование полученных данных методом дисперсионного анализа на уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ показало, что различия по данному показателю были статистически достоверными ($F_{факт}$ 12,6 > $F_{теор}$ 3,91).

На следующий год после посадки значительно, по сравнению с предыдущим годом, увеличился годичный рост культур в высоту по вариантам (на 26,0–40,0 %). В этот учетный год лидирующие позиции занимали контрольные посадки, которые превышали испытательные культуры на 15 %. Различия между вариантами были достоверно значимыми ($F_{факт}$ 6,02 > $F_{теор}$ 3,88). Хотя общий рост лесных культур в высоту у контрольных посадок был ниже испытательных культур на 12 % ($F_{факт}$ 6,31 > $F_{теор}$ 3,90).

Таблица 1

Статистические показатели роста 5-летних культур сосны за 2013–2015 гг.

Варианты опыта	Годичный рост культур в высоту			
	$X_{ср}$	$\pm m_x$	V, %	P, %
2013 год				
испытательные культуры	0,17	0,002	11,7	1,17
производственные посадки (контроль)	0,16	0,002	12,5	1,25
2014 год				
испытательные культуры	0,23	0,009	47,8	3,9
производственные посадки (контроль)	0,27	0,01	40,7	3,7
2015 год				
испытательные культуры	0,22	0,01	63,6	4,5
производственные посадки (контроль)	0,25	0,01	56,0	4,0

Последний учетный год показал на снижение, по сравнению с предыдущим годом, годичного роста культур в высоту на 4–7 % во всех изучаемых вариантах. У контрольных посадок годичный прирост снизился больше (на 3 %), чем у испытательных культур. В результате различий между вариантами по годичному росту культур установить не удалось ($F_{факт}$ 3,30 < $F_{теор}$ 3,86). Точно так же, как их не удалось установить и при изучении общего роста лесных культур в высоту ($F_{факт}$ 3,83 < $F_{теор}$ 3,87). Таким образом, различия в общем росте культур в высоту между вариантами со временем сокращаются.

Важным показателем изменчивости линейного роста лесных культур является сезонная продолжительность, которая меняется в зависимости от влияния внешних факторов (температуры и влажности воздуха, количества осадков, температуры почвы). Изучение данного показателя в 2015 г. по вариантам показало, что рост лесных культур отмечался в период с третьей декады апреля по вторую декаду июля и обуславливался внутренними регуляторными механизмами. В этот год, в сравнении с наблюдениями предыдущих лет, рост лесных культур протекал в более сжатые сроки (рис. 1). Кульминация сезонного линейного роста лесных культур, независимо от варианта, отмечалась в третьей декаде июня, после завершения которой началось устойчивое резкое снижение роста на 80–86 %.

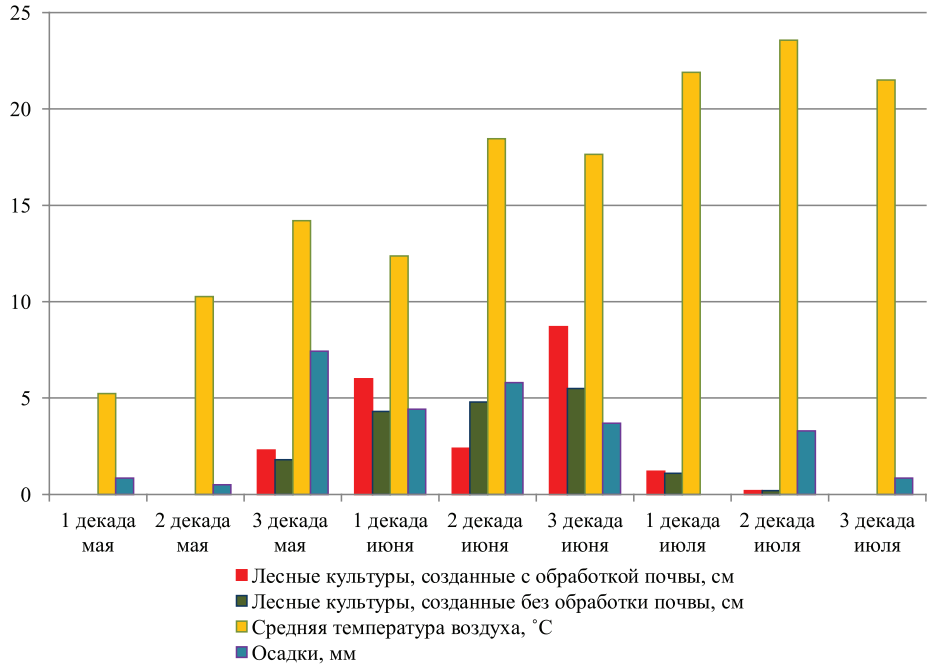
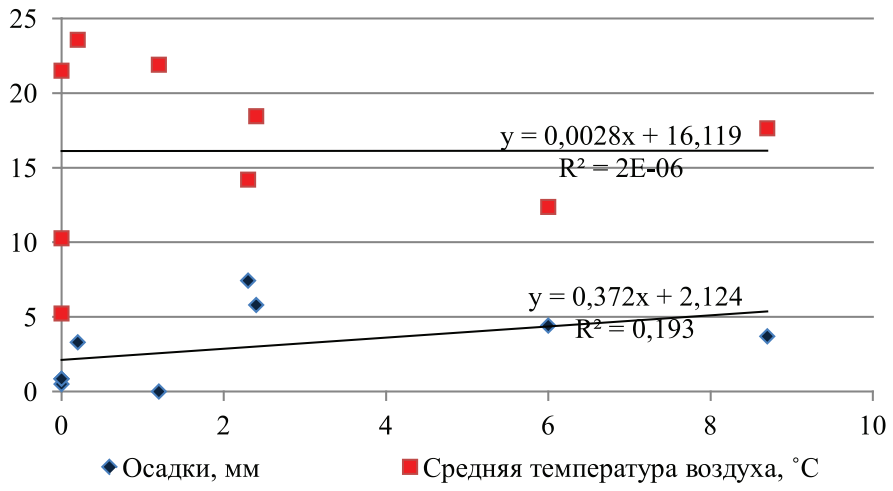


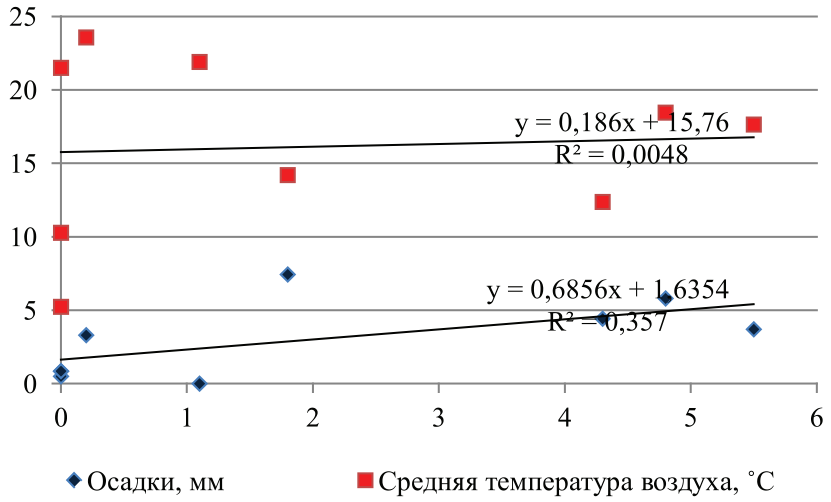
Рис. 1. Влияние температуры воздуха и количества выпавших осадков на сезонный линейный рост лесных культур сосны обыкновенной

В целом, рассматривая динамику сезонного линейного роста лесных культур по вариантам, можно выделить контрольные посадки, у которых изменчивость данного показателя до момента кульминации не была стабильной, несмотря на то, что условия для произрастания лесных культур были хуже в испытательных культурах из-за межвидовой конкуренции, выраженной в борьбе за свет и влагу. В первой декаде июня у производственных посадок отмечался хороший сезонный линейный рост, после которого наблюдалось снижение данного показателя на 60 %. Затем вновь линейный рост увеличился на 72,5 %. Производственные посадки, до завершения кульминационного периода, имели лучший сезонный рост в высоту, чем испытательные культуры (на 22–37 %).

Установление зависимости между метеорологическими данными и сезонным линейным ростом лесных культур позволило выявить положительную корреляцию. Связь между сезонным линейным ростом лесных культур и факторным признаком, отражающим влагообеспеченность (количество выпавших осадков), была средней в вариантах: с контрольными посадками $r = 0{,}43$, с испытательными культурами $r = 0{,}59$. Связь между сезонным линейным ростом лесных культур и средней температурой воздуха характеризовалась коэффициентами корреляции в диапазоне $r = 0{,}001–0{,}06$ (рис. 2). Судя по величине коэффициента корреляции, сезонный линейный рост культур сосны зависел от осадков, выпадающих в период протекания в нем ростовых процессов.



а



б

Рис. 2. Зависимость сезонного линейного роста лесных культур на обработанной почве (а) и необработанной почве (б) от количества выпавших осадков и средней температуры воздуха

Важным показателем сохранности и роста культур по вариантам оказалась температура почвы, которая в год посадки была выше на +4 °С в борозде, чем на необработанной почве. Эта разница по температуре почвы в вариантах сохранялась в течение вегетационного периода до 2014 г., постепенно снижаясь до +1–2 °С. В последнем учетном году она осталась прежней, правда, стала выше на необработанной почве, а к середине сентября сравнялась по вариантам.

Таким образом, подводя итог, можно сделать следующие выводы:

1. Интенсивный процесс элиминации сеянцев в культурах из-за нехватки доступной влаги в корнеобитаемом слое почвы происходил в контрольных посадках.

2. Рост лесных культур в высоту не был стабильным по вариантам: в первые 3 года после посадки лидирующие позиции занимали испытательные культуры, на четвертый год – выбились контрольные посадки, а в последнем учетном году оба варианта сравнялись.

3. Сохранность и рост лесных культур по вариантам зависели от влияния внешних факторов, а именно осадков, выпадающих в период протекания в нем ростовых процессов, и температуры почвы.

4. При создании лесных культур в Забайкальском крае необходимо стремиться к максимально возможному использованию естественной влагообеспеченности и плодородия почвы. Наиболее полно таким требованиям отвечает необработанная почва. Интенсивный рост лесных культур на необработанной почве, в первые годы, после посадки явился залогом хорошей сохранности. Это позволило им быстрее выйти из под межвидового влияния и снизить затраты на проведение трудоемких и дорогостоящих работ, связанных с дополнением культур и проведением уходных работ за культурами, не говоря уже об обработке почвы.

Список литературы

1. Бобринев В.П., Пак Л.Н. Лесные стационарные исследования в Забайкальском крае. – Чита: Изд-во «Поиск», 2011. – 492 с.

2. Пак Л.Н., Бобринев В. П. Сроки предпосадочной обработки почвы под лесные культуры // Международный журнал научных и прикладных исследований. – 2015. – № 3 (часть 1). – С. 33–35.

3. Мочалов Б.А. Подготовка почвы и выбор посадочного материала при создании лесных культур сосны из сеянцев с закрытыми корнями // Лесной журнал. – 2014. – № 3. – С. 9–18.

4. Хлюстов В.К., Гаврилова О.И., Морозова И.В. Рост культур сосны в конкурентных отношениях с живым напочвенным покровом вырубок // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – Вып. 2. – С. 27–34.

5. Набатов Н.М. Этапы формирования соснового леса после сплошных рубок и лесовосстановление // Динамическая типология леса. – М..: Агропромиздат, 1989. – С. 144–156.

УДК 630*237.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

[1]Пахучий В.В., [2]Шевелев Д.А.

[1]Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Сыктывкар, e-mail: pakhutchy@rambler.ru;

[2]ГБУ РК «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Республики Коми», Сыктывкар, e-mail: d-shevelev@agiks.ru

Приведены результаты исследований в насаждениях на объектах гидролесомелиорации в Корткеросском лесничестве Республики Коми. В качестве учетных единиц приняты осушаемые объекты в целом. Это позволило использовать материалы лесоустройства и рассчитываемые на их основе характеристики производительности лесных массивов. Данные дистанционного зондирования представлены снимками Landsat 5 TM. Выполнена оценка возможности использования при гидролесомелиоративных исследованиях вегетационных индексов – NDVI (нормализованный разностный индекс растительности) и ARVI (устойчивый к влиянию атмосферы индекс). Между условными индексами типа залежи и средним накоплением запаса установлена достоверная связь ($R^2 = 0,5013$; $R = 0,71$; $R_{0,01} = 0,68$). Показано, что среднее накопление запаса и продолжительность влияния осушения достоверно коррелированы ($R^2 = 0,3109$; $R = 0,56$; $R_{0,05} = 0,55$). Установлена достоверная связь между значениями индекса NDVI и средним запасом лесных массивов на осушаемых объектах ($R = 0,57 – 0,63$; $R_{0,05} = 0,55$). Вегетационный индекс ARVI слабо и недостоверно зависит от запаса древостоя, мощности торфа и интенсивности осушения.

Ключевые слова: Республика Коми, гидролесомелиорация, спутниковые технологии, лесоустроительные материалы, вегетационные индексы

USE OF FOREST MANAGEMENT MATERIALS AND SATELLITE TECHNOLOGIES AT THE FOREST DRAINAGE RESEARCHES

[1]Pakhuchiy V.V., [2]Shevelev D.A.

[1]Syktyvkar forest institute (branch) of FSBEI of HPE «Saint-Petersburg State Forest Technical University of S.M. Kirov», Syktyvkar, e-mail: pakhutchy@rambler.ru;

[2]SBI KR «Territorial fund of information on natural resources and environmental protection of the Komi Republic», Syktyvkar, e-mail: d-shevelev@agiks.ru

The results of investigations in stands on the objects of forest drainage in the Kortkerosskiy forestry of Komi Republic are stated. As registration units used the drained objects in general. It allowed to use materials of forest management and the characteristics of productivity of forests counted on their basis. Data of remote sensing are submitted by pictures of Landsat 5 TM. The assessment of possibility of use at the forest drainage researches of vegetative indexes – NDVI (the normalized differential index of vegetation) and ARVI (an index, steady against influence of the atmosphere) is executed. Between conditional deposit indexes and average accumulation of a stock reliable connection is established ($R^2 = 0,5013$; $R = 0,71$; $R_{0,01} = 0,68$). It is shown that average accumulation of a stock and period of influence of drainage are authentically correlated ($R^2 = 0,3109$; $R = 0,56$; $R_{0,05} = 0,55$). Reliable connection between values the vegetative NDVI indexes and an average stock of forests on the drained objects ($R = 0,57 – 0,63$; $R_{0,05} = 0,55$) is established. The vegetative index ARVI poorly and doubtfully depends on a stock of a forest stand, power of peat and intensity of drainage.

Keywords: Komi Republic, forest drainage, satellite technologies, forest management, materials, vegetative indexes

Заболоченность лесного фонда Республики Коми составляет около 40% [1]. В связи с этим во второй половине прошлого века здесь было осушено около 100 тыс. га избыточно увлажненных лесных и нелесных земель. Оценка эффективности этих мероприятий является актуальным направлением исследований. В данной работе представлены результаты таких исследований с использованием материалов лесоустройства и методов дистанционного зондирования Земли. На основе снимков Landsat 5TM выполнен анализ взаимосвязей между вегетационными индексами NDVI, ARVI, числовыми значениями пикселей и отдельными характеристиками насаждений, степенью канализации объектов гидромелиорации, показателями торфяной залежи.

Район исследований расположен на староосушенных участках заболоченных лесных земель в Корткеросском и Позтыкеросском участковых лесничествах Коткеросского лесничества. Это 13 объектов

лесоосушения, площадь которых изменяется от 402 до 2450 га. Тип водного питания атмосферный, смешанный и грунтовый. Почвы торфяно-глеевые и торфяные на верховой, переходной и низинной торфяных залежах. Насаждения представлены сосняками сфагновой, травяно-сфагновой и долгомошной групп типов леса. Обобщенная характеристика объектов исследования, включенных в анализ, представлена в табл. 1.

Данные дистанционного зондирования для района исследования представлены снимками Landsat 5 TM за 20.03.1988, 17.07.1988, 23.03.1998, 11.07.1994. Предварительная обработка снимков включала корегистрацию данных на основе эталонного снимка, ортотрансформацию на основе цифровой модели рельефа, уравнивание по опорным точкам, радиометрическую калибровку и радиометрическую коррекцию влияния атмосферы.

Расчет индекса *NDVI* (нормализованный разностный индекс растительности) выполнен по формуле

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED), \quad (1)$$

где *NIR* – числовое значение пикселей в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – значение пикселей в красной области спектра.

Расчет индекса *ARVI* (устойчивый к влиянию атмосферы индекс) выполнен по формуле

$$ARVI = (NIR - Rb)/(NIR + Rb), \quad (2)$$

где $Rb = RED - a\cdot(RED - BLUE)$, как правило, $a = 1$, при малом покрытии растительности и неизвестном типе атмосферы $a = 0{,}5$, *BLUE* – значение в синей области спектра.

Таблица 1

Общая характеристика насаждений, торфяной залежи и степени канализации на объектах исследования

Номер объекта	Площадь, га	Год осушения	Степень канализации, м/га	Тип торфяной залежи	Мощность торфа, м	Для преобладающей породы		Класс возраста	Запас, м³/га	Класс бонитета по М.М. Орлову	Среднее накопление запаса, м³/га в год
						Д, см	Н, м				
1	1196	1979	11	верховая	1,0	15	12	5	92	IV–V	1,02
2	1756	1979	11	верховая	0,3	12	10	4	72	V–Va	1,03
3	2400	1977	53	переходная	0,5	12	10	4	78	V–Va	1,11
4	1712	1980	64	переходная	0,5	12	10	4	86	V–Va	1,23
5	909	1980	86	верховая	0,7	11	9	4	71	V–Va	1,01
6	1184	1977	78	переходная	1,0	12	10	4	75	V–Va	1,07
7	1004	1980	25	верховая	0,7	13	11	5	82	IV–V	0,91
8	402	1975	32	низинная	1,5	13	12	4	109	IV–V	1,56
9	2450	1975	22	низинная	2,0	11	10	3	67	V	1,34
10	1358	1976	54	переходная	0,5	13	11	4	93	V–Va	1,33
11	1558	1980	42	переходная	0,5	15	13	5	117	V–Va	1,30
12	427	1975	74	верховая	1,0	12	11	4	96	V	1,37
13	702	1970	19	переходная	1,5	15	12	5	114	IV–V	1,27

Примечания:

1. Объекты 1–7, 10, 11, 13 расположены в Корткеросском участковом лесничестве, объекты 8, 9, 12 – в Позтыкеросском участковом лесничестве.

2. На объектах 8, 12 преобладающая порода – ель, на остальных объектах – сосна.

Индексы получены в программе Scanex Image Processor. Среднее значение пикселей в пределах границ объектов осушения определили инструментом «Зональная статистика» в QuantumGIS. Проект ГИС в виде границ объектов осушения, линейного слоя гидромелиоративной сети Корткеросского и Позтыкеросского участковых лесничеств, слоев гидрографии и дорожной сети создан на основе панхроматического снимка высокого разрешения Канопус-В за 2013 г.

Определение средних таксационных показателей насаждений (преобладающая порода, класс возраста, класс бонитета, запас) в границах каждого объекта лесоосушения выполнено на основе повыдельной лесоустроительной информации за 1992 г. Среднее накопление запаса определили как отношение общего запаса насаждения к среднему возрасту древостоя преобладающей породы. Средний возраст древостоя принят как середина класса возраста этой породы.

Средняя глубина торфа рассчитывалась как средневзвешенная величина на основе картографических контуров, ограничивающих участки с одинаковой мощностью торфяных отложений. Степень канализации для каждого объекта находили путём деления общей протяженности каналов на объекте на площадь объекта.

Для практики лесоосушения важное значение имеет информация о влиянии на рост леса после строительства осушительных систем показателей торфяной залежи, интенсивности осушения, характеристик насаждений. Данные полевых работ могут быть дополнены материалами, полученными на основе дешифрирования аэрокосмических изображений. Для этих целей полезной может быть оценка зависимости характеристик космоснимков, например изменчивости значений пикселей или рассчитанных на их основе индексов, от производительности насаждений, степени канализации на объектах гидромелиорации, характера торфяной залежи и др. Результаты оценки таких взаимосвязей на объектах исследования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость числовых значений пикселей и вегетационных индексов от степени канализации, характеристик насаждений и торфяной залежи

Сравниваемые показатели		R^2	R	Коэффициенты уравнения $Y = AX + B$		Год, сезон съемки
X	Y			A	B	
М	5к	0,0200	0,141	0,0180	21,349	1988, зима
СК	5к	0,0006	0,024	–0,0034	50,302	1988, лето
М	5к	0,039	0,197	0,121	61,11	1988, лето
КВ	4к	0,0880	0,297	3,3636	72,539	1988, зима
М	4к	0,6550	0,809	–0,3297	87,525	1988, зима
СК	4к	0,0120	0,110	–0,0103	59,841	1988, лето
КВ	4к	0,0012	0,035	0,1580	58,504	1988, лето
М	4к	0,0162	0,127	–0,0204	60,984	1988, лето
КВ	3к	0,0890	0,298	4,0752	72,792	1988, зима
КВ	3к	0,1485	0,385	–0,8165	26,923	1988, лето
М	3к	0,6123	0,782	–0,3828	89,473	1988, зима
М	3к	0,6301	0,794	–0,0603	28,811	1988, лето
СК	NDVI	0,0648	0,255	–0,0002	0,5935	1988, лето
СК	NDVI	0,1543	0,392	–0,0003	0,2465	1988, зима
Т	NDVI	0,1255	0,355	0,0139	0,5647	1988, лето
Т	NDVI	0,0226	0,151	0,0410	0,2251	1988, зима
Т	NDVI	0,1084	0,329	0,0100	0,2752	1998, зима
М	NDVI	0,3278	0,573	0,0007	0,5174	1988, лето
М	NDVI	0,2168	0,466	0,0004	0,6382	1994, лето
М	NDVI	0,3934	0,630	0,0005	0,1829	1988, зима
М	NDVI	0,1041	0,330	0,0003	0,2580	1998, зима
М	ARVI	0,0056	0,073	0,00009	0,1781	1988, лето
М	ARVI	0,0158	0,125	0,0001	0,3507	1994, лето
М	ARVI	0,1355	0,368	–0,0002	–0,0403	1988, зима
М	ARVI	0,1482	0,385	–0,0003	0,0770	1998, зима
Т	ARVI	0,1557	0,395	0,0164	0,1716	1988, лето
Т	ARVI	0,0724	0,269	–0,0057	–0,0559	1988, зима

Примечания:

1. КВ – класс возраста; КБ – класс бонитета; 4К – четвертый канал; М – запас, м^3/га; СК – степень канализации, м/га; Т – мощность торфа, м.

2. Критическое значение коэффициента корреляции для 13 объектов лесоосушения составляет для уровня значимости 1% – 0,68; для 5% – 0,55; 10% – 0,48.

Анализ корреляционных связей между изучаемыми показателями выявил следующее. Числовые значения пикселей в 5 канале слабо и недостоверно связаны с запасом и степенью канализации. Значения пикселей в 4 канале слабо и недостоверно связаны с возрастом насаждений и степенью канализации, но может наблюдаться их тесная связь с запасом насаждений для зимнего периода. Значения пикселей в 3 канале недостоверно связаны с возрастом насаждений, но наблюдается их достоверная тесная связь с запасом древостоев и в зимний, и в летний период. Для 3 канала Landsat 5 TM (красная область спектра) характерно максимальное поглощение солнечной радиации хлорофиллом растений, поэтому отрицательное направление связи в данном случае обосновано.

NDVI и в зимний, и в летний период 1988 г. тесно связан со средним запасом насаждений, несмотря на то, что для различных объектов в 1988 г. период после осушения составил от 8 до 18 лет (табл. 1) (R = 0,57–0,63; $R_{0,05}$ = 0,55). Таким образом, подтверждается известное положение о том, что данный индекс может служить в качестве характеристики продуктивности фитоценозов, в т.ч. насаждений на объектах гидромелиорации [2, 3, 4]. В то же время для снимков 1994 и 1998 гг. такая зависимость ослабевает (R = 0,47 – 0,32; $R_{0,05}$ = 0,55). Это может свидетельствовать о том, что если для пробных площадей и полигонов в виде кварталов положительная достоверная зависимость между *NDVI* и запасом древостоя является достаточно устойчивой, то в случае сравнения этих же показателей, но усредненных для больших площадей, эта связь может быть менее тесной и недостоверной. *NDVI* слабо и недостоверно зависит от мощности торфа. При этом следует отметить, что ранее нами было выявлено наличие тесной и достоверной связи между этими показателями [3]. Однако в последнем случае в выборку включались только насаждения на участках с мелкой залежью торфа и выборка выравнивалась по признаку «удаление от осушительных каналов». В данном случае глубина торфа изменяется от 0,3 до 2,0 м, а дифференцирование по признаку близости к осушительному каналу заменено обобщенной для всего объекта характеристикой «степень канализации».

ARVI в зимний и летний период 1988, 1994 и 1998 гг. слабо и недостоверно зависит от запаса древостоя. То есть включение в расчетную формулу вегетационного индекса значения синего канала существенно не повлияло на результат расчета. При этом следует отметить, что использование в расчетных формулах вегетационных индексов значений зеленого канала оценивается как полезное для целей дешифрирования и распознавания объектов по космоснимкам для выявления медленных изменений в лесах (на примере вымокания березняков) [5]. Слабо и недостоверно индекс *ARVI* зависит от мощности торфа. В этом случае, видимо, допустимы объяснения, приведенные выше для оценки зависимости от мощности торфа вегетационного индекса *NDVI*.

Установлено, что среднее накопление запаса увеличивается при переходе от верховой, переходной и низинной залежи торфа. Индексируя условно верховую залежь как 1, переходную – 2, низинную – 3, получаем уравнение связи между этими показателями:

$$Y = 0,1821X + 0,874$$

$$(R^2 = 0,5013;\ R = 0,71;\ R_{0,01} = 0,68),$$

где Y – среднее накопление запаса, м^3/га в год; X – тип торфяной залежи (1 – верховая, 2 – переходная, 3 – низинная).

Таким образом, при использовании в качестве объектов исследования достаточно обширных площадей, а не только пробных площадей или полигонов в виде кварталов подтверждается базовое положение гидролесомелиорации о том, что лесоводственный эффект лесоосушения прежде всего зависит от типа торфяной залежи. Среднее расчетное накопление запаса на объектах с верховой торфяной залежью составляет 1,06, с переходной торфяной залежью – 1,24, с низинной – 1,42 м^3/га в год. Выравнивание выборок по типу торфяной залежи позволяет показать наличие традиционных тенденций изменения лесоводственного эффекта осушения при изменении степени канализации. Так, для верховой торфяной залежи установлена близкая к средней по тесноте связь между накоплением запаса и степенью канализации (R^2 = 0,2438; R = 0,50; $R_{0,10}$ = 0,48). То есть, чем интенсивнее осушение, тем выше лесоводственный эффект гидромелиорации. Аналогичная качественная связь между данными показателями наблюдается при сравнении лесных массивов на низинных торфяных залежах (объекты 8, 9; табл. 1). Для переходных залежей положительное направление связи между величиной прироста и степенью канализации не установлено.

Для совокупности пробных площадей или полигонов в границах кварталов для

одного объекта лесоосушения может быть принята одинаковая продолжительность влияния осушения. При сравнении различных объектов гидромелиорации продолжительность влияния осушения может существенно различаться. Например, в анализируемой нами выборке (табл. 1) этот показатель изменяется от 12 до 22 лет. Между величиной среднего накопления запаса и продолжительностью влияния осушения для 13 объектов (табл. 1) установлена положительная достоверная связь ($R^2 = 0{,}3109$; $R = 0{,}56$; $R_{0{,}05} = 0{,}55$). Это необходимо учитывать при анализе зависимостей между таксационными показателями, характеристиками торфяной залежи, степенью канализации в случаях, когда в качестве учетной единицы используются объекты лесоосушения, а не пробные площади или полигоны.

Использование объектов лесоосушения в качестве единиц выборочной совокупности позволяет оценить возможность применения методов дистанционного зондирования не только к ограниченным по площади участкам пробных площадей или полигонов в границах кварталов, но и к лесным массивам, включающим несколько кварталов. Это оправдано, т.к. осушаются именно лесные массивы достаточно большей площади.

Заключение

При гидролесомелиоративных исследованиях в качестве учетных единиц можно использовать не только пробные площади и полигоны в границах кварталов, но и осушаемые объекты в целом. Это позволяет использовать материалы лесоустройства и рассчитываемые на их основе характеристики производительности лесных массивов.

Среднее накопление запаса для объекта лесоосушения в целом увеличивается при переходе от верховой к переходной и низинной залежи торфа, что подтверждает базовое положение гидролесомелиорации о зависимости лесоводственного эффекта осушения от типа торфяной залежи. Между условными индексами типа залежи и средним накоплением запаса установлена достоверная связь ($R^2 = 0{,}5013$; $R = 0{,}71$; $R_{0{,}01} = 0{,}68$).

Между величиной среднего накопления запаса и продолжительностью влияния осушения установлена положительная достоверная связь ($R^2 = 0{,}3109$; $R = 0{,}56$; $R_{0{,}05} = 0{,}55$).

Значения пикселей в 3 канале достоверно связаны со средним запасом лесных массивов осушаемых объектов в зимний и летний период ($R^2 = 0{,}61$–$0{,}63$; $R = 0{,}78$–$0{,}79$; $R_{0{,}01} = 0{,}68$). Вегетационные индексы *NDVI* достоверно связаны со средним запасом лесных массивов на осушаемых объектах ($R = 0{,}57$–$0{,}63$; $R_{0{,}05} = 0{,}55$).

Вегетационный индекс *ARVI* слабо и недостоверно зависит от запаса древостоя, мощности торфа и степени канализации. Включение в расчетную формулу этого индекса значения синего канала существенно не повлияло на его дешифровочные возможности.

Список литературы

1. Пахучий В.В., Пахучая Л.М. Опыт использования вегетационных индексов при комплексных исследованиях на объектах гидролесомелиорации // Вестник Поволжского государственного технологического университета.Серия:Лес.Экология.Природопользование.–2014.– № 1 (21). – С. 33–41.

2. Пахучий В.В., Пахучая Л.М., Шевелев Д.А. Развитие методов ГИС и дистанционных технологий для целей гидролесомелиоративных исследований // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 41. – С. 65–68.

3. Сабо Е.Д., Иванов Ю.Н., Шатилло Д.А. Справочник гидролесомелиоратора / под ред. канд. техн. наук Е.Д. Сабо. – М.: Лесн. Пром-сть, 1981. – 200 с.

4. Шевелев Д.А. Исследование влияния осушения на рост сосны с использованием ГИС и ДДЗ // Сборник материалов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам НИР в 2013 г. / Сыктывкарский лесной институт. – Сыктывкар, 2014. – С. 283–286.

5. Черепанов А.С. Технология выявления медленных изменений в лесах по мультиспектральным космическим снимкам (на примере вымокания лесов) // Геоматика (Geomatics). – 2009. – № 3 (4). – С. 66–75.

УДК 664.8.03

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБИАЛЬНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Першакова Т.В., Купин Г.А., Михайлюта Л.В., Панасенко Е.Ю., Лисовой В.В., Викторова Е.П.

ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», Краснодар, e-mail: 7999997@inbox.ru, kisp@kubannet.ru

Решение проблем, связанных с обеспечением длительного хранения растительного сырья, является одним из стратегических направлений обеспечения продовольственной безопасности страны. Потери растительного сырья и снижение его качества в процессе хранения приводят к экономическому ущербу, являясь при этом потенциальной угрозой для здоровья потребителей. В связи с этим актуальна разработка новых и совершенствование существующих технологий хранения растительного сырья. Цель исследований заключается в выявлении закономерностей влияния обработки корнеплодов столовой свеклы электромагнитными полями крайне низких частот (ЭМП КНЧ) перед закладкой на хранение на фитопатогенную микрофлору, вызывающую микробиальную порчу, снижение качества и пищевой ценности корнеплодов. Объект исследования – свекла столовая сорта Бордо 237. Выявлены закономерности влияния параметров предварительной обработки корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ на гибель микроорганизмов, находящихся на их поверхности. Установлены эффективные параметры обработки корнеплодов свеклы ЭМП КНЧ перед закладкой на хранение, а именно: частота электромагнитного поля, сила тока электромагнитного поля и продолжительность обработки, позволяющие подавить деятельность фитопатогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: растительное сырье, корнеплоды столовой свеклы, электромагнитное поле, крайне низкие частоты, предварительная обработка, микробиальная обсемененность, длительное хранение

STUDY OF THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE CHANGE OF MICROBIAL CONTAMINATION OF VEGETABLE RAW MATERIALS DURING STORAGE

Pershakova T.V., Kupin G.A., Mikhaylyuta L.V., Panasenko E.Yu., Lisovoy V.V., Viktorova E.P.

FSBSI Krasnodar Research Institute of Agricultural Products Storage and Processing, Krasnodar, e-mail: 7999997@inbox.ru, kisp@kubannet.ru

Solving the problems associated with providing long-term storage of plant raw materials, it is one of the strategic directions of the country's food security. Losses of vegetable raw materials and a decrease in its quality during storage leads to economic loss, being a potentially dangerous for consumer health. thereforeitis relevant to develop new and improve existing plant raw material storage technologies. The purpose of research is to identify patterns of influence of the processing of root crops beet electromagnetic fields of extremely low frequency (ELF EMF) before storage on the phytopathogenic microflora, causing microbial spoilage, reducing the quality and nutritional value of roots. object of study – beetroot 237 Bordeaux varieties. disclosed regularities of influence of root crops of beet pretreatment parameters of ELF EMF exposure to the death of microorganisms, which are on their surface. effective parameters of processing of beet root crops ELF EMF before storage, namely, the frequency of the electromagnetic field, strength of the current of the electromagnetic field and the duration of treatment, allowing to suppress the activity of pathogenic microorganisms were set.

Keywords: plant material, beet roots, electromagnetic field, extremely low frequency, pre-treatment, microbial contamination, long-term storage

Решение проблем, связанных с обеспечением длительного хранения растительного сырья, является одним из стратегических направлений обеспечения продовольственной безопасности страны. Потери растительного сырья и снижение его качества в процессе хранения приводят к экономическому ущербу, являясь при этом потенциальной угрозой для здоровья потребителей.

В связи с этим актуальна разработка новых и совершенствование существующих технологий хранения растительного сырья.

Овощи – значимая группа сельскохозяйственной продукции, роль которых в обеспечении питания населения трудно переоценить. Корнеплоды, и в частности свекла столовая, имеют большое значение в питании человека, что объясняется наличием в их составе ряда биологически активных веществ. По данным Федеральной службы государственной статистики, в Российской Федерации за последние пять лет площади, занятые под овощные культуры, увеличились. Площадь посевов свеклы столовой составляет 7,16% от общей посевной площади овощей открытого грунта [7]. На рис. 1 представлена динамика производства свеклы столовой в Российской Федерации в 2010–2014 годах.

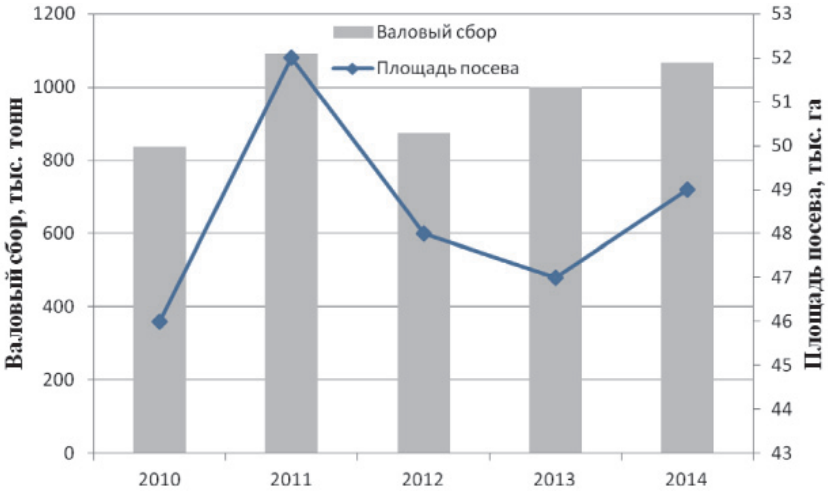


Рис. 1. Производство свеклы столовой в Российской Федерации

Как видно из представленных на рисунке данных, посевная площадь свеклы столовой увеличилась в 2014 году до 49 тыс. га (106% от уровня 2010 года). Валовые сборы свеклы столовой составили 1068 тыс. т (127,5% от уровня 2010 года). В связи с этим представляет интерес разработка технологий длительного хранения свеклы столовой.

Существенное влияние на процессы хранения растительного сырья оказывают микробиологические процессы. На поверхности корнеплодов присутствуют различные микроорганизмы, большая часть которых не участвует в процессах заболеваний и порчи и находится в неактивном состоянии.

В период длительного хранения овощей поражение их микроорганизмами может привести к значительным потерям. Этому способствует нарушение технологических процессов их заготовки, транспортирования и хранения. Низкая кислотность овощей способствует их поражению патогенными микроорганизмами, разрушающее действие которых на поверхностные ткани корнеплодов обусловлено мацерирующим воздействием ферментного комплекса пектолитического, гемицеллюлолитического и, частично, целлюлолитического действия. Вследствие этого микроорганизмы получают возможность преодолевать поверхностные ткани корнеплодов, приобретая, таким образом, доступ к питательному содержимому протоплазмы [1]. Инактивация указанных ферментов, в частности за счет действия электромагнитных излучений, препятствует повреждению тканей, развитию количества колоний микроорганизмов и, как следствие, способствует увеличению сроков хранения.

Учеными ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» разработан способ хранения корнеплодов моркови, предусматривающий их обработку перед закладкой на длительное хранение ЭМП КНЧ, использование которого позволяет увеличить сроки хранения корнеплодов, снизить потери массы и потери биологически активных веществ [5]. Учитывая эффективность обработки корнеплодов моркови ЭМП КНЧ перед закладкой их на хранение, следует исследовать влияние данного вида обработки на процессы, протекающие при хранении корнеплодов свеклы столовой. Однако предварительными исследованиями установлено, что параметры обработки моркови ЭМП КНЧ не достаточно эффективны для обработки столовой свеклы. В связи с этим целью исследования является выявление эффективных параметров обработки корнеплодов столовой свеклы электромагнитными полями крайне низких частот, в максимальной степени позволяющих снизить ее обсемененность.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны корнеплоды столовой свеклы сорта Бордо 237. Подготовку проб для микробиологических исследований осуществляли по ГОСТ 26669-85, определение количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – в соответствии с ГОСТ 10444.15-94, количество дрожжей и плесневых грибов – в соответствии с ГОСТ 10444.12-88 [2, 3]. Для выявления, культивирования и подсчета КМАФАнМ в качестве питательной среды использовали сухой питательный агар; для дрожжей и плесневых грибов – среду Сабуро. Исследования по воздействию электромагнитных полей крайне низких

частот на процент гибели микроорганизмов, находящихся на поверхности корнеплодов столовой свеклы, проводили с использованием экспериментальной установки для обработки электромагнитными полями крайне низких частот (ЭМП КНЧ) [3].

Результаты исследования и их обсуждение

С целью разработки наиболее эффективного способа обработки корнеплодов свеклы столовой перед хранением был проведен анализ основных болезней, являющихся причиной порчи корнеплодов в процессе хранения [4].

Анализ данных, приведенных в табл. 1, позволяет сделать вывод о том, что корнеплоды свеклы столовой и моркови поражаются различными заболеваниями, возбудителями которых являются микроорганизмы, принадлежащие к различным родам и видам. Вероятно, это связано с различиями в видовом составе эпифитной микрофлоры; анатомическом строении; толщине кожицы, химическом составе и содержании веществ (антоцианов, флавонолов), тормозящих развитие микроорганизмов.

Кроме того, клетки исследуемых корнеплодов обладают различной способностью реагировать на воздействие патогенных микроорганизмов, изменяя обмен веществ, фитонцидную активность, скорость ферментативных процессов притекающих с образованием веществ, токсичных для микроорганизмов. В связи с этим на следующем этапе исследований представляло интерес изучение количественного и качественного состава микроорганизмов, находящихся на поверхности исследуемых корнеплодов.

На рис. 2 представлены результаты исследований количества основных видов микроорганизмов (дрожжи и плесени), находящихся на поверхности корнеплодов свеклы и моркови.

Анализ данных, приведенных на рис. 2, позволяет сделать вывод о существенном различии видового состава микрофлоры, находящейся на поверхности исследуемых корнеплодов. На поверхности корнеплодов моркови в большей степени представлены дрожжи. Соотношение количества дрожжевых клеток к количеству плесневых грибов на поверхности моркови составляет – 17,8:1, в то время как на поверхности корнеплодов свеклы количество плесневых грибов превышает количество дрожжевых клеток в 8,9 раза.

В связи с существенной разницей видового состава микрофлоры исследуемых корнеплодов была выдвинута гипотеза о том, что параметры обработки ЭМП КНЧ, выбранные нами ранее для обработки корнеплодов моркови с целью подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов, могут быть не эффективны для обработки свеклы столовой, что было нами подтверждено экспериментальными данными.

Таблица 1

Микроорганизмы, вызывающие заболевания, поражающие корнеплоды свеклы столовой и моркови в процессе хранения

Род и вид микроорганизмов	Заболевание	
	свеклы столовой	моркови
Botrytis cinerea, Fusarium oxysporum, Rhizopus, Phoma betae, Penicillium, Aspergillus	Кагатная гниль	–
Peronospora schachtii	Пероноспороз	–
Phoma betae	Фомоз	Фомоз
Cercospora beticola	Церкоспороз	–
Phoma betae, Pythium debarianum, Rhizoctonia (solani) aserholdii, Fusarium	Корнеед	–
Ramularia beticola	Рамуляриоз	
Whetzelinia sclerotiorum	–	Белая гниль
Erwinia carotovora, Pseudomonas sp.	–	Мокрая гниль, Мучнистая роса
Fusarium	–	Фузариоз
Alternaria radicina	–	Альтернариоз

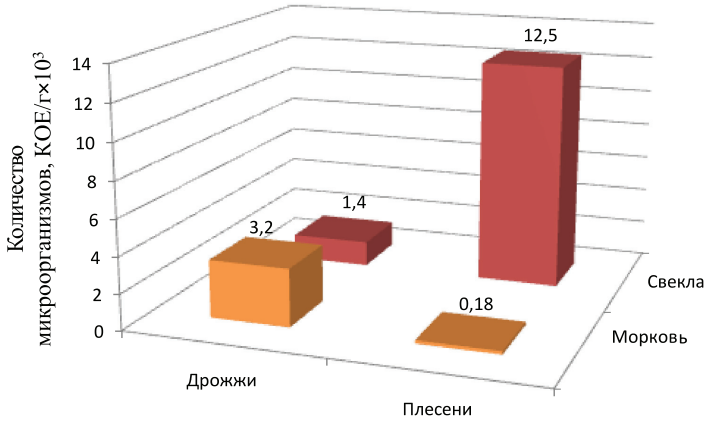


Рис. 2. Количество микроорганизмов на поверхности корнеплодов

В связи с этим на следующем этапе исследования определяли влияние параметров электромагнитной обработки корнеплодов свеклы на микробиальную обсемененность поверхности столовой свеклы. Известно, что наиболее значимыми параметрами электромагнитной обработки являются частота и сила тока электромагнитного поля, а также продолжительность обработки. Кроме этого, многие исследователи в качестве четвертого параметра (фактора) использовали кратность обработки [6].

Учитывая полученные ранее данные, свидетельствующие о том, что увеличение времени обработки свыше 30 минут не приводит к более высокой степени снижения микробной контаминации, было принято решение в качестве переменных факторов при обработке корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ выбрать частоту и силу тока. Частоту ЭМП варьировали в диапазоне от 15 до 35 Гц, а силу тока – в интервале от 5 до 15 А. Продолжительность обработки во всех опытах была постоянной – 30 минут.

Результаты исследований приведены на рис. 2.

Из приведенных на рис. 3 данных можно сделать вывод о том, что при обработке корнеплодов столовой свеклы в ЭМП КНЧ наблюдается тенденция увеличения степени гибели микроорганизмов в зависимости от частоты ЭМП, которая наиболее четко прослеживается в диапазоне частот от 15 до 35 Гц. При этом существенного отличия в показателях, полученных при частотах 15 и 20 Гц и 30 и 35 Гц, не наблюдается. Максимальная степень гибели микрофлоры при каждой из используемых частот наблюдается при силе тока 15 А. Наибольший процент гибели микроорганизмов на поверхности корнеплодов (31,0%) наблюдается при параметрах обработки 30 Гц – 15 А. Дальнейшее увеличение частоты ЭМП на степень гибели микроорганизмов существенного значения не оказывает.

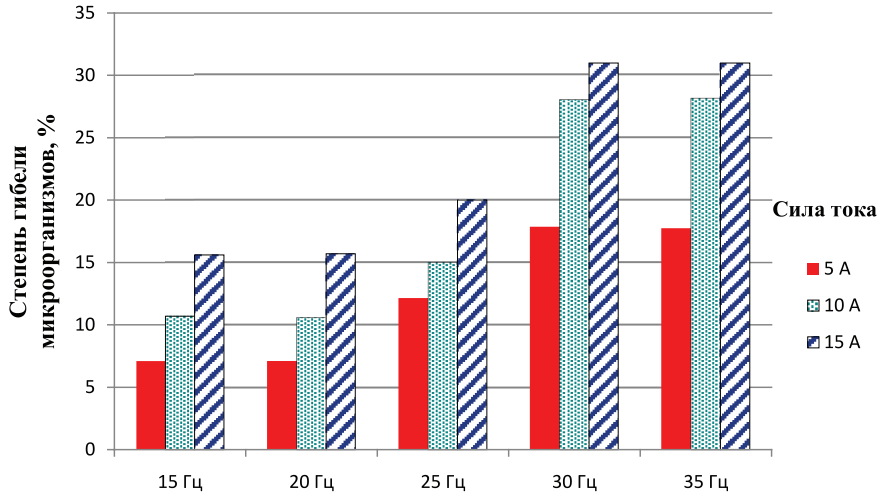


Рис. 3. Влияние обработки столовой свеклы ЭМП КНЧ различных параметров на степень гибели микроорганизмов

Различные группы микроорганизмов, представленные на поверхности корнеплодов свеклы столовой, по-разному реагируют на частоту и силу тока. Одни из них угнетаются при меньших частотах и не реагируют на ЭМП с более высокими частотами, другие микроорганизмы гибнут при воздействии более высоких частот.

Таблица 2

Влияние обработки корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ при силе тока 15 А на КМАФАнМ и процент гибели микроорганизмов

Вариант обработки	Количество МАФАнМ, КОЕ/г	Степень гибели микроорганизмов, %
Контроль (свекла без обработки)	$50{,}0 \cdot 10^5$	–
Обработка 30 Гц в течение 30 минут	$34{,}5 \cdot 10^5$	31,0
Последовательная обработка 15 Гц – 10 мин 25 Гц – 10 мин 30 Гц – 10 мин	$29{,}5 \cdot 10^5$	41,0

В связи с этим была выдвинута гипотеза о том, что варьирование частоты электромагнитного поля при постоянной силе тока в течение установленного ранее оптимального периода времени (30 минут) может обеспечить больший процент гибели микроорганизмов, чем обработка при постоянной частоте. Частоту электромагнитного поля меняли через равные промежутки времени, а именно каждые 10 минут. На основании результатов исследований, приведенных на рис. 3, в качестве рабочих частот выбрали частоты 15; 25 и 30 Гц, а силу тока – 15 А. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Из приведенных в табл. 2 данных можно сделать вывод о том, что последовательная обработка корнеплодов столовой свеклы ЭМП КНЧ с параметрами: 15 Гц – 15 А – 10 минут; 25 Гц – 15 А – 10 минут; 30 Гц – 15 А – 10 минут обеспечивает процент гибели микроорганизмов в большей степени, чем однократная обработка при частоте 30 Гц и силе тока 15 А в течение 30 минут.

Выводы

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Инактивация ферментных комплексов, снижающих устойчивость корнеплодов в процессе хранения, эффективна в результате воздействия действия электромагнитного поля крайне низких частот, препятствующего развитию колоний патогенных микроорганизмов на поверхности корнеплодов.

2. При обработке корнеплодов свеклы столовой ЭМП КНЧ наибольшая степень гибели микроорганизмов наблюдается при силе тока 15 А, при каждой из используемых частот ЭМП (15, 20 , 25, 30, 35 Гц). Наибольший процент гибели микроорганизмов на поверхности корнеплодов (31,0 %) наблюдается при варианте обработки 30 Гц – 15 А. Дальнейшее увеличение частоты ЭМП на степень гибели микроорганизмов существенного значения не оказывает.

3. Максимальный процент гибели микроорганизмов достигается при последовательной обработке корнеплодов свеклы столовой ЭМП КНЧ при следующих параметрах: сила тока 15 А, частота 15 Гц – 10 минут; сила тока 15 А, частота 25 Гц – 10 минут; сила тока 15 А, частота 30 Гц – 10 минут.

Список литературы

1. Блекберн К.де В. Микробиологическая порча пищевых продуктов: пер.англ. – СПб.: профессия, 2008. – 784 с.

2. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных и факультативно анаэробных микроорганизмов. – Введ. 1996-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.

3. ГОСТ 10444.12-88. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов. – Введ. 1990-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.

4. Хессайон Д.Г. Все о болезнях и вредителях растений. – М.: Кладезь-Букс, 2009. – 145 с.

5. Купин Г.А. Исследование влияния электромагнитного поля на изменение микробиальной обсемененности корнеплодов моркови в процессе хранения / Г.А. Купин, Е.П. Викторова, В.Н. Алёшин, Л.В. Михайлюта // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – № 3 (19). – С. 46–50.

6. Пат. 2172096, Россия, МПК A01F25/00, C13C1/00, Способ хранения корнеплодов сахарной свеклы / Барышев М.Г., Касьянов Г.И. и др. заявитель и патентообладатель Барышев М.Г., Касьянов Г.И. – № 2000104935/13; заявл. 28.02.2000; опубл. 20.08.2001.

7. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/ (дата обращения 22.12.15).

УДК 582.47: 630*232.1: 630*165

УСТОЙЧИВЫЙ РОСТ ПОТОМСТВА ЕЛИ ФИНСКОЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХВОИ

Рогозин М.В., Жекина Н.В.

Естественнонаучный институт ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: rog-mikhail@yandex.ru

Изучалось потомство ели финской в возрасте 21–23 года, полученное из семян плюс-деревьев. Потомство выращивали в культурах с разной густотой. Были выбраны 107 из 393 семей в качестве контрастных типов по росту в высоту. Половина из этих семей снижала высоту в густых культурах (семьи-светолюбы), а вторая, наоборот, повышала ее (семьи-конкурентники). В хвое изучалось содержание 12 химических элементов (ХЭ): Ni, Cr, Mn, V, Ti, P, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, Pb. Оказалось, что более активно накапливают ХЭ конкурентные семьи. Общее содержание всех ХЭ у них оказалось в 1,28 раза выше, чем у семей-светолюбов. Влияние суммы концентраций ХЭ хвои на рост семей оказалось разнонаправленным: в редких культурах связь между суммой концентраций ХЭ и ростом семей была отрицательна ($r = -0{,}47 \pm 0{,}10$), тогда как в густых культурах она оказалась положительной ($r = 0{,}51 \pm 0{,}11$). Утверждается, что общее содержание ХЭ хвои обусловлено генетически и при его увеличении высота потомства в редких культурах снижается, а в густых культурах, наоборот, возрастает. Имитационный отбор среди семей по сумме концентраций ХЭ с ориентацией на значение 1,35 г/кг показал увеличение высоты семей в редких культурах до 108,4 ± 2,2 %, а в густых до 107,2 ± 3,1 % от контроля; при этом частота лучших семей повышалась в 1,8–2 раза. Ожидается, что после ответа на вопрос о том, какие элементы маркируют быстрорастущие семьи, и при отсутствии взаимодействий «генотип-возраст» их использование позволит опознавать лучшие семьи уже в возрасте 3–4 года.

Ключевые слова: ель финская, плюсовые деревья, потомство, хвоя, химические элементы

SUSTAINABLE GROWTH OF PROGENY OF FINNISH SPRUCE AND CHEMICAL COMPOSITION NEEDLES

Rogozin M.V., Zhekina N.V.

Natural Sciences Institute of VPO «Perm State National Research University», Perm, e-mail: rog-mikhail@yandex.ru

If progeny studied Finnish aged 21–23 years old, obtained from the seeds of plus trees. Progeny were grown in cultures with different density. 107 of the 393 families were selected as contrast type by growth in height. Half of these families reduce the height in dense cultures (love of light-family), and the second, on the contrary, increase it (competitive family). The needles 12 chemical elements (CE) content examined: Ni, Cr, Mn, V, Ti, P, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, Pb. It turned out that more actively accumulate ME competitive family. The sum of all CE have appeared in 1,28 times higher than that of families, love of light. Influence of the amount of needles on families ME growth was mixed: in rare cultures relationship between the amount of the CE and the growth of households was negative ($r = -0{,}47 \pm 0{,}10$), whereas in dense cultures, it was positive ($r = 0{,}51 \pm 0{,}11$). It is alleged that the amount of needles CE genetically determined and its increase in the height of the progeny rare cultures decreases, and vice versa, increases in dense cultures. Imitation selection among families on the sum of the CE with a focus on the value of 1,35 g/kg showed an increase in height of the families of rare cultures to 108,4 ± 2,2 %. and thick to 107,2 ± 3,1 % of control; The frequency of the best families in increased 1,8–2 times. It is expected that after the answer to the question of what elements mark the fast-growing family, and in the absence of interactions «genotype-age» the use of chemical markers needles allow to identify the best of the family at the age of 3–4 years.

Keywords: Finnish spruce, plus trees, progeny, needles, chemical elements

Для лесных пород актуальна селекция на быстроту и устойчивость роста и важен поиск признаков, связанных с этими показателями. Известны работы, где показаны различия в содержании химических элементов в хвое у клонов сосны обыкновенной; при этом предполагается, что они могут быть связаны с быстротой роста и генетическими отличиями [5]. В работах по ели финской, которая является естественным гибридом ели сибирской и европейской, было обнаружено, что потомства ее популяций с преобладанием признаков ели сибирской накапливают достоверно больше Mn, Ti, P, Cu, Ba, Sr, Pb и при повышении зольности почвы повышают и зольность хвои, в отличие от более «европейских» популяций, которые снижают их [4] и которые имеют повышенную продуктивность потомства [2, 3].

Целью исследования было выяснение влияния химического состава хвои на рост отдельных семей ели финской, выращенных в разных условиях.

Материалы и методы исследования

Изучали потомство ели финской (*Picea×fennica (Regel) Kom.*), полученное из семян от свободного опыления и выращенное в тест-культурах в крупном опыте [2]. Опыт заложен в 1991 г. в Пермском крае,

в кв. 41 Ильинского лесничества. Почва среднесуглинистая, обедненная гумусом в результате сдвига почвы при корчевке (биотоп C_2). В тест-культуры (испытательные культуры, ИК) высажено 22,4 тыс. саженцев по схеме 2,5×1,0 м. Сохранность растений составила 74,7%. Представлены потомства: из 7 естественных популяций от 301 плюсового дерева и из лесных культур (5 участков) от 224 деревьев, в том числе 152 плюсовые и 72 – обычные деревья. Контроль – семена от 30 случайных деревьев от каждой из всех популяций. Посадочный материал выращивали в теплице и в школе. Измерения проведены в 21 год у 16755 растений, в том числе 1435 шт. в контроле.

Потомство этих же деревьев изучали еще на одном участке ИК, заложенном на супеси в биотопе B_2, где посадки создавали трехлетними сеянцами на вырубке по раскорчеванным полосам тремя рядами по схеме 0,7×0,7 м, с расстоянием между полосами 8–20 м. Такая схема мало подходила для опыта, но позволила выяснить реакцию семей на конкуренцию. Этот участок, названный «густые культуры», заложен в кв. 5 Юго-Камского лесничества Оханского лесхоза на площади 8 га. Высажено 16,1 тыс. растений на 1711 делянок, потомством 462 деревьев с тем же контролем. В 2010 г. в 23-летнем возрасте деревья были измерены и проведено осветление культур с вырубкой 15 м^3/га древесины лиственных пород. Культуры сильно затенялись березой и осиной, которые местами превышали высоту ели на 1–5 м. То есть на этом участке ель испытывала не только конкуренцию от растений своего вида, но и сильное угнетение со стороны лиственных пород. Сохранилось всего 34% растений, поэтому оставили семьи, где было по 6 растений и более. Выборка на семью составила в среднем 13 шт. и средняя ошибка высоты оказалась 8,4%. На Ильинском участке измеряли в среднем 29 растений на семью и средняя ошибка высоты была 5,4%. Парные измерения высот оказались для 392 семей и 21 варианта контроля.

В результате анализа этих пар семей, который будет показан ниже, были выделены 106 семей с разной реакцией на густоту выращивания, от которых в тест-культурах выбирали по одному типичному дереву и брали смешанный образец 1, 2 и 3-летней хвои из средней части кроны при объеме срезанных ветвей 1,0–1,5 л. Хвою для химического анализа брали только на участке с «редкими» культурами. Далее проводили атомно-абсорбционный анализ хвои по 30 элементам [1, 6]. Анализ осуществляли на дифракционном спектрографе СТЭ-1 методом испарения из кратера угольного электрода.

Результаты исследования и их обсуждение

В потомстве естественных популяций парные значения высот 216 семей на обоих участках колебались от 72 до 137%, и корреляция между высотой семей в редких и загущенных культурах отсутствовала ($r = 0{,}04$). Такая же корреляция ($r = 0{,}01$) была получена и для 176 семей из популяций культур (рис. 1).

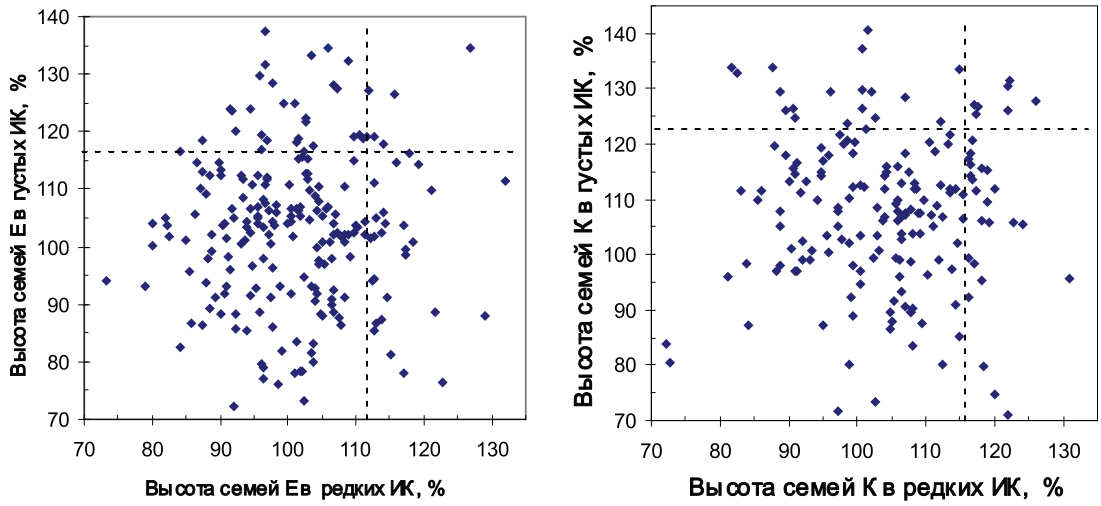


Рис. 1. Поля корреляций между высотами семей в редких и в густых испытательных культурах в потомстве естественных популяций (семьи Е, слева) и в потомстве популяций из культур (семьи К, справа); пунктирные линии отделяют 15% быстрорастущих семей

Изучение химического состава хвои требовало очень больших затрат, поэтому мы выбрали только контрастные семьи. Чтобы как-то их называть, взяли за основу реакцию семьи на густоту выращивания. Именно густота наиболее радикально влияет на развитие древостоев [3]. Поэтому если при увеличении густоты семья снижала высоту, то мы называли ее «семья-светолюб». Если же она ее увеличивала – это была «семья-конкурентник. Был выделен и третий тип – «семьи-универсалы», но провести их анализ мы не могли по финансовым ограничениям. Для оценки стабильности роста был введен показатель «индекс стабильности роста»

(ИСР): отношение высоты семьи в густых ИК к ее высоте в редких. Если ИСР > 1,0 – семья повышает высоту в густых ИК, если меньше 1,0 – снижает ее. Корреляция высот семей с ИСР оказалась слабой ($r = 0{,}14$), а значимых ее связей с морфометрией матерей мы не нашли. При такой ситуации и при отнесении к быстрорастущим около 15 % семей в каждом отдельном испытании семей, которые одинаково хорошо растут и в густых, и в редких культурах, становится почти в 5 раз меньше (рис. 1): всего 5 семей из естественных популяций (2,3 %) и 7 семей из культур (4,0 %) могут быть зачислены в таковые (в среднем 3,2 %). При более интенсивном отборе лучших семей, например 10 %-ном, который на рисунках не показан, их может быть всего лишь 1–2 %.

Далее мы выбрали контрастные по росту семьи. В редких ИК было выбрано 55 семей из естественных популяций и 51 семья из популяций культур, из которых парные высоты в густых ИК оказались для 44 и 47 семей соответственно (рис. 2).

значимое повышение (в 1,39–1,76 раза) отмечено по Ti, Mn и Zn (таблица). Следует отметить, что в сумму концентраций ХЭ наибольший вклад вносят марганец и фосфор и доля их составляет 37–42 % [4]. Поэтому именно марганец повлиял на эту сумму наиболее радикально.

Однако в потомстве культур такого согласованного повышения не наблюдалось. Всего лишь три элемента из 12 увеличили концентрации в семьях-конкурентниках: никель в 1,57, марганец в 1,19 и цирконий – в 1,4 раза. По остальным девяти элементам повышение было недостоверно. По зольности хвои различия между КС и КК были недостоверны, тогда как в потомстве Е повышение зольности хвои у конкурентников в 1,08 раза оказалось достоверным (таблица).

Полученные данные о химическом составе хвои позволяют предполагать существование неких физиологических различий между потомствами этих групп популяций. Семьи-конкурентники из естественных популяций, видимо, формируют

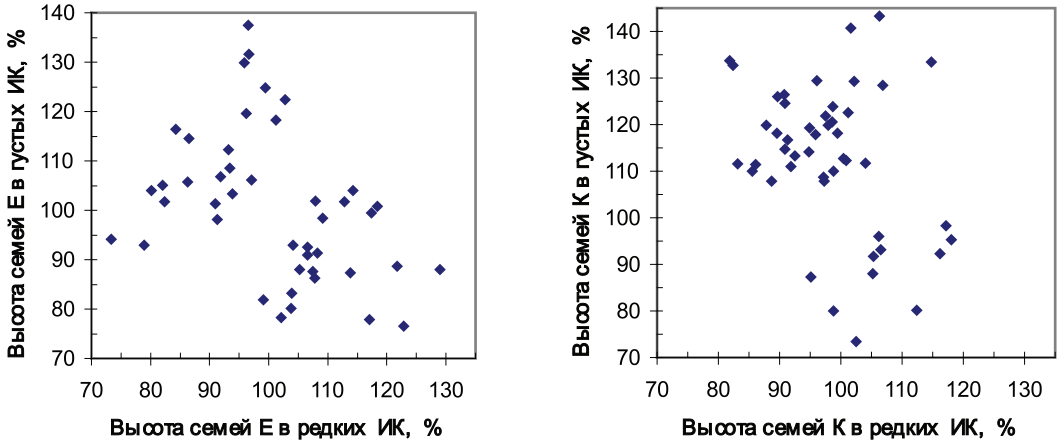


Рис. 2. «Семьи-конкурентники» (кластер точек слева вверху) и «семьи-светолюбы» (точки справа внизу) в потомстве естественных популяций (семьи Е) и в потомстве культур (семьи К)

Далее в редких тест-культурах выбирали по одному типичному дереву от семьи для химического анализа хвои. В результате атомно-абсорбционного анализа хвои полные ряды без нулевых значений были получены по 12 химическим элементам (ХЭ): Ni, Cr, Mn, V, Ti, P, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, Pb. Их сравнение показало, что в потомстве естественных популяций (Е) более активно накапливают ХЭ семьи-конкурентники. Сумма концентраций всех 12 элементов у них оказалась в 1,28 раза выше, чем у семей-светолюбов, и по 8 микроэлементам из 12 повышение было достоверно; особенно

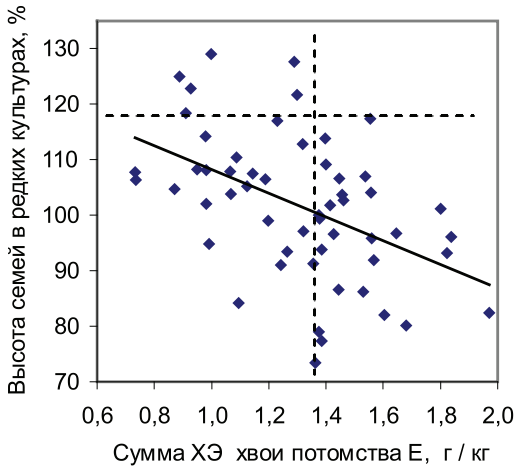
более морозоустойчивую хвою, накапливая в ней в 1,28 раза больше химических элементов и повышая ее зольность в 1,08 раза. В потомствах культур, которые по своей морфологии тяготеют к ели европейской [2], семьи делают это менее активно и по большинству химических элементов их повышения недостоверны.

Далее мы проанализировали влияние суммы концентраций химических элементов хвои на рост семей в разных тест-культурах. Рассмотрим два поля корреляции, поместив их рядом: для случая редких культур слева, а для густых – справа (рис. 3).

Содержание химических элементов в хвое ели финской
с разной реакцией семей на конкуренцию

Статистический показатель	Индекс стабильности роста	Содержание химических элементов в хвое, мг/кг													Зольность, %
		Ni	Cr	Mn	V	Ti	P	Cu	Zn	Pb	Ba	Sr	Zr	Сумма	
Естественные популяции, светолюбы (ЕС), n = 30															
Среднее	0,796	1,53	0,58	376,0	0,58	4,00	526,5	1,32	15,03	0,26	169,1	60,03	1,32	1156	5,82
Стандартное отклонение	0,097	0,682	0,059	189,72	0,059	1,94	67,03	0,446	8,07	0,344	58,04	20,53	0,65	241,0	0,616
Коэффициент вариации, %	12,2	45	10	50	10	48	13	34	54	132	34	34	49	21	11
Естественные популяции, конкурентники (ЕК), n = 25															
Среднее	1,248	1,39	0,63	622,16	0,63	7,05	563,6	1,34	20,84	0,17	181,0	76,26	1,63	1477	6,27
Стандартное отклонение	0,124	0,447	0,083	84,83	0,083	2,34	83,54	0,545	8,35	0,209	72,55	27,31	0,61	231,1	0,827
Коэффициент вариации, %	9,9	32	13	14	13	33	15	41	40	123	40	36	37	16	13
Отношение ЕК/ЕС		0,91	1,08	1,65	1,08	1,76	1,07	1,02	1,39	0,65	1,07	1,27	1,24	1,28	1,08
$t_{эксп}$		–0,90	2,48*	6,27*	2,48*	5,09*	1,76	0,14	2,56*	–1,19	0,65	2,40*	1,79	4,93*	2,20*
Культуры, светолюбы (КС), n = 11															
Среднее	0,826	1,01	0,51	413,3	0,51	5,27	483,3	1,58	15,37	0,36	125,8	54,1	1,17	1102,2	5,1
Стандартное отклонение	0,068	0,23	0,09	134,1	0,09	0,99	80,37	0,47	8,48	0,33	56,03	26,42	0,39	187,6	0,90
Коэффициент вариации, %	8,2	23,2	17,8	32,5	17,8	18,7	16,6	29,7	55,2	92,3	44,5	48,8	33,5	17,0	17,8
Культуры, конкурентники (КК), n = 40															
Среднее	1,267	1,59	0,54	493,3	0,54	5,65	507,0	0,87	15,62	0,21	128,5	52,7	1,64	1208,1	5,4
Стандартное отклонение	0,124	0,61	0,07	127,5	0,07	2,00	73,28	0,59	11,71	0,17	46,55	20,01	0,58	207,5	0,73
Коэффициент вариации, %	9,8	38,3	13,5	25,8	13,5	35,5	14,5	68,1	75,0	78,3	36,2	38,0	35,1	17,2	13,5
Отношение КК/КС		1,57	1,07	1,19	1,07	1,07	1,05	0,55	1,02	0,59	1,02	0,97	1,40	1,10	1,06
$t_{эксп}$		4,80*	1,17	1,77	1,17	0,87	0,88	4,19*	0,08	–1,41	0,15	–0,17	3,12*	1,62	1,01

Примечание. *Е* – естественные популяции, *К* – культуры; * – различие между средними достоверно при $P < 0,05$; *n* – число семей.



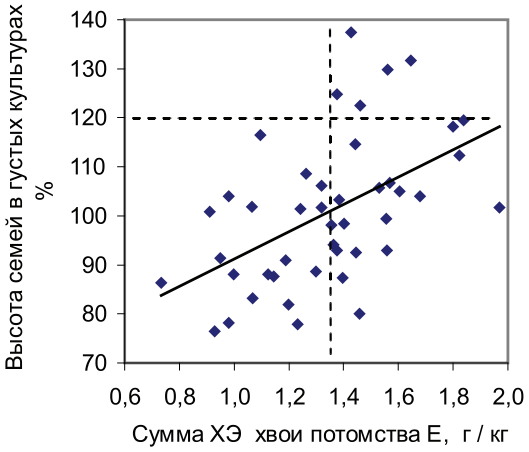


Рис. 3. Влияние суммы концентраций химических элементов в хвое на рост семей в редких и в густых тест-культурах в потомстве естественных популяций

На участке редких культур, где брали образцы хвои, т.е. на левом графике, связь между суммой концентраций ХЭ и ростом семей была отрицательна ($r = -0{,}47 \pm 0{,}10$), тогда как в густых культурах на правом графике (где хвою не изучали) она стала положительной ($r = 0{,}51 \pm 0{,}11$). Так как хвою на анализ из густых культур мы не брали, то объяснить влияние суммы концентраций ХЭ в ней на высоту семей там, где эта хвоя не росла и «не работала», можно только тем, что этот химический показатель както связан с генетическими особенностями семьи и конкретного дерева. Поэтому можно полагать, что сумма концентраций химических элементов хвои ***проявляет себя как некий химический признак*** (хемопризнак) дерева, увеличение которого снижает высоту деревьев в редких культурах и, наоборот, увеличивает ее в густых культурах.

Для оценки возможного практического эффекта использования данного хемопризнака можно имитировать отбор семей по сумме концентраций ХЭ, ориентируясь на значение 1,35 г/кг, и отбирать в редких культурах семьи с малым, а в густых культурах – с большим содержанием суммы концентраций изученных ХЭ в хвое (вертикальная линия на графиках). После этого частота быстрорастущих семей (горизонтальная линия на графиках) составит на левом графике 5/27 = 0,185 и по отношению к исходной их частоте, равной 5/55 = 0,091, новая частота окажется выше в 2,03 раза. На правом графике исходная их частота была 5/44 = 0,114, а новая оказалась 5/24 = 0,208, что выше исходной в 1,82 раза. Отобранные по указанным критериям семьи имеют среднюю высоту в редких культурах 108,4 ± 2,2 % и в густых 107,2 ± 3,1 %. Это неплохой результат с учетом повышения частоты лучших семей в 1,8–2 раза. Если учесть, что для получения образцов хвои потомство можно выращивать всего 3–4 года, то при отсутствии взаимодействий «генотип-возраст» по изучаемым признакам возможна ранняя диагностика нужных семей, что необходимо проверить.

Сумма концентраций ХЭ хвои коррелирует также с индексом стабильности роста ($r = 0{,}60 \pm 0{,}10$). Поэтому если мы отбираем семьи-конкурентники, то их нужно искать среди семей с суммой концентраций ХЭ выше среднего. Но если мы селекционируем семьи-светолюбы, то их следует искать среди семей, накапливающих химические элементы на низком уровне. Химические показатели хвои влияют на рост потомства более сильно, чем морфометрические показатели – высота и сбег ствола, масса семени и шишек; ранее в результате использования последних нам удалось повысить число лучших семей в 1,4–1,7 раза и высоту потомства лишь на 3,0 % [3].

Дальнейшие исследования должны дать ответы на три вопроса:

а) насколько устойчивы во времени различия между семьями по составу химических элементов;

б) в каком возрасте семей хвоя приобретает отмеченные выше отличия;

в) какие химические элементы маркируют быстрорастущие семьи.

Выводы

1. Частота быстрорастущих семей (15 % семей в каждом испытании), устойчиво растущих и в густых, и в редких культурах, оказывается 3,2 %. Поэтому для отбора 50 матерей для сорта-популяции нужно испытать не менее 1,6 тыс. потомств в разных условиях. В связи с этим на первом этапе селекции усилия следует направить на сорта для выращивания, например, только на плантациях с редким размещением деревьев.

2. Данные о химическом составе хвои показали, что семьи-конкурентники из естественных популяций ели финской с большей долей форм, близких к ели сибирской, накапливают в хвое в 1,28 раза больше химических элементов с повышением ее зольности в 1,08 раза. По-видимому, это связано с их большей морозоустойчивостью. В потомствах культур, которые по морфологическим признакам уклоняются в сторону ели европейской, семьи делают это менее активно и повышение их концентраций недостоверно. Это позволяет рассматривать химический состав хвои как отражение физиологических и генетических отличий между изученными группами популяций.

3. Влияние суммы концентраций химических элементов хвои на рост семей в редких и густых тест-культурах оказалось разнонаправленным. В редких культурах, где брали образцы хвои, связь между суммой концентраций химических элементов и ростом семей была отрицательна ($r = -0{,}47 \pm 0{,}10$), тогда

как в густых культурах, *где хвою не изучали*, она оказалась положительной ($r = 0,51 \pm 0,11$). В связи с этим можно полагать, что сумма концентраций химических элементов хвои обусловлена генетически и при ее увеличении высота потомства в редких культурах снижается, а в густых культурах, наоборот, возрастает.

4. Имитация отбора семей по сумме концентраций химических элементов с ориентацией на значение 1,35 г/кг показала увеличение высоты семей в редких культурах до 108,4 ± 2,2 % и в густых до 107,2 ± 3,1 % от контроля, с повышением частоты лучших семей в 1,8–2 раза.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке задания 2014/153 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части госзадания Минобрнауки России, проект 144 № ГР 01201461915.

Список литературы

1. Методы анализа минерального вещества, применяющиеся в центральной лаборатории ПО «Уралгеология». – Свердловск: ПО «Уралгеология», 1989. – 81 с.

2. Рогозин М.В. Изменение параметров ценопопуляций Pinus sylvestris L. и Picea×fennica (Regel) Kom. в онтогенезе при искусственном и естественном отборе: Автореф. дисс. д-ра биол. наук. – Пермь: ПГНИУ, 2013. – 47 с.

3. Рогозин М.В., Разин Г.С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы [Электронный ресурс]: монография / под ред. М.В. Рогозина. – Пермь: ПГНИУ, 2015. – 277 с. (11 Мб). URL: http://elibrary.ru/item.asp?id = 24420793 (дата обращения: 25.11.15).

4. Рогозин М.В., Жекина Н.В., Комаров С.С., Кувшинская Л.В. Химические элементы хвои в потомстве культур и естественных популяций ели финской // Вестник Пермского университета. Серия «Биология». – 2014. – № 3. – С. 44–50.

5. Тараканов В.В., Милютин Л.И., Куценогий К.П., Ковальская Г.А., Игнатьев Л.А., Самсонова А.Е.. Элементный состав хвои в разных клонах сосны обыкновенной // Лесоведение. – 2007. – № 1. – С. 28–35.

6. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983. – 144 с.

УДК 631.6

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОК КАНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОАРМЕЙСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

[1]Сафронова Т.И., [1]Ананьева А.Е., [2]Степанов В.И.

[1]ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, e-mail: saf55555@yandex.ru;

[2]Алтайский экономико-юридический институт, Барнаул, e-mail: institut@aeli.altai.ru

В статье приведены данные по орошаемому массиву Красноармейского района Краснодарского края. Срок эксплуатации оросительных систем в этом районе 40–60 лет и более. КПД каналов 0,65–0,84. По этим данным можно судить о низком техническом уровне магистральных и распределительных каналов оросительных систем. Фильтрационные потери из каналов в значительной степени определяют негативные изменения мелиоративно-гидрологической обстановки (подтопление земель, загрязнение грунтовых вод). Такая ситуация объясняется большой протяженностью каналов в земляном русле и низким качеством противофильтрационного покрытия русла канала. Эффективность использования воды, забираемой рисовой оросительной системой из естественных источников на нужды орошения, невелика. Фильтрация и сбросы воды из сети каналов и на полях приводят к усилению отрицательного воздействия на природную среду. Поэтому в работе обоснована противофильтрационная эффективность конструкций облицовок с применением бетонопленочного покрытия и покрытия с применением железобетонных плит.

Ключевые слова: оросительная система, каналы, фильтрационные потери, конструкции облицовок

RATIONALE FOR THE CONSTRUCTION OF IMPERVIOUS COVERINGS OF CHANNELS ON THE EXAMPLE OF KRASNOARMEYSK DISTRICT OF KRASNODAR REGION

[1]Safronova T.I., [1]Ananeva A.E., [2]Stepanov V.I.

[1]Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: saf55555@yandex.ru;

[2]Altai Economics and Law Institute, Barnaul, e-mail: institut@aeli.altai.ru

The article presents data of irrigated areas Krasnoarmeysk district of Krasnodar region. The term of operation of irrigation systems in the area of 40–60 years or more. channel efficiency 0,65–0,84. These data can be judged a low technical level of the main distribution channels and irrigation systems. Filtration loss of the channels is largely determined by the negative changes reclamation-hydrological conditions (flooding of land, groundwater contamination). This situation is explained by the great length of the channel in earthen channel and the low quality of impervious cover the channel bed. Water use efficiency, picking up rice irrigation system from natural sources for irrigation. Filtering and discharge of water from network of canals and on fields lead to increased negative impacts on the natural environment. In this paper we proved the effectiveness of impervious structures using concrete facing of the film coating and the coating with the use of reinforced concrete slabs.

Keywords: irrigation system, canals, seepage losses, facing construction

На сегодняшний день в Краснодарском крае площадь орошаемого фонда земель составляет 390,8 тыс. га. Массив «Правобережье» располагается на территории Красноармейского и Калининского районов и включает в себя три оросительные системы: Кубанскую, Марьяно-Чебургольскую и Пануро-Калининскую. Общая площадь оросительной системы в пределах Красноармейского района – 84354 га (21,6% от общего числа орошаемых земель края). В состав мелиоративного комплекса района входит сеть оросительных и сбросных каналов общей протяженностью 7905 км, в т.ч. межхозяйственных – 577 км [5].

Подача воды на Кубанскую оросительную систему осуществляется с верхнего бьефа Федоровского гидроузла. Водозабор на Марьяно-Чебургольскую оросительную систему осуществляется из р. Кубани в подпоре Федоровского гидроузла по каналу Р-2. Пануро-Калининская оросительная система осуществляет водозабор из магистрального канала через гидроузел № 3 [5]. Таким образом, подача воды на систему осуществляется по магистральному каналу, где на конкретные участки вода подается посредством распределительных каналов различного порядка. Красноармейский филиал начал свою работу в 1931 году. Так как срок эксплуатации оросительных систем 40–60 лет и более, необходимо оценить эксплуатационную надежность и гидравлическую эффективность каналов по их состоянию на сегодняшний день.

Важным фактором воздействия на окружающую среду являются фильтрационные потери из магистральных и распределительных каналов. Величина этих потерь в значительной степени определяет негативные изменения мелиоративно-гидрогеологической обстановки (подтопление земель, загрязнение грунтовых вод) [3].

Эффективность использования воды, забираемой рисовой оросительной системой из естественных источников на нужды орошения, невелика. Существующие виды потери воды можно разделить на три группы [6].

1. Технологически неизбежные потери (испарение из каналов, на полях, а также транспирация).

2. Технические потери, устранимые совершенствованием систем орошения.

3. Потери 3-й группы вызываются недостатками управления режимом орошения и водораспределения на сети. Большие потери могут возникнуть из-за превышения водозабора в оросительную систему по сравнению с текущей потребностью в поливной воде. Избыток в лучшем случае возвращается в оросительную сеть или накапливается в регулирующих емкостях. А в некоторых случаях лишняя вода может стекать в замкнутые понижения местности, питая грунтовые воды и т.п. Большие потери происходят также в межхозяйственных каналах [6].

Такие потери воды в сочетании с техническими потерями могут превышать 50% от водозабора. При этом энергоресурсы и человеческий труд, затраченные на водоподъем, водоподачу и проведение поливов, расходуются неэффективно. Кроме того, фильтрация и сбросы воды из сети каналов и на полях приводят к усилению отрицательного воздействия на природную среду.

К 1990 г. в дельте р. Кубань практически закончилось мелиоративное и водохозяйственное строительство. В предшествующий период развитие мелиорации традиционно было направлено на увеличение объема располагаемых водных и земельных ресурсов с целью расширения производства сельскохозяйственной продукции. Ограниченность природных ресурсов во внимание не принималась, вследствие чего резко возросли затраты водных ресурсов на единицу продукции и существенно ухудшилась почвенно-мелиоративная и экологическая обстановка. Выполненные к 1990 г. работы по реконструкции оросительных систем и совершенствованию техники полива, хотя и дали некоторый результат, но в целом не изменили общей направленности развития геосистемы [6].

Активное развитие рисоводческой деятельности в Краснодарском крае сопровождалось подтоплением земель и ухудшением их мелиоративного состояния. Урожайность основных выращиваемых сельскохозяйственных культур, в том числе и риса, снизилась.

Появились заброшенные и неиспользуемые по причине засоления и подтопления земли, на не поливаемых из-за недостатка воды рисовых системах наблюдается процесс засоления. Территория дельты р. Кубань, согласно эколого-ландшафтному зонированию, по комплексной экологической оценке на сегодня является кризисной, в степени от слабой до сильной с прогнозным ухудшением экологической обстановки и с повышенной вероятностью подтопления [6].

КПД каналов рисовой оросительной системы в Красноармейском районе колеблется между 0,65–0,84, в среднем этот показатель за многолетний период составляет 0,76. Нормативное значение КПД магистральных и распределительных каналов должно составлять не менее 0,90–0,93 (СНиП 2.06.03-85). Согласно полученным данным можно судить о низком техническом уровне магистральных и распределительных каналов оросительных систем. Данная ситуация складывается из-за большой протяженности каналов в земляном русле и плохого противофильтрационного покрытия русла канала.

Необходимо рассмотреть и подобрать возможные варианты противофильтрационных мероприятий.

Для уменьшения фильтрационных потерь в каналах рекомендуется:

1) искусственный кольматаж (в поток вводятся глинистые или илистые частицы);

2) искусственное уплотнение грунтов путем укатки или трамбовки;

3) осолонение грунта (поливка предварительно разрыхленной поверхности откосов и дна канала раствором хлористого натрия (3–5 кг/м^2) и отсыпкой из песка в несколько сантиметров). При этом потери на фильтрацию снижаются примерно в 10 раз;

4) искусственное оглеение грунта, т.е. создание условий для образования так называемого глея – слоя почвы, формирующегося в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий. Органические вещества вносятся в виде соломы, камыша, которые укладываются на откосы и дно канала под слой грунта. В результате образуются газы, растворимые вещества, спирты, кислоты. Водонепроницаемый слой увеличивается

в течение нескольких лет в 4–5 раз. Коэффициент фильтрации снижается в десятки и сотни раз. В южных районах процесс оглеения происходит наиболее полно и быстро;

5) нефтевание ложа канала (на 1 м^2 поверхности канала расходуется 4–5 кг нефти и 5–8 кг известкового молока).

Эффективным, хотя и дорогостоящим мероприятием в борьбе с подтоплением и вторичным засолением земель является применение средств противофильтрационной защиты на оросительных системах – облицовка каналов, сокращающая потери воды, а также предохраняющая их от возможных деформаций в процессе эксплуатации [6].

Противофильтрационные мероприятия позволяют получить уменьшение потерь на фильтрацию и повышение коэффициента полезного действия канала, а также позволяют предотвратить подтопление и засоление прилегающих к каналу территорий. Как следствие, получаем: улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и качества воды, транспортируемой по каналам; повышение эксплуатационной надежности и гидравлической эффективности каналов [1].

Применение противофильтрационных облицовок рекомендуется в том случае, когда ожидаемые фильтрационные потери больше допустимых ($q_{доп}$) и фильтрация из каналов ($Q_ф$) сопровождается подъемом уровня грунтовых вод ($h_{кр}$), вызывающим подтопление и засоление орошаемых земель (Dh). При условии $q_{доп} < 11{,}6Q_ф$; $h_{кр} > Dh$ [1].

Допустимые потери воды определяют по формуле [1]

$$q_{доп} = \frac{Q(1-\eta)}{\eta}, \qquad (1)$$

где Q – расход воды, транспортируемой по каналу на расстояние 1 км без потерь, л/с; η – КПД канала в соответствии с СНиП.

Рассмотрим распределительный канал Р-2 в земляном русле. Получаем

$$q_{доп} = \frac{2{,}7\,(1-0{,}93)}{0{,}93} = 0{,}20;$$

$Q_ф$ – (фильтрация из каналов) составляет 0,23, т.е. неравенство $q_{доп} < 11{,}6Q_ф$ в данном случае полностью выполняется [1].

В расчетах использовали «Методику обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов», предложенную А.Г. Алимовым [1]. Для канала Р-2 рекомендуем бетонопленочное покрытие. Данное покрытие является необходимым на деформируемых грунтах с неравномерными деформациями до 5 см, скорости течения потока в канале = 0,5…10 м/с [1].

Необходимо оценить эффективность данного покрытия по коэффициенту $\eta'_э$:

$$\eta'_э = \frac{Q_{бп}}{Q_ф}, \qquad (2)$$

где $Q_{бп}$, $Q_ф$ – фильтрационные потери из канала соответственно с бетонопленочной облицовкой и из необлицованного канала.

$$\eta'_э = \frac{0{,}0003}{0{,}23} = 0{,}001.$$

Коэффициент эффективности не должен превышать $\eta'_э = 0{,}1...0{,}2$. В противном случае данный тип облицовки не рекомендуется и, следовательно, чем меньше данный коэффициент – тем выше эффективность облицовки.

Для распределительного канала Р-22 получаем

$$q_{доп} = \frac{0{,}87\,(1-0{,}93)}{0{,}93} = 0{,}0065.$$

Следуя предложенной методике для канала Р-22 – в качестве противофильтрационных мероприятий рекомендуем сборную облицовку из железобетонных плит. Она подходит также для деформируемых грунтов с неравномерными деформациями до 5 см и более, но скорости течения потока в канале = 0,5… 5 м/с [1].

Оценим эффективность данного покрытия по коэффициенту $\eta'_э$:

$$\eta'_э = \frac{Q_б}{Q_ф}, \qquad (3)$$

где $Q_б$ – фильтрационные потери из канала с бетонной облицовкой при нарушениях бетона; $Q_ф$ – из земляного необлицованного канала.

$$\eta'_э = \frac{0{,}0007}{0{,}23} = 0{,}003.$$

Следовательно, предложенные виды противофильтрационных мероприятий будут в данном случае высокоэффективными.

На основании приведенных расчетов видно, что коэффициент полезного действия системы или отдельного какого-то канала оказывается ниже предусмотренного СНиП. Тогда предложения о проведении противофильтрационных мероприятий являются обоснованными и необходимыми для проведения.

Методика обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов А.Г. Алимова [1].

Характеристика основания	Тип облицовки	Условия (требования) эксплуатации канала	Конструктивные мероприятия по повышению надежности облицовок каналов
Недеформируемые грунты	Сборная из железобетонных плит	Скорость движения воды в канале $V = 0,5…5$ м/с	Омоноличивание железобетонных плит в крупные карты и заполнение деформационных швов с высокими деформативными свойствами (полимерные и битумно-полимерные мастики)
Деформируемые грунты с неравномерными деформациями до 5 см	-»-	$V = 0,5…10$ м/с	Бетонопленочные покрытия

Обычно для борьбы с фильтрацией из каналов используются конструктивные, механические и физико-химические методы. К конструктивным методам относятся противофильтрационные облицовки (бетонные, асфальтовые, глиняные); водонепроницаемые экраны из полимерных пленок, глин и суглинков, бентонитовых глин. К механическим методам относятся кольматация и уплотнение грунта. Физико-химические методы – нефтевание, солонцевание, оглеение и т.п [2].

Монолитные ложа каналов выполняют из гидротехнического бетона на гидрофобном пластифицированном портландцементе марки не ниже 400. Толщина монолитной облицовки составляет 0,1…0,25 м [2]. Монолитная облицовка для ложа канала может ограниченно применяться из-за деформации грунта по ложу канала, если производить укладку на деформируемых грунтах – в процессе эксплуатации канала может возникнуть растрескивание облицовки.

Также возможна установка облицовки канала из полимерных пленок толщиной 0,2…0,4 мм. При установке пленочного экрана необходимо предусмотреть защитный слой – им может быть грунт, который укладывают по верху пленки. Такие покрытия снижают фильтрационные потери на 96–98 %. Асфальтобетонные покрытия – снижают фильтрационные потери лишь на 36 %. Такие экраны обычно применяют на просадочных и набухающих основаниях каналов [2]. При просадке основания ложа канала до 30–40 см вероятность разрыва пленочного покрытия минимальна или даже не наблюдается.

Полимерные экраны имеют высокую прочность при растяжении, высокую гибкость и водонепроницаемость, а также химическую и биологическую стойкость. Для противофильтрационной защиты ложа канала наиболее распространены полиэтиленовые пленки; применяются также поливинилхлоридные и пленки из сополимера этилена с пропиленом. Долговечность экранов из полиэтиленовой пленки составляет более 40 лет. К недостаткам, ограничивающим применение полимерных экранов для ложа водохранилищ, относятся высокая стоимость пленки, ее повреждаемость, сползание водонасыщенного грунта по поверхности пленки и ряд других проблем [2].

Выводы

Площади посева риса за последние 15 лет снизились более чем в 2 раза, а потребление воды изменилось незначительно. Необходимость поддержания заданных горизонтов воды на рисовых системах зачастую вступает в противоречие с требованиями экономии оросительной воды. В условиях ухудшения технического состояния гидротехнических сооружений сбросных и оросительных каналов, плохого состояния водоучета это приводит к большим непроизводительным потерям.

Переувлажнение почв (естественное или антропогенное) наступает при влажности выше предельной полевой влагоемкости. Почва переходит в пластичное или текучее состояние. Меняются ее геологические, текстурные и другие параметры.

Из-за низкой фильтрации почв рисовой оросительной системы происходит подтопление прилегающих территорий. Подтопление земель особенно опасно в низовьях р. Кубань (пойменные земли), где грунтовые воды сильно минерализованы.

Нами проанализированы ранее проведенные исследования в области противофильтрационных конструкций. Получены расчетные зависимости для оценки водопроницаемости бетонопленочных облицовок и грунтопленочных экранов различными методами.

Противофильтрационные мероприятия были выбраны и обоснованы по методике, предложенной А.Г. Алимовым «Методика обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов». Основываясь на методических указаниях и расчетном обосновании, была доказана высокая надежность и противофильтрационная эффективность конструкций облицовок с применением бетонопленочного покрытия и покрытия с применением железобетонных плит.

Список литературы

1. Алимов А.Г. Методика обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов // Вестник РАСХН. – 2009. – № 3.

2. Белов В.А. Полимерные противофильтрационные устройства малых водоемов в сложных инженерно-геологических условиях: диссертация кандидата технических наук. – Новочеркасск. 1984. – 270 с.

3. Водопользование на рисовых гидромелиоративных системах нижней Кубани: монография / Ю.А. Свистунов, А.Ю. Галкин, А.Ю. Свистунов, С.Н. Якуба. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 295 с.

4. Косиченко Ю.М. Состояние и пути повышения технического уровня оросительных систем на юге России / Ю.М. Косиченко, Г.А. Сенчуков, А.С. Капустян // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2011. – № 4(04).

5. Мелиорации служить призваны. – Краснодар: Соната-принт, 2010. – 160 с.

6. Сафронова Т.И. Предупреждение потерь воды на каналах рисовых оросительных систем / Т.И. Сафронова, Г.В. Дегтярев // Научный электронный журнал КубГАУ. – 2006. – № 02(18).

УДК 631.1.016: 338.436.3

РОЛЬ ЛИЧНОГО ПОДСОБНОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛИТИКИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Абдусаламова Р.М.

Научно-исследовательский институт управления, экономики, политики и социологии, Дагестанский государственный университет народного хозяйства, Махачкала, e-mail: raha77@mail.ru

В статье проанализирована возможность активизации сельскохозяйственного производства в Республике Дагестан в рамках реализации политики импортозамещения и степень готовности личных подсобных хозяйств к обеспечению продовольственной безопасности региона. Исследован потенциал личных подсобных хозяйств населения в контексте решения продовольственной проблемы региона, выявлены их сильные и слабые стороны и определены возможные пути улучшения их функционирования как важных хозяйственных единиц. Для того чтобы хозяйства населения перешли к стратегии развития, предлагается способствовать созданию снабженческих, сбытовых, кредитных и других кооперативов, основной целью которых может выступать расширение и улучшение интеграционных связей подсобных хозяйств с крупнотоварным производством, сельскохозяйственными и другими предприятиями агропромышленного комплекса. Обосновывается необходимость государственной поддержки малого предпринимательства на селе.

Ключевые слова: импортозамещение, личные подсобные хозяйства, аграрная сфера, сельское хозяйство

ROLE OF PERSONAL SUBSIDIARY FARM IN REALIZATION OF POLICY OF FOOD IMPORT SUBSTITUTION

Abdusalamova R.M.

Scientifically research institute of management, economy, policy and sociology of the Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, e-mail: raha77@mail.ru

The article analyzes the possibility of revitalization agricultural production in the Republic of Dagestan in the framework of the policy of import substitution and the degree of readiness of private farms to ensure food security in the region. Explore the potential of personal subsidiary farms of the population in the context of solving the food problems of the region, identified their strengths and weaknesses and identify ways to improve their functioning as an important economic units. To the economy of the population moved to the development strategy, it is proposed to promote the creation of procurement, marketing, credit and other cooperatives whose main purpose is to perform the expansion and improvement of integration ties with farms of large-scale production, agricultural and other enterprises of the agro-industrial complex. The necessity of state support of small business in rural areas.

Keywords: import substitution, subsidiary small-holdings, agricultural area, agriculture

В начале 2014 года разразился кризис в международных отношениях, связанный с событиями вокруг Украины. После введения запрета на ввоз зарубежного продовольствия в Россию в стране заговорили о подъеме собственного производства в сельском хозяйстве. Наиболее остро стоит проблема с замещением продовольственных товаров, ввозимых из за границы, в частности по таким отраслям, как производство мяса, молочной продукции, овощей закрытого грунта и плодов.

Целью исследования является определение мер по развитию личных подсобных хозяйств в регионе для повышения продовольственной безопасности и реализации трудового потенциала сельской местности.

Теоретико-методической основой исследования послужили достижения научной мысли отечественных и зарубежных ученых в области устойчивого развития сельских территорий и развития малых форм хозяйствования производителей сельскохозяйственной продукции, а также работы отечественных экономистов, демографов, географов.

Поставленные в исследовании задачи определили необходимость использования соответствующего инструментария, в том числе методов научного познания, включающих методы анализа, синтеза, агрегирования, наблюдения, сравнения. Одновременно широкое применение нашли специальные методы статистического и демографического анализа (непосредственной оценки, простого ранжирования и моделирования). Они обеспечили обоснованность научных результатов, подтвержденных объективностью первичного материала и предпосылок, логикой проведенного исследования.

Исходными данными для анализа явились показатели производства сельхозпродукции малых форм хозяйствования, характеристики рынка труда и демографической ситуации в регионе, предоставленные

территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Республике Дагестан (Дагестанстат).

Результаты

Дагестан относится к числу регионов России, демонстрирующих динамичное развитие агропромышленного комплекса, который в 2014 г. усиленно работал в рамках реализации мероприятий Государственной программы Республики Дагестан «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2014–2020 годы» и приоритетного проекта развития Республики Дагестан «Эффективный агропромышленный комплекс», направленного на создание конкурентоспособной сырьевой базы для перерабатывающей промышленности, ускорение процесса модернизации мощностей предприятий, обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства.

Личное подсобное хозяйство относится к одной из гибких и в то же время динамично развивающихся форм организации производства в агропромышленном комплексе, которое становится основным поставщиком продуктов питания для населения, проживающего в сельской местности, и активным субъектом производственного рынка [13, с. 97]. В рамках реализации ведомственной целевой программы «Развитие семейных животноводческих ферм на базе крестьянских (фермерских) хозяйств на 2012–2014 годы» в настоящее время поддержку в виде государственных грантов получили 17 семейных фермерских хозяйств.

В 2014 году ОАО «Россельхозбанк» выданы кредитные средства на общую сумму 570,5 млн руб., в том числе краткосрочных кредитов на сумму 88,8 млн руб., инвестиционных – 137,3 млн руб., на развитие малых форм хозяйствования – 344,4 млн руб., (в том числе 305 личным подсобным хозяйствам на сумму 119,0 млн руб. и 50 крестьянским (фермерским) хозяйствам – на 225,4 млн рублей). Профинансировано из федерального бюджета на субсидирование части затрат на выплату процентов по кредитам, взятым малыми формами хозяйствования в сумме 133,6 млн руб., из республиканского бюджета РД – 7,0 млн рублей. Количество сельхозпредприятий предварительно составило 900, крестьянских (фермерских) хозяйств – 18,1 тыс., личных подсобных хозяйств – 424,0 тыс. [9, с. 186].

После значительного сокращения числа сельскохозяйственных предприятий, личные подсобные хозяйства стали доминирующим сектором аграрной экономики Республики Дагестан. В результате сокращения сельскохозяйственного производства в период социально-экономических реформ в 1990-е годы увеличился рост безработицы, как скрытой, так и зарегистрированной, становясь одной из наиболее острых проблем в сельских территориях [1, с. 333]. Официальный уровень безработицы в сельской местности ниже среднего уровня по стране. В то же время многие исследователи отмечают, что жители сел не регистрируются как безработные. На самом деле, реальное значение уровня безработицы намного превышает официальные показатели [2, с. 72; 12, с. 59].

Реальный уровень безработицы в Дагестане, рассчитываемый по методике Международной организации труда (МОТ), почти в четыре раза выше официального. По данным Территориального органа по статистике Республика Дагестан находится в первой десятке регионов России (8-е место), лидирующих по числу безработных. Количество экономически активного населения в Дагестане составило в настоящее время 1316,7 тыс. человек, из них занято 1130,4 тыс. человек. Таким образом, численность безработных в регионе превышает 186,2 тыс. человек [9, с. 263].

Развитие личного подсобного хозяйства в данном случае приспособительная реакция, основа переориентации социальной жизни на воспроизводство натурализованного домохозяйства, обеспечивающего минимальный приемлемый уровень жизни [10, с. 13]. Поведение отдельных домохозяйств можно охарактеризовать как ориентацию на выживание, а не на развитие. Тем самым занятость в личных подсобных хозяйствах позволяет смягчить трудности реформ, и возможно, вернуть необходимые полноценные и квалифицированные кадры села в функционирующее производство [6, с. 69].

Важнейшим условием и фактором эффективного развития сельского хозяйства являются земельные ресурсы. В процессе реформ определенная часть сельхозугодий отошла под вновь организованные акционерные общества, малые сельскохозяйственные предприятия, крестьянские (фермерские) хозяйства, агрофирмы, разные концерны и др. Однако значительная часть земли остается в собственности сельхозорганизаций. Следовательно, основным производителем сельскохозяйственной продукции являются личные хозяйства населения

и крестьянские (фермерские) хозяйства, а основным держателем земли – сельскохозяйственные предприятия, что свидетельствует о сравнительно высокой эффективности частного землевладения (табл. 1). Следовательно, форма собственности на землю является важнейшим фактором, определяющим эффективность использования земли. В этом плане правомерно поднять вопрос о частной собственности на землю, как во всех развитых странах мира.

аграрной сферы. Преобладающая часть (около 80 %) сельскохозяйственной продукции производится в хозяйствах населения республики малых форм организации, а более 13 % производится в крестьянско-фермерских хозяйствах. Доля субъектов индивидуального предпринимательства преобладает в производстве основных видов сельскохозяйственной продукции (табл. 2). Следовательно, сложившиеся объемы сельскохозяйственного производства в республике являются результатом

Таблица 1

Результативность использования сельхозугодий по категориям хозяйств в Республике Дагестан [9]

Категории землевладельцев	Площадь сельхозугодий		Объем продукции сельского хозяйства	
	млн га	%	млн руб.	%
Сельхозорганизации	2577,8	83,9	7191,0	11,0
Крестьянские (фермерские) хозяйства	493,5	16,1	8473,5	13,1
Личные подсобные хозяйства	0,1	–	49231,5	75,9
Всего	3071,4	100,0	64896,0	100,0

Вместе с тем отсутствие эффективного экономического и организационно-правового механизма регулирования земельных отношений с учетом традиций, национальных особенностей республики, природно-климатических условий, природной вертикальной зональности, не позволяет реализовать преимущества рыночной экономки [3, с. 18]. По этой причине лишь 2–4 % опрошенного сельского населения одобряют реформу земельных отношений в республике [8, с. 15]. На наш взгляд, земельная политика должна быть направлена не только на изменение форм земельной собственности, но и ориентирована на активизацию факторов, обеспечивающих рост урожайности и повышение эффективности использования земельных ресурсов.

Личные подсобные хозяйства производят около 80 % валовой продукции сельского хозяйства, 86,8 % овощей, 92,5 % картофеля, 88,1 % плодов, 82,4 % мяса, 83 % молока от общего объема основных видов сельскохозяйственной продукции. По данным на 2014 г. в сельскохозяйственных предприятиях региона, обладающих достаточно большим производственным потенциалом, чем личные подсобные и фермерские хозяйства, производится 11,0 % валовой продукции

деятельности личных хозяйств населения, осуществляемой на свой риск и практически без государственных (бюджетных), банковских и иных внешних заимствований.

Заключение

Для того чтобы жители села вышли на новый уровень, перешли от «стратегии выживания» к стратегии развития, необходим переход от трудоинтенсивности к капиталоинтенсивности. Развитию малых форм хозяйствования, в том числе личных подсобных, могут способствовать такие формы их поддержки, как организация и развитие снабженческих, сбытовых, кредитных и других кооперативов, одним из основных направлений среди которых может быть расширение и улучшение интеграционных связей подсобных хозяйств с крупнотоварным производством, сельскохозяйственными и другими предприятиями агропромышленного комплекса. Такие меры предполагают предоставление населению денежных средств в качестве авансов и кредитов, выделение дополнительных земель под кормовые культуры и выпасы, помощь в реализации продукции. Данные обстоятельства в итоге позволят рациональнее использовать природный, производственный и трудовой потенциал сельской местности.

Таблица 2

Структура основных видов продукции сельского хозяйства Республики Дагестан по категориям сельхозпроизводителей (%) [9]

Виды продукции	Сельскохозяйственные организации			Хозяйства населения			Крестьянские (фермерские) хозяйства)		
	2005	2012	2013	2005	2012	2013	2005	2012	2013
Зерно (в весе после доработки)	36,6	35,2	48,4	54,4	57,0	37,5	9,6	7,9	14,1
Семена подсолнечника	33,0	15,3	11,2	42,9	74,4	56,1	24,1	10,3	32,7
Картофель	0,2	0,6	1,7	97,2	99,0	96,3	2,6	0,3	2,0
Овощи	0,5	1,0	1,0	95,9	98,5	98,5	3,6	0,5	0,5
Плоды и ягоды	2,0	7,0	3,1	89,1	90,0	95,3	8,9	3,0	1,6
Виноград	52,5	38,3	49,5	45,0	59,3	45,7	2,5	2,4	4,8
Скот и птица на убой (в убойном весе)	7,1	15,9	17,9	80,8	67,2	65,3	12,1	16,9	16,8
Молоко	9,0	15,7	15,6	82,7	65,4	66,0	8,3	18,9	18,4
Яйца	64,6	8,4	15,7	33,7	79,7	73,3	1,7	11,9	11,0
Шерсть (в физическом весе)	12,8	19,3	23,1	53,1	47,9	42,0	34,1	32,8	34,9

Стабильное развитие хозяйств населения возможно только при такой экономической политике государства, которая была бы направлена на создание наиболее благоприятных экономических условий их работы и роста. Сюда следует, прежде всего, отнести систему мер для мобилизации внутренних ресурсов хозяйств населения и меры поддержки его не только со стороны государства, но и со стороны крупных сельскохозяйственных предприятий и обслуживающих организаций, оказывающих какие-либо посреднические услуги.

Уровень конкурентоспособности личных хозяйств населения и крестьянско-фермерских хозяйств обеспечивается относительно низкой себестоимостью продукции, достигаемой в результате отсутствия или незначительности накладных управленческих расходов. Кроме того, качественные параметры сельхозпродукции, произведенной в личных хозяйствах населения без использования дорогих минеральных удобрений и химикатов, значительно лучше, чем импортируемой продукции и продукции крупных аграрных предприятий, крестьянских (фермерских) хозяйств. В предприятиях региона, функционирующих в аграрной сфере и представляющих общественный сектор экономики, сохраняется депрессивное состояние, несмотря на проводимые уже долгие годы аграрные реформы, направленные на поддержку производителя сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем личные хозяйства населения не могут удовлетворить даже внутренние потребности населения республики в высококачественном продовольствии. Для этого необходима существенная государственная поддержка и развитие индивидуального предпринимательства на селе – личных хозяйств населения и крестьянских (фермерских) хозяйств.

Список литературы

1. Абдулманапов П.Г. Демографические основы формирования трудовых ресурсов в Республике Дагестан // Региональные проблемы преобразования экономики. − 2009. − № 4. − С. 332−336.

2. Абдулманапов П.Г. Демографический фактор развития трудоизбыточного региона // Региональная экономика: теория и практика. − 2008. − № 36. − С. 69−73.

3. Абдулманапов П.Г. Налоговое регулирование инвестиционной деятельности в Республике Дагестан // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. − 2015. − № 3 (75). − С. 18.

4. Абдулманапов П.Г. Трудовой потенциал сельской местности экономически отсталого региона // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). − 2015. − № 4 (48). − С. 337−349.

5. Абдулманапов П.Г. Трудовые ресурсы региона: проблемы формирования и обеспечение занятости. – Махачкала: Издательский дом «Наука плюс», 2006. – 152 с.

6. Абидов М.Х. Тенденции трудовой миграции в трудоизбыточных регионах СКФО // Вопросы структуризации экономики. − 2010. − № 2. − С. 67−70.

7. Абидов М.Х., Абдулманапов П.Г. Современная миграционная картина Республики Дагестан // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2 − С. 259.

8. Байер Е. Фермерство как образ жизни // Крестьянская Русь – 2013. – № 48. – С. 15−19.

9. Дагестан в цифрах – 2015. Краткий статистический сборник. − Махачкала: Дагестанстат РД, 2015. − 421 с.

10. Хаджалова Х.М. Качество жизни населения как основа обеспечения социальной стабильности: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – М., 2011. – 17 с.

11. Хаджалова Х.М. Региональная инвестиционная политика в повышении качества жизни населения // Экономические науки. – 2009. – № 58. – С. 236−240.

12. Хаджалова Х.М. Социально-экономическая безопасность и угрозы социальной стабильности в регионе // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 2. – С. 58−62.

13. Шарипов Ш.И. Реструктуризации аграрной экономики региона и сельская занятость // Региональная экономика: теория и практика. – 2009. – № 1 – С. 95−99.

УДК 556:53(282.25):543.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОГЕОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРИ ОЦЕНКЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕГО ИРТЫША

Алимова Г.С., Земцова Е.С., Токарева А.Ю.

ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция» Уральского отделения Российской академии наук, Тобольск, e-mail: gulsem76@mail.ru

На основе данных атомно-эмиссионного анализа валового содержания химических элементов рассчитаны коэффициенты концентрации и определен суммарный показатель геохимической нагрузки донных отложений Нижнего Иртыша. Ранжирование химических элементов в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш определено в следующем виде Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo. Впервые проведенная экогеологическая оценка состояния донных отложений Нижнего Иртыша выявила слабый уровень техногенного загрязнения токсичными химическими элементами 2 и 3 класса опасности (Pb, Sb, Se, Fe, Mo, As, Zn, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sr) с допустимой степенью геохимической нагрузки Z_c от 1,69 … 3,31 (при Z_c < 16, по Ю.Е. Саету). Из исследуемых химических элементов только валовое содержание соединений свинца превышает фоновое значение в донных отложениях Нижнего Иртыша.

Ключевые слова: донные отложения, нижнее течение р. Иртыш, химические элементы, коэффициент концентрации, геохимическая ассоциация

THE APPLICATION OF ECO-GEOLOGICAL CRITERIA IN ASSESSMENT OF CHEMICAL CONTAMINATION OF SEDIMENTS OF THE LOWER IRTYSH

Alimova G.S., Zemtsova E.S., Tokareva A.Yu.

Tobolsk complex scietific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk, e-mail: gulsem76@mail.ru

Based on the data of atomic emission analysis of total content of chemical elements concentration ratios are calculated and determined the total load indicator geochemical of sediments of the Lower Irtysh. The ranking of the chemical elements in the sediments of the lower reaches of the river Irtysh defined as follows Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo. First held eco-geological assessment of the sediment of the Lower Irtysh revealed a low level of technogenic pollution of toxic chemical elements 2 and 3 class of danger (Pb, Sb, Se, Fe, Mo, As, Zn, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sr) with an acceptable degree of geochemical load Z_c from 1.69 ... 3.31 (for Z_c < 16 at Y.E. Saet). From the study of chemical elements only total content of lead compounds exceeds the background value in the sediments of the Lower Irtysh.

Keywords: sediments, the lower reaches of Irtysh, elements, concentration ratios, geochemical association

В данной работе объектом исследования являются донные отложения нижнего течения Иртыша. Донные отложения рек относят к наиболее информативным объектам среды по сравнению с водными массами, так как они перемещаются с гораздо меньшей скоростью и таким образом могут хранить информацию о возможных многолетних загрязнениях конкретного водоема [5].

В Российской Федерации основным критерием качества воды является величина ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего химического элемента и его соединений в воде. Для донных осадков на сегодняшний день нормативы ПДК химических элементов не разработаны [9]. В то же время оценку химического загрязнения донных отложений водоемов можно проводить с применением экогеологических (гидрохимических, геохимических и геофизических и др.) критериев, коэффициентов и показателей [6].

В группу таких показателей входит коэффициент концентрации K_c, представляющий собой отношение содержания химического элемента в конкретном природном объекте C_i к его фоновому содержанию $C_Ф$ в соответствующем компоненте природной среды. Химические элементы со значениями $K_C \geq 1{,}5$ образуют геохимическую ассоциацию, характеризующую качественный (элементный) состав и структуру природно-техногенного загрязнения [6].

Целью работы является проведение экогеохимической оценки загрязнения донных отложений Нижнего Иртыша выявленными экологически значимыми химическими элементами, относящимися ко 2 и 3 классу опасности (Pb, Sb, Se, Fe, Mo, As, Zn, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sr).

В задачи исследований включены следующие процедуры:

– проведение атомно-эмиссионного анализа образцов проб донных отложений на

содержание в них экологически значимых химических элементов;

– расчет коэффициентов концентрации выявленных химических элементов 2 и 3 класса опасности;

– определение суммарного показателя геохимической нагрузки донных отложений Нижнего Иртыша;

– ранжирование химических элементов по концентрации в донных отложениях Нижнего Иртыша.

Антропогенная нагрузка на бассейн Иртыша обусловлена наличием промышленных, в том числе и металлургических, комплексов Сибири и Казахстана, а также зарегулированием верхнего течения каскадом водохранилищ – Бухтарминским, Усть-Каменогорским и Шульбинским. Актуальность исследования миграции химических элементов в экосистеме нижнего течения реки Иртыш обусловлена экогеологической ролью взвешенных частиц – компонентов водной среды. Тонкодисперсный состав и высокие сорбционные качества взвешенного материала формируют более высокие концентрации химических компонентов во взвеси по отношению к воде, что в условиях антропогенного загрязнения, особенно в период половодья, может привести к значительному переносу химических элементов и их накоплению в местах, находящихся на большом удалении от источников загрязнения.

На территории данного участка Иртыша активно развиваются нефтегазодобывающая и нефтеперерабатывающая отрасли промышленности. Побочным последствием технического роста является загрязнение водоемов, почв различными химическими поллютантами (тяжелые металлы, нефтепродукты). Экологически значимые химические элементы, к которым относятся и тяжелые металлы, являются приоритетными загрязнителями объектов окружающей среды.

В настоящей работе впервые на основе расчетов коэффициентов концентрации экологически значимых химических элементов определена степень геохимической нагрузки донных отложений Нижнего Иртыша. Методологические основы исследования миграции тяжелых металлов в пресноводных экосистемах, используемые в данной работе, разработаны и апробированы в публикациях [3–6, 8].

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы по теме: «Миграционные процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обь-Иртышского бассейна» (№ государственной регистрации 116020510088).

Материалы и методы исследования

Отбор образцов проб донных отложений Нижнего Иртыша проведен в шести станциях – на участке от села Абалак Тобольского района до села Горнослинкино Уватского района Тюменской области (рис. 1). Длина реки Иртыш в пределах рассматриваемой территории составила 163 км [10]. Отбор выполнен в период весенне-летнего половодья (май – август) 2014 г. из верхнего слоя донных отложений до глубины 10 см с помощью специального пробоотборника с площадью сечения 36 см^2 [2]. На каждой станции производили шесть выемок грунта – не менее двух с магистрального русла, левого и правого берегов.

Определение валового содержания химических элементов проведено также в 2014 г. атомно-эмиссионным методом на спектрометре OPTIMA-7000 DV по аттестованным методикам измерений в лаборатории экотоксикологии ТКНС УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516420 от 04 марта 2011 г.) [7].

Контроль качества проводимых измерений осуществлен в соответствии с требованиями РМГ 76-2004 и подтверждается ежегодным участием лаборатории в межлабораторных сравнительных испытаниях. Статистический анализ данных выполнен с использованием программы «Statistica v6.0 Stat Soft».

Результаты исследования и их обсуждение

Статистически обработанные валовые концентрации выявленных экологически значимых химических элементов в донных отложениях Нижнего Иртыша – As, Cd, Co, Mo,

Sr, Pb, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, Zn – приведены в публикациях авторов [3, 4]. Фоновые концентрации химических элементов в донных отложениях рек, используемые при расчетах, собраны из разных источников автором работы [9]. Рассчитанные значения коэффициентов концентрации исследуемых элементов даны в табл. 1.

На станциях 1, 2, 3, 5, 7 коэффициенты концентраций химических элементов увеличиваются от левого берега к руслу и правому берегу Нижнего Иртыша. Только на станциях 4 и 6 коэффициенты концентраций элементов отмечены выше у правого берега реки. Такое распределение валового содержания химических элементов в донных отложениях можно объяснить как характером меандрирования реки, т.е. концентрации химических элементов в донных отложениях повторяют меандры реки [10], так и гранулометрическим составом донных отложений [3, 4]. Правый берег станций 4 и 6, так же как и левый берег станций 1, 2, 3, 5, 7 представлен песчанистыми суглинками, суглинками илистыми, в которых сорбция металлов выше за счет увеличения фракции глинистых частиц в составе донных отложений реки [3, 4].

Рис. 1. Схема-карта района исследований (масштаб 1:500000):
границы муниципальных районов; границы г. Тобольска;
населенные пункты; направление течения реки;
(1–7) – станции отбора проб донных отложений:
1 – село Абалак; Тобольский район; 2 – деревня Бизино; Тобольский район;
3 – г. Тобольск; речной порт; 4 – деревня Медведчикова; Тобольский район;
5 – деревня Бронниково; Тобольский район; 6 – научно-исследовательский стационар «Миссия» ТКНС УрО РАН; Уватский район; 7 – село Горнослинкино; Уватский район

По данным табл. 1 к химическим элементам со значениями $K_c > 1{,}5$ можно отнести свинец. У остальных выявленных химических элементов 2 и 3 класса опасности коэффициент концентрации находится в пределах от 0 до 0,9 на разных участках реки.

Ранжирование по средним значениям коэффициентов концентрации химических элементов в донных отложениях Нижнего Иртыша определено в следующем виде: Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo.

Показатель геохимической нагрузки (Z_c) можно рассчитать по формуле Ю.Е. Саета [6]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^{n} K_c - (n-1),$$

где K_c – коэффициент концентрации, имеющий значение более 1,5; n – число учитываемых аномальных элементов с $K_c > 1{,}5$.

Техногенные аномалии обычно имеют полиэлементный состав, но по результатам наших исследований определен только один элемент с $K_c > 1{,}5$, поэтому $n = 1$, тогда Z_c равен значениям коэффициентов концентрации свинца на исследуемых участках реки и не превышает 3,3 единиц (табл. 2).

По 4-балльной оценочной шкале степени геохимической нагрузки донные отложения Нижнего Иртыша по выявленным химическим элементам 2 и 3 класса опасности имеют допустимую степень геохимической нагрузки Z_c = 1,69…3,31 (при $Z_c < 16$ – допустимая, 16–32 – умеренно опасная, 32–128 – опасная, > 128 – чрезвычайно опасная) [6].

Таблица 1

Коэффициенты концентраций химических элементов
в донных отложениях Нижнего Иртыша (правый берег/русло/левый берег)

$C_ф$, [9] мг/кг / Станция	As	Cd	Co	Mo	Sr	Pb	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	Zn
	7,64	7,6	0,86	1,6	99,7	21,6	40,1	20,2	705	27080	25,8	93,7
1	0,3/0,4/0,5	0,4/0,3/0,3	0,1/0,5/0,9	0,2/0,1/0,1	0,2/0,3/0,5	1,6/2,1/3,7	0,3/0,4/0,8	0,3/0,3/0,6	0,2/0,3/0,6	0,3/0,4/0,7	0,3/0,4/0,6	0,3/0,2/0,4
2	0,3/0,4/0,5	0,5/0,3/0,1	0/0,6/0,8	0,2/0,1/0	0,2/0,3/0,4	1,6/2,5/3,5	0,5/0,7/0,7	0,2/0,4/0,5	0,3/0,4/0,6	0,3/0,5/0,7	0,5/0,6/0,5	0,2/0,2/0,3
3	0,2/0,5/0,4	0,2/0,7/0,1	0/0,7/0,8	0,1/0,3/0	0,1/0,4/0,3	0,7/2,8/3,0	0,4/0,6/0,7	0,1/0,4/0,6	0,1/0,4/0,5	0,2/0,5/0,6	0,1/0,4/0,5	0,1/0,3/0,3
4	0,4/0,2/0,2	0,7/0,1/0	0,3/0,3/0,3	0,2/0/0	0,4/0,2/0,2	2,6/1,3/1,3	0,6/0,4/0,3	0,4/0,2/0,2	0,4/0,3/0,3	0,4/0,3/0,3	0,4/0,2/0,3	0,2/0,1/0,2
5	0,4/0,4/0,3	0,6/0,3/0	0,3/0,6/0,6	0,2/0/0	0,3/0,3/0,3	2,1/2,2/2,3	0,5/0,5/0,5	0,3/0,3/0,3	0,3/0,5/0,4	0,4/0,4/0,4	0,3/0,4/0,4	0,2/0,2/0,2
6	0,3/0,4/0,1	0,5/0,4/0	0,3/0,6/0,3	0,2/0,1/0	0,3/0,3/0,1	1,8/2,4/0,8	0,5/0,5/0,2	0,3/0,3/0,1	0,3/0,4/0,2	0,3/0,4/0,2	0,3/0,4/0,1	0,2/0,2/0,1
7	0,3/0,6/0,5	0,5/0,6/0,3	0,3/1,0/1,0	0,2/0,1/0,1	0,4/0,4/0,3	1,8/4,3/3,9	0,5/0,9/0,8	0,3/0,6/0,6	0,3/0,8/0,7	0,3/0,8/0,7	0,3/0,6/0,6	0,1/0,4/0,4

Таблица 2

Показатель геохимической нагрузки (Z_c) донных отложений Нижнего Иртыша

Станция	Показатель геохимической нагрузки (Z_c) на донные отложения Нижнего Иртыша			
	правый берег	русло	левый берег	среднее значение
1	1,62	2,09	3,72	2,48
2	1,52	2,48	3,49	2,50
3	0,72	2,84	2,99	2,19
4	2,59	1,32	1,30	1,74
5	2,10	2,24	2,32	2,22
6	1,82	2,43	0,81	1,69
7	1,77	4,21	3,94	3,31

Превышение концентраций соединений свинца над фоном в донных отложениях реки можно объяснить химическим составом поверхностных вод р. Иртыш. По данным исследований авторов в 2013 г. вода в реке Иртыш относится к водам малой минерализации и составляет в Тобольском районе 197,4–227,5, постепенно снижаясь вниз по течению реки до 174,3–176,6 мг/дм^3 – в районе села Горнослинкино Уватского района. По химическому составу вода на исследуемом участке реки относится к гидрокарбонатному классу, содержание ионов HCO_3^- варьирует в пределах 26–28 % экв., относительная суммарная концентрация ионов SO_4^{2-} и Cl^- находится в диапазоне от 10 до 26 % экв. Водородный показатель воды составляет 7,6–7,9 единиц pH. Известно, что при pH воды, близком к 8,0, свинец сравнительно легко вступает в реакции с главными макрокомпонентами природных вод, образуя труднорастворимые соединения (карбонаты, сульфаты, сульфиды, гидрооксиды) [1].

Заключение

Содержание химических элементов в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш уменьшается в ряду: Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo.

Из исследуемых химических элементов только валовое содержание соединений свинца превышает фоновое значение в донных отложениях Нижнего Иртыша,

обусловленное химическим составом поверхностных вод реки.

В донных отложениях Нижнего Иртыша выявлен слабый уровень техногенного загрязнения токсичными химическими элементами 2 и 3 класса опасности (Co, Cr, Cu, Ni, Sr, Mo, Zn, Cd, Pb) с допустимой степенью геохимической нагрузки Z_c от 1,74 до 3,31 (при $Z_c < 16$, по Ю.Е. Саету).

Список литературы

1. Алимова Г.С. Гидрохимия поверхностных вод и видовой состав макрозообентоса нижнего течения р. Иртыш / Г.С. Алимова, Е.С. Земцова, А.А. Чемагин, Е.И. Попова, И.А. Дударева, А.Ю. Токарева, Г.Х. Хакимзянова // Вода: химия и экология. – 2014. – № 5. – С. 27–34.

2. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1982. – 5 с.

3. Земцова Е.С. Сравнительный анализ содержания металлов в донных отложениях некоторых рек Тюменской области / Е.С. Земцова, Г.С. Алимова, А.Ю. Токарева, И.А. Дударева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 26) – С. 5798–5802.

4. Земцова Е.С., Алимова Г.С., Дударева И.А., Токарева А.Ю., Попова Е.И. Содержание металлов в донных отложениях реки Иртыш // Естественные и технические науки. – 2014. – № 9–10 (77). – С. 54–56.

5. Кленкин А.А. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов / А.А. Кленкин, Л.Ф. Павленко, И.Г. Корпакова, Е.И. Студеникина // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35. – № 1. – С. 88–92.

6. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем: учеб. пособие / под ред. В.В. Куриленко. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 448 с.

7. ПНД Ф 16.2.2.:2.3.71-2011. Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами. – М., 2011. – 41 с.

8. Фокин Д.П. Геоэкологическая оценка распределения тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных осадках восточной части Финского залива Балтийского моря: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – СПб., 2011. – 20 с.

9. Чемагин А.А. Современное экологическое состояние реки Иртыш в нижнем течении: дис. … канд. биол, наук. – Тюмень, 2015. – С. 71.

10. Яндекс. Карты. – URL: http://maps.yandex.ru (дата обращения: 21.07.2014).

УДК 332.2:314.044

ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ГОДЫ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ

[1]Богачев И.В., [1]Шиманский А.Е., [2]Шиманская Е.И.

[1]Институт наук о Земле, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: ivanbogachev@mail.ru;

[2]Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Данная работа проведена в рамках аналитических исследований трансформации сельских населенных пунктов Ростовской области. Проведен мониторинг динамики их числа, структуры, количества проживающих в ней жителей, занятости населения и других жизненно важных показателей. На основе значительного объема статистических данных проведен сравнительный анализ, показана резко выраженная дифференциация сельских районов Ростовской области по направлениям и темпам изменения численности населения за последние 20 лет. Даются краткосрочный и долгосрочный прогнозы дифференциации сельского населения Ростовской области, а также прогнозируется демографическая ситуация на ближайшие годы (до 2030). Приводятся рекомендации региональным и муниципальным образованиям с целью достижения устойчивого и сбалансированного развития сельских населенных пунктов Ростовской области.

Ключевые слова: сельское население, сравнительный анализ, сельское население, Ростовская область

THE TRANSFORMATION OF RURAL SETTLEMENTS OF THE ROSTOV REGION DURING THE YEARS OF MARKET RELATIONS

[1]Bogachev I.V., [1]Shimanskiy A.E., [2]Shimanskaya E.I.

[1]Institute of Earth Sciences, southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: ivanbogachev@mail.ru;

[2]Academy of biology and biotechnology. D. I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don

This work was carried out within the framework of analytical studies of the transformation of rural settlements of the Rostov region. Monitoring the dynamics of their number, structure, the number of people living in it inhabitants, employment, and other vital indicators. On the basis of a significant amount of statistical data, comparative analysis, shows pronounced differentiation of the rural districts of the Rostov region and the rate of change of population over the last 20 years. Given the short-term and long-term forecasts of differentiation of the rural population of RO, as well as projected demographic situation in the coming years (until 2030). Provides guidance to regional and municipal entities with the aim of achieving sustainable and balanced development of rural settlements of the Rostov region.

Keywords: rural population, a comparative analysis, the rural population of the Rostov region

В настоящее время в России не налажена система постоянного или хотя бы периодического мониторинга за состоянием сельских населенных пунктов, в частности динамикой их числа, структуры, количества проживающих в них жителей, занятостью населения и других жизненно важных показателей. Ее создание сопряжено с необходимостью решения многих текущих и перспективных задач, в том числе управления социально-экономическим развитием отдельных населенных пунктов, обеспечения их объектами образования, здравоохранения, культуры, бытовой и транспортной инфраструктуры и т.д. [5].

Сельские поселения в течение одного столетия претерпели весьма глубокие реорганизации в процессе развития рыночных отношений в начале 20 века, административно-командной системы на протяжении более 70 лет и опять рыночных преобразований в последнюю четверть века. На каждом из этих этапов происходили существенные количественные и качественные изменения в развитии сельских населенных пунктов (СНП), вызванные политическими, социально-экономическими, административными, экологическими и другими факторами [5, 7]. Большой научный и прикладной интерес представляет анализ современной трансформации сельских населенных пунктов на уровне отдельных регионов страны, в частности одного из крупнейших по численности сельского населения и экономическому потенциалу – Ростовской области [1].

В 1939 г. удельный вес сельского населения на Нижнем Дону превышал соответствующий показатель городского населения и составлял 56,3 % от общего числа жителей области. В дальнейшем, в основном за счет массовой миграции жителей села в город, доля сельчан в регионе постоянно

сокращалась и к 1989 году достигла минимального в 20 веке значения в 28,7%. С переходом на путь рыночных отношений сложился нехарактерный для мирового сообщества процесс увеличения удельного веса сельского населения в регионе, с последующей консервацией этого показателя на уровне примерно 32%. Основными факторами этого явления являются сокращение интенсивности и масштабов миграции сельских жителей в города, а также уменьшение рождаемости в сельской местности, почти до уровня ее показателей в городских поселениях.

Результаты исследований и их обсуждение

Характерно, что за последние два десятилетия, в отличие от многих других регионов страны, в Ростовской области сравнительно мало изменилось число сельских населенных пунктов – с 2270 в 1994 году до 2266 в 2011 году (табл. 1). В действительности же число прекративших свое функционирование сельских населенных пунктов за данный промежуток времени намного больше. Такое положение определяется административным переводом ряда поселков городского типа в поселения сельского статуса. В наибольшей степени это имело место в Белокалитвенском, Тацинском, Красносулинском, Волгодонском, Октябрьском, Сальском и Аксайском районах.

Ростовская область является одним из лидеров по средней людности сельских населенных пунктов в России (625 человек по данным на 2014 г.). В то же время наблюдается процесс систематического уменьшения среднего размера поселений данной категории – в начале 1990-х годов этот показатель составлял около 655 человек [1, 2]. Различия в географическом положении, природноресурсном потенциале, исторических особенностях возникновения и развития, сложившейся хозяйственной специализации и другие факторы предопределили весьма резкие различия в средней людности сельских населенных пунктов отдельных районов области и их территориальных групп [8–11].

Так, большинство из придонских районов (Аксайский, Багаевский, Волгодонский, Мясниковский, Октябрьский) в 2–4 и больше раз превосходят районы северо-восточной части области по средней людности населенных пунктов. Если в первых этот показатель достигает 800–1000 и более человек, то во вторых колеблется от 250 до 400 человек в среднем на один населенный пункт. Большой интерес представляет резко выраженная дифференциация сельских районов области по направлениям и темпам изменения численности населения за последние 20 лет. По этим показателям выделяются четыре группы районов области (рисунок).

Первая группа – районы с обвальным сокращением численности сельского населения – более 20% за период с 1994 по 2014 гг. Эта группа представлена полностью периферийными северо-восточными районами области (Верхнедонской, Кашарский, Морозовский, Милютинский, Советский, Константиновский). Здесь отсутствуют полюса роста (центры развития) в виде крупных городов, слабо развита транспортная сеть и промышленное производство, а сельское хозяйство специализируется в основном на экстенсивных видах производств (зерновые, подсолнечник, крупный рогатый скот мясо-молочного направления).

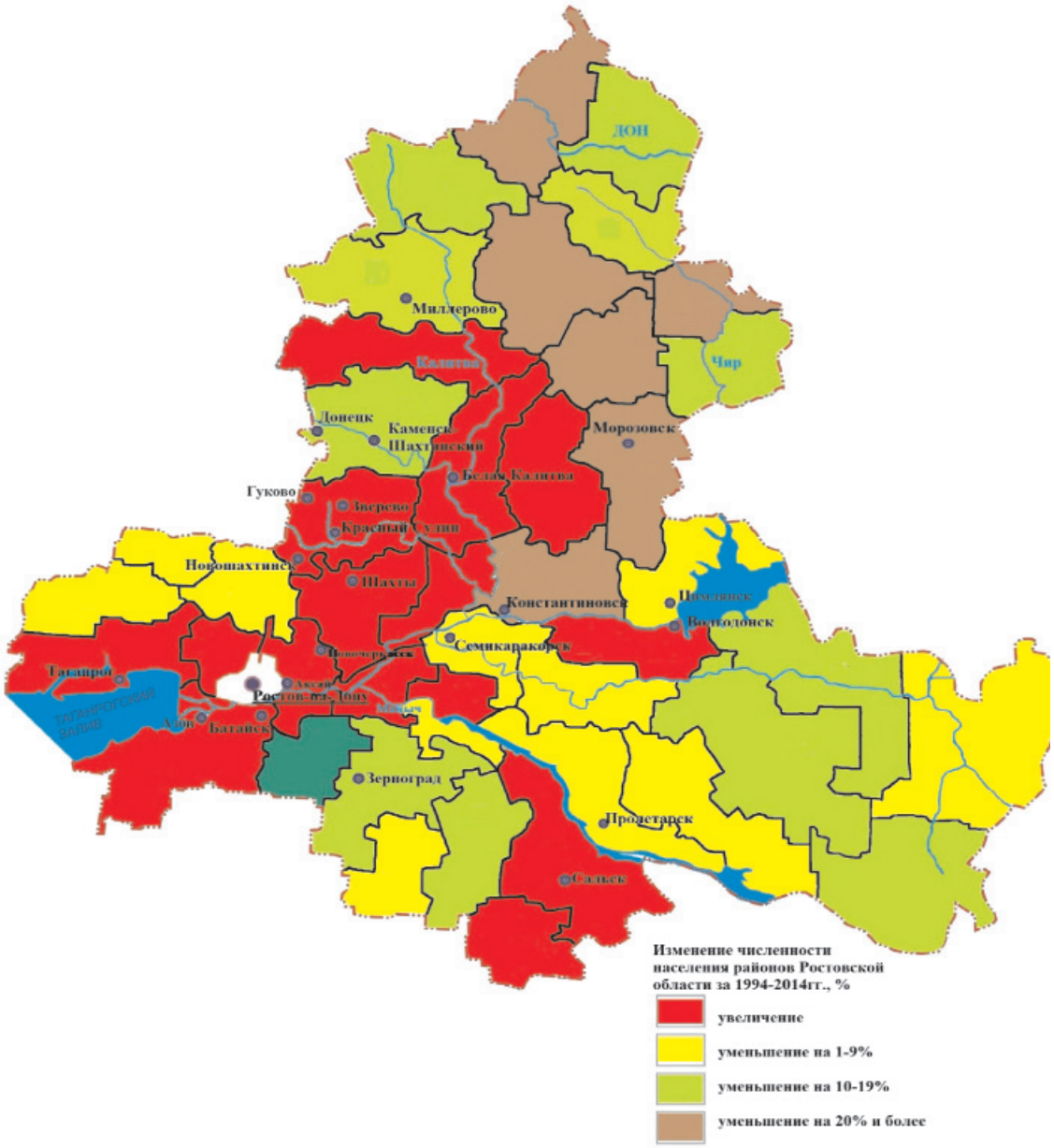
Вторая группа – районы юго-восточной части области (Дубовский, Зимовниковский, Пролетарский, Заветинский, Ремонтненский), численность населения которых за последние два десятилетия уменьшилось на 10–20%. Для этих районов характерны сходная с первой группой районов периферийности слабая транспортная доступность, отсутствие крупного образующего центра и развитой промышленности, а доминирующий вид хозяйственной деятельности – сельское хозяйство – выделяется резко выраженной экстенсивной направленностью (зерновые культуры, КРС мясного направления и овцеводство).

Третья группа – районы с относительно небольшими (менее 10%) масштабами уменьшения численности сельского населения, т.е. примерно сопоставимыми со среднеобластным соответствующим показателем. Наиболее яркими представителями данной группы районов являются Каменский, Усть-Донецкий, Сальский, Красносулинский, Куйбышевский, Радионово-Несветайский, Матвеево-Курганский, Егорлыкский, Мартыновский и Цимлянский районы. Характерная для них периферийность по отношению к крупным агломерациям области менее выражена, чем для районов первых двух групп. Для остальных районов данной группы характерны относительно развитая, преимущественно пищевая, промышленность и густая транспортная сеть. Сельское хозяйство представлено в основном возделыванием зерновых, подсолнечника и разведением крупного скота молочно-мясного направления, свиноводством и птицеводством.

Таблица 1

Сельские населенные пункты Ростовской области

Районы	Численность сельского населения			Средний размер насел. пункта, чел.		
	1994	2011	2011 в % к 1994	1994	2011	2011 в % к 1994
Всего	1473,3	1412,4	95,9	654	625	95,6
Азов	91623	94275	102,9	916	952	103,9
Аксай	43714	57691	132,0	1017	1131	111,2
Багаевский	35707	36625	102,6	1322	1465	110,8
Белокалитвинский	30886	50357	163,0	483	698	144,5
Боковский	18916	15571	82,3	461	380	82,4
Верхнедонской	26988	20768	77,0	435	346	79,5
Веселовский	27853	25291	90,8	960	843	87,8
Волгодонской	29583	34094	115,2	1020	1033	101,3
Дубовский	27209	22883	84,1	533	458	85,9
Егорлыкский	36945	35415	95,9	947	984	103,9
Заветинский	19039	17334	91,0	732	667	91,1
Зерноградский	39516	32652	82,6	660	544	82,4
Зимовниковский	41568	37078	89,2	547	501	91,6
Кагальницкий	31748	31741	100,0	756	794	105,0
Каменский	44425	37585	84,6	530	495	93,4
Кашарский	31044	25323	78,6	398	333	83,7
Константиновский	20180	15519	76,9	463	356	76,9
Красносулинский	35264	36542	103,6	519	479	92,3
Куйбышевский	15384	15093	98,1	452	445	98,5
Мартыновский	40397	37732	93,4	696	662	95,1
Матвеево-Курганский	45097	43753	97,0	564	547	97,0
Миллеровский	39004	32431	83,1	331	277	83,7
Милютинский	20789	15863	76,3	452	345	76,3
Морозовский	18884	14829	78,5	343	275	80,2
Мясниковский	35387	40582	114,7	1539	1754	114,0
Неклиновский	84504	87314	103,3	676	693	102,5
Обливский	21739	18965	87,2	557	499	89,6
Октябрьский	59226	59540	100,5	1004	976	97,2
Орловский	44063	40941	92,9	747	671	89,8
Песчанокопский	30731	31562	102,7	1933	1661	85,9
Пролетарский	17998	16251	90,3	562	508	90,4
Ремонтненский	23510	19012	80,7	1237	1001	80,9
Радионово-Несветайский	24134	23961	99,3	464	452	97,4
Сальский	42587	47168	110,8	945	890	94,2
Семикаракорский	33738	30523	90,5	1054	954	90,5
Советский	9185	6852	74,6	387	286	73,9
Тарасовский	27266	30927	113,4	462	524	113,4
Тацинский	29258	32969	112,7	569	564	100,0
Усть-Донецкий	21299	21817	102,4	789	779	98,7
Целинский	39231	33973	86,6	569	507	89,1
Цимлянский	20651	19357	93,7	713	691	96,9
Чертковский	42476	36649	86,3	644	555	86,2
Шолоховский	31878	27457	86,1	601	528	87,8



Динамика численности населения сельских районов Ростовской области, %

Четвертая группа – районы с заметным увеличением численности населения: Аксайский, Мясниковский, Азовский, Неклиновский, Октябрьский, Волгодонской, Кагальницкий. Их объединяет непосредственная близость к крупнейшим агломерациям области или даже вхождение в их состав. Хорошая транспортная доступность, обеспечивающая в ряде случаев ежедневные поездки на работу, учёбу, в торговые, культурные и другие объекты сферы услуг, а также специализация на высокоинтенсивных и трудоемких видах сельскохозяйственного производства – основные факторы сложившейся здесь положительной динамики численности населения.

К этой группе относится и ряд других районов, также демонстрирующих рост численности населения за последние два десятилетия (Белокалитвенский, Красносулинский, Тарасовский, Тацинский), но по искусственной причине – переводом новых поселков городского типа в категорию сельских поселений.

Таблица 2

Распределение сельских населенных пунктов по числу жителей

СНП	1994 год				2014 год			
	Число СНП	Процент от всего	Число жителей, чел.	Процент от всего сел. насел.	Число СНП	Процент от всего	Число жителей, чел.	Процент от всего сел. насел.
Всего В т.ч. сел. населения	2270	100,0	1473323	100,0	2266	100,0	1412435	100,0
5 и <	22	1,0	72	0,005	56	2,5	154	0,01
6–10	35	1,5	257	0,017	54	2,4	418	0,03
11–50	213	904	6227	0,4	267	1,8	8040	0,6
51–100	229	10,1	16476	1,1	276	12,2	20815	1,5
101–200	430	18,9	61039	4,1	378	16,7	55467	3,9
201–500	591	26,0	193459	13,1	513	22,6	170056	12,0
501–1000	395	17,4	315334	21,4	380	16,8	277450	19,6
1001–2000	233	10,3	297761	20,2	193	8,5	261992	18,5
2001–3000	56	2,5	129571	8,8	42	1,9	99006	7,0
3001–5000	30	1,3	98478	6,7	32	1,4	119094	8,4
> 5000	36	1,6	354650	24,1	43	1,9	399943	28,3

Весьма заметные изменения произошли и в распределении сельских населенных пунктов по числу проживающих в них жителей. Так, резко увеличились число и удельный вес поселений с небольшим количеством населения. Если в 1994 году число населенных пунктов с населением менее 100 человек в каждом составляло 499 единиц (22% от общего числа сельских населенных пунктов области), то к 2014 году их количество возросло до 653 единиц и 28,8% соответственно (табл. 2). Подавляющее большинство из них практически лишены перспектив для своего дальнейшего развития. В числе факторов такого положения выделяются крайне неблагоприятная возрастная структура населения (незначительное количество или даже полное отсутствие детей и доминирование лиц пенсионного возраста), низкий уровень развития социальной и бытовой инфраструктуры (отсутствие образовательных и медицинских учреждений, дорог с твердым покрытием, благоустроенного жилья и др.) [4, 5].

Возросло и число сельских населенных пунктов, лишенных постоянно обитающих в них жителей, – с 28 в 1994 г. до 32 в 2014 г. Уже в ближайшей перспективе количество последних может заметно увеличиться, в основном за счет маломерных поселений (5 и менее человек в каждом). В 1994 году таких населенных пунктов насчитывалось 22 или 1% от всех сельских населенных пунктов области, а к 2014 году их число возросло до 56 единиц, а удельный вес возрос до 2,5% [3, 4].

С меньшей интенсивностью проходил процесс уменьшения количества сельских населенных пунктов и в группах с величиной жителей более 100 человек в каждом. Исключение составили лишь самые крупные по числу жителей поселения: небольшое увеличение в группе от 3000 до 5000 человек (30 СНП в 1994 г. и 32 в 2014 г.) и довольно заметное – в группе более 5000 человек (36 в 1994 г. и 43 в 2014 г.) [2, 3].

Таким образом, при относительной стабильности числа СНП и численности их населения (уменьшение соответственно на 0,2 и 4,1%) произошли резкие и разнонаправленные изменения в динамике и структуре их отдельных по людности групп. Наиболее характерными из них являются:

– резкое увеличение СНП с населением 100 и менее человек в каждом (на 30,4% за период с 1994 по 2011 гг.), количества проживающих в них жителей (27,4%) и удельного веса последних в общей численности сельского населения области (1,56 и 2,1% соответственно или на 34,6%);

– вторую группу составляют СНП с населением от 101 до 3000 человек в каждом. Для данной группы в целом характерно весьма существенное уменьшение всех показателей сельских населенных пунктов: на 11,7% их числа, на 13,4% численности населения, средней людности поселений, а также примерно на 10% доли их числа и удельного веса численности населения в соответствующих суммарных общеобластных показателях. За счет населенных

пунктов данной группы происходит своеобразная подпитка всех остальных групп в регионе;

– относительно благоприятной, по основным показателям развития сельских населенных пунктов, считается лишь третья их группа, средняя людность поселений в которой превышает 3000 человек. За рассматриваемый период данная группа продемонстрировала заметное увеличение численности населения (на 14,5%) и его удельного веса в общей численности сельского населения области (на 19,2%). При этом произошло это как за счет роста числа населенных пунктов (на 13,6%), так и некоторого увеличения их средней людности. Примечательно, что все эти показатели роста, за исключением числа СНП, обеспечены в основном районными центрами области.

В целом же происходящие сдвиги в развитии сельских населенных пунктов, носящие преимущественно отрицательный характер, не ограничиваются только динамикой их числа, численности населения и структуры людности. Наблюдаются и другие негативные процессы, в частности старение населения, массовая миграция молодежи в города, обезлюдение периферийных, особенно северо-восточных и юго-восточных районов области и др. В ближайшей и среднесрочной перспективе демографическая ситуация в области, в том числе в сельской местности, по всем обозначенным показателям резко ухудшится. По прогнозной оценке резко уменьшится рождаемость из-за вступления в детородный возраст малочисленного контингента женщин, рожденных в кризисные 1990-е годы. Число рожденных детей в целом по области может сократиться с примерно с 46 тыс. в последние годы до 30 тыс. в 2030 г. или почти в 1,5 раза. Резко ухудшится возрастная структура населения региона – уменьшение численности и удельного веса лиц моложе трудоспособного возраста будет сопровождаться систематическим увеличением доли лиц старше трудоспособного возраста и к 2030 году удельный вес последних в 2 раза превысит соответствующий показатель детей.

Помимо прогнозируемого уменьшения численности и удельного веса лиц в трудоспособном возрасте ожидаются неблагоприятные сдвиги и в их возрастной структуре. Доля наиболее молодых и перспективных возрастных групп (16–34 лет) уменьшится с современных 49% от всех лиц в трудоспособном возрасте до 36,2% к 2030 г. Одновременно заметно увеличится демографическая нагрузка на трудоспособную часть населения области и ухудшится ее структура – нагрузка за счет лиц старше трудоспособного возраста уже через 15 лет в 2 раза превзойдет соответствующий показатель лиц моложе трудоспособного возраста.

Все перечисленные выше современные и прогнозируемые на перспективу сдвиги в населении региона, по отдельным показателям в наиболее острой форме затронут в первую очередь сельские населенные пункты. Как следствие, они должны учитываться соответствующими региональными и муниципальными образованиями, схемами территориального планирования районов области и генеральными планами отдельных поселений с целью достижения устойчивого и сбалансированного их социального и экономического развития.

Исследования выполнены в рамках базовой части внутреннего гранта ЮФУ по проекту 213.01-2015/003ВГ.

Список литературы

1. Ковалев С. А, Сельское расселение (географическое исследование). – М., 1963.

2. Природа, население и хозяйство Ростовской области / под ред. Т.А. Смагиной, М.И. Кизицкого. – Ростов н/Д.: Изд-во обл. ИУУ, 1994. – 304 с.

3. Сельские населенные пункты Ростовской области и численность проживающего в них наличного населения на 1 января 1994 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский областной комитет по статистике, 1994.

4. Сельские населенные пункты Ростовской области и численность проживающего в них наличного населения на 1 января 2014года. – Ростов-на-Дону: Ростовский областной комитет по статистике, 2014.

5. Тарасов Е.К., Шиманская Е.И., Симонович Е.И., Шиманский А.Е. Здоровье жителей Азово-Черноморского бассейна // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8–1. – С. 142–143.

6. Хрусталев Ю.П. и др. Природа, хозяйство и экология Ростовской области. – Батайск: БКИ, 2002. – 446 с.

7. Шиманская Е.И. Сравнительный анализ уровня онкомаркеров у жителей Ростовской области и 30-км зоны Ростовской АЭС // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=22563.

8. Шиманская Е.И., Бураева Е.А., Вардуни Т.В., Чохели В.А., Шерстнева И.Я., Шерстнев А.К., Прокофьев В.Н., Шиманский А.Е. Результаты экогенетического мониторинга 30-ти километровой зоны Ростовской АЭС // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10–3. – С. 449–450.

9. Шиманская Е.И., Вардуни Т.В., Бураева Е.А., Богачев И.В., Шиманский А.Е., Дымченко Н.П., Шерстнева И.Я., Шерстнев А.К., Козлова М.Ю. Бриофлора как универсальная тест-система биологической дозиметрии // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12–2. – С. 164–165.

10. Шиманская Е.И., Шерстнев А.К., Шерстнева И.Я., Богачев И.В., Шиманский А.Е. Оценка биотоксичности природных вод урбанизированных территорий // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 6. – С. 65–66.

11. Шиманская Е.И., Шкурат Т.П., Козлова М.Ю., Попова З.Г., Симонович Е.И. Определение показателей региональной нормы содержания тиреотропных гормонов в сыворотке крови жителей Ростовской области // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=22478.

УДК 551.345

ПОСТПИРОГЕННАЯ ДИНАМИКА ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯКУТИИ

Варламов С.П., Скрябин П.Н.

ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова» СО РАН, Якутск, e-mail: vsp@mpi.ysn.ru

Рассмотрено современное тепловое состояние многолетнемерзлых пород в естественных и постпирогенных условиях в Центральной Якутии. Экспериментально выявлено значительное увеличение в естественных условиях глубины сезонного протаивания и повышение температуры грунтов в слое годовых теплооборотов, в зависимости от сочетания аномального повышения среднегодовых температур воздуха и аномального увеличения осадков. Этот фактор способствует развитию термокарста и термоэрозии, заболачиванию территорий, повышению уровней зеркала воды озер и надмерзлотных вод сезонноталого слоя, затоплению сухих озерных котловин. Установлено значительное оттаивание пород ледового комплекса и формирование таликовых зон на пирогенных лесных территориях. Количественно оценено увеличение воды при протаивании многолетнемерзлых пород после лесных пожаров. Выявлено, что пирогенез является одним из факторов усиления обводненности региона за последние годы.

Ключевые слова: Центральная Якутия, криолитозона, лесные пожары, термический режим грунтов, глубина протаивания

POST-FIRE CHANGES IN THE HYDROTHERMAL STATE OF PERMAFROST IN YAKUTIA

Varlamov S.P., Skryabin P.N.

Melnikov Permafrost Institute, SB RAS, Yakutsk, e-mail: vsp@mpi.ysn.ru

This study discusses the current thermal state of permafrost in Central Yakutia, in undisturbed settings and after forest fires. The results of field observations indicate significant increases in seasonal thaw depth, as well as in permafrost temperature in undisturbed areas, depending on the combination of warmer than normal mean annual air temperature and anomalously higher precipitation. This factor promotes the development of thermokarst and thermal erosion, paludification, rising of the lake and suprapermafrost groundwater levels, and filling of the dry lake basins. In forest areas affected by forest fires, observations show significant thawing of the ice complex and the development of talik zones. An assessment was made of the quantity of water released from permafrost thawing due to forest fires. The study suggests that forest fires are one of the factors responsible for enhanced water-logging in recent years.

Keywords: Central Yakutia, permafrost, forest fires, ground thermal regime, thaw depth

В Якутии расширяется строительство трубопроводов, железных и автомобильных дорог, линий электропередач, которое неизбежно сопровождается значительными нарушениями природных условий. Техногенные воздействия различного типа и масштаба (вырубка леса, пожары, удаление напочвенных покровов и т.д.) приводят к изменению геокриологических условий, в том числе гидротермического режима грунтов, развитию негативных криогенных процессов (термопросадка, новообразование, деградация мерзлых толщ и т.д.), осложняющих рациональное природопользование. Температурный режим грунтов является одной из основных характеристик, определяющих устойчивость природно-технических систем. Устойчивость мерзлотных ландшафтов к антропогенным воздействиям определяется их термическим состоянием и льдонасыщенностью, литогенным составом, глубиной сезонного протаивания.

Материалы и методика исследований

На территории Республики Саха по данным «Государственного доклада…» разных лет с 1998 по 2014 гг. пожары охватили 64 404,26 км^2 общей площади, в том числе лесной – 50 411,88 км^2, что соответственно составляет 2,5 % от общей площади земель лесного фонда и 3,2 % от площади покрытой лесной растительностью и нанесли существенный экономический ущерб [2]. В отдельные годы площадь лесного фонда, пройденного огнем, достигает 12 694 км^2 (табл. 1).

Основные причины возникновения лесных пожаров (до 60 %) обусловлены жизнедеятельностью человека (сельхозпалы, охота, лесозаготовки и пр.). Лесные природные пожары, возникающие из-за сухих гроз при определенных метеоусловиях июля, августа, составляют около 24 %. Доля пожаров по неустановленным причинам не превышает 14 %. Прослеживается четкая связь возникновения лесных пожаров от сочетания теплоресурсов, влаги летнего сезона и особенностей снегонакоплений.

Наибольшее количество пожаров, превышающих 500 случаев за летний сезон, отмечен в 1998, 2001–2002 гг., характеризующихся малыми летними осадками (80–150 мм), маломощными снежными

покровами (0,18–0,31 м). Наименьшее количество пожаров, не превышающее 80–130 случаев, зафиксировано в летние сезоны 2007, 2011 гг. с обильными осадками (130–190 мм) и мощными снегоотложениями (0,35–0,48 м).

Таблица 1

Сведения о количестве лесных пожаров, площади лесного фонда, пройденного огнем с 1998 по 2014 годы по Республике Саха

Годы	Количество пожаров	Общая площадь (км^2)	в том числе		Средняя площадь одного пожара (км^2)
			лесной (км^2)	нелесной (км^2)	
1998	563	1 541,67	921,84	619,83	2,74
1999	414	271,73	195,72	76,00	0,66
2000	260	128,34	88,81	39,52	0,49
2001	596	6 736,86	4 805,27	1 931,58	11,30
2002	818	7 749,34	5 364,75	2 384,59	9,47
2003	587	1 332,89	829,94	502,95	2,27
2004	200	114,05	94,16	19,89	0,57
2005	263	4 689,94	3 352,48	1 337,46	12,74
2006	206	625,39	497,37	128,02	3,03
2007	81	60,73	53,55	7,18	0,75
2008	307	5 304,92	5 128,87	176,05	17,28
2009	223	2 372,40	2 300,12	72,28	10,64
2010	131	1 046,00	872,00	174,00	7,98
2011	511	9 716,00	8 096,00	1 620,00	19,01
2012	342	1 889,00	1 576,00	313,00	5,52
2013	390	8 131,00	6 743,00	1 388,00	20,85
2014	306	12 694,00	9 495,00	3 199,00	41,48
Итого:	**6198**	**64404,26**	**50411,88**	**13989,35**	**10,39**

Исследования термического режима грунтов, проводимые авторами с 1987 г., позволяют количественно оценить его постпирогенную (послепожарную) изменчивость. В статье использованы материалы геотемпературного мониторинга на северном участке железной дороги Томмот – Якутск и в полосе прокладки газопровода Таас Тумус – Якутск.

Исследования проводятся в соответствии с требованиями методики физико-географического сравнения (или природных аналогий) на основе организации длительных натурных наблюдений [3].

Районы работ характеризуются сложными геокриологическими условиями: распространением многолетнемерзлых пород, наличием водоносных таликов, развитием повторно-жильных льдов. Комплексные исследования в пирогенных ландшафтах выполняются в пяти типах местности на 32 ключевых участках, которые составили соответственно: в низкотеррасовом – 1, песчано-грядовом – 19, межгрядово-низинном – 7, межаласном – 4 и плакорном – 1. Объектами исследований являются грунты слоя годовых теплооборотов до глубины 10–15 м. Основными общепринятыми индикаторами изменения термического режима верхних горизонтов криолитозоны являются глубина сезонного протаивания (ξ) и среднегодовая температура грунтов на глубине 10 м (t_0). В качестве датчиков температуры грунтов используются полупроводниковые терморезисторы ММТ-4 с точностью измерений 0,1 °С. Глубина сезонного протаивания грунтов определяется в конце теплого периода (середина сентября) с помощью металлического щупа и ручного бура.

Мониторинговые исследования предусматривают обследование ландшафтов, проведение наблюдений за факторами, определяющими термический режим грунтов (высота и плотность снега, строение, свойства, протаивание и температура грунтов, теплопроводность напочвенных покровов, криогенные процессы). Систематические комплексные наблюдения проводятся с периодичностью 4 раза в год (март, июнь, сентябрь, декабрь).

Результаты исследования и их обсуждение

Типы лесов и напочвенных покровов по классам пожарной опасности в низкотеррасовом, межаласном и плакорном типах местности относятся к высокопожароопасным, в песчано-грядовом – к очень высокопожароопасным, в межгрядово-низинном – к среднепожароопасным.

Основными факторами, обуславливающими изменения t_0 и ξ на гарях, являются: уничтожение теплоизолирующего напочвенного покрова, малая отражательная способность поверхности, повышенная влажность грунтов за счет прекращения транспирации влаги растительностью.

В Центральной Якутии со второй половины 60-х годов прошлого века, по оценке Ю.Б. Скачкова [4], наблюдается один из

наиболее высоких в России трендов повышения среднегодовой температуры воздуха (0,08 °С /год). Анализ метеорологических факторов показал, что за период мониторинговых наблюдений (1981–2015 гг.) четко выделяются 27 зим с температурами воздуха выше нормы, 7 аномально теплых летних сезонов. Анализ среднезимних температур воздуха показывает, что 12 зим были близкими к норме, 7 – теплыми, 6 – аномально теплыми и только 6 – аномально холодными. По снегонакоплению выявлены следующие зимы: 4 – аномально многоснежные, 6 – многоснежные, 6 – аномально малоснежные, 8 – малоснежные, 11 – нормальные. В естественных условиях в различных типах местности наиболее низкие и высокие температуры грунтов отмечены соответственно в аномально малоснежный 2002/03 и аномально многоснежный 2006/07 гидрологические годы. На этом фоне глубина сезонного протаивания в естественных ландшафтах остается достаточно стабильной и многолетняя динамика теплового состояния слоя годовых теплооборотов характеризуется относительной термической устойчивостью, несмотря на значительные короткопериодные межгодовые колебания [1 и 5]. Основным регулятором термического режима грунтов является режим снегонакопления и его межгодовая изменчивость. В 2005–2007 гг. происходили значительные изменения элементов климата (многоснежность и раннее образование снежного покрова, влажные летние сезоны) и гидрологических условий (многоводность весенних талых вод), что привело к аномальному повышению среднегодовых температур в слое годовых теплооборотов (рис. 1). В эти годы на заболоченных и обводненных участках отрицательных форм рельефа отмечены резкое увеличение глубины сезонного протаивания и заметное повышение температуры грунтов. Так в мелкодолинном типе местности, в районе скважины С-11/87, глубина сезонного протаивания в 2007 г. увеличилась по сравнению с предыдущим сезоном на 0,55 м и по сравнению с 1987 г. возросла почти в 3 раза и достигла 1,5 м (рис. 2). Здесь верхний горизонт до 0,40 м

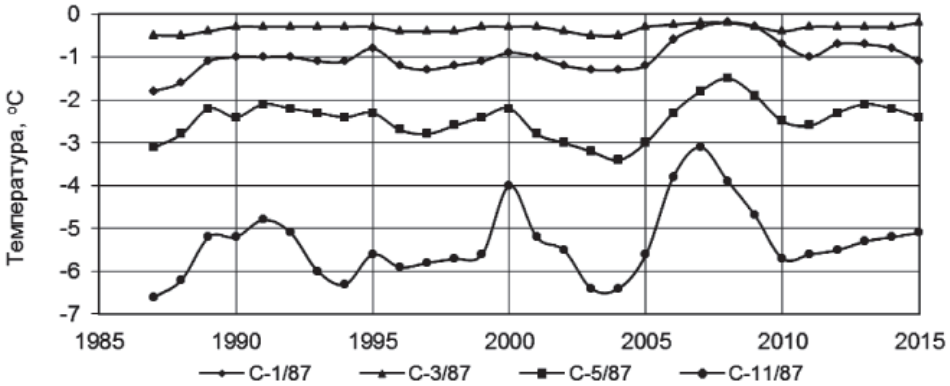


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры грунтов на подошве слоя годовых теплооборотов (глубина 10 м) в песчано-грядовом (С-3/87 – мертвопокровно-толокнянковые сосняки), межгрядово-низинном (С-1/87 – мохово-багульниковые сосново-лиственничники и С-5/87 – мохово-багульниковая ерниковая западина) и мелкодолинном (С-11/87 – осоково-сфагновые ерники) типах местности

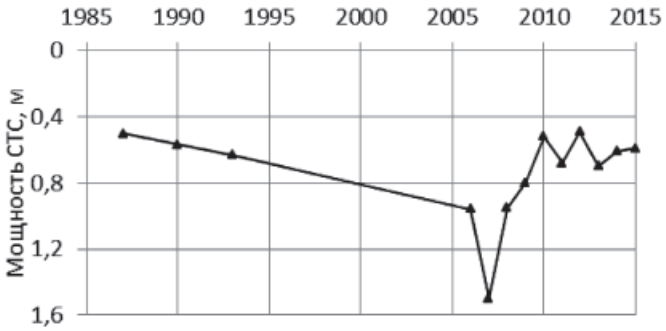


Рис. 2. Динамика мощности сезонноталого слоя в мелкодолинном типе местности С-11/87

представлен сильнольдистым торфом, от 0,40 до 1,35 м – суглинком с прослоями торфа и льда, ниже 1,35 м – песком. Среднегодовая температура грунтов на подошве слоя годовых теплооборотов в 2007 г. по сравнению с 2004 г. под влиянием одной многоснежной и двух аномально многоснежных зим повысилась на 3,6 °С (рис. 1). В последующие три малоснежные зимы (2008–2010 гг.) и два сухих летних сезона мощность сезоннопротаивающего слоя сократилась до уровня 1980-х годов, температура грунтов на глубине 10 м понизилась на 2,6 °С (рис. 2).

Влияние пирогенеза на температурный режим грунтов изучено довольно детально в песчано-грядовом и межаласном типах местности. Воздействие лесного пожара на динамику термического состояния грунтов можно оценить по данным наблюдений в песчано-грядовом типе местности в сосновом лесу (С-13). Пожар в июне 1987 г. уничтожил маломощный травяно-толокнянковый напочвенный покров и в последующем стал причиной вывала молодого соснового древостоя. В первый год наблюдений температура песчаных грунтов на глубине нулевых амплитуд составила –2,1 °С. В течение первых 4 лет после пожара отмечается резкое повышение температуры (примерно на 1,5 °С). Начиная с 5-го года на пирогенном участке при слабом самовосстановлении березово-кустарниковой растительности наблюдается стабилизация температуры грунтов и ее значения не выходят за пределы –0,3…–0,4 °С (рис. 3). В залесенных дренированных грядах песчано-грядового типа местности при уничтожении пожаром маломощного лишайниково-толокнянкового покрова в сосняках отмечается незначительное повышение температуры сезоннопротаивающего слоя (0,1–0,3 °С). Лесные пожары в лиственничниках в межгрядово-низинном типе местности повышают t_0 на 0,3–0,8 °С.

В 2003 г. на междуречье рек Кенкеме и Лена в межаласном типе местности организованы исследования динамики теплового состояния грунтов на 2 экспериментальных площадках: в лесу и на гари со сплошной вырубкой сгоревшего леса. Здесь многолетнемерзлые породы представлены льдистыми пылеватыми и мелкозернистыми песками. На естественной площадке на фоне чередования холодных, теплых и близких к норме среднегодовых температур воздуха сочетания аномально сухих и аномально влажных летних сезонов до 2008 г. наблюдается увеличение глубины сезонного протаивания и отмечено формирование надмерзлотных вод СТС под влиянием заболачивания окружающего нарушенного (горелого) участка, где мощность сезонно талого слоя увеличилась по сравнению с 2003 годом на 0,9 м. В лесу в 2009 г. температура мерзлых грунтов в слое годовых колебаний повысилась на 2,5 °С. Результаты эксперимента показывают, что на гари глубина максимального протаивания грунтов увеличилась по сравнению с естественным условием (лес) почти в 3 раза. На гари с вырубкой в зависимости от метеоусловий холодного периода формируется сезонномерзлый слой, т.е. зона талика (рис. 4). Температура грунтов на подошве годовых теплооборотов на гари в 2009 г. повысилась по сравнению с 2003 г. на 2,7 °С и в последующие годы на 2–3 стадиях сукцессионного восстановления растительного покрова стабильно держится на уровне –1,4…–1,9 °С (рис. 5).

По материалам определения физических свойств грунтов, полученных при бурении скважин на экспериментальных площадках несложно посчитать объём воды при протаивании льдистого мерзлого грунта. На 1 кубический метр льдистого грунта (при суммарной влажности 0,21 д.е. и объёмного веса в сухом состоянии 1640 кг/м^3) объём воды составляет 0,34 м^3. На участках развития пород ледового комплекса эти значения увеличиваются в разы. Например, при льдистости грунтов 0,7–0,8 д.е. свободная вода составляет 0,64–0,74 м^3 на 1 кубический метр. Используя эти показатели и данные экспериментальных наблюдений, было вычислено содержание количества воды при оттаивании многолетнемерзлых пород. На лесной пирогенной территории площадью около 50412 км^2 (табл. 1) объём воды в оттаивающих слоях мерзлых пород с текстурообразующими льдами ($\Delta\xi$) мощностью 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 м может составить соответственно 8,6; 17,1; 25,7 и 34,3 км^3, а с подземными льдами – 18,6; 37,3; 55,9 и 74,6 км^3 (табл. 2). Некоторая часть этих вод в последующем дренируется по естественным водотокам или накапливается в отрицательных формах рельефа, образуя водоемы и вызывая развитие негативных криогенных процессов. В основном этим и объясняется повышенная обводненность и заболачивание территории Центральной Якутии за последние годы.

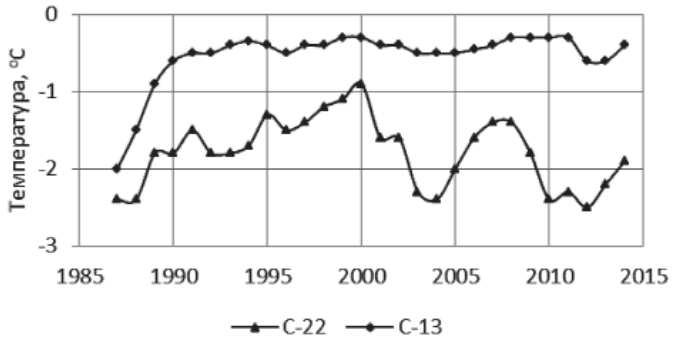


Рис. 3. Динамика среднегодовой температуры грунтов на глубине 10 м в сосняке (С-22) и на гари с вырубкой (С-13) в песчано-грядовом типе местности

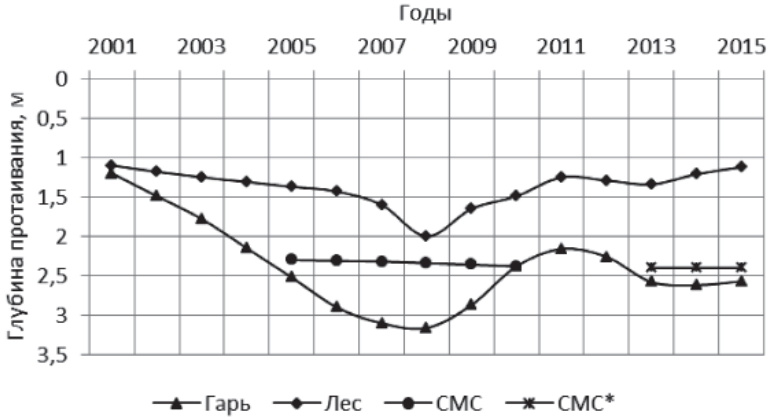


Рис. 4. Динамика глубины протаивания грунтов в лесу и на гари с вырубкой в межаласном типе местности (СМС – сезонномерзлый слой, СМС – предполагаемый сезонномерзлый слой)*

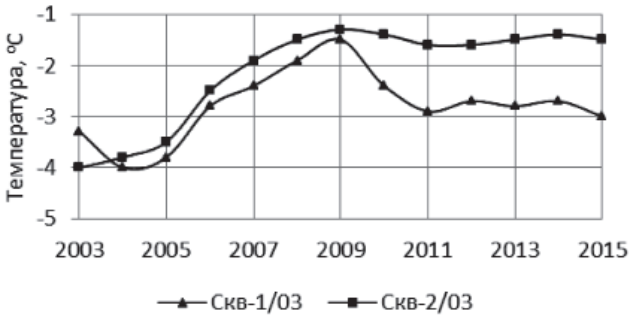


Рис. 5. Динамика среднегодовой температуры грунтов на глубине 10 м в березово-лиственничном лесу (Скв-1/03) и на гари с вырубкой (Скв-2/03) в межаласном типе местности

Таблица 2

Прогнозная оценка объёма воды в оттаивающем слое (Δξ) многолетнемерзлых пород на гарях Центральной Якутии

Вид нарушений	Δξ, м	Объём воды, м^3			
		При льдистости грунтов 0,21 д.е.		При льдистости грунтов 0,80 д.е.	
		1 км^2	50 412 км^2	1 км^2	50 412 км^2
Гари	0,5	$170 \cdot 10^3$	$8{,}57 \cdot 10^9$	$370 \cdot 10^3$	$18{,}652 \cdot 10^9$
	1,0	$340 \cdot 10^3$	$17{,}14 \cdot 10^9$	$740 \cdot 10^3$	$37{,}304 \cdot 10^9$
	1,5	$510 \cdot 10^3$	$25{,}71 \cdot 10^9$	$1\,110 \cdot 10^3$	$55{,}957 \cdot 10^9$
	2,0	$680 \cdot 10^3$	$34{,}28 \cdot 10^9$	$1\,480 \cdot 10^3$	$74{,}610 \cdot 10^9$

Выводы

1. В естественных условиях сочетание аномального повышения среднегодовых температур воздуха и аномального увеличения осадков сопровождается оттаиванием верхних горизонтов многолетнемерзлых пород. Этот фактор способствует развитию термокарста и термоэрозии, заболачиванию и обводнению территорий, повышению уровней зеркала воды озер и надмерзлотных вод сезонноталого слоя, затоплению ранее сухих озерных котловин.

2. На пирогенных лесных территориях установлено значительное оттаивание пород «ледового комплекса». Главной причиной повышенной обводненности территории Центральной Якутии за последние годы является деградация мерзлоты под влиянием периодически повторяющихся лесных пожаров на фоне увлажненных летних сезонов и многоснежных зим.

3. Количественно оценена постпирогенная динамика среднегодовой температуры грунтов в зависимости от стадий самовосстановления растительности.

Список литературы

1. Варламов С.П., Скачков Ю.Б., Скрябин П.Н., Шендер Н.И. Тепловое состояние верхних горизонтов криолитозоны Центральной Якутии // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению TICOP: Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире (Труды X Международной конференции по мерзлотоведению. Салехард, 25–29 июня 2012 г.). – Тюмень, 2012. – Т. 3. – С. 47–52.

2. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия). – Якутск – Ижевск, 1998–2014.

3. Методы региональных инженерно-геокриологических исследований для равнинных территорий. – М.: Недра, 1986. – 207 с.

4. Скачков Ю.Б. Реакция криолитозоны Центральной Якутии на современное изменение климата // Материалы Международной научной конф. (Иркутск, 17–21 сент. 2012 г.). – Иркутск, Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. – Т. 1. – С. 236–238.

5. Stepan Varlamov, Yuri Skachkov, Pavel Skryabin. 2014. Current climate change effects on the ground thermal regime in Central Yakutia // Sciences in Cold and Arid Regions. – 2014. – Vol. 6, № 4. – P. 282–292.

УДК 662.51: 556.3: 550.42

О ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ШАХТИНСКОМ УГЛЕНОСНОМ РАЙОНЕ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

Гавришин А.И., Борисова В.Е., Торопова Е.С.

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, Новочеркасск, e-mail: agavrishin@rambler.ru

Длительное функционирование в Восточном Донбассе угледобывающего и углеперерабатывающего комплексов привело к многочисленным негативным последствиям в состоянии гидрогеологической среды региона. При закрытии шахт возникли проблемы охраны водных объектов от загрязнения и другие, связанные с негативным влиянием на природные водные ресурсы техногенного воздействия. Процесс загрязнения подземных вод значительно усилился в связи с формированием высокоминерализованных шахтных вод после ликвидации угольных шахт. Сравнение результатов анализов подземных вод в Шахтинском районе Восточного Донбасса за 50–60-е годы 20-го столетия и в 2007–2009 гг. показало увеличение минерализации и концентрации всех компонентов, что привело к изменению химического состава подземных вод и повышению процента загрязнения с 55 до 90%.

Ключевые слова: Восточный Донбасс, химический состав, грунтовые воды, загрязнение

THE FORMATION OF GROUNDWATER CHEMICAL COMPOSITION IN SHAKHTY COAL – BEARING AREA OF THE EASTERN DONBASS

Gavrishin A.I., Borisova V.E., Toropova E.S.

Platov South-Russian State Polytechnical University, Novocherkassk, e-mail: agavrishin@rambler.ru

Prolonged operation in East Donbas coal-mining and coal processing facilities led to numerous negative consequences in a state of hydrogeological environment of the region. At the closure of the mines having problems of water protection against pollution and other adverse effects on the natural water resources of technogenic influence. The process of groundwater pollution has been significantly increased in connection with the formation of the highly mineralized mine waters after the elimination of coal mines. Comparison of the results of analyzes of groundwater in the area of the Eastern Donbass Shakhtinsky 50–60s of the 20th century and in 2007–2009. It showed an increase in salinity and the concentrations of all the components, resulting in a change in chemical composition of groundwater pollution and increases the percentage from 55 to 90%.

Keywords: Eastern Donbass, chemical composition, groundwater, pollution

В последнее столетие окружающая среда Восточного Донбасса подвергалась интенсивному антропогенному влиянию, которое существенно нарушает природный энерго-массоперенос, что связано преимущественно с деятельностью угледобывающего и углеперерабатывающего комплексов. Интенсивные потоки загрязнения формируются в природных водах, например в 60-е годы из угольных шахт региона откачивалось 75 млн м^3 /год вод, с которыми на поверхность поступало 270 тыс. т растворенных веществ (в том числе сульфат-иона 131 и железа 0,1 тыс. т). В 2010 г. объем шахтных вод, несмотря на закрытие большинства шахт, составил 78 млн м^3 /год и вынос растворенных веществ составил 411 тыс. т (SO_4 – 211 и Fe – 6,5).

Предыдущими исследованиями [4–6] установлены четыре главных направления в формировании химического состава шахтных вод. Первое направление связано с образованием кислых сульфатных вод (pH до 3.0) с высокими содержаниями Fe, MN, Al, Cu и других металлов и обусловлено интенсивным развитием процессов окисления серы, содержащейся в углях и вмещающих породах.

Второе геохимическое направление характеризуется формированием хлоридно-сульфатных нейтральных вод, в незначительной степени обогащенных Fe и MN. Теперь, наряду с процессами окисления серы, приблизительно равную роль начинают играть процессы увеличения концентраций хлориона при углублении угольных шахт.

Третье геохимическое направление изменения состава шахтных вод фиксирует преобразование гидрокарбонатно-сульфатных вод в сульфатно-хлоридные, так как на первое место выходит процесс роста концентрации Cl^- за счет притока хлоридных подземных вод. По четвертому геохимическому направлению формирования химического состава шахтных вод образуются оригинальные содовые гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные и хлоридные натриевые воды. Типоморфными компонентами четвертого направления являются содержания HCO_3^- и Cl^- (высокие содержания), а также Ca^{2+} и Mg^{2+} (низкие содержания).

В настоящей работе изучены основные закономерности и факторы формирования химического состава и загрязнения подземных вод каменноугольных отложений в Шахтинском (южном) угленосном районе Восточного Донбасса по результатам опробования источников и колодцев за 60-летний период. Оценка выполнена по результатам опробования в 50–60-е годы 20-го столетия, когда угледобывающая промышленность интенсивно развивалась (количество действующих шахт в отдельные годы доходило до 100) и по результатам анализов вод, выполненных в 2007–2009 гг., когда большинство угольных шахт было ликвидировано.

Анализ и количественное описание гидрогеохимических закономерностей выполнено с применением классических методов математической статистики и компьютерной технологии AGAT-2, реализующей G-метод многомерного классификационного моделирования (выделение однородных совокупностей), который основан на оригинальном критерии Z^2 – Гавришина [1–3].

G-метод широко использован для построения классификаций и описания пространственно-временных закономерностей формирования объектов и систем на Земле, Луне, Марсе, Сатурне, астероидах и в дальнем космосе [2, 3]. G-метод характеризуется следующими важными свойствами: построение классификации многомерных наблюдений при отсутствии априорных сведений о таксономической структуре наблюдений (задача без учителя); использование зависимых признаков; выделение таксонов различного уровня детальности; оценка сходства-различия между однородными таксонами; определение информативности признаков.

В название вод ионы включаются при содержании более 25 % молей и компоненты располагаются в порядке возрастания содержаний. Типы вод приведены по классификации природных вод О.А. Алекина.

Изменение химического состава подземных вод каменноугольных отложений в Шахтинском районе

Шахтинский район является наиболее старой угледобывающей частью Восточного Донбасса, в которой в период опробования находилось значительное количество заброшенных шахт и отработанных угольных горизонтов. Большинство шахт района имеет незначительную глубину (до 400–500 м), и только отдельные шахты вели отработку глубоких угольных горизонтов на глубине более 600 м (например, шахты Глубокая, Артема, Степановская и др.). В геологическом отношении район приурочен к Несветаевской синклинальной структуре.

Параметры распределения содержаний компонентов химического состава подземных вод каменноугольных отложений Шахтинского района в рассматриваемые периоды приведены в табл. 1 и 2. В 50–60 гг. обобщение выполнено по результатам анализов вод 180 источников и колодцев и в 2007–2009 гг. по результатам 233 анализов вод. Изменения наглядно видны при сравнении средних значений: минерализация (М) увеличилась в 1,5 раза за счет роста содержаний большинства компонентов, что свидетельствует о существенном развитии процессов загрязнения грунтовых вод в Шахтинском угленосном районе.

Таблица 1

Химический состав подземных вод Шахтинского района (50–60-е годы)

Компонент	$X_{ср}$	Me	X_{min}	X_{max}	S
pH	7,2	7,0	5,0	8,2	0,45
HCO_3	374	366	134	744	110
SO_4	679	593	53	4200	501
Cl	118	61	18	1400	166
Ca	166	148	30	525	83
Mg	65	59	12	231	37
Na	231	203	2	1360	187
M	1566	1400	356	6520	935

Примечания: $X_{ср}$ – среднее значение; Me – медиана; X_{min} – минимальное значение; X_{max} – максимальное значение; S – стандартное отклонение.

Таблица 2

Химический состав подземных вод Шахтинского района (2007–2009 гг.)

Компонент	$X_{ср}$	Me	X_{min}	X_{max}	S
pH	7,2	7,2	6,2	9,8	0,6
HCO_3	345,1	337	61,0	943,0	111,7
SO_4	868,6	703	118,0	2804,0	538,2
Cl	435,4	379	39,0	1679,0	327,9
Ca	209	220	16,0	473,0	103,3
Mg	87	73	10,0	292,0	53,8
Na	443,6	448	30,0	1253,0	246,2
M	2315,1	2016	558,0	5434,0	991,1

Но наиболее детальные и интересные результаты получены после выделения и анализа однородных гидрогеохимических видов с помощью многомерного классификационного G-метода по компьютерной программе AGAT-2 [2, 3] (табл. 3, 4).

Расположение однородных гидрогеохимических видов по мере возрастания минерализации и анализ графиков в координатах: «минерализация – содержание компонентов» позволили выделить три основных варианта закономерных изменений содержаний ионов, которые довольно существенно отличаются по своим параметрам и происхождению (к четвертому варианту отнесена одна проба А.4 содового состава).

Таблица 3

Состав однородных гидрогеохимических видов подземных вод каменноугольных отложений Шахтинского района (50–60-е годы)

Вариант	Вид	pH	Компонент (мг/л и % – моль)						
			HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.12	7,2	242 59	86 27	33 14	75 55	18 21	39 24	398
	1.14	7,6	219 29	349 59	51 12	72 32	47 35	91 33	776
	1.10	7,0	232 41	217 48	37 11	83 42	24 20	89 38	613
	1.02	7,1	335 42	298 48	45 10	103 39	37 23	121 38	829
	1.04	7,5	359 45	270 43	54 12	150 55	51 32	42 13	865
	1.05	8,0	337 32	504 61	42 7	145 40	46 22	164 38	1080
	1.03	7,0	323 29	483 55	103 16	135 37	47 21	188 42	1180
	1.08	7,1	439 40	456 52	53 8	87 24	52 23	233 53	1210
	1.17	7,3	393 30	580 57	94 12	216 50	61 24	134 26	1390
	1.01	7,3	368 27	700 66	47 6	141 32	63 23	238 45	1470
	1.11	7,0	541 36	613 52	107 12	125 24	58 19	349 57	1550
2	1.13	7,3	236 17	819 74	78 9	283 56	76 25	116 19	1710
	1.16	6,1	370 23	820 65	107 12	160 30	70 21	317 49	1810
	1.06	7,2	378 20	1050 71	92 8	177 28	86 23	362 49	2070

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	3.01	7,0	404 16	1460 74	140 10	303 37	115 23	391 40	2810
	A.3	6,0	134 2	4200 95	70 2	445 25	122 11	1370 64	6520
3	1.15	7,1	392 47	187 28	123 25	100 35	26 25	169 50	855
	1.07	7,0	350 32	348 40	177 28	158 43	58 26	140 31	1100
	1.09	7,1	365 24	678 56	174 20	207 40	73 24	226 36	1720
	2.01	7,1	583 24	989 52	343 24	203 25	87 18	556 57	2590
	A.1	7,2	457 16	1230 56	460 28	295 32	125 22	506 46	3082
	A.2	7,0	744 16	1390 37	1300 47	206 13	231 25	1156 62	5588
4	A.4	6,8	733 77	144 19	21 4	160 51	29 15	120 34	870

По первому гидрогеохимическому варианту под влиянием природных факторов наиболее существенный вклад в минерализацию вод вносят сульфат-ион, натрий и магний. На фоне общих природных закономерностей формирования среднеминерализованных вод в зоне аридного климата за счет нарастания содержаний SO_4 незначительную роль в составе подземных вод начинают играть сульфатные шахтные воды. Во второй гидрогеохимический вариант вошли виды 1.13, 1.16, 1.06, 3.01 и A.3 (табл. 3), которые представляют собой по составу шахтные воды с пониженным значением pH (у вида A.3 – слабокислая среда) и очень высокими концентрациями SO_4 (до 4,2 г/л).

В третьем гидрогеохимическом варианте отмечается влияние не только сульфатных шахтных вод, но также и хлоридных; содержания Cl достигают нескольких сотен миллиграмм на литр. Гидрогеохимические виды 1.09, 2.01, A.1, A.2 по составу приближаются к шахтным водам второго и третьего направлений изменения состава шахтных вод (подробное описание направлений во введении). Среди грунтовых вод района обнаружена только одна проба содового состава, которая классифицирована как аномальное наблюдение A.4 (табл. 3) и выделена в четвертый вариант.

Для Шахтинского угленосного района четко фиксируется роль сульфатных и частично хлоридных шахтных вод в формировании химического состава подземных вод каменноугольных отложений и распространении потоков загрязнения на обширные территории. К потокам загрязнения подземных вод шахтными водами в Шахтинском районе в 50–60 гг. отнесено 55 % проб из источников и колодцев.

Анализ данных опробования 2007–2009 гг. (табл. 4) показал, что по первому гидрогеохимическому варианту наиболее существенный вклад в минерализацию вносят сульфат-ион, гидрокарбонат-ион и натрий. Следовательно, гидрогеохимические виды 1.04, A1, 3.01 соответствуют общей природной закономерности формирования среднеминерализованных вод в зоне аридного климата. Во втором гидрогеохимическом варианте существенную роль начинает играть хлор-ион, за счет притока в шахты со значительных глубин подземных вод хлоридного состава. Эти шахтные воды в свою очередь оказывают влияние на состав подземных вод и повышают содержание Cl до 1,6 г/л.

В третьем варианте существенную роль в составе подземных вод играют сульфатные шахтные воды. Теперь по составу это практически шахтные воды с очень высокими концентрациями SO_4, которые сформировались после массовой ликвидации угольных шахт (табл. 4). Анализ данных убедительно свидетельствует, что образуются интенсивные потоки загрязнения, к которым отнесено 90 % наблюдений.

Таблица 4

Состав однородных гидрогеохимических видов подземных вод каменноугольных отложений Шахтинского района (2007–2009 гг.)

Вариант	Вид	pH	Компонент (мг/л и % – моль)						
			HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
1	1.04	7,5	348 52	162 31	66 21	69 32	37 29	69 39	632
	A.1	7,8	306 42	207 37	88 21	144 62	29 21	45 17	742
	3.01	7,1	422 31	483 45	188 24	180 42	44 17	197 40	1380
2	1.05	8,6	136 9	524 43	445 49	63 12	22 7	496 81	1560
	5.01	9,0	206 12	419 31	564 57	38 7	32 9	561 84	1680
	1.07	8,1	291 16	473 33	551 51	62 10	34 9	578 81	1880
	1.06	6,9	357 22	609 47	306 32	260 48	67 21	195 31	1710
	A.2	6,9	406 15	948 43	675 42	305 33	102 18	518 49	1848
	1.01	7,1	346 18	701 46	397 36	196 30	74 19	377 51	2030
	4.01	7,4	238 5	1360 37	1600 58	323 20	173 18	1150 62	4730
3	1.03	7,1	276 9	1880 79	205 12	382 38	142 23	449 39	3360
	1.08	7,2	415 12	1590 59	565 29	221 19	188 27	709 54	3670
	1.02	7,4	449 14	1940 74	239 12	367 33	142 21	590 46	3720
	2.01	7,2	473 12	2270 76	251 11	395 31	170 22	679 47	4130
	6.01	7,2	496 13	1990 64	496 23	307 24	179 24	745 52	4170

Заключение

Анализ формирования химического состава подземных вод каменноугольных отложений в Шахтинском районе Восточного Донбасса с помощью G-метода классификационного моделирования позволил выявить важные пространственно-временные закономерности. В связи с ликвидацией шахт процесс загрязнения подземных водоносных горизонтов значительно усилился. За период с 1950 по 2009 год минерализация вод в среднем увеличилась с 1,6 до 2,3 г/л, прежде всего за счет роста содержаний SO_4 (до 2,8), Cl (до 1,7) и Na (до 1,3 г/л).

Массовая ликвидация угольных шахт привела в 2007–2009 гг. к тому, что доля вод, отнесенных к потокам загрязнения, повысилась с 55 до 90 %. Стала очевидной неотложность решения проблем охраны водных объектов от загрязнения, необходимость проведения широких реабилитационных мероприятий и строительства очистных сооружений в регионе [5, 6].

Список литературы

1. Гавришин А.И. Гидрогеохимические исследования с применением математической статистики и ЭВМ. – М.: Недра, 1974. – 146 с.

2. Гавришин А. И. О генезисе маломинерализованных содовых вод Донбасса // ДАН РФ. – 2005. – Т. 404, № 5. – С. 668 –670.

3. Гавришин А.И., Корадини А. Многомерный классификационный метод и его применение при изучении природных объектов. – М.: Недра, 1994. – 92 с.

4. Гавришин А.И., Корадини А. Происхождение и закономерности формирования химического состава подземных и шахтных вод в Восточном Донбассе // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36, № 5. – С. 564 –574.

5. Гавришин А.И., Корадини А. Закономерности формирования химического состава подземных вод в каменноугольных отложениях Донбасса // Проблемы современной гидрогеохимии. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2003. – С. 13 –31.

6. Гавришин А.И., Климова Н.А. Закономерности формирования химического состава шахтных вод при отработке месторождений и ликвидация угольных шахт в Восточном Донбассе // Геоэкология. – 2003. – № 6. – С. 526 –539.

УДК 551.6:551.466.62(571.63)

ПРОЯВЛЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ЦУНАМИ НА О. РУССКИЙ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ

[1]Ганзей Л.А., [1]Разжигаева Н.Г., [1]Гребенникова Т.А., [2]Арсланов Х.А., [1]Иванова Е.Д., [1]Ганзей К.С.

[1]ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: lganzey@tig.dvo.ru;

[2]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: arslanovkh@mail.ru

Приводятся данные по проявлению цунами на о. Русский за последние 600–700 лет. Реконструкции сделаны на основе изучения разрезов торфяников на побережье бух. Спокойная (восточное побережье острова), включающих прослои цунамигенных песков. Для идентификации морского происхождения песка использованы данные изучения диатомовых водорослей и бентосных фораминифер. Изучен гранулометрический состав цунамигенных осадков и определены источники материала. Возраст событий установлен на основе радиоуглеродного датирования подстилающих органогенных отложений. Определены вертикальные и горизонтальные заплески цунами. Сильные цунами исторического возраста были более масштабными событиями, чем цунами XX века, с учетом снижения уровня моря в малый ледниковый период зона затопления могла достигать 200–250 м. На восточном и южном побережье острова найдены также осадки цунами 1983 и 1993 гг.

Ключевые слова: цунами, осадки, радиоуглеродное датирование, малый ледниковый период, Японское море

MANIFESTATION OF HISTORICAL TSUNAMI ON RUSSIAN ISLAND, SEA OF JAPAN

[1]Ganzey L.A., [1]Razzhigaeva N.G., [1]Grebennikova T.A., [2]Arslanov Kh.A., [1]Ivanova E.D., [1]Ganzey K.S.

[1]Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: lganzey@tig.dvo.ru;

[2]St-Petersburg State University, St-Petersburg, e-mail: arslanovkh@mail.ru

The data on the manifestation of the tsunami on the Russian Island in the last 600–700 years are discussed. Reconstruction is based on the study of peat bog sections on the coast of Spokoinaya Bay with tsunami sand layers. The study of diatoms and benthic foraminifera were used for identification of marine sand origin. Grain size composition of the deposits allow to define the sources of the material. The age of tsunami is based on radiocarbon dating of underlying organic deposits. The vertical and horizontal runup of some tsunami were estimated. Strong historical tsunami were larger events than the tsunami of XX century, inundation area could reach 200–250 m with considering sea level drop at the Little Ice Age. The deposits of tsunami 1983 and 1993 were found on the eastern and southern coast of the island.

Keywords: tsunami, deposits, radiocarbon dating, Little Ice Age, Sea of Japan

Остров Русский, который является частью г. Владивостока, после проведения Саммита АТЭС в 2012 г. и постройки моста, связавшего его с п-овом Муравьева-Амурского, активно осваивается [1]. Особенно большой туристический поток направлен на побережье, где расположен ряд турбаз, используются пляжи, а в летний сезон вырастают целые палаточные городки. В этой связи важно знать, какие катастрофические процессы проявляются в береговой зоне. Одним из опасных явлений, характерных для берегов Японского моря, являются цунами. Сюда проникают цунами, очаги которых расположены в Тихом океане [6], но наиболее сильные цунами связаны с землетрясениями, эпицентры которых расположены на дне Японского моря и локализуются узкой полосой на шельфе вдоль Японских островов [9]. Из 17 цунами, произошедших в бассейне Японского моря за последние 65 лет, на побережье Приморья было зафиксировано только пять событий [6]. В конце XX века в северной части Японского моря произошли два сильных цунами 26 мая 1983 г. и 12 июля 1993 г., вызванные подводными землетрясениями (M 7.7-7.8) с подвижками дна. Эпицентры находились в 30 км от северо-западного побережья о. Хонсю и к западу от юго-западного побережья Хоккайдо вблизи острова Окушири [3, 4, 7, 12, 15]. Эти цунами достигли побережья Приморья и были самыми крупными из исторических событий наряду с цунами 1 августа 1940 г., о котором сохранилось очень мало сведений [9].

Короткий период наблюдений не позволяет получить надежные данные по повторяемости цунами, выявить их масштаб и воздействие на развитие берегов. Единственным способом получения данных

о сильных цунами в прошлом являются геологические методы выявления следов палеоцунами, запечатленных в виде прослоев песка в разрезах береговых низменностей. Изучение осадков палеоцунами позволяет оценить масштабы и частоту проявления этих событий, что является необходимым для оценки цунамиопасности территории. Первые результаты по распространению осадков цунами и хронологии событий за последние 2,5 тыс. лет получены для побережья Восточного Приморья [2, 8]. Целью настоящего исследования является реконструкция проявления цунами, проходивших в историческое время на побережье о. Русский.

Материалы и методы исследования

Поиск разрезов, включающих цунамигенные осадки, проведен на восточном и южном побережье о. Русский в 2015 г. (рис. 1). Основными объектами изучения были торфяники, расположенные за пределами зоны влияния сильных штормов.

Рис. 1. Схема района работ

Разрезы изучались по профилям от линии уреза вглубь суши, закладывались шурфы, проводилось ручное бурение и опробование с использованием геослайсера. Гипсометрическое положение разрезов определялось с помощью нивелирования. Во всех разрезах опробовались прослои песка для последующей идентификации их происхождения, на ключевых точках отбирались также вмещающие отложения для определения палеоэкологической обстановки во время прохождения цунами. В качестве опорного для палеореконструкций выбран разрез 615, расположенный в 39 м от тыловой зоны пляжа. Были опробованы осушка, пляж и штормовой вал как возможные источники материала. Изучение осадков включало гранулометрический, диатомовый и фораминиферовый анализы. Гранулометрический анализ сделан на ситах с шагом γ, гранулометрические параметры рассчитывались методом моментов (в шкале ϕ) с помощью пакета программ GRADISTAT 4.0. Определение возраста палеоцунами основано на данных радиоуглеродного датирования вмещающих отложений, выполненного в СПбГУ (г. Санкт-Петербург). Перевод радиоуглеродных дат в календарные проводился с помощью программы «OxCal 4.2».

Результаты исследования и их обсуждение

Уникальные условия для осадконакопления при малых заплесках волн цунами (до 1–1,5 м) существовали на восточном побережье о. Русский в закрытой бух. Спокойная, где расположена заболоченная низкая морская терраса, которая находится вне зоны действия сильных штормов и не подвержена наводнениям. Бухта очень мелководная (глубины менее 1 м), образовалась в результате формирования большой аккумулятивной формы типа двойного томболо, соединившего небольшой палеоостров (ныне м. Ахлестышева) с берегом о. Русский с образованием барьерного озера Глуздовского. Вход в бухту закрывает небольшой остров Ахлестышева. На побережье бухты вокруг озера расположен обширный болотный массив. Высота барьерной формы со стороны открытого моря достигает 4–5 м, высота древнего штормового вала во внутренней части бухты, сложенного гравийно-галечным материалом, 2,75 м. В пределах бухты современный штормовой вал имеет высоту около 0,7 м, пляж (шириной до 5–8 м) осушается только в отлив, ниже расположена почти горизонтальная осушка (шириной до 10 м).

Бурение торфяников вокруг озера Глуздовского показало, что цунами в эту часть береговой низменности не проникало, т.е. высоты волн цунами в среднем-позднем голоцене на этом участке о. Русский не превышали 2,7 м. Многочисленные прослои морских песков были найдены только в нижней

зоне болотистой низменности (высотой до 1,3 м), расположенной между современным и древним штормовыми валами (рис. 2). Некоторые прослои песков в разрезах, расположенных около современного штормового вала, возможно, образовались во время экстремальных штормов, сопровождавшихся нагонами. Однако наблюдения показывают, что даже в сильные шторма, например во время тайфуна Гони 26 августа 2015 г., проникновение волн ограничивалось современным штормовым валом (горизонтальный заплеск в бух. Спокойная был до 3–4 м, в устье протоки – до 8 м). Разрезы, которые находятся за пределами штормового вала, скорее всего, включают слои песков цунамигенного происхождения.

Этот участок мог затапливаться во время цунами 1993 и 1983 гг. Обследования после цунами 1993 г. на о. Русский не проводилось. Данные по этому цунами получены только для некоторых районов побережья в районе г. Владивосток, где высота заплеска была от 0,3 до 0,9 м. На побережье Уссурийского залива в бухтах Горностай и Соболь высота заплеска достигала 1,3–1,5 м, максимальные величины (до 2,2 м) были зафиксированы в бух. Чумаки и в районе м. Энгельма [3, 4]. Цунами 1983 г. в районе Владивостока было более интенсивным, чем цунами 1993 г. Сразу после цунами обследование было проведено на восточном побережье о. Русский, величина заплеска была от 0,5 м (бух. Парис) до 1,5 м (бухты Аякс и Житкова), зона затопления достигала 36 м [7]. В районе Владивостока (материковое побережье) высота заплеска менялась от 0,66 м (бух. Золотой Рог, мареографный пункт) до 3–4 м (бух. Горностай), максимум 5–6 м был зафиксирован в ковше бух. Тихая [3, 4, 7]. Во время обследований побережья, проведенных сразу после цунами, осадки не изучались.

На побережье бух. Спокойная в кровле торфяников под дерном найдены гнезда светло-серого мелкозернистого песка

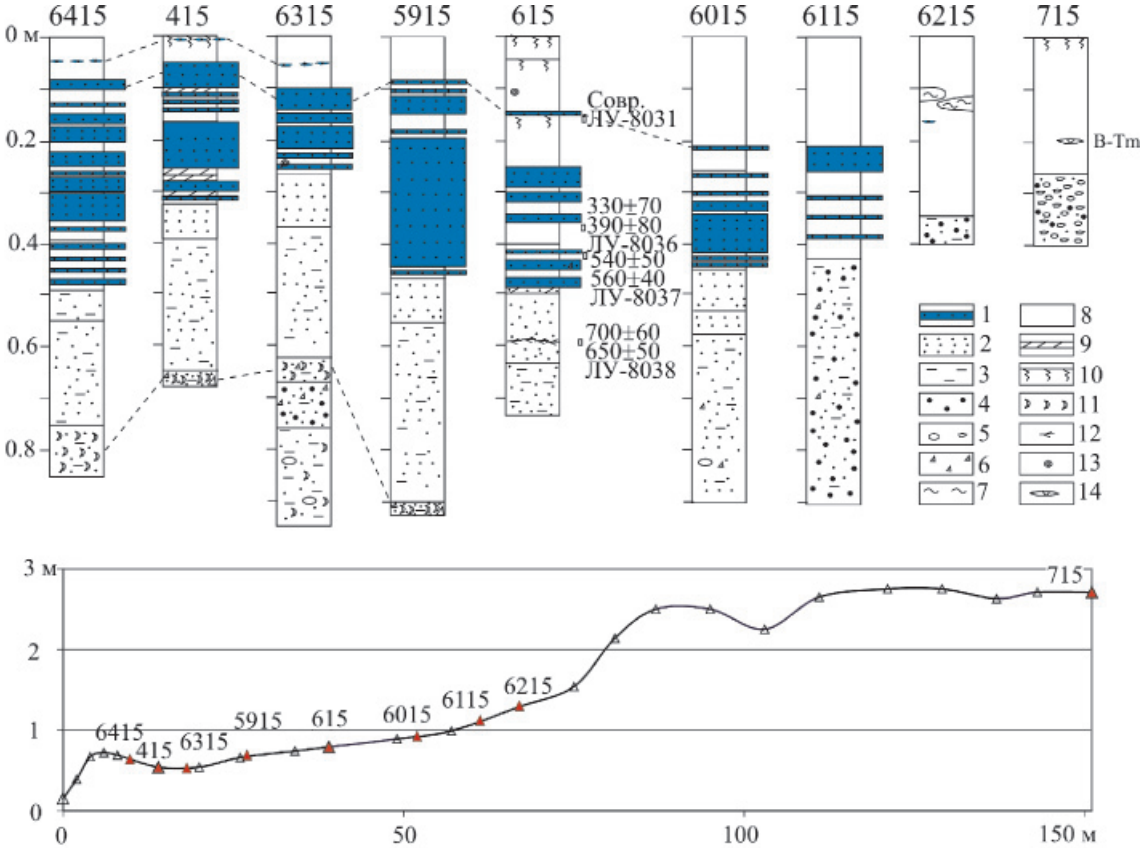


Рис. 2. Разрезы торфяников с цунамигенными песками на побережье бух. Спокойная (профиль построен от уровня прилива):
1 – прослои морских песков в торфянике; 2 – песок; 3 – алеврит; 4 – гравий; 5 – галька разной окатанности; 6 – дресва; 7 – суглинок; 8 – торф; 9 – торфянистый алеврит; 10 – почва; 11 – обломки раковин; 12 – зостера; 13 – древесина; 14 – вулканический пепел B-Tm влк. Байтоушань (извержение 969 г. н.э.)

с примесью среднезернистого, которые прослеживаются на расстояние 18 м от уровня прилива (высота залегания около 0,5 м). Вероятно, этот осадок оставило цунами 1993 г. Здесь же обнаружены старые бревна, залегающие хорошо выдержанной полосой вдоль береговой линии. В отличие от пляжа, сложенного разнозернистым песком, осадки цунами характеризуются одно- и бимодальными кривыми распределения (моды 0,2–0,25, 0,315–0,4 мм), содержат примесь алеврита (до 15 %) и лучше сортированы (рис. 3). Материал переносился в основном с пляжа, а тонкие фракции – со дна бухты, что подтверждают и данные диатомового анализа. В осадке обнаружено 27 морских и солоноватоводных видов диатомей (17,5–69,8 % от общего содержания створок), встречены фрагменты пелагических *Thalassiosira decipiens*, *Thalassiosira* sp., *Coscinodiscus* sp., сублиторальные планктонные *Paralia sulcata, Hyalodiscus scoticus* и бентосные *Aulacodiscus affinis, Diploneis smithii, Cocconeis scutellum, C. scutellum* var. *parva, Amphora marina, Opephora olsenii, Grammatophora oceanica, Navicula cancellata* var. *retusa.* Среди солоноватоводных высокого обилия достигают *Diploneis interrupta* (до 63,9 %), *Planothidium hauckianum* (6,7 %), *Fallacia pygmaea* (2,5 %), присутствуют *Cosmioneis lundstroemii, Fallacia cryptolyra, Tryblionella marginulata, Rhopalodia musculus, Nitzschia vitrea, N. vitrea* var. *salinarum, N. sigma, Diploneis smithii* var. *pumila, Halamphora coffeaeformis.* Пресноводные виды отвечают слабо заболоченным условиям. Присутствуют *Pinnularia lagerstedtii* (до 25,9 %), *Diploneis oblongella* (до 21,2 %), *Rossithidium nodosum* (5 %), *Nitzschia amphibia, N. terrestris, N. palea, Eunotia bilunaris,* аэрофилы *Tryblionella debilis, Luticola mutica*, пресноводно-солоноватоводные *Cosmioneis pusilla* (15,3 %), *Craticula halophila, Cocconeis pediculus* и др. В осадке также найдены единичные агглютинирующие виды бентосных фораминифер *Jadammina macrescens* и *Miliammina fusca*, раковины прикреплены к остаткам водорослей. Эти виды относятся к эвригалинному типу, хорошо приспособлены к условиям пониженной и неустойчивой солености, широко распространены в литоральной зоне, на маршах и в мелководных лагунах [14].

Ниже залегает слой песка, который, вероятно, является следом цунами 1983 г. Осадок имеет покровное залегание, хорошо выражен по простиранию и прослежен на расстояние до 50 м вглубь суши от уровня прилива (высота залегания до 0,7 м). Современный возраст осадка подтверждает ^{14}C-дата ЛУ-8031, полученная из нижележащего торфа, который формировался после 1955 г. ($\delta^{14}C = 3{,}82 \pm 0{,}83$ %). Максимальная мощность (5 см) наблюдается в понижении за штормовым валом, в тыловой зоне заплеска мощность уменьшается до 1 см. Осадок представлен мелко-среднезернистым песком с примесью крупнозернистого (до 22,6 %), гравия (до 5,8 %) и алеврита (до 6,7 %). Гранулометрическая кривая распределения одномодальная (мода 0,315–0,4 мм), иногда –

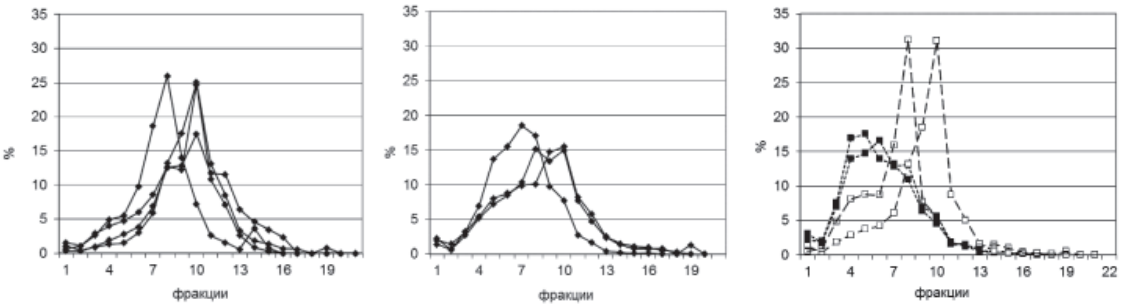


Рис. 3. Гранулометрический состав разнофациальных морских осадков: а – осадки цунами, образованные в основном за счет материала пляжа (1 – 1993 г., 2 – 1983 г., 3 – 1833 г., 4 – 1614 или 1644 гг.); б – осадки цунами, образованные при существенной подаче материала с подводного берегового склона (1 – 1741 г., 2 – XIV–XVI вв., 3 – 1341 г.); в – осадки пляжа (1 – современный, 2 – древний) и подводного берегового склона (3). Фракции: 1 < 0,05; 2 – 0,05–0,063; 3 – 0,063–0,08; 4 – 0,08–0,1; 5 – 0,1–0,125; 6 – 0,125–0,16; 7 – 0,16–0,2; 8 – 0,2–0,25; 9 – 0,25–0,315; 10 – 0,315–0,4; 11 – 0,4–0,5; 12 – 0,5–0,63; 13 – 0,63–0,8; 14 – 0,8–1; 15 – 1–1,25; 16 – 1,25–1,6; 17 – 1,6–2; 18 – 2–3; 19 – 3–4; 20 – 4–5; 21 > 5 мм

бимодальная, появляется мода 0,2–0,25 мм. Основная часть материала захватывалась с пляжа и осушки. Морское происхождение песка подтверждают данные диатомового анализа: встречено 20 разновидностей морских и солоноватоводных диатомей (79,5 %) (рис. 4). Доминирует характерный для заливов и бухт *Paralia sulcata* (17,1 %), присутствуют планктонный *Petroneis marina,* бентосные *Amphora marina* (2,9 %), *Cocconeis scutellum* (1,9 %), *Opephora olsenii, Grammatophora angulosa, Amphora proteus, Triceratium arcticum, Mastogloia pumila, Cocconeis costata*. В числе солоноватоводных видов высокого обилия достигают *Planothidium hauckianum* (29 %), *Rhopalodia musculus* (16,2 %), *Fallacia pygmaea* (4,3 %), *Diploneis interrupta* (1,4 %). Пресноводные диатомеи представлены в основном, видами, населяющими водоемы со средними или слегка повышенными показателями pH воды: *Amphora ovalis, Cocconeis placentula* var. *euglypta, Cosmioneis pusilla, Diploneis oblongella, Navicula peregrina* и др.

Ниже по разрезу вскрывается переслаивание плохо разложившегося травяного торфа, торфянистых алевритов и зеленовато-серых мелко-среднезернистых песков (мощность слойков до 4 см). Отложения сформировались в малый ледниковый период (рис. 2). Уровень моря в это время был на 0,5 м ниже современного [5], поэтому прослои морских песков в континентальной части разреза могли быть образованы только за счет аномально высоких заплесков, которые, вероятнее всего, связаны с прохождением цунами. Морское происхождение песка подтверждают данные диатомового анализа, причем морские диатомеи встречаются в изобилии и в слоях торфа между прослоями песка, что говорит об интенсивном просачивании морской воды через маломощные торфяники, накопление которых неоднократно прерывалось при прохождении цунами (рис. 3). Один из тонких прослоев песка в верхней части торфяников могло оставить и цунами 1940 г., сведения о проявлении которого на побережье Приморья очень скудные [9].

С XIV по XIX век цунами были довольно частыми явлениями в бассейне Японского моря, в это время по летописным свидетельствам наблюдалось до 14 сильных событий [9, 10, 11]. В разрезе береговой низменности бух. Спокойная фиксируется как минимум 4 события, осадки которых протягиваются до 60 м вглубь суши от современного уровня прилива. По масштабу эти цунами намного превосходили цунами 1983, 1993 гг.

В разрезе 615 хорошо выражены три слоя песка, образованные в XVII–XIX веках (рис. 2). Верхний (мощностью 4 см) представлен мелко-среднезернистым песком с примесью крупнозернистого (10,5 %)

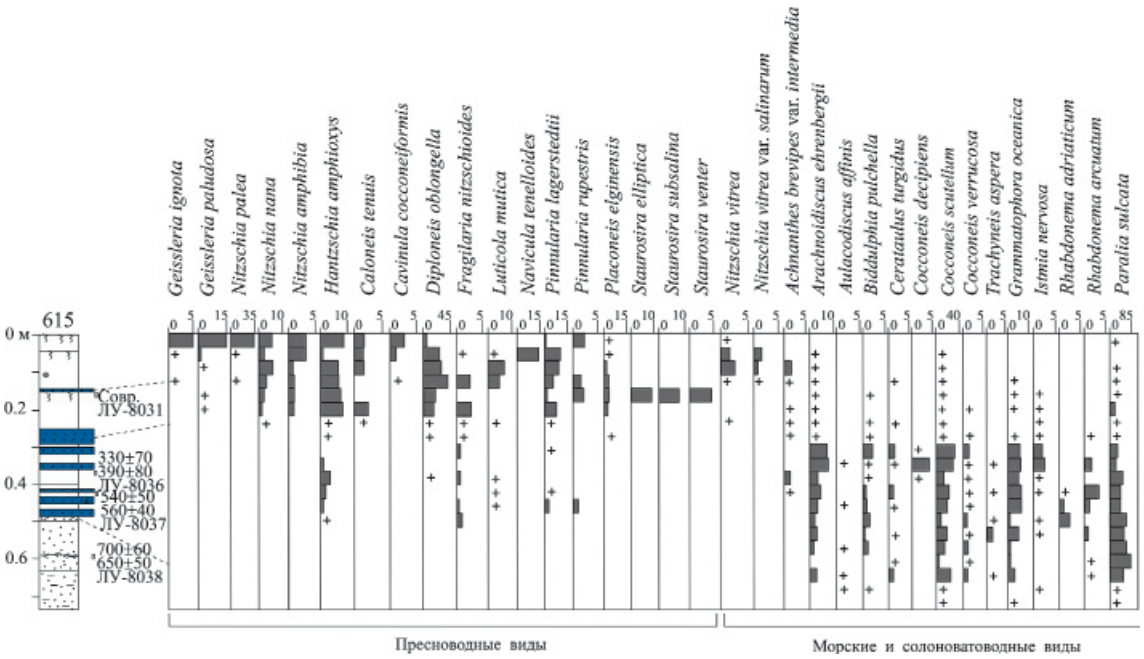


Рис. 4. Распределение диатомей в разнофациальных отложениях на побережье бух. Спокойная (разрез 615)

и алеврита (9,5 %). Осадок хорошо сортирован, мода 0,315–0,4 мм. Материал переносился в основном, с пляжа, что подтверждается и низким содержанием створок диатомей. Из морских и солоноватоводных диатомей (в сумме 47,1 %) наиболее часто встречаются сублиторальный планктонный *Paralia sulcata* (27,1 %), бентосные *Cocconeis scutellum* (8,6 %), *Arachnoidiscus ehrenbergii, Biddulphia pulchella, Cocconeis scutellum* var. *parva, Cerataulus turgidus, Cocconeis distans, Istmia nervosa, Tryblionella plana.* Створки крупных видов имеют плохую сохранность. Скорее всего, осадок фиксирует прохождение сильного цунами 7 декабря 1833 г., вызванного землетрясением Shonai-oki (M 7,5–7,8), эпицентр которого находился к северо-востоку от о. Садо. Цунами имело катастрофический характер: на побережье о. Хонсю в районе г. Ниигата высота заплеска достигала 5–6 м, к г. Камо цунами подошло с высотой до 9 м, волны распространились на север до о. Хоккайдо и на юг – до п-ва Ното [9, 10, 11]. На восточном побережье о. Русский высота заплеска была более 1 м, зона затопления – более 50 м. Поскольку цунами проходило в декабре, скорее всего вода была с обломками льда, что усиливало эрозию. Возможно, с этим связана и плохая сохранность створок диатомовых водорослей.

Ниже выходит слой (мощностью 2 см) мелко-среднезернистого умеренно сортированного песка с примесью алеврита (12 %). По-видимому, волна наряду с пляжевым захватывала большое количество материала с подводного берегового склона. Песок включает гнезда ила. Насыщенность осадков створками диатомей высокая: морские и солоноватоводные диатомеи составляют 97 % от общего состава. Доминируют бентосный *Cocconeis scutellum* (36,6 %), планктонный *Paralia sulcata* (32 %), также обнаружены сублиторальные бентосные *Arachnoidiscus ehrenbergii* (7,5 %), *Grammatophora oceanica* (6 %), *Biddulphia pulchella* (2,2 %), *Istmia nervosa* (2 %), *Cocconeis verrucosa* (1,5 %), *C. distans* (1,5 %), *Grammatophora angulosa* (1,5 %), *Diploneis smithii* и планктонный *Actinoptychus senarius*. Возможно, на о. Русский фиксируется след сильного цунами, которое произошло 29 августа 1741 г. и было вызвано крупным подводным оползнем во время извержения вулкана Ошима-Ошима на небольшом острове, расположенном к западу от Южного Хоккайдо. Это цунами было крупнейшим в регионе за исторический период и наблюдалось на всем западном побережье Японии, особенно сильно проявилось на Юго-Западном Хоккайдо (высота волн по летописям – до 13 м, по устным сообщениям – до 34 м), на Северо-Западном Хонсю (высота волн – до 6 м) и о. Садо (высота волн – до 5 м, по устным сообщениям – до 8 м), п-ов Ното (4 м), вызвало многочисленные разрушения и большое количество жертв [9, 10, 11, 13]. Цунами достигло побережья Цусимского пролива, в районе Гохтсу (о. Хонсю) высота заплеска была 2 м. На восточном побережье Корейского п-ова это цунами зафиксировано на участке протяженностью 320 км, высота волн достигала 3–4 м [13].

Мощный слой среднезернистого песка (до 25 см в понижениях рельефа) оставило цунами, произошедшее в XVII веке. Из подстилающего торфа получена ^{14}C-дата 330 ± 70 л.н., 390 ± 80 кал. л.н., ЛУ-8036. Осадок хорошо сортирован (мода 0,315–0,4 мм) и по структурным характеристикам сходен с пляжевым песком и материалом современной осушки. Нижний контакт слоя эрозионный. В осадках найдено 15 видов и разновидностей морских и солоноватоводных диатомей (90 %). Доминируют сублиторальные планктонный *Paralia sulcata* (52,5 %) и бентосный *Cocconeis scutellum* (16,3 %). Сопутствующими являются бентосные *Grammatophora oceanica* и *Arachnoidiscus ehrenbergii,* многие створки последнего имеют плохую сохранность. Здесь же присутствуют фрагменты океанических *Coscinodiscus* sp., *C. asteromphalus.* Среди пресноводных (8 форм) чаще других встречаются *Hantzschia amphioxys*, вид, населяющий мелководные водоемы разного типа, включая лужи и влажные места, и *Fragilaria nitzschioides,* характерный для маломинерализованных вод. Вертикальный заплеск цунами был не менее 1,5 м, горизонтальный – более 200 м (с учетом более низкого уровня моря в регрессию). Осадки цунами, произошедшего около 400 кал. л.н., хорошо выражены на побережье Восточного Приморья, где величина заплеска оценивается до 5 м [7]. В XVII веке крупные цунами в Японском море были 26 ноября 1614 г. (префектура Ниигата) и в октябре 1644 г.

(префектура Акита) [9]. Первое цунами было вызвано сильным землетрясением (М 7.7), эпицентр которого находился к юго-западу от о. Садо, второе (М 6.9) имело эпицентр около северо-западного побережья о. Хонсю. Цунами привели к большим разрушениям и человеческим жертвам на западном побережье Японских островов, высота волн достигала 6 м [9, 10, 11].

Нижняя часть торфяника фиксирует прохождение 3–4 цунами XIV–XVI веков. В верхней части интервала выделены два тонких прослоя (мощность 3–8 мм) средне-мелкозернистого хорошо сортированного песка (мода 0,2–0,25 мм) с редкой дресвой, возможно, отвечающие одному событию. Материал в основном, захватывался с пляжа и осушки (рис. 3). Дресва могла переноситься с мысов. В осадках встречено 27 таксонов морских и солоноватоводных диатомей (до 97,1 %). Доминируют *Paralia sulcata* (до 51,3 %) и *Cocconeis scutellum* (до 45,7 %). Заметного участия достигают бентосные *Grammatophora oceanica* (до 8 %), *Cocconeis scutellum* var. *parva* (3,8 %), *Biddulphia pulchella* (2,1 %), *Arachnoidiscus ehrenbergii* (1,7 %), *Ctenophora pulchella* (1,1 %). Присутствуют планктонные *Actinoptychus senarius, Odontella aurita,* бентосные *Cerataulus turgidus, Cocconeis californica, C. distans, C. verrucosa, Diploneis chersonensis, D. smithii, Istmia nervosa, Rhabdonema adriaticum, R. arcuatum, Surirella fastuosa, Trachyneis aspera*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Aulacodiscus affinis*, фрагменты глубоководных *Thalassionema nitzschioides, Thalassiosira* sp., *Rhizosolenia* sp. Из пресноводных встречены *Pinnularia eifelana, P. lagerstedtii, P. rupestris, Placoneis clementis* и другие виды, характерные для озерно-болотных обстановок. Из торфа, залегающего под нижним слоем получена ^{14}C-дата 540 ± 50 л.н., 560 ± 40 кал. л.н., ЛУ-8037. Вероятно, следы этого же цунами были найдены на побережье Восточного Приморья. В ряде бухт здесь был обнаружен хорошо выраженный слой песка, оставленный цунами около 600 л.н. (^{14}C-даты 580 ± 80 л.н., 600 ± 50 кал. л.н., ЛУ-7104; 580 ± 40 л.н., 600 ± 40 кал. л.н., ЛУ-6562; 530 ± 50 л.н., 580 ± 50 кал. л.н., ЛУ-6558), высота заплеска волн была более 4 м. [2, 8]. Трудно привязать это цунами, проявившееся на о. Русский, к конкретному событию. В японских летописях есть данные о сильном цунамигенном землетрясении (М 7) с эпицентром в районе о. Садо в 1448 г. [10]. Но, возможно, на побережье Приморья фиксируется и другое событие, не отраженное в летописях. Если эпицентр землетрясения, вызвавшего цунами, находился около Западного Хоккайдо, на заселенных берегах о. Хонсю это цунами могло быть не разрушительным.

В изученном разрезе в интервале 0,43–0,45 м выходит слой средне-мелкозернистого песка (мода 0,2–0,25 мм), по структуре сходный с осадками осушки. Морских и солоноватоводных встречено 15 таксонов (95,5 %). Доминирует *Paralia sulcata* (66,3 %), сопутствующими являются *Cocconeis scutellum* (10,7 %). *C. scutellum* var. *parva* (5,6 %), присутствуют *Arachnoidiscus ehrenbergii* (2,2 %), *Biddulphia pulchella* (1,7 %), *Cocconeis distans* (1,1 %), *Grammatophora oceanica* (1,1 %), *Rhabdonema adriaticum* (2,2 %), *Amphora proteus, Cocconeis decipiens, Trachineis aspera, Istmia nervosa, Diploneis dydima, Planothidium haukianum и* фрагмент глубоководного *Coscinodiscus* sp. Состав пресноводных диатомей тот же. В осадке найдены фрагменты морских ракообразных и бентосные фораминиферы (2,2 экз./г) – многочисленные *Jadammina macrescens*, единичные *Miliammina fusca,* прикрепленные к водорослям. Возможно, этот осадок является следом одного из цунами XIV–XV веков.

Самым ранним событием, которое фиксируется в разрезе торфяника бух. Спокойная, могло быть цунами, произошедшее в XIV веке. Одно из известных крупных событий в Япономорском регионе было в 1341 г., эпицентр землетрясения (М 7) находился около северо-западной оконечности о. Хонсю, цунами повлекло много жертв на западном побережье о. Хоккайдо и севере Хонсю [10, 11]. В изученном разрезе на о. Русский осадок представлен слоем (мощность 2 см) мелкозернистого песка (мода 0,16–0,2 мм) с примесью алеврита (12,3 %). Поставка материала шла в основном со дна бухты. Морских и солоноватоводных диатомей встречено 11 таксонов (98,7 %). Доминируют *Paralia sulcata* (67,1 %) и *Cocconeis scutellum* (17.1 %). К сопутствующим отнесены бентосные *Arachnoidiscus ehrenbergii* (1,9 %), *Biddulphia pulchella* (1,3 %), *Cocconeis*

verrucosa (1,3 %), *Grammatophora oceanica* (1,3 %), *Aulacodiscus affinis, Catenula adhaerens, Cocconeis scutellum* var. *parva, Cocconeis distans, Planothidium haukianum.* Состав пресноводных диатомей не меняется. В осадке найдены фрагменты морских ракообразных и бентосные фораминиферы (0,8 экз./г), все раковины прикреплены к остаткам водорослей. Встречены многочисленные *Jadammina macrescens* и единичные экземпляры *Cribrostomoides jeffreysii* – эпифаунальный вид, свободно перемещающийся по поверхности осадка, часто прикрепляется к водорослям, имеет широкое распространение от мелководий до внешнего шельфа [14].

Торфяник подстилают среднезернистые хорошо сортированные пески древнего пляжа, которые накапливались в завершающую фазу трансгрессии на границе малого оптимума и малого ледникового периода. Возраст осадков подтверждается ^{14}C-датой 700 ± 60 л.н., 650 ± 50 кал. л.н., ЛУ-8038 из линзы торфа, сложенного *Zostera marina*. В основании разреза выходят морские отложения, представленные мелкозернистыми заиленными песками (моды 0,1-0,125; 0,125-0,16 мм), сформированные в последнюю малоамплитудную трансгрессию малого оптимума голоцена [5]. Примесь алеврита достигает 28,6 %, материал умеренно сортирован. Количество диатомей в осадках небольшое, наиболее часто встречается *Paralia sulcata* (до 80 %) и *Cocconeis scutellum,* многие створки крупных видов (*Arachnoidiscus ehrenbergii, Biddulphia pulchella, Ceratoneis turgidus, Istmia nervosa*) имеют плохую сохранность, что может быть связано с активной гидродинамикой в условиях небольшой глубины. В осадках встречены единичные бентосные фораминиферы (*Cribrostomoides jeffreysii, Jadammina macrescens*). В слое с обилием обломков раковин моллюсков найдены единичные виды бентосных фораминифер: мелководный эпифаунальный *Haplophragmoides hancocki*, а также *Buccella frigida* и *Cribroelphidium asterineum*, имеющие широкий диапазон обитания от прибрежных лагун до внешнего шельфа [14]. Кровля морских отложений этой трансгрессии лежит на отметках до 0,39 м (пляжевая фация) и до 0,17 м (фация подводного склона), что говорит о том, что подъем уровня моря был около 0,5 м.

Осадки современных цунами найдены в бух. Холуай на южном берегу острова Русский. Берег здесь сильно антропогенно изменен – песок из аккумулятивных форм брался для строительства крепости в начале XX века. В вершине бухты на заболоченных участках, расположенных в 100 м от берега за штормовым валом, под слоем маломощной почвы найден прослой разнозернистого песка с гравием. В осадке встречены морские диатомеи: неритический южнобореальный *Thalassionema nitzschioides* и бентосный *Cocconeis scutellum.* Скорее всего, осадок оставило одно из цунами XX века, заплеск был более 1 м.

Заключение

На о. Русский на побережье закрытой бухты Спокойная обнаружена подробная геологическая летопись сильных цунами, произошедших в последние 600–700 лет. Бухта является уникальным объектом для изучения таких событий и представляет собой своеобразную седиментологическую ловушку, поскольку закрыта от влияния сильных штормов, в прибрежной зоне достаточно песчаного материала, чтобы оставлять хорошо выраженные песчаные покровы в зоне затопления цунами, нет крупного водотока, способного размывать покровы осадков во время наводнений. Цунамигенные осадки локализованы в узкой зоне, ширина которой не превышает 60 м, что свидетельствует о небольших высотах и дальности заплесков цунами. С учетом снижения уровня моря в малый ледниковый период зона затопления и аккумуляции материала могла достигать 200-250 м, т.е. сильные цунами этого возраста были более масштабными событиями, чем цунами XX века. Осадки, принесенные цунами, по структурным характеристикам не являются полными аналогами осадков пляжа и подводного берегового склона, а представляют собой смесь материала из разных источников, представленного в разных пропорциях, что зависит от характеристик волны и хода эрозионно-аккумулятивных процессов. Наиболее крупные цунами сопровождались эрозией дна бухты и входных мысов. Более слабые цунами в основном захватывали материал с пляжа и осушки. Специфика цунамигенных осадков, найденных на побережье бух. Спокойная, заключается в том, что переоткладывался

в основном материал из морских источников, поэтому осадки включают большое количество морских и солоноватоводных диатомей, встречены бентосные фораминиферы и фрагменты ракообразных. Несмотря на небольшие величины заплесков, цунами могут представлять серьезную опасность для многочисленных туристов и временных построек, расположенных на пляже и низких уровнях рельефа, что необходимо учитывать при рекреационном освоении территории о. Русский.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-05-00179.

Список литературы

1. Ганзей К.С., Киселёва А.Г., Пшеничникова Н.Ф. Ландшафты острова Русский: Карта. Масштаб 1:25000. – Владивосток: ООО «Колорит», 2016.

2. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю. и др. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья // Тихоокеанская геология. – 2015. – № 1. – С. 79–95.

3. Горбунова Г.В., Диденко Г.В., Дьяченко В.Д. и др. Обследование проявления цунами 12-13 июля 1993 года на побережье Приморского края // Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. – Т. 8. – С. 7–28.

4. Го Ч.Н., Иващенко А.И., Симонов К.В., Соловьев С.Л. Проявления Япономорского цунами 26 мая 1983 года на побережье СССР // Накат цунами на берег. – Горький: ИПФ АН СССР, 1985. – С. 171–180.

5. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С. и др. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене // Вестник ДВО РАН. – 1997. – № 3. – С. 121–143.

6. Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Чой Б.Х., Ли Д.С. Сравнительная оценка цунамиопасности Япономорского побережья России на основе численного моделирования // Океанология. – 2004. – Т. 44, № 2. – С. 179–188.

7. Полякова А.М. Опасные и особо опасные гидрометеорологические явления в северной части Тихого океана и цунами у побережья Приморья. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 182 с.

8. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Нишимура Ю. и др. Хронология цунами, оставивших следы в разрезах береговых низменностей Восточного Приморья // ДАН. – 2014. – Т. 459, № 5. – С. 635–638.

9. Соловьев С.Л., Го Ч.Н. Каталог цунами на западном побережье Тихого океана. – М.: Наука, 1972. – 309 с.

10. The historical tsunami database. National Geographical data center. http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml (дата обращения: 29.03.16).

11. Hatori T., Katayama M. Tsunami behavior and source areas of historical tsunamis in the Japan Sea // Bulletin Earthquake Research Institute. – 1977. – Vol. 52. – P. 49–70.

12. Nishimura Yu., Miyaji N. Tsunami deposits from the 1993 southwest Hokkaido earthquake and the 1640 Hokkaido Komagatake eruption, northern Japan // Pure and Applied Geophysics. – 1995. – Vol. 144. – P. 720–733.

13. Satake K. Volcanic origin of the Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea // Earth Planet Space. – 2007. – Vol. 59. – P. 381–390.

14. Sen Gupta B.K. Foraminifera in marginal marine environments // Modern Foraminifera. – Dortrecht: Kluwer Academic Publishers. – 2002. – P. 141–160.

15. Tsuji Y., Kato K., Arai K., Ueda K. Run-up height distribution of tsunami due to the southwest Hokkaido earthquake along coast of southwest Japan // Kaiyo Monthly. – 1994. – Vol. 7. – P. 110–122.

УДК 502.58:504.54

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ ДОЛИН ГОРНЫХ РЕК РЕСПУБЛИКИ КАБАРДИНО-БАЛКАРИЯ

Георгиева М.А., Арванова М.М., Газаев А.Х.

ФГОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: maza1317@mail.ru, maryfiu@mail.ru, abdul-gazaev@rambler.ru

В настоящее время увеличивается промышленное, рекреационное, научное и хозяйственное использование горных территорий. Антропогенные воздействия на горные ландшафты вызывают активизацию деградации природной среды в целом, эрозии почв, селевой, лавинной и оползневой деятельности, а также потерю места обитания и генетического разнообразия биоресурсов. Оползень – скользящее смещение (сползание) масс грунтов и горных пород вниз по склонам гор и оврагов, крутых берегов рек под влиянием силы тяжести. Сползание масс грунта может вызвать разрушения и завалы жилых и производственных зданий, инженерных и дорожных сооружений, магистральных трубопроводов и линий электропередачи, а также поражение и гибель людей. Развитие оползневых процессов является географической особенностью горных долин рек, таким образом, мониторинг оползневых процессов, а также каких-либо исследований на основе бассейнового принципа очень важен. Анализ условий развития оползневых процессов позволяет оценить риск, и разработку мер, направленных на профилактику и снижение риска стихийных бедствий. Задачей ставится исследование причин возникновения оползня в конкретной природной обстановке с целью применения наиболее эффективных противооползневых мероприятий. Основной задачей является исследование и уточнение механизма формирования этих процессов с построением качественных, а затем и количественных моделей их функционирования. Эти задачи решаются на основе уточнения типизации самих процессов, картирования, типизации и районирования условий их формирования. Важным направлением исследований будет уточнение ключевых факторов, определяющих характер развития экзогенных процессов, закономерностей их взаимосвязи и развития во времени и пространстве. Все это позволит разработать методику прогноза возникновения опасных явлений, вызванных экзогенными процессами, а также запланировать меры по снижению масштабов их проявления.

Ключевые слова: оползни, склоны, лавина, земля, горные реки, оползневые зоны, долины рек, противооползневые меры

ANALYSIS MODEL LANDSLIDE HAZARD MOUNTAIN RIVER VALLEYS REPUBLIC KABARDINO – BALKARIA

Georgieva M.A., Arvanova M.M., Gazaev A.Kh.

Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, e-mail: maza1317@mail.ru, maryfiu@mail.ru, abdul-gazaev@rambler.ru

Currently, increased industrial, recreational, scientific, and economic use of mountain areas. Anthropogenic impacts on mountain landscapes cause activation of the degradation of the natural environment as a whole, soil erosion, mudflow, avalanche and landslide activity, as well as loss of habitat and genetic diversity of biological resources. Landslide – sliding displacement (drift) of the masses of soil and rocks down the slopes of the mountains and ravines, steep river banks under the influence of gravity. Creep of soil mass can cause the destruction and rubble of residential and industrial buildings, engineering and road constructions, main pipelines and power lines, as well as damage and loss of life. The development of landslide processes is a geographical feature of the mountain valleys of the rivers, thus, monitoring of landslide processes and any research based on the basin principle is very important. Analysis of conditions of landslide processes to evaluate the risk and the development of measures aimed at prevention and disaster risk reduction. The aim of the study put the causes of landslide in a specific natural environment in order to apply the most effective anti-landslide measures. The main task is to study and clarify the mechanism of formation of these processes with the construction of high-quality, and then quantitative models of their functioning. These objectives are based on more accurate typing processes themselves, mapping, typification and zoning conditions of their formation. An important area of research will clarify the key factors that determine the character of the development of exogenous processes, laws governing their relationship and development in time and space. All this will help to develop a method of the forecast of occurrence of hazards caused by exogenous processes and to plan measures to reduce the extent of their manifestation.

Keywords: landslides, slopes, avalanche, land, mountain river, landslide areas, river valleys, landslide measures

Стихийные бедствия, связанные с опасными природными явлениями, пожарами, а также техногенные аварии являются основными источниками чрезвычайных ситуаций и представляют существенную угрозу для безопасности населения и экономики Кабардино-Балкарской Республики. Разнообразие природных условий в Кабардино-Балкарской Республике (рельеф, геологическое строение, климат, растительный и почвенный покров) обусловило развитие целого ряда экзогенных и эндогенных природных процессов [1, 5]. 65% территории республики занимают горы Центрального Кавказа, подверженные, как известно, воздействию широкого спектра природных

процессов и явлений, из которых наибольшую опасность представляют сели, оползни, осыпи, обвалы. Наличие расчлененного рельефа, характеризуемого крутыми склонами и значительной глубиной узких речных долин, в сочетании с большим количеством зимних осадков обусловливает высокую лавинную активность (Эльбрусский, Чегемский, Черекский, часть Зольского районов). Указанными негативными природными воздействиями часто нарушаются водо- и газопроводы, системы электроснабжения и канализации, транспортные коммуникации, проложенные в речных долинах вдоль горных склонов, полностью оградить которые от воздействия сил природы не могут ни защитные сооружения, ни коэффициенты запаса прочности.

Постановка задачи

В Кабардино-Балкарской Республике выявлено 232 селевых бассейна, более 132 лавинных очагов и участков, более 1000 оползневых участков. В результате экзогенных процессов ежегодно переносится несколько сотен тысяч кубометров горных пород и снега. Оползневой опасности подвержено 36% территории республики. Особую тревогу вызывают 6 оползневых массивов (Черекский, Баксанский, Зольский районы), представляющих непосредственную угрозу близлежащим населенным пунктам (более 1200 жилых домов и около 100 объектов социальной сферы). Зона развитого карста – процессов в земной коре, вызванных растворением горных пород (известняков, доломитов, гипсов), с образованием пустот – протягивается по средне- и низкогорьям через всю территорию Кабардино-Балкарской Республики [3, 6, 7]. Для равнинной части республики (Прохладненский, Майский, Терский, Урванский, части Баксанского и Чегемского районов) в силу специфических климатических условий характерны паводки, подтопления, град и засухи. Здесь сосредоточены сельскохозяйственные угодья и объекты агропромышленного комплекса, проживает значительная часть населения республики. Указанные районы, а также равнинная часть Зольского района расположены на просадочных грунтах. Просадка – оседание грунта, вызванное способностью некоторых пород деформироваться под влиянием увлажнения и уменьшать свой объем. Просадка вызывает неравномерную осадку зданий и сооружений, которая приводит к деформации фундаментов, образованию трещин в стенах сооружений, что ведет к разрушению хозяйственных объектов и инженерных коммуникаций, в том числе водо- и газопроводов. С учетом этого была сформулирована основная задача исследования – провести анализ механизмов оползневой опасности долин горных рек республики Кабардино-Балкария, учитывающий специфические особенности данной задачи.

Решение задачи

Суммарная протяженность зон опасного паводкового воздействия на реках Кабардино-Балкарской Республики составляет около 620 километров, общая протяженность берегоукрепительных сооружений – 247 километров (рис. 1).

Все реки питаются за счёт таяния ледников в верховьях Баксанского ущелья. Тая, они образуют неисчислимое количество родников, ручьёв и речек (рис. 2).

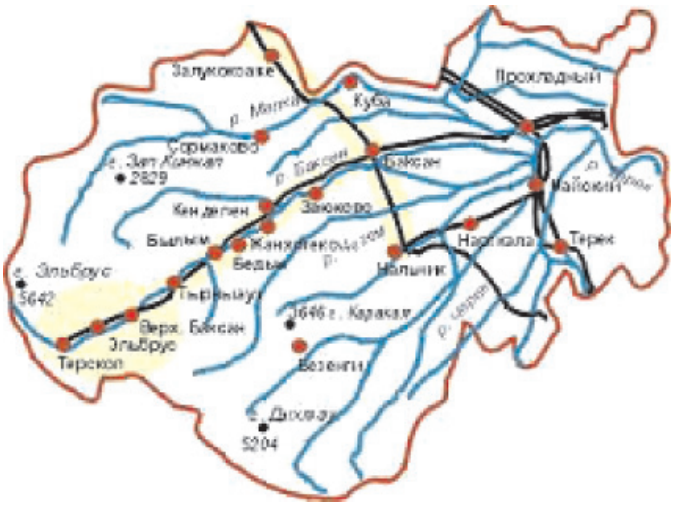


Рис. 1. Протяженность зон опасного паводкового воздействия на реках Кабардино-Балкарской Республики

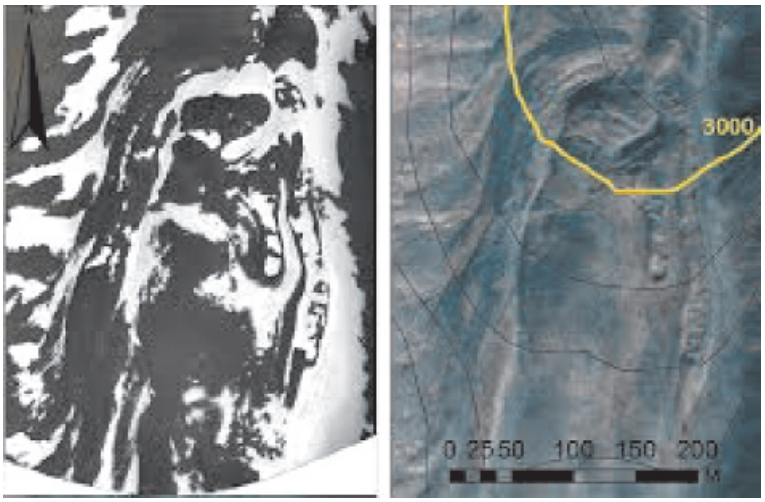


Рис. 2. Таяние ледников в верховьях Баксанского ущелья

Спускаясь с вершин, они несут влагу в самую главную и большую реку Баксан. Горная река, являясь ещё и самой длинной, тянется на 165 километров и в районе республики Кабардино-Балкарии, а именно города Прохладный, впадает в реку Терек, которая в дальнейшем вливается в Каспийское море. Река Баксан образовалась от соединения четырёх рек – Большой Азау, Малый Азау, Терскол и Донгузорун, однако на протяжении всего Приэльбрусья она подпитывается и пополняется также другими различными притоками речек, ручьёв и родников. Адылсу. Является правым притоком Баксана. В ущельях Адылсу растут сосновые леса плотной густоты. В данной местности, в подлесках растёт много кустарников малины. Эту реку, в свою очередь питают двадцать четыре ледника, общая площадь которых составляет двадцать квадратных километров. Самым крупным из всех ледников считается Шхельдинский ледник. Адырсу. Так же, как и Адылсу, является правым притоком Баксана. Ледники, которые питают данную речку, стекают со склонов главного Кавказского хребта. Таких ледников насчитывается более сорока. Ущелье Адыр-Су от Баксанской долины отделяется стеной, поднимающейся на двести метров. По ней производится подъём автомобилей на дорогу, ведущую по ущельям. Азау примыкает к Баксану с левой стороны. Питается Азау от тающих ледников Бокового и Главного хребта Кавказа. Наиболее значительными и главными ледниками считаются Гарабаши, Терскол, Большой Азау, малый Азау. Верховья данной реки связаны с долиной Ненскры через перевалы Чипераза и Чипер. Донгузорун является правым притоком Баксана. Берёт начало от ледников Главного Кавказского хребта, а также острогов, прилегающих к нему.

Высокая эродирующая способность паводков горных рек является причиной ежегодного разрушения и повреждения транспортных коммуникаций, связи, газопроводов. Целый ряд крупных населенных пунктов, в том числе города Нальчик, Прохладный, Майский, Баксан, Тырныауз, подвержены воздействию паводковых явлений [2, 8, 10]. При этом в зонах возможных чрезвычайных ситуаций проживает 78% населения республики. Частота экстремальных природных явлений – источников чрезвычайных ситуаций в Кабардино-Балкарской Республике: сильные дожди (ливни) – 1,0, шквалы – 1,0, крупный град – 0,8, сели – 3,2, оползни – 0,5, обвалы, осыпи – 0,5, лавины – 2. Паводки и подтопления сравнительно редки (частота паводков – 0,1), однако ликвидация данного вида чрезвычайных ситуаций требует привлечения значительных средств. Важными направлениями работы в области защиты населения и территории Кабардино-Балкарской Республики от чрезвычайных ситуаций природного характера являются организация и планомерное проведение мероприятий превентивного характера, основанных на прогнозировании возможных опасных природных явлений и своевременном оповещении о них. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного характера базируется на обработке гидрометеорологической информации, поступающей от наблюдательной сети. Территорию Кабардино-Балкарской Республики

по особенностям техногенного воздействия на геологическую среду можно разделить на 2 зоны: Кабардинская равнина и горная часть.

В пределах наиболее освоенной Кабардинской равнины находятся города Нальчик, Баксан, Прохладный, Майский, Нарткала, Терек, сосредоточены основные транспортные коммуникации и объекты агропромышленного комплекса, проживает 70 % населения республики. Это и определяет характер техногенного воздействия на геологическую среду, негативные последствия которого выражаются в эрозии почв, подтоплении, заболачивании, загрязнении подземных вод. В горной части, занимающей 2/3 территории Кабардино-Балкарской Республики, ведется курортно-рекреационное строительство, разрабатываются месторождения нерудных полезных ископаемых и крупное Тырныаузское месторождение вольфрама и молибдена, проводится интенсивное дорожное строительство, создаются орошаемые и культурные пастбища за счет хозяйственного освоения склонов и водоразделов.

В бассейне реки Черек осуществляется проект по строительству каскада гидроэлектростанций. В результате техногенного воздействия на геологическую среду в горных условиях происходят образование и активизация таких экзогенных геологических природных явлений, как оползни, осыпи, обвалы, сели. Строительство каскада ГЭС на реке Черек предопределяет изменение поймы реки и режима подземных вод, нарушение и эрозию склонов, образование селей, оползней, осыпей, создает угрозу подтопления, расположенного ниже по течению с. Аушигер. За минувшие 10 лет (с 2006 по 2016 год включительно) на территории Кабардино-Балкарской Республики произошли 72 чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера, материальный ущерб от которых составил более 2545 млн рублей. Современное состояние социально-экономического развития Кабардино-Балкарской Республики характеризуется высокими рисками в экономической сфере. К числу наиболее значимых рисков относятся имущественные (ущерб государственному имуществу Кабардино-Балкарской Республики в результате аварий, пожаров и стихийных бедствий), инфраструктурные (связанные с энергетическими, транспортными и инженерными системами жизнеобеспечения), экологические (связанные с загрязнением окружающей среды). Это обусловлено наличием в республике более 20 объектов повышенного риска [1, 4, 6].

Для снижения рисков чрезвычайных ситуаций всех видов и масштабов и их негативных последствий необходимо:

1) совершенствование нормативных правовых, методических и организационных основ государственного управления в области повышения безопасности населения и защищенности потенциально опасных объектов от угроз природного и техногенного характера;

2) внедрение современных технических средств и технологий информирования и оповещения населения;

3) совершенствование системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, в том числе обусловленных опасными природными процессами и явлениями;

4) разработка и реализация практических мер по повышению безопасности населения и опасных производственных объектов;

5) развитие и совершенствование технических средств и технологий повышения защиты населения и территории республики от опасностей, обусловленных возникновением чрезвычайных ситуаций;

6) развитие инфраструктуры информационного обеспечения и ситуационного анализа рисков чрезвычайных ситуаций.

Для достижения целей по снижению рисков оползневой опасности долин горных рек необходимо решение следующих задач:

1) развитие механизмов координации управления при снижении рисков чрезвычайных ситуаций, повышении защиты населения и потенциально опасных объектов республики от угроз природного и техногенного характера;

2) совершенствование организационной и технической основы сил ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны;

3) развитие системы контроля за деятельностью опасных производственных объектов;

4) совершенствование системы государственного управления и экстренного реагирования в кризисных и чрезвычайных ситуациях;

5) концентрация организационно-технических, финансовых, материальных и информационных ресурсов исполнительных органов государственной власти Кабардино-Балкарской Республики, органов

местного самоуправления, организаций и предприятий при решении проблемы снижения рисков в чрезвычайных ситуациях.

Выводы

Реализация поставленных задач позволит:

1) создать оптимальную и эффективную организационную структуру органов управления и сил, специально предназначенных и привлекаемых для решения проблем и задач в области защиты населения и территории республики от чрезвычайных ситуаций, а также обеспечить более эффективное государственное регулирование их деятельности;

2) обеспечить необходимый уровень безопасности населения и защищенности потенциально опасных объектов;

3) повысить эффективность деятельности сил ликвидации чрезвычайных ситуаций, системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;

4) обеспечить эффективное управление силами и средствами ликвидации чрезвычайных ситуаций;

5) повысить уровень информационной безопасности при осуществлении деятельности в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

1. Георгиева М.А., Энеева М.М. Формирование и развитие оползневых процессов на территории Кабардино-Балкарской Республики // Природообустройство и мелиорация водосборов горных и предгорных ландшафтов: сборник научных статей. – Нальчик: издательство М. и В. Котляровых, 2016. – 228 с.

2. Зербалиев А.М., Георгиева М.А. Анализ механизма оползневого и эрозионного процессов на склонах горных ландшафтов // Природообустройство и мелиорация водосборов горных и предгорных ландшафтов: сборник научных статей. – Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых, 2016. – 228 с.

3. Зербалиев А.М., Георгиева М.А. Оползневые и эрозионные процессы на склонах горных и предгорных ландшафтов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. www.science – education.ru /129-22979.

4. Зербалиев А.М. Состояние и перспективы мелиоративного освоения земель в Дагестане // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – № 8(68). – С. 38–40.

5. Зербалиев А.М. Проблемы и перспективы развития мелиорации земель в Дагестане // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2010. – № 8(68). – С. 38–40.

6. Ламердонов З.Г. Инновационные технологии защиты берегов рек. – Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых (ООО «Полиграфсервис и Т»), 2012. – 236 с.

7. Ламердонов З.Г., Хаширова Т.Ю. Инновационные технологии управления эрозионно-аккумулятивными процессами на горных и предгорных ландшафтах. – Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых (ООО «Полиграфсервис и Т»), 2015. – 228 с.

8. Хаширова Т.Ю. Охрана горных и предгорных ландшафтов управлением твердого стока. – Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2007. – 220 с.

9. Хаширова Т.Ю., Ламердонов З.Г., Кузнецов Е.В. Концептуальная модель охраны горных и предгорных ландшафтов как природно-техногенного комплекса природообустройства // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 6. – С. 43–46.

10. Хаширова Т.Ю., Апанасова З.В. Применение компьютерного моделирования в проблемах оценки экологического состояния природных ландшафтов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 13.

УДК 53.06

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СКИММЕРАМИ

[1,2]Грибовский Г.Н., [2]Галлямов Р.У., [2]Гареев И.М., [2]Минлибаев М.Р., [2]Хисматуллин А.С.

[1]ООО «Газпром трансгаз Уфа», Уфа;

[2]Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет, Салават, e-mail: hism5az@mail.ru

Известно, что транспортировка нефти и нефтепродуктов относится к разряду рисковых производств. Многолетний опыт эксплуатации магистральных нефте- и продуктопроводов показывает, что несмотря на самые высокие требования, предъявляемые к надежности, и большие финансовые затраты на своевременное и качественное техническое обслуживание, безотказная их работа невозможна. Особую опасность представляют подводные переходы, на долю которых приходится до 2% общей протяженности магистралей. Несмотря на плановые диагностические обследования, замену труб и т.п. на подводных переходах происходит большое количество отказов, которые нередко сопровождаются также серьезными последствиями для окружающей среды. В работе построена математическая модель, описывающая гидродинамические процессы в скиммерах и осуществлены расчеты параметров его производительности на этой основе. Построенные новые решения позволят усовершенствовать методику расчетов производительности скиммеров, что в свою очередь позволит оптимизировать процесс сбора нефтепродуктов с водной поверхности.

Ключевые слова: математическое моделирование, нефтесборщик, аварийные ситуации, загрязнение окружающей среды

MATHEMATICAL MODELING OF REMOVING OIL FROM THE WATER SURFACE SKIMMER

[1,2]Gribovskiy G.N., [2]Gallyamov R.U., [2]Gareev I.M., [2]Minlibaev M.R., [2]Khismatullin A.S.

[1]Gazprom transgaz Ufa, Ufa;

[2]Ufa State Petroleum Technological University, Branch, Salavat, e-mail: hism5az@mail.ru

It is known that the transport of oil and oil products belongs to the category of risky pro-duction. Long-term experience of operation of main oil and product shows that despite the highest requirements for reliability and high financial costs for timely and qualitative maintenance, trouble-free operation can not be them. Particularly dangerous underwater passages, which accounts for 2% of the total length of highways. Although the diagnostic routine inspection, replacement of tubes, etc. on underwater transitions occur a large number of failures, which are often also accompanied by serious consequences for the environment. In this paper a mathematical model describing the hydrodynamic processes in skimmers and carried out the calculations of its parameters of performance on this basis. Built new solutions will improve the performance calculation methodology skimmers, which in turn will optimize the process of collection of oil from the water surface.

Keywords: mathematical modeling, skimmer, accidents, pollution

Многолетний опыт эксплуатации магистральных нефте- и продуктопроводов показывает, что несмотря на самые высокие требования, предъявляемые к надежности и большие финансовые затраты на своевременное и качественное техническое обслуживание, безотказная их работа невозможна [1–10]. Особую опасность представляют подводные переходы, на долю которых приходится до 2% общей протяженности магистралей. Несмотря на плановые диагностические обследования, замену труб и т.п. на подводные переходы происходят большое количество отказов, которые нередко сопровождаются также серьезными последствиями для окружающей среды.

Анализ некоторых аварийных ситуаций показывает, что величины нанесенного ущерба определяются, когда авария и ее последствия уже произошли. Не случайно по проблеме принят ряд нормативных документов, согласно которым время локализации разлива и сбора нефти не должно превышать 4 ч.

Для сбора плавающей нефти используются различная техника и технологии: механические, химические, биологические способы, сорбенты-нефтепоглотители.

Однако многолетний опыт борьбы с нефтяными загрязнениями на водных объектах показывает, что существующие технологии и технические средства неэффективны при наличии течения, на мелководных водоемах, а также при доочистке любых водных объектов от следов нефти. Они предназначены в основном для использования в области положительных температур. Неразрешенность проблемы сбора нефти с поверхности

воды в зимних условиях была подтверждена в ходе ликвидации последствий аварии на ПП МН ТОН-II.

Физическое моделирование сложных стохастических систем, как известно, процесс дорогостоящий и весьма трудоемкий. В этой связи математическое описание и моделирование многопараметрического процесса с целью выявления наилучших показателей удаления жидких и полутвердых углеводородов с водной поверхности может дать ощутимые выгоды.

Одним из наиболее широко применяемых способов является сбор нефти с поверхности водоемов при помощи медленно вращающегося барабана (скиммера). Ввиду сложности процессов до настоящего времени не разработано математическое описание гидродинамических и теплофизических процессов в скиммере. Скиммер предназначен для ликвидации нефтяных загрязнений с водной поверхности.

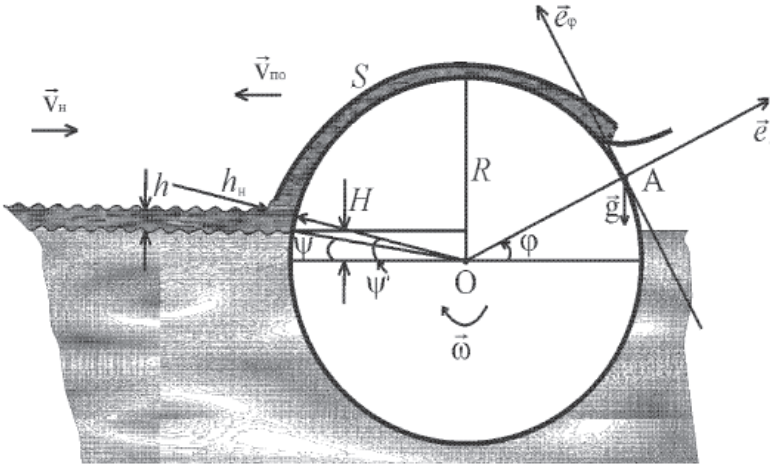
Постановка задачи

На рисунке приведена схема барабанного сборщика. Барабан скиммера частично погружен в воду на глубину $R + H$, где R – радиус барабана. Также глубину погружения можно определять через угол ψ. Обозначим толщину нефтяного слоя на поверхности воды h, а скорость поступательного движения оси барабана $\vec{v}$ относительно нефтяного пятна, которое учитывает и собственную скорость движения скиммера и течения нефтяного слоя. Поверхность нефтебитума на поверхности ротора обозначим S, динамическая вязкость нефтяного слоя выражается соотношением $\eta = \nu\rho$, где ν – кинематическая вязкость, а ρ – плотность вязкой жидкости. Барабан скиммера вращается с угловой скоростью $\vec{\omega}$.

Решение задачи о сборе нефтепродуктов с поверхности водоемов, естественно, ищем в цилиндрических координатах. Выберем цилиндрические координаты с осью z вдоль оси цилиндра, линия r направлена вдоль радиуса барабана (рис. 1).

Для описания поля скорости при захвате нефтебитума вращающимся барабаном использовано уравнение Навье – Стокса с учетом силы гравитации

$$\rho\left[\frac{\partial\vec{v}}{\partial t}+(\vec{v}\nabla)\vec{v}\right]=-\mathrm{grad}\,P+\eta\Delta\vec{v}+\left(\zeta+\frac{\eta}{3}\right)\mathrm{grad}\,\mathrm{div}\,\vec{v}+\rho\vec{g}.$$



Схематическое представление барабанного скиммера

Из рис. 1 видно, что радиальная и угловая составляющие силы тяжести определяются выражением

$$g_r = -g\sin\varphi; \quad g_\varphi = -g\cos\varphi.$$

Уравнение неразрывности, если мы будем считать, что вязкая жидкость практически несжимаема, будет иметь вид

$$\mathrm{div}\,\vec{v} = 0. \tag{1}$$

Уравнение Навье – Стокса для несжимаемой жидкости упрощается и приобретает следующий вид:

$$\rho\left[\frac{\partial\vec{v}}{\partial t}+(\vec{v}\nabla)\vec{v}\right]=-\mathrm{grad}P+\eta\Delta\vec{v}+\rho\vec{g}. \tag{2}$$

На достаточном удалении от торцевых концов ротора нефтесборщика движение собираемой жидкости определяется только двумя полярными координатами r и φ и не зависит от осевой координаты z. В предложении бесконечного цилиндра уравнения для координат $\vec{v} = (v_r, v_\varphi, 0)$ имеют вид

$$\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r}\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - \frac{v_\varphi^2}{r} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\nu}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial v_r}{\partial r}\right) + \frac{\nu}{r^2}\frac{\partial^2 v_r}{\partial \varphi^2} - \frac{\nu v_r}{r^2} - \frac{2\nu}{r^2}\frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} - g\sin\varphi;$$

$$\frac{\partial v_\varphi}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r}\frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r v_\varphi}{r} = -\frac{1}{\rho r}\frac{\partial P}{\partial \varphi} + \frac{\nu}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial v_\varphi}{\partial r}\right) + \frac{\nu}{r^2}\frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial \varphi^2} - \frac{\nu v_\varphi}{r^2} + \frac{2\nu}{r^2}\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - g\cos\varphi.$$

Уравнение неразрывности несжимаемой жидкости в полярных координатах представляется как

$$\frac{\partial(r v_r \rho)}{\partial r} + \frac{\partial(\rho v_\varphi)}{\partial \varphi} = 0. \quad (3)$$

Полная постановка задачи включает также граничные условия на поверхности нефтесборщика, которые определяются из условия прилипания жидкости к поверхности. В пограничной области $r = R$ тангенциальная скорости жидкости $\boldsymbol{v}_\varphi$ и поверхности цилиндра ωR совпадают:

$$v_\varphi\big|_{r=R} = \omega R. \quad (4)$$

Поверхность ротора скиммера непроницаема, поэтому нормальная компонента скорости $\boldsymbol{v}_r$ обращается в нуль при $r = R$

$$v_r\big|_{r=R} = 0. \quad (5)$$

Условие на границе соприкосновения S собираемого битума и воздуха определяются атмосферным давлением. Будем полагать, что тангенциальная составляющая тензора вязких напряжений обращается в нуль

$$\sigma_{r\varphi}\big|_S = \eta\left(\frac{1}{r}\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r}\right) = 0, \quad (6)$$

нормальная – равна атмосферному давлению P_0

$$\sigma_{rr}\big|_S = -P + 2\eta\frac{\partial v_r}{\partial r} = -P_0. \quad (7)$$

В начальный момент времени будем считать, что жидкость и барабан скиммера находятся в состоянии покоя

$$v_r\big|_{t=0} = v_\varphi\big|_{t=0} = 0. \quad (8)$$

Для расчета производительности установки рассмотрим стационарное течение жидкости, т.к. в случае длительной работы скиммера движение жидкости устанавливается. В этом случае поле скорости можно считать стационарным:

$$v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r}\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - \frac{v_\varphi^2}{r} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\nu}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial v_r}{\partial r}\right) + \frac{\nu}{r^2}\frac{\partial^2 v_r}{\partial \varphi^2} - \frac{\nu v_r}{r^2} - \frac{2\nu}{r^2}\frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} - g\sin\varphi; \quad (9)$$

$$v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r}\frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r v_\varphi}{r} = -\frac{1}{\rho r}\frac{\partial P}{\partial \varphi} + \frac{\nu}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial v_\varphi}{\partial r}\right) + \frac{\nu}{r^2}\frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial \varphi^2} - \frac{\nu v_\varphi}{r^2} + \frac{2\nu}{r^2}\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - g\cos\varphi \quad (10)$$

Предположим, что толщина слоя захватываемого битума h много меньше радиуса скиммера R ($h/R << 1$). В этом случае линии тока с большой точностью будут параллельны поверхности скиммера, тогда радиальной составляющей скорости можно пренебречь $\boldsymbol{v}_r = 0$. Тангенциальная составляющая скорости не зависит от φ, а определяется только координатой r. В предположении тонких слоев можно считать, что значения координаты r велики, поскольку $r > R$, тогда всеми слагаемыми, содержащими r в знаменателе, можно пренебречь:

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial r} + g\sin\varphi = 0; \quad (11)$$

$$\nu\frac{\partial^2 v(r)}{\partial r^2} - g\cos\varphi = 0. \quad (12)$$

Граничные условия на поверхности скиммера запишутся следующим образом:

$$v\big|_{r=R} = \omega R. \quad (13)$$

$$\eta\frac{\partial v}{\partial r}\bigg|_{r=R+h} = 0; \quad (14)$$

$$P\big|_{r=R+h} = P_0. \quad (15)$$

Окончательное выражение для распределения скоростей имеет вид

$$v = \frac{g\cos\varphi}{2\nu}(r-R)(r-R-2h) + \omega R. \quad (16)$$

Анализ выражения (16) показывает, что при малых угловых скоростях вращения барабана значения скорости становятся отрицательными, что не может реализоваться на практике. Поэтому полученное решение позволяет определять минимальную угловую скорость вращения барабана, при превышении которой установка начинает функционировать.

Масса жидкости, увлекаемая в единицу времени через поперечное сечение, соответствующее $\varphi = \psi$, определяется путем интегрирования (16) в пределах от R до $R + h_н$.

$$Q\big|_{\varphi=\psi} = \rho\int_R^{R+h_н} v\,dr = \rho h_н\left(\omega R - \frac{g\cos\psi}{3\nu}h_н^2\right). \quad (17)$$

Из условий $Q = 0$ получим min частоту вращения барабана

$$\omega_{min} = \frac{g\cos\psi}{3\nu R}h_н^2. \quad (18)$$

Таким образом, решение (16) справедливо только для $\omega > \omega_{min}$.

На самом деле толщина пленки $h_п$ является функцией от угловой координаты φ $h_п = h_п(\varphi)$. Для того, что бы определить эту зависимость, найдем Q согласно (17) для произвольного угла φ

$$Q = \rho h_п\left(\omega R - \frac{g\cos\varphi}{3\nu}h_п^2\right). \quad (19)$$

Ввиду того, что Q не должно зависеть от угла φ, получим уравнение для определения $h_п(\varphi)$, уравнение для определения профиля поверхности $h_п$ нефтебитума относительно поверхности барабана скиммера

$$h_н\left(\omega R - \frac{g\cos\psi}{3\nu}h_н^2\right) = h_п\left(\omega R - \frac{g\cos\psi}{3\nu}h_п^2\right),$$

где $h_н$ – толщина слоя при некотором фиксированном угле $\varphi = \psi'$.

Это уравнение сводится к кубическому уравнению вида $x^3 + px + q = 0$, которое в свою очередь решается по формуле Кардано, где

$$p = -3\frac{\omega R\nu}{g\cos\varphi h_н^2}; \quad q = 3\frac{\omega R\nu}{g\cos\varphi h_н^2} - \frac{\cos\psi}{\cos\varphi};$$

и $x = \frac{h_п^2}{h_н^2}$. Решение этого уравнения будет иметь вид

$$x = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}. \quad (20)$$

Из (17) мы можем определить толщину нефтяной пленки на всей поверхности барабана

$$h_п = h_н\sqrt{\sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}}, \quad (21)$$

где q зависит от $h_н$.

Итак, разработанная математическая модель позволяет успешно рассчитывать производительность скиммера от различных параметров.

Таким образом, в работе осуществлена постановка гидродинамической задачи сбора жидких углеводородов с поверхности воды барабанным скиммером. Анализ полученных выражений показывает, что при малых угловых скоростях вращения барабана значения скорости становятся отрицательными, что не может реализоваться на практике, а при больших угловых скоростях вращения барабана значение производительности резко падает в виду отрыва пленки от барабана. Поэтому полученное решение позволяет определять минимальную и максимальную угловые скорости вращения барабана, в пределах которых установка начинает функционировать.

Преимуществом развитой здесь математической модели является то обстоятельство, что она базируется на точном решении задачи, в то время как использовавшиеся ранее строились на приближенных решениях.

Список литературы

1. Баширов М.Г., Хисматуллин А.С., Камалов А.Р. Исследование изменения теплопроводности масла при барботаже в системе охлаждения силовых трансформаторов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 338.

2. Баширов М.Г., Хисматуллин А.С. Электротехнологические установки и электротехнические системы нефтегазового комплекса // Хроники объединенного фонда электронныхресурсовНаукаиобразование.–2015.–№ 12 (79).– С. 113.

3. Муллакаев М.С. Ультразвуковая интенсификация технологических процессов добычи и переработки нефти, очистки нефтезагрязненных вод и грунтов: дис. ... д-ра техн. наук. Московский государственный университет инженерной экологии. – М., 2011. – 391 с.

4. Фаттахов Р.Г., Хасанов И.Ю., Рогозин В.И., Минлибаев М.Р. Моделирование процесса удаления жидких углеводородов с водной поверхности вращающимися телами // Экологические системы и приборы. – 2005. – № 7.

5. Хасанов И.Ю. Устройство для сбора нефти с поверхности воды // Патент на изобретение RUS 2114244.

6. Хисматуллин А.С., Камалов А.Р. Повышение эффективности системы охлаждения мощных силовых трансформаторов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6–2. – С. 316–319.

7. Хисматуллин А.С. Теоретическое и экспериментальное исследование теплопереноса в жидкости с газовыми пузырьками: дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Уфа, 2010. – С. 34–42.

8. Хисматуллин А.С., Гареев И.М. Исследование переноса интегрального параметра в жидкости с газовыми пузырьками // Экологические системы и приборы. – 2015. – № 7. – С. 38–42.

9. Хисматуллин А.С., Хисматуллин А.Г., Буланкин Е.И., Камалов А. Р. Математическое моделирование систем электроснабжения, обеспечивающих безотказную работу // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1-1. – С. 51–54.

10. Bashirov M.G., Minlibayev M.R., Hismatullin A.S. Increase of efficiency of cooling of the power oil transformers // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2014. – № 2. – С. 358–367.

УДК 911.2:504.7

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАПОВЕДНЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ СТЕПЕЙ ХАКАСИИ В МНОГОЛЕТНЕМ РЕЖИМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Дубынина С.С.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: Dubynina@irigs.irk.ru

В работе обобщены результаты многолетних исследований биологической продуктивности заповедных и естественных растительных сообществ Хакасской степи Минусинской котловины юга Красноярского края. Работа выполнена на основе стационарных режимных наблюдений. Дана характеристика объектов исследования (местоположение, почвенный покров, состав травостоя, высота травостоя, проективное покрытие). Определена устойчивость отдельных видов и жизненных форм как основных ценозообразователей растительных сообществ, а также установлено сходство и различие их на разных склонах полигон-трансекта. Показана роль мелкодерновинных и разнотравно-овсецово-ковыльных злаков растительных сообществ как одного из критериев отнесения сообществ к типу настоящих степей. Детально проанализированы и обобщены материалы по продуктивности зеленой массы, мортмассы растительных сообществ в многолетнем режиме функционирования. Изучение динамики фитомассы позволило оценить и выявить те регуляторные механизмы, которые обеспечивают устойчивость заповедных и естественных степных ландшафтов Хакасии.

Ключевые слова: заповедный и естественный режим, фитомасса, динамика, функционирование, стационарные исследования юга Красноярского края

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY AND CONSERVATION OF NATURAL PLANT COMMUNITIES STEPPES OF KHAKASSIA IN LONG TERM OPERATION

Dubynina S.S.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: Dubynina@irigs.irk.ru

The work generalizes results of long-term studies of biological productivity and conservation of natural plant communities Khakaskoy the steppes of the Minusinsk hollow of southern Krasnoyarsk territory. The work was carried out on the basis of a stationary regime of observations. The characteristic objects of study (location, soil cover, composition of grass, grass height, projective cover). Determined the stability of individual species and life forms as main cenosis-formers plant communities, and the similarities and differences of their different slopes on the polygon-transect. It is shown that the role of bunchgrass and forb-osecola grass-cereal plant communities as a criterion for the classification of a community to the type of these steppes. Analyzed in detail and summarizes the data on productivity of green mass, the mortmass plant communities in long-term operation. The study of the dynamics of phytomass allows to evaluate and to identify regulatory mechanisms that provide the variability and sustainability of conservation and natural steppe landscapes of Khakassia.

Keywords: conservation and natural mode, phytomass, dynamics, functioning, stationary studies of the South of Krasnoyarsk region

Степи Хакасии расположены в основном на юге Минусинской котловины. По классификации Е.М. Лавренко [6] приуроченность степей к южным черноземам позволяет отнести эти травяные экосистемы к настоящим засушливым степям, растительный покров которых состоит из крупнодерновинных и мелкодерновинных злаков, а также из корневищных многолетников. Заметное участие в травяных экосистемах настоящих степей принимают кустарники и виды ксерофитного разнотравья. В настоящее время, когда хозяйственная деятельность усиливается, познание этих вопросов в рамках всех ритмов природных явлений, особенно с учетом климатических изменений, представляется очень актуальным.

Цель исследования – изучить структуру и динамику растительного вещества степных ландшафтов Хакасии юга Красноярского края, на основе многолетних стационарных работ, с позиций системного подхода, этапы которых увязаны между собой единой идеей.

Материалы и методы исследования

Детальные исследования проводились в фациях, до и после снятия заповедного режима на экспериментальном Новониколаевском физико-географическом стационаре, расположенном в Койбальской степи Минусинской котловины на юге Красноярского края. Степной стационар находится между горными системами Западного, Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау с мелкогрядовым и плоскоравнинными формами рельефа. Абсолютные высоты составляют 300–500 м. Климат котловины довольно теплый: средняя температура июля составляет 19 °С, среднегодовая положительна 0,9 °С, выпадает 350–450 мм осадков в год, максимальное количество приходится на летние месяцы (50–60 %). Вегетационный период длится с середины апреля до середины октября.

Стационарные исследования в заповедных условиях велись в 1970–1994 гг. Результаты коллективного труда за эти годы исследований освещены в многочисленных публикациях и монографиях [1, 8]. С 1994 г. на полигон-трансекте снят заповедный режим, с 2000 г. наблюдения по продуктивности продолжены в условиях естественного состояния фаций. Результаты наблюдений опубликованы в коллективных монографиях [3, 10].

Основные понятия и термины по биологической продуктивности изложены в ряде работ [7, 9]. Биологическая продуктивность характеризуется запасом надземных органов растений, полученных на единицу площади, которая делится на следующие фракции: зеленая масса, ветошь и подстилка. Зеленую массу разбирали по видам и делили на жизненные формы. Из состава степной флоры для анализа были взяты растения, играющие наиболее выраженную роль в сложении травостоя сообществ – эдификаторы и доминанты, а также некоторые виды растений, хотя и не играющие большой фитоценотической роли, но имеющие интересные биологические особенности. Все пробы растительного вещества высушивались в течение 8–12 часов при температуре 105 °С до абсолютно сухого веса, затем взвешивались. Ошибка средней для данных надземной массы составила ±10–16 %.

Результаты исследования и их обсуждение

Койбальская степь включает в себя разные по характеру сообщества, различающиеся в зависимости от условий мезорельефа, проективного покрытия, высоты травостоя и видового разнообразия. Значительную часть продуктивности сообществ обеспечивают доминирующие виды, которые объединены в группы по жизненным формам. Изучение жизненных форм способствует более глубокому познанию структуры и динамики растительных сообществ, а распределение удобнее рассматривать по элементам рельефа (таблица).

Характеристика показателей растительных сообществ в условиях заповедного и естественного режима Койбальской степи с 1970 по 2015 г.

Элемент мезорельефа	Транзитная часть южного склона	Транзитная часть северного склона
Почва	Чернозем южный среднегумусный среднемощный солонцеватый	Чернозем южный малогумусный среднемощный карбонатный солонцеватый
Растительное сообщество	Мелкодерновинно-злаково-ковыльное с караганой	Разнотравно-овсецово-ковыльное с караганой
Эдификаторы, доминанты, и другие виды растений травяного покрова	*Stipa Krylovii, Helictotrihom desertorum Festuca calesiaca, Koeleria cristata, Cleistogenes squarrosa, Carex pediformis, Artemisia frigida, Caragana pygmaea, Aneurolepidium pseudoagropyrum*	*Helictotrihom desertorum, Stipa Krylovii, Festuca valesiaca, Koeleria cristata, Cleistogenes squarrosa, Carex duriuscula, Artemisia frigida, Caragana pygmaea, Poa stepposa*
	Заповедный режим	
Количество видов на 1 м^2	14–17	11–23
Высота травостоя, см	10–65	10–60
Проективное покрытие, %	60–70	80–90
Группы растений: Злаки, %	54–80	45–67
Осоки, %	4–18	12–21
Разнотравье, %	2–10	9–25
Полукустарнички, %	1–8	1–9
Кустарники, %	8–13	8–15
	Естественный режим	
Количество видов на 0,25 м^2	5–6	7–12
Высота травостоя, см	10–70	10–60
Проективное покрытие, %	50–60	50–70
Группы растений: Злаки, %	35–80	47–67
Осоки, %	2–16	2–30
Разнотравье, %	4–23	13–33
Полукустарнички, %	1–40	3–8
Кустарники, %	4–25	1–13

Южные склоны характеризуются значительной инсоляцией, прогреваемостью почвы, недостаточным атмосферным увлажнением. Почвенный покров неоднородный, представлен черноземами южными маломощными среднегумусными солонцеватыми. Ниже по склону напряженность абиотических факторов постепенно ослабевает (угол наклона 5–7°), транзитные процессы аккумуляции и сноса вещества уравновешены, почвы маломощны и щебнисты, но содержание гумуса увеличивается [8].

Растительный покров в транзитной части полигон-трансекта склона южной экспозиции представлен мелкодерновинно-злаково-ковыльным сообществом. Эти сообщества относятся к переходным от мелкодерновинно-злаковой группы к крупнодерновинной злаковой [5]. С первыми их сближает полидоминантная структура с господством дерновинных злаков. Для них характерны виды: *Helictotrihom desertorum, Stipa capillata, Carex pediformis, Aster alpinus, Bupleurum scorzonerifolium, Artemisia glauca, Poa botryoides.* Со вторыми – эдификаторная роль ковыля Крылова и мелкодерновинные виды: *Stipa Krylovii, Festuca valesiaca, Koeleria cristata, Poa botryoides, Agropyron cristatum, Carex duriuscula.* В местах с близким залеганием материнских пород на слабо сформированных щебнистых почвах превалируют корневищные виды: кустарник – *Caragana pygmaea и* полукустарничек – *Artemisia frigida*. Это два вида с вегетативным и семенным типом размножения, с большой продолжительностью и устойчивостью жизни в степных сообществах [4]. Функции видов в сообществе строго распределены: одни – эдификаторы со стабильным доминированием, это *Stipa Krylovii и Cleistogenes squarrosa;* другие испытывают флуктуации – *Festuca valesiaca Koeleria cristata;* третьи уходят из фитоценоза при сильном выпасе – *Helictotrihom desertorum;* четвертые усиливают свои позиции с увеличением солонцеватости – *Carex duriuscula*.

Долевое участие жизненных форм в мелкодерновинно-злаково-ковыльном сообществе представлено на рис. 1, где показана сравнительная оценка средних показателей: а – заповедного; б – естественного режима.

Изучение жизненных форм на южном склоне полигон-трансекта заповедного режима мелкодерновинно-злаково-ковыльного сообщества показало преобладание злаков, которые колеблются от 54 до 80 %, где первое место принадлежит крупнодерновинным злакам: *Helictotrihom desertorum, Stipa capillata.* Низким содержанием в заповедном режиме отмечены: осоки, разнотравье и полукустарнички до 10 % [2]. Осоки ведут себя по-разному, если в почве нет признаков солонцеватости, доминирует дерновинная форма – *Carex pediformis*, а на солонцеватых почвах корневищная форма – *Carex duriuscula.* Смена эдификаторов сообщества после прекращения заповедного режима сопровождается снижением мелкодерновинных злаков: *Festuca valesiaca, Koeleria cristata.* В отдельные годы они остаются в числе доминирующих видов.

В мелкодерновинно-злаково-ковыльном сообществе естественного режима, по сравнению с заповедными условиями, существование травяного покрова изменено. Проективное покрытие составляет 50–60 %, а содержание крупнодерновинных злаков, *Helictotrihom desertorum*, *Stipa Krylovii,* в сухие годы составляет 35 %, а во влажные увеличивается до 80 % (табл. 1). Обилие *Festuca valesiaca, Cleistogenes squarrosa,* по сравнению с заповедными условиями, так же стабильно увеличивается, но оно может меняться от сочетания тепла и влаги.

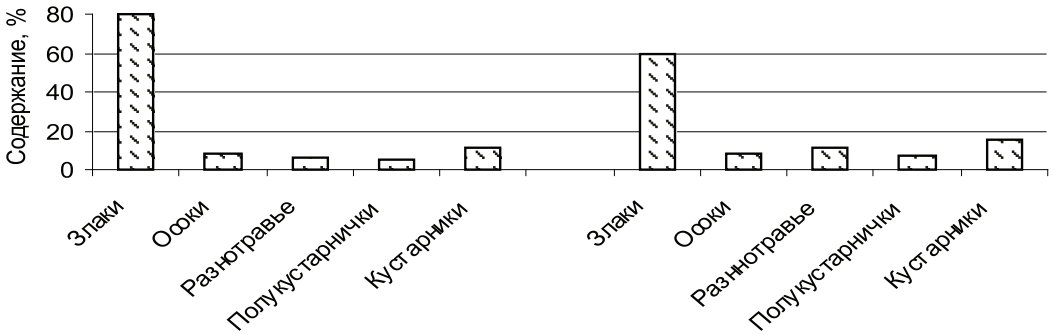


Рис. 1. Содержание жизненных форм в мелкодерновинно-злаково-ковыльном сообществе на южном склоне полигон-трансекта:
а – с заповедным режимом (1970–1992 гг.); б – естественным режимом (2000–2015 гг.)

В травостое с естественным режимом преобладает обилие вида *Carex pediformis,* при этом снижается обилие *Carex duriuscula*. Из группы разнотравья уменьшается обилие видов *Potentilla acaulis*, *Galium verum, Dianthus versicolor*. В естественном режиме, по сравнению с заповедными условиями, жизненная форма полукустарнички (*Artemisia frigida, Thymus minussinensis*) увеличивает свое содержание в отдельные годы до 40%. Выпадающие осадки могут длительное время удерживаться в почве, что позволяет полукустарничкам постепенно расходовать почвенную влагу и накапливать свою массу. В эти годы полукустарнички выступают в роли субдоминанта, а в основном среднее содержание группы полукустарничков до 7%, независимо от того в каком режиме природной среды они находятся. В современных условиях естественного режима заметно увеличилось долевое участие кустарника *Caragana pygmaea* – в 2,5 раза по сравнению с заповедными условиями.

Северный склон северной гряды крутой. В денудационной части угол наклона достигает 25°. Рыхлый покров на этом участке склона представлен мелкоземом мощностью не более 0,5 м с редкой дресвой и щебнем кремнистых известняков. Почвы южные щебнистые [1]. Ветровая и радиационная затененность, большая крутизна верхней части северного склона создает особые экологические условия, отличающиеся от южных склонов. Интересной особенностью крутых северных склонов являются процессы новации, связанные с накоплением и длительным сохранением больших запасов снега. В результате медленного таяния в рельефе формируются отрицательные формы – нивальные ниши. В зависимости от степени сформированности нивальных ниш их растительность проходит все стадии первичной сукцессии от луговых микрогруппировок до кустарниковой и древесной [8]. Крутые склоны северной экспозиции заняты разнотравно-овсецово-ковыльным травостоем. Горизонтальное сложение этого сообщества комплексное. На общем фоне пятнами выделяются осочково-вострецовые сообщества со значительным участием полыни холодной – *Artemisia frigida,* типчака – *Festuca и* тонконога гребенчатого – *Koeleria cristata*. В сообществах северного склона на щебнистых почвах произрастает овсец пустынный – *Helictotrihom desertorum,* который выступает как субдоминант. На рис. 2 показана сравнительная характеристика средних показателей долевого участия жизненных форм при а – заповедном; б – естественном режиме.

Одной из характерных черт состава разнотравно-овсецово-ковыльного сообщества является преобладание злаков, которые колеблются от 45 до 67%, где большая часть принадлежит крупнодерновинным злакам *Helictotrihom desertorum, Stipa Krylovii.* Сравнение современных условий с заповедным режимом показало, что содержание крупнодерновинных злаков уменьшилось. Все остальные группы жизненных форм ниже 20%, при этом выделяется группа степного разнотравья в условиях естественного режима, которая увеличилась до 22%, Увеличение запасов растительного вещества в благоприятные годы происходит в основном за счет этой группы. Значительное снижение содержания кустарников, особенно – *Caragana pygmaea*, происходит за счет влияния весенних палов.

Продуктивность является одним из важнейших результирующих показателей жизнедеятельности и развития сообщества [6]. Для выяснения экологических

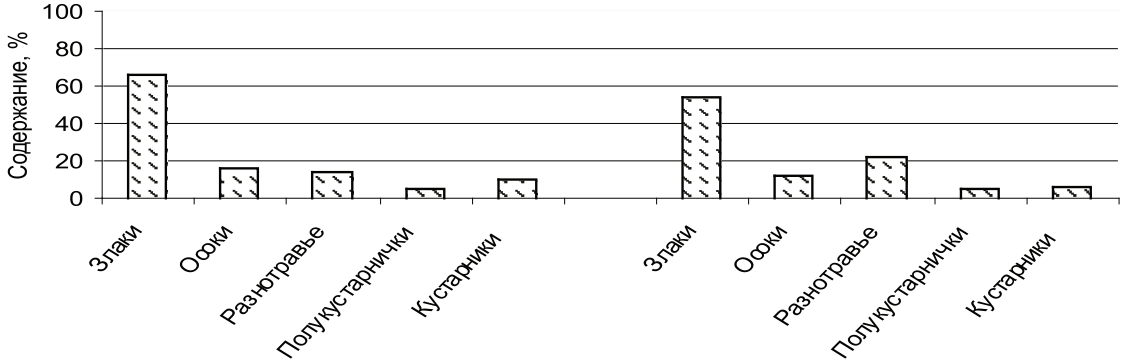


Рис. 2. Содержание жизненных форм в разнотравно-овсецово-ковыльном сообществе на северном склоне полигон-трансекта:
а – с заповедным (1970–1994 гг.); б – естественным режимом (2000–2015 гг.)

особенностей запасов надземной массы крупнодерновинных и мелкодерновинно-злаково-разнотравных сообществ Минусинской степи были построены гистограммы по средним значениям заповедного (1970–1994 гг.) и естественного (2000–2015 гг.) режимов полигон-трансекта. С изменением режима увлажнения и теплообеспеченности из года в год меняется величина запасов фитомассы, а недостаток влаги в корнеобитаемом слое почвы и частые весенние палы в естественном режиме еще больше приводят к уменьшению мортмассы, т.е. ветоши и подстилки (рис. 3).

ловиях показал существенную разницу ее запасов в заповедных условиях (1970–1994 гг.), имеющих большую амплитуду колебаний – от 30 до 658 г/м^2. Запасы мортмассы при естественном режиме (2000–2015 гг.) колеблются от 17 до 153 г/м^2. Количество ветоши в заповедных условиях выше в 4,5 раза, а подстилки в 7 раз, по сравнению с естественным режимом (рис. 3). Для Хакасских степей типична своя система динамического равновесия растительного вещества в зависимости от соотношения тепла и влаги и техногенных нагрузок.

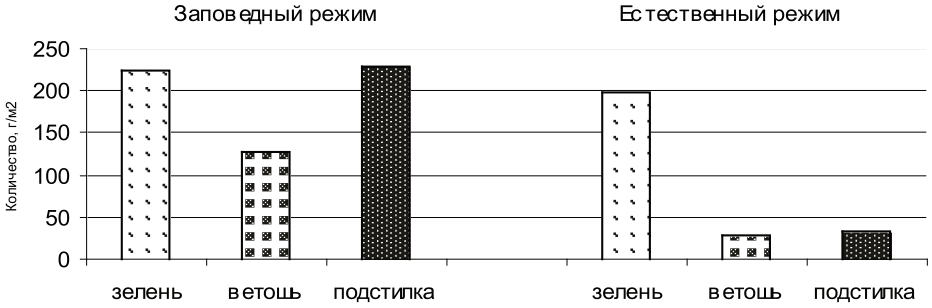


Рис. 3. Средние запасы надземной массы растительного вещества на полигон-трансекте Минусинской степи при разных режимах, г/м^2

Запасы надземной массы в растительных сообществах имеют свои особенности, в зависимости от использования. Общее количество зеленой массы на разных склонах северной и южной экспозиции за годы наблюдений (1970–1994 гг.) при заповедных условиях показали значительное варьирование в сухие и влажные годы (от 80 до 345 г/м^2). Зависимость накопления зеленой массы определяется не только с количеством выпавших в данный год осадков, но и с преобразованиями этой влаги в почве и ее запасами с осени. На северном склоне запасы зеленой массы колеблются от 24 до 200 г/м^2, ее увеличение происходит за счет накопления влаги в почве из-за медленного таяния снежного покрова. В условиях естественного режима на южном склоне (2000–2015 гг.) запасы зеленой массы колеблются от 96 до 309 г/м^2. На северном склоне в разнотравно-овсецово-ковыльном сообществе естественного режима, в зависимости от содержания тепла и влаги и техногенного влияния варьирование значительно ниже – от 9 до 91 г/м^2. Данные по максимальным запасам зеленой массы заповедных условий в 3,5 раза выше естественных.

Анализ мортмассы по средним показателям в разных экологических ус-

Выводы

Полученные результаты по составу жизненных форм и продуктивности надземной массы растительных сообществ Минусинской котловины за длительный период с 1970 по 2015 гг. стационарных наблюдений с разными режимами позволили сделать общие выводы:

1. Результаты сравнительного анализа продуктивности Минусинских степей позволяют понять картину утраченного и выявить тенденции развития степных сообществ в многолетнем режиме функционирования. Система центральноазиатских типов степей подтверждается в основном содержанием видов жизненных форм растительности и продуктивностью фитомассы.

2. Показана роль злаков растительных сообществ как одного из критериев отнесения сообществ к типу настоящих степей. Значительная роль принадлежит крупнодерновинным злакам: *Helictotrihom desertorum, Stipa Krylovii, и* они занимают лидирующее положение. При смене режимных условий мелкодерновинные злаки *Festuca valesiaca, Koeleria cristata* также остаются в числе доминирующих.

3. Выявлена устойчивость сообществ, которая обеспечивается в многолетних циклах флуктуациями видов травяного покрова. Установлена продуктивность растительных сообществ при разных режимах: запасы зеленой массы в заповедных условиях колеблются от 80 до 345 г/м^2, мортмассы – от 30 до 658 г/м^2. Растительные сообщества при естественном состоянии характеризуются запасами мортмассы в 5–7 раз ниже, по сравнению с заповедными условиями. Для Хакасских степей типична своя система динамического равновесия растительного вещества в зависимости от соотношения тепла и влаги и техногенных нагрузок.

4. Стихийные периодически возникающие весенние палы охватывают большие площади, ведут к иссушению местообитания и ксерофитизации растительного покрова. При засухе выявлена высокая устойчивость полукустарничков – полыни холодной – *Artemisia frigida и* некоторых видов разнотравья – *Allium odorum* и *Galium verum*. Отмечено увеличение кустарника – *Caragana pygmaea.* Во время весенних пожаров происходит угнетение или уничтожение семян ценных кормовых злаков. В этой связи для сохранения банка семян и качества природной среды возникает необходимость пересмотра тактических принципов природопользования в условиях степных ландшафтов.

Список литературы

1. Волкова В.Г., Кочуров Б.И., Хакимзянова Ф.И. Современное состояние степей Минусинской котловины. – Новосибирск: Наука, 1979. – 91 с.

2. Географические исследования Сибири. Ландшафтообразющие процессы / отв. ред. В.Б. Выркин, Е.Г. Нечаева. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – Т. 2. – 317 с.

3. Дубынина С.С. Восстановление почвенно-растительного покрова после интенсивного хозяйственного использования (на примере Койбальской степи) // Изучение, освоение и использование почв Сибири. – Новосибирск, 2008. – С. 189–196.

4. Кандалова Г.Е. Степные пастбища Хакасии: трансформация, восстановление, перспективы использования. – Новосибирск, 2009. – 165 с.

5. Куминова А.В. Некоторые вопросы использования и охраны растительного мира // Растительный покров Хакасии. – Новосибирск, 1976. – С. 368–376.

6. Лавренко Е.М. Степи и сельскохозяйственные земли на месте степей // Растительный покров СССР. – М.-Л., 1956. Т. 11. – С. 595–730.

7. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. – М.: Мысль, 1987. – 183 с.

8. Природные режимы степей Минусинской котловины. – Новосибирск: Наука, 1976. – 236 с.

9. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.

10. Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири. – Новосибирск: Наука, 2004. – 184 с.

УДК 662.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА ПРИ ПАРОПЛАЗМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ТБО

Морозенко М.И., Черняев С.И., Попова Е.В., Морозенко Д.Н., Карева Е.О.

Калужский филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Калуга, e-mail: fn2kf@bk.ru

Исследована возможность эффективного использования плазменного оборудования для газификации твердых бытовых и промышленных отходов. На основе данных морфологического и элементного состава отдельных компонентов определен элементный и процентный состав всей массы отходов, а также их потенциальная энергетическая ценность. Приведены расчетные данные характеристик синтез-газа при плазменной газификации твердых бытовых отходов на основе данных морфологического состава твердых бытовых отходов полигона г. Калуги. Показано, что при плазменной газификации твердых бытовых и промышленных отходов вырабатывается синтез-газ, пригодный для выработки тепловой и электрической энергии, что способствует более рациональному использованию природных ресурсов с одновременным решением актуальных проблем в области охраны окружающей среды, связанных с утилизацией и обезвреживанием твердых бытовых и промышленных отходов.

Ключевые слова: синтез-газ, плазменная газификация, альтернативное электричество, утилизация отходов

GENERATOR GAS CHARACTERISTICS RESEARCH WITH STEAM PLASMA GASIFICATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE

Morozenko M.I., Chernyaev S.I., Popova E.V., Morozenko D.N., Kareva E.O.

Kaluga Branch of «Moscow State Technical University named after N.Ye. Bauman», Kaluga, e-mail: fn2kf@bk.ru

The possibility of the effective use of the plasma gasification equipment for municipal solid and industrial waste has been investigated. Based on morphology and elemental composition of individual components, percentage and other characteristics of the entire waste mass have been defined, as well as their potential energy value. The synthesis gas performance data for plasma gasification of municipal solid waste have been calculated on the basis of the morphological composition analysis of municipal solid waste at a landfill in Kaluga. It has been shown that the plasma gasification of municipal solid and industrial waste produced synthesis gas suitable for the generation of heat and electrical energy, which contributes to a more rational use of natural resources while solving actual problems in the field of environmental protection related to the recycling and disposal of solid and industrial waste.

Keywords: synthesis gas, plasma gasification, alternative electricity, waste disposal

В последние годы практически во всех странах пристальное внимание уделяется проблеме использования образующихся во всё возрастающих количествах отходов производства и потребления. Процессы образования, накопления, трансформации, а также нейтрализации и утилизации твёрдых бытовых отходов (ТБО) находятся на острие комплекса актуальных проблем человечества. ТБО относятся к техногенным ресурсам и материалам и являются серьезным источником загрязнения почвы, грунтовых вод и атмосферы токсичными химикатами, высокотоксичными тяжёлыми металлами, свалочными газами, а при возгорании мусора – диоксинами, фуранами и бифенилами. При этом предельно допустимые концентрации опасных веществ могут превышаться в 1000 и более раз. Проблемой является и то, что ресурсы имеющихся полигонов исчерпаны, что дополнительно приводит к образованию многих сотен стихийных свалок. Применение компакторов для уменьшения объема (ужимки) мусора позволяет более плотно его укладывать, что продлевает жизненный цикл свалок мусора, однако одновременно повышая удельную нагрузку на почву, и, соответственно, приводит к ещё большему загрязнению окружающей среды [11].

Состав ТБО неодинаков в различных странах мира и изменяется в соответствии с климатическими условиями. В табл. 1 приведен среднестатистический компонентный состав ТБО для разных стран мира [17].

Промышленные отходы и прочие загрязнения, выделяющиеся в технологических циклах предприятий, а также при очистке производственных сточных вод представляют наибольшую опасность, прежде всего для населения крупных промышленных центров и окружающих их регионов, создают трудности в работе городских коммунальных служб. В связи с этим возникает потребность в принятии неординарных мер для снижения негативной нагрузки

Таблица 1

Покомпонентный состав ТБО в разных странах мира

Компоненты	США	Англия	Канада	Япония	Испания	Россия
Пищевые продукты	23,9	27,0	10,0	30,3	40,0–50,0	41,0
Бумага	31,1	30,0	70,0	40,6	15,0–20,0	35,0
Металлы	9,5	9,0	5,0	2,3	3,5–5,0	4,0
Стекло	9,7	8,0	5,0	5,5	2,5–6,0	8,0
Полимеры	3,4	3,0	–	10,8	3,0–8,0	3,0
Текстиль	1,4	3,0	–	2,5	–	6,0
Зола	–	–	5,0	–	–	–
Прочие	21,0	19,0	5,0	8,0	35–10	3,0

на окружающую среду и обеспечения защиты общественного здоровья от опасных отходов производства и потребления. Для принятия своевременных мер по оздоровлению экологической обстановки и предупреждению возникновения неблагополучных экологических ситуаций необходимо проведение перманентного мониторинга состояния окружающей среды [6]. Одним из путей решения проблемы считается использование ТБО в качестве источников вторичного сырья, позволяющего достичь повышения эффективности производства за счет экономии материалов, обеспечить расширение сырьевой базы для разных отраслей промышленности, а также существенного улучшения экологического статуса территорий за счет снижения техногенного загрязнения окружающей среды.

Государственная политика в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная указом Президента РФ от 30 апреля 2012 года, подкрепленная Распоряжением Правительства РФ от 18 декабря 2012 г. № 2423-р «О плане действий по реализации «Основ государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 г.», предусматривает такие направления обеспечения экологически безопасного обращения с отходами, как: предупреждение и сокращение образования отходов, их вовлечение в повторный хозяйственный оборот посредством максимально полного использования исходного сырья и материалов, предотвращения образования отходов в источнике их возникновения, сокращения объемов образования и снижения уровня опасности отходов, использования образовавшихся отходов путем переработки, регенерации, рекуперации, рециклинга; внедрение и применение малоотходных и ресурсосберегающих технологий и оборудования [5].

Одним из ориентиров, поставленных во главу угла в проекте Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года, является смещение приоритетов от добычи ресурсов к их глубокой переработке, а ориентир «безопасное развитие энергетики» расширен до понятия «устойчивое развитие энергетики» и включает требования социальной ответственности, экологической безопасности и инновационного развития. В документе также отмечена неоправданно низкая доля использования местных видов топлива (в т.ч. числе ТБО) в региональных энергетических балансах.

В комплекс предлагаемых мер, способствующих преодолению, сложившейся практики, входят: стимулирование сокращения образования новых и утилизации накопленных отходов производства, а также обеспечение безопасного обращения с ними, проведение рекультивации земель и других технических и организационных мероприятий по компенсации ущерба, наносимого природной среде; стимулирование научных исследований и поддержка разработки перспективных технологических решений, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду и экологических рисков; новые технологии газификации твердого топлива, включая биомассу, бытовые отходы и т.д. [10, 16].

Пиролиз – разложение органических веществ без доступа кислорода при относительно низких температурах 450–800 °C является одним из способов переработки и нейтрализации ТБО. В результате пиролиза ТБО и промышленных отходов получается твердый углеродистый остаток и пиролизный газ, что способствует созданию современных безотходных технологий утилизации мусора и максимально рациональному использованию природных ресурсов. Пиролизный газ может быть использован

в качестве топлива другими потребителями. Альтернативой пиролизу является процесс газификации, проводимый аналогично, но при температурах 800–1300 °С и в присутствии небольшого количества воздуха. В этом случае получаемый синтез-газ представляет собой смесь низкомолекулярных углеводородов, которую можно использовать в качестве экологически чистого источника тепла и энергии [11].

В г. Калуге, согласно имеющимся данным, образуется широкий спектр отходов производства и потребления, различных видов и всех классов опасности. В среднем, на 343 предприятиях города Калуги, в течение календарного года образуется 932867,18 т опасных отходов, представленных 391 видом отходов согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (Приказ МПР России № 786 от 02.12.2002 г.) [2]. В том числе по классам опасности для окружающей среды (табл. 2).

Из общего годового количества, образовавшихся на территории г. Калуги отходов предприятиями было использовано 294704,89 т отходов, что составляет 31,6 %. Также было обезврежено 2054,12 т отходов, что составляет 0,22 %. Основную долю отходов, подлежащих обезвреживанию, составляют ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки, отработанные и брак, и отходы деревянной упаковки (невозвратной тары) из натуральной древесины в объеме 1890,884 т (92 % от общего объема обезвреженных отходов). Для размещения на полигоне ТБО г. Калуги предприятиями было направлено 72983,0 т отходов, что составляет 7,8 % от общего количества образовавшихся отходов. Основную долю захороненных на полигоне отходов составляют отходы потребления на производстве, подобные коммунальным – 46523,8 т (63,7 % от общего объема захороненных отходов), отходы производства пищевых продуктов – 7853,14 т (10,8 % от общего объема захороненных отходов), отходы бумаги и картона – 7512,32 т (10,3 % от общего объема захороненных отходов) [2].

В табл. 3 представлены данные усредненных показателей морфологического состава ТБО г. Калуги. Зная морфологический состав отходов и элементный состав отдельных компонентов, можно определить элементный и процентный состав всей массы отходов, а также их потенциальную энергетическую ценность.

Для исследования энергетического потенциала отходов были использованы показатели их химического состава согласно «Методическим указаниям по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от установок малой производительности по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов» [3].

Таблица 2

Количество отходов по классам опасности для окружающей среды (тонн, %)

I		II		III		IV		V		0*	
12,7	0,001	71,14	0,008	2159,1	0,23	290014,84	31,149	37697,79	68,3	2911,6	0,312

Примечание. * Отходы, класс опасности которых может быть различен в соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов и требует уточнения.

Таблица 3

Морфологический состав ТБО, поступающих на полигон г. Калуги

Наименование компонента	Содержание по объему, %
Бумага, картон	30,5
Пищевые отходы	40
Обрезки деревьев, листья	0,5
Текстиль	3
Кожа, резина	1,5
Полимерные материалы	13
Кости	1,5
Металл	4
Стекло	2
Камни, керамика	3
Прочее	1
ВСЕГО	100

Выбор технологии плазменной газификации обоснован ее уникальностью, в качестве варианта химико-термической обработки отходов, благодаря интенсификации плазмохимических превращений и высокой концентрации энергии в единице объема. Благодаря современным разработкам в настоящее время технологии получения синтез-газа позволяют получать газификацией ТБО и промышленных отходов в процессе их утилизации. Она может быть использована для решения широкого круга задач, в том числе для переработки 98 % любых видов отходов. В основу плазменной газификации положен высокотемпературный пиролиз (900–1050 °С), который позволяет получить максимальные показатели выхода пиролизных газов, а дальнейшее повышение температуры до 1200 °С и выше дает возможность получения синтез-газа с минимальным содержанием жидких фракций (смол) и вредных примесей. Высокая температура процесса способствует детоксикации и гомогенизации шлаков, что делает возможным их дальнейшее использование в различных технологических процессах. Процесс газификации описывается реакциями:

$$2C + O_2 = 2CO + 58{,}86 \text{ ккал/моль}; \quad (1)$$

$$C + H_2O = CO + H_2 - 28{,}38 \text{ ккал/моль}; \quad (2)$$

$$C + H_2O = CO_2 + H_2 + 10{,}41 \text{ ккал/моль}; \quad (3)$$

$$[CO]\cdot[H_2O]/[H_2]\cdot[CO_2] = K, \quad (4)$$

где K – константа равновесия фаз при заданной температуре для CO, H_2O, H_2 и CO_2; [CO], [H_2O], [H_2], [CO_2] – мольное содержание CO, H_2O, H_2, CO_2 в синтез-газе.

Зная элементный состав отходов, с учётом среднего морфологического состава ТБО г. Калуги, решая систему уравнений (1)–(4), применив результаты, полученные А.С. Аньшаковым с соавторами [1] по константе фазового равновесия, был произведен расчет состава синтез-газа при плазменной газификации для ТБО г. Калуги при диапазоне температур в реакторе 1100–1300 °С и при условии термодинамического равновесия в газификаторе (табл. 4).

Теплотворная способность синтез-газа – это теплота сгорания его горючих компонентов. Энергетическая сущность газификации состоит в том, что исходную калорийность ТБО и промышленных отходов накапливают в окиси углерода и в водороде, т.е. твердое топливо в виде отходов переводится в газообразное со значительным сохранением теплотворной способности. Экологическая сущность газификации заключается в том, что сложные органические соединения, опасные для окружающей среды, переводятся в простые и безопасные, а также уничтожаются целые биологические комплексы болезнетворных микроорганизмов. Низшая теплота сгорания (ккал/нм^3) сухого синтез-газа, рассчитанная по формуле Д.И. Менделеева [13], для температуры 1100 °С, составит

$$Q_н^р = 30{,}2\cdot CO + 25{,}8\cdot H_2 + 85{,}55\cdot CH_4 + 54{,}7\cdot H_2S + 141{,}07\cdot C_2H_4 +$$
$$+152{,}26\cdot C_2H_6 + 217{,}95\cdot C_3H_8 + 335{,}28\cdot C_2H_6 =$$
$$= 30{,}2\cdot 23{,}39 + 152{,}26\cdot C_2H_6 + 217{,}95\cdot C_3H_8 + 335{,}28\cdot C_2H_6 =$$
$$= 30{,}2\cdot 23{,}39 + 25{,}8\cdot 46{,}68 = 1910{,}72 \text{ ккал/нм}^3;$$
$$Q_н^р = 1910{,}72\cdot 4{,}1868 = 7999{,}80 \text{ кДж/нм}^3 = 7{,}9998 \text{ МДж/нм}^3.$$

Таблица 4

Расчетный состав синтез-газа

Средняя температура в реакторе, °С	Состав, %				
	CO	CO_2	H_2	N_2	H_2O
1100	23,39	6,23	46,68	0,49	23,18
1200	24,20	5,41	45,86	0,47	24,00
1300	24,60	4,96	45,40	0,47	24,46

Таблица 5

Теплотворная способность синтез-газа

Средняя температура в реакторе, °С	$Q_н^р$, кДж/нм^3
1100	7999,80
1200	8013,65
1300	8014,54

Проанализировав данные табл. 4 и 5, можно сделать вывод о том, что с повышением температуры наблюдается рост процентного содержания горючих составляющих в конечном продукте и, соответственно, теплотворной способности синтез-газа.

На полигоне ТБО г. Калуги ежедневно складируется порядка 72983 т отходов. В качестве первой ступени, для извлечения ценных компонентов, предлагается использование сортировки, блок-схема которой представлена на рис. 1 [8, 14, 15].

На рис. 2 изображена схема линии для плазменной газификации ТБО и промышленных отходов. После сортировки отходы отправляются в приемный бункер, откуда через винтовой питатель поступают в реактор-газификатор, снабженный шестью плазмотронами EDP-201 [9, 18]. Прохождение отходов через питатель позволит дозировать их количество и, таким образом, существенно снизит объем воздуха, попадающего в реактор вместе с ТБО. Это благотворно скажется на концентрации примесей азота в синтез-газе [4]. Прошедшие питатель отходы направляются в реактор. Температура плазменной струи, выдаваемой плазмотронами, составляет приблизительно 5000 °С, что позволяет создать в самом реакторе температуру газификации не ниже 1200 °С. Причем время нахождения отходов внутри реактора составляет не менее 2 с. В таких условиях отходы превращаются в молекулы и атомы, которые легко вступают в реакцию с молекулами воды и ионами водорода и кислорода. Молекулы кремния, металлов и других элементов образуют шлак, который накапливается в бункере реактора с температурой от 1650 °С. Плазменный поток состоит из молекул и ионов водяного пара, количество которого ограничено мощностью плазмотрона. Для того количества отходов, которое идет на газификацию, необходимо установить шесть плазмотронов. В этом случае суммарная мощность составит 2400–6000 кВт. Также необходима дополнительная подача водяного пара для полного насыщения им реактора, что позволит интенсифицировать процесс газификации.

Образованный синтез-газ выходит из реактора при температуре 1250 °С, обеспечивая разрушение всех видов суперэкотоксикантов. Но в процессе охлаждения среды они могут образоваться вновь. Чтобы исключить данный процесс, полученный синтез-газ необходимо подвергнуть закалке. Закалка происходит при резком охлаждении газа в котле-утилизаторе. При этом большая часть тепловой энергии отдается подводимой воде, а образующийся из нее насыщенный, а затем перегретый пар подается в паровую турбину. Отработанный пар вновь нагревается, проходя через котел-утилизатор, переходит в состояние перегретого пара, затем с температурой 250–300 °С поступает к плазмотронам и в реактор.

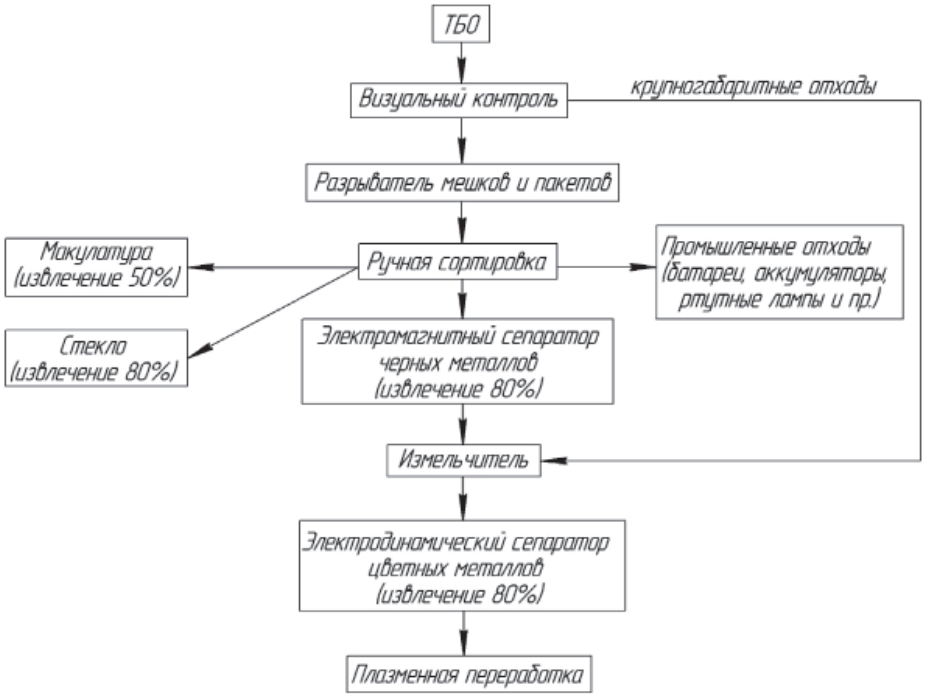


Рис. 1. Принципиальная блок-схема линии сортировки ТБО

Установленная паровая турбина вырабатывает электроэнергию, достаточную для питания всего электрооборудования. На выходе из котла температура газа составляет около 200 °С. Благодаря предварительной сортировке синтез-газ содержит малое количество примесных компонентов. Синтез-газ в основном состоит из угарного газа и молекул водорода, с примесью некоторого количества углекислого газа и сероводорода, образование которого объясняется наличием в отходах резины, производимой путем вулканизации каучука серой. Для очистки от этих примесей необходимо пропустить синтез-газ через скруббер, в который осуществляется подача карбоната натрия. При этом будут осуществляться реакции [7]

$$H_2S + Na_2CO_3 = Na_2S\downarrow + NaHCO_3\downarrow$$

и

$$CO_2 + H_2O + Na_2CO_3 = NaHCO_3\downarrow.$$

Очищенный таким способом синтез-газ обладает высокой энергетической ценностью (табл. 5), а образующиеся в процессе реакции соединения, имеющие кристаллическую структуру, выпадают в осадок. Для удаления вынесенных вместе с газом капель воды, синтез-газ направляется в каплеуловитель. Излишки синтез-газа направляют в газгольдер. Затем газ подвергается сжиганию, процесс которого описывается реакциями

$$CO + \frac{1}{2}O_2 = CO_2 \quad \text{и} \quad H_2 + \frac{1}{2}O_2 = H_2O.$$

При протекании вышеописанных реакций выделяется количество тепла, которое способно нагреть образованный газ до температуры около 1200 °С. Затем газ поступает в котел-утилизатор, где осуществляется генерация перегретого пара и охлаждение газа до температуры 150 °С. Образованный перегретый пар поступает в паровую турбину, в которой осуществляется выработка электроэнергии, которую можно подавать потребителям.

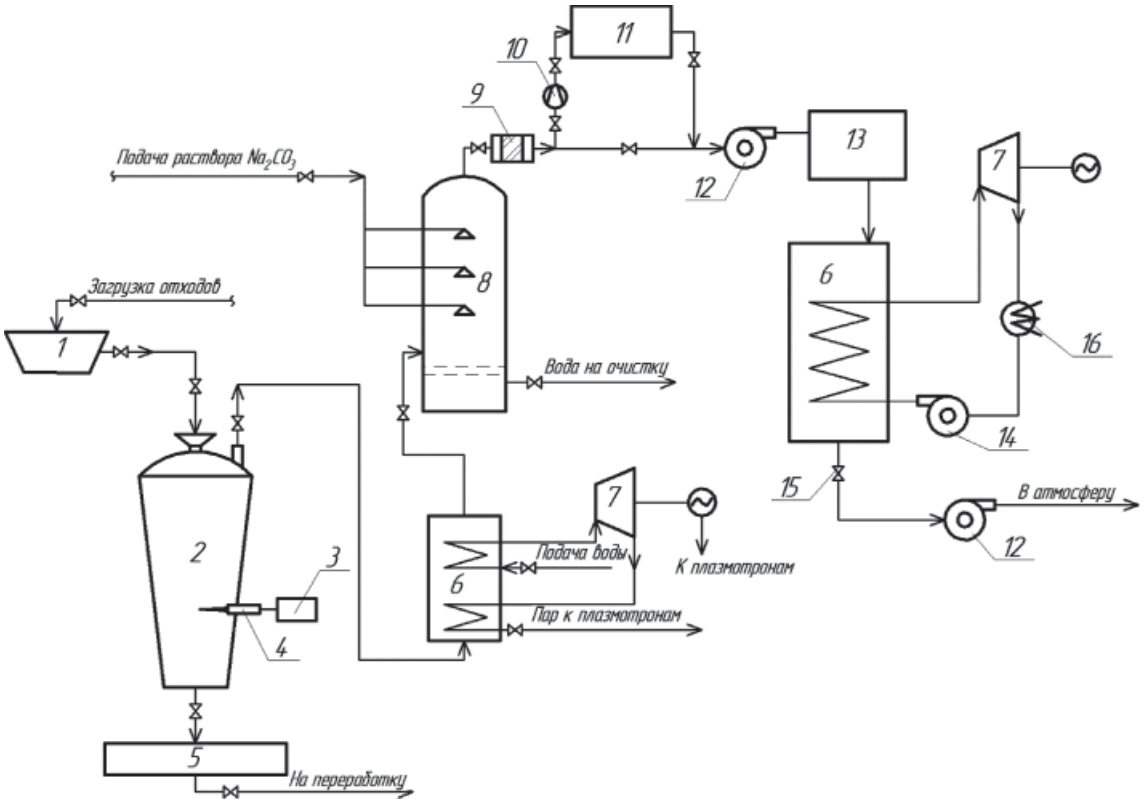


Рис. 2. Схема линии плазменной газификации ТБО и промышленных отходов:
1 – емкость накопления отходов; 2 – реактор; 3 – источник тока; 4 – плазмотрон;
5 – гранулятор; 6 – котел-утилизатор; 7 – паровая турбина; 8 – скруббер; 9 – каплеуловитель;
10 – компрессор; 11 – газгольдер; 12 – дутьевой вентилятор; 13 – камера сгорания;
14 – питательный насос; 15 – заглушка; 16 – конденсатор

Вышедший из котла отработанный газ выпускается через дымовую трубу в атмосферу. Образованный в процессе плазменной газификации шлак из реактора в жидком состоянии направляется в гранулятор. Охлаждение его происходит на открытом воздухе при подаче воды. Несколько остывший шлак проходит через барабан гранулятора с образованием гранул [12]. Данный тип шлака инертен и не выщелачивается, поэтому может быть в дальнейшем использован при производстве строительных материалов.

Проведенное исследование позволяет обосновать целесообразность использования плазменного оборудования для эффективной газификации ТБО и промышленных отходов на примере полигона ТБО г. Калуги. Получаемый синтез-газ позволяет сделать процесс переработки отходов энергонезависимым. Синтез-газ может быть запасённым впрок, доставлен стороннему потребителю, использован в качестве топлива для получения электроэнергии, сырья для получения синтетического топлива и т.д. Утилизация ТБО методом плазменной газификации, в сравнении с другими технологиями, обладает рядом преимуществ, в числе которых: возможность осуществления технологического процесса непосредственно в месте сбора и накопления отходов; достижение минимальных показателей выбросов и образования твердых остатков (остеклованного экологически безопасного шлака); полнота обезвреживания токсичных отходов и разрушения диоксинов. Внедрение скруббера в технологическую схему позволяет нивелировать возможность образования новых токсичных соединений.

Список литературы

1. Аньшаков А.С., Фалеев В.А., Даниленко А.А., Урбах Э.К. Исследование плазменной газификации углеродсодержащих техногенных отходов // Теплофизика и аэромеханика. – 2007. – Т. 14. – № 4. – С. 639–650.

2. Доклады о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области. – Калуга: РА «Типограф», ИП Лазарев П.А. 2013–2015 гг.

3. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от установок малой производительности по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов. – М.: ВНИГАЗ, 1998. – 30 с.

4. Михайлов Б.И. Регенерация тепла в электродуговых паровихревых плазмотронах. Автоплазмотроны // Теплофизика и аэромеханика. – 2005. – № 2 – С. 135–148.

5. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (Утв. Президентов РФ 30.04.2012) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zakonbase.ru/content/base/265665 (дата обращения 25.03.2016).

6. Оценка негативного воздействия автотранспорта на воздушный бассейн г. Калуги / Н.И. Бессер, Я.Н. Дыхно, И.И. Куликова, С.Н. Никулина, Я.А. Санютина, С.И. Черняев // Научное обозрение. – М.: ИД Наука образования, 2015. – № 7. – С. 45–52.

7. Пароводяной плазмотрон для газификации твердых топлив / А.С. Аньшаков, Э.К. Урбах, С.И. Радько, А.Э. Урбах, В.А. Фалеев // Горение твердого топлива: VIII Всеросс. конференция с международным участием / Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 13–16 ноября 2012 г. – С. 61–64.

8. Петров В.Г., Чечина А.А. Линии сортировки мусора. Перспективы применения: учебник. – Ижевск: Изд-во института прикладной механики, 2005. – 112 с.

9. Плазменная газификация отходов с использованием пароводяной плазмы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.plazarium.ru./developments/industrial-plasma-torches/plazarium-tps/ (дата обращения 04.10.2015).

10. Совещание Правительства РФ «О проекте Энергетической стратегии России на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 18 марта 2015 14:00 Горки, Московская областьhttp://government.ru/news/17269/ (дата обращения 22.03.2016).

11. Сравнительный анализ стратегий обращения с отходами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cleandex.ru/articles/2010/02/16/waste-management_article_1 (дата обращения 25.03.2016).

12. Филкова Т., Мусуралиев Т., Рогожин М. Сборник статей и информационных материалов по технологиям переработки муниципальных отходов. – Бишкек, 2006. – 255 с.

13. Шатров М.Г., Иванов И.Е., Пришвин С.А. Теплотехника: учебник для вузов – 2-е изд. – М.: Академия, 2012. – 288 с.

14. Шубов Л.Я., Голубин А.К., Девяткин В.В. Концепция управления твердыми бытовыми отходами. – М.: НИЦ по проблемам управления ресурсосбережением и отходами, 2000.–72 с.

15. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Шехирев Д.В. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): учебник. – М.: ГОУВПО «МГУС», 2006. – 410 с.

16. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.energosovet.ru/stat835.html (дата обращения 22.03.2016).

17. Ягодин Г.А., Аргунова М.В., Плюснина Т.А., Моргун Д.В. Рабочая книга учителя к курсу «Экология Москвы и устойчивое развитие» / под ред. Г.А. Ягодина. – М.: МИОО, 2008. – 208 с.

18. Zukov M.F., Zasypkin I.M. Thermal plasma torches. Design, Characteristics. Applications. – Cambridge: Cambridge International Science Publishing, 2007. – 593 p.

УДК 338:91(470.344)

ФАКТОРЫ И ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Назарьев Р.С.

ФГБОУ «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж, e-mail: nazarev.roma@gmail.com

Статья посвящена проблемам зернового хозяйства Чувашской Республики. В работе рассмотрены факторы и предпосылки его формирования. Дана оценка природно-ресурсного потенциала, в том числе агроклиматических ресурсов и почв региона. Выявлены особенности транспортно-географического положения республики. На основе анализа демографических показателей дана характеристика трудовых ресурсов региона. Выполнен обзор производственной структуры зернового хозяйства Чувашии. Взаимосвязи его производств и служб отражены в схеме, составленной автором. Рассмотрены показатели концентрации, урожайности и валовых сборов зерна. На основе этих данных выделены зерновые районы, дана их характеристика. Особенности территориальной структуры отражены в картограмме. Выявлены неиспользуемые резервы в зерновом хозяйстве Чувашской Республики. Предложены мероприятия по повышению эффективности зернового хозяйства исходя из факторов и предпосылок его формирования.

Ключевые слова: зерновое хозяйство, факторы формирования зернового хозяйства, производственная и территориальная структура, зерновой район

FACTORS AND BACKGROUND OF FORMATION OF A GRAIN INDUSTRY OF THE CHUVASH REPUBLIC

Nazarev R.S.

Voronezh State Pedagogical University, e-mail: nazarev.roma@gmail.com

The article is devoted to grain farming of the Chuvash Republic. The paper discusses the factors and preconditions of its formation. The estimation of natural resource potential, including agro-climatic and soil resources of the region. Peculiarities of transport and geographical situation of the Republic. Based on the analysis of demographic indicators the characteristics of labor resources in the region. A review of the production structure of the grain economy of Chuvashia. Interrelation of manufacturing and services is reflected in the scheme compiled by the author. Considered indicators of the concentration, yield and gross harvest of grain. On the basis of these data a dedicated grain area, given their characteristics. Peculiarities of territorial structure are presented in the form of cartograms. Identified unused reserves in the grain sector of the Chuvash Republic. Proposed measures to increase the efficiency of grain farming on the basis of the factors and preconditions of its formation.

Keywords: grain industry, factors in the formation of grain industry, the production and territorial structure, the area of grain industry

Зерновое хозяйство Чувашской Республики выполняет важную роль в решении проблем продовольственной безопасности. Оно является поставщиком разнообразных продуктов питания для населения и обеспечивает производство кормов для животных. В Чувашии накоплен значительный опыт возделывания зерновых культур и сформирована необходимая материально-техническая база отрасли. Решение проблем обеспеченности населения страны продуктами питания отражено в важном документе «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации» [2], в котором предусматривается обеспечить потребности страны в зерне за счет внутренних ресурсов не менее чем на 95%. Решение этих задач в Чувашии осложняется недостаточным производством зерна на душу населения. Этот показатель в настоящее время почти в два раза ниже рекомендуемых норм потребления. Однако имеются неиспользуемые резервы в республике, что позволяет наметить пути увеличения производства зерна.

Цель работы – изучить факторы и предпосылки формирования зернового хозяйства Чувашии и выявить пути повышения эффективности производства зерна на основе рационального использования ресурсов региона. Это требует решения следующих задач:

– исследовать основные предпосылки и факторы развития зернового хозяйства на современном этапе;

– изучить производственную и территориальную структуру зернового хозяйства;

– предложить пути повышения конкурентоспособности производства зерна в Чувашской Республике.

Под зерновым хозяйством мы понимаем совокупность взаимосвязанных предприятий, учреждений и служб, выполняющих единую функцию – производство, заготовка, хранение и переработка зернопродукции

для удовлетворения потребностей региона. Их функционирование и размещение зависит от ряда факторов. К их числу относятся: природно-ресурсный потенциал, транспортно-географическое положение, высокая доля сельского населения и обеспеченность производства трудовыми ресурсами.

Изучение природно-ресурсного потенциала показывает, что агроклиматические условия и почвенный покров достаточно благоприятны. Равнинный рельеф и небольшая площадь республики являются причиной однородности агроклиматических условий. Продолжительность безморозного периода составляет не менее 140 дней, что является достаточным условием для созревания большинства зерновых культур. За год в республике выпадает от 490 до 548 мм осадков, что соответствует экологическим требованиям зерновых, при условии благоприятного распределения в период вегетации. Осадки по территории республики распределены неравномерно. Вдоль средней части с севера на юг проходит полоса с максимальным количеством осадков. На северо-западную и северо-восточную части региона приходится минимальное количество осадков. Частая смена циклонов и антициклонов – причина неустойчивой погоды в республике. Весной и во второй половине августа часты заморозки, осенью – моросящие дожди. В южной части республики наблюдаются суховеи [1].

Почвенный покров основной площади угодий не характеризуется высоким плодородием. С севера на юг сменяются четыре преобладающих типа почв: подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные и черноземы. Сельскохозяйственные угодья занимают 40% общей площади. На долю пашни приходится 75% сельхозугодий и 25% занимают луга и пастбища. Необходимо отметить широкое распространение эрозионных процессов, обусловленное высокой густотой овражно-балочной сети. Коэффициент эродированности колеблется от 90% на севере до 15% на юге республики. Как следствие, на большей части сельскохозяйственных угодий требуется обязательное проведение противоэрозионных мероприятий. Негативным фактором является повышенная кислотность почв, в первую очередь дерново-подзолистых, распространенных в северной части республики [5]. Основным способом преодоления негативных последствий повышенной кислотности почв является их известкование. Добыча известняка, необходимого для проведения данных работ, ведется в девяти карьерах региона, расположенных в восточной и южной частях республики. Для расширения работ по известкованию в северо-западных районах республики требуется разработка новых известковых карьеров на данной территории.

В целом природно-ресурсный потенциал региона можно оценить как достаточно благоприятный для выращивания зерновых. Однако весенние и осенние заморозки и периодически повторяющиеся суховеи осложняют агроклиматические показатели вегетационного периода. В связи с этим в структуре зерновых преобладают яровые культуры. Необходимо отметить, что около трети территории Чувашской Республики – Заволжье и Присурье, занято лесами и не используется в сельскохозяйственном производстве. Наиболее благоприятны для сельского хозяйства центральная и южная части республики, так как здесь менее широко распространены эрозионные процессы и преобладают более плодородные серые лесные почвы и выщелоченные черноземы.

Рассматривая транспортно-географическое положение, отметим его выгоды для реализации зернопродукции. Регион расположен в среднем течении р. Волга, вблизи крупных промышленных центров – гг. Нижний Новгород и Казань. Они являются крупными рынками потребления зерна. В меридиональном и широтном направлении территорию республики пересекают автомобильные и железнодорожные магистрали федерального значения. В регионе практически каждый сельский населенный пункт соединен с транспортной сетью асфальтированными дорогами. Плотность автодорог с твердым покрытием составила в 2013 г. 405 км/1000 кв. км, что в два раза выше среднего показателя по Приволжскому федеральному округу [3]. Высокая транспортная доступность территории – важное условие эффективного функционирования предприятий сельского хозяйства.

Оценивая трудовые ресурсы региона, отметим высокую плотность населения. В Чувашской Республике этот показатель составляет 68,39 чел./кв. км, что характеризует ее как один из наиболее густонаселенных регионов России. При этом в сельской местности проживает 40% населения. Всего в сельском и лесном хозяйстве, охоте и в рыболовстве региона в 2013 г. было занято 14% жителей, что практически в два раза превышает среднероссийские показатели [7]. Уровень доходов населения в республике на 40% ниже среднероссийского,

что снижает расходы предприятий на оплату труда. Наличие в регионе сельскохозяйственных образовательных учреждений, в том числе и высших, позволяет обеспечить необходимый уровень квалификации работников сельскохозяйственных производств. Можно сделать вывод о высокой обеспеченности трудовыми ресурсами предприятий сельского хозяйства республики.

Производственная структура зернового хозяйства Чувашии включает ряд производств, от выращивания сырья до выпуска готовой продукции, и объекты инфраструктуры (рис. 1).

Сельскохозяйственные предприятия, выращивающие зерно, являются базой зернопроизводства. В структуре валовых сборов 70% приходится на сельскохозяйственные предприятия, остальное на фермерские хозяйства. Заготовку и хранение зерна осуществляют 2 элеватора и 5 хлебоприемных пунктов. Предприятия по хранению зерна в настоящее время недостаточно загружены, так как были построены в «советский» период, когда сборы зерна в регионе превышали современные. Переработка зерна в республике представлена предприятиями мукомольно-крупяной, комбикормовой, макаронной, хлебопекарной, пивоваренной промышленности. Многие предприятия данных отраслей используют в качестве сырья зерно, ввезенное из-за пределов республики.

В Чувашской Республике сформирована развитая инфраструктура, обслуживающая потребности не только зернового хозяйства, но и агропромышленного комплекса в целом. Техническое и агрохимобслуживание представлено сетью из ремонтно-технических предприятий и организаций агрохимического обслуживания, расположенных во всех муниципальных районах республики. Научные исследования в отрасли осуществляет Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Внедрение инновационных технологий во всех сферах АПК, и в т.ч. в зерновом хозяйстве – задача КУП «Агроинновации», обладающего сетью из 15 филиалов в большинстве районов республики. Сельскохозяйственное образование предоставляют Чувашская государственная сельскохозяйственная академия и 5 средних сельскохозяйственных образовательных учреждений. Финансовое обслуживание предприятий зернового хозяйства осуществляет в первую очередь «Россельхозбанк», филиалы которого представлены в каждом районе республики, а также страховые компании и лизинговые организации. Реализацией продукции зернового хозяйства занимаются многочисленные торговые предприятия и организации, крупнейшей из которых является «Чувашпотребсоюз», а также сами производители.

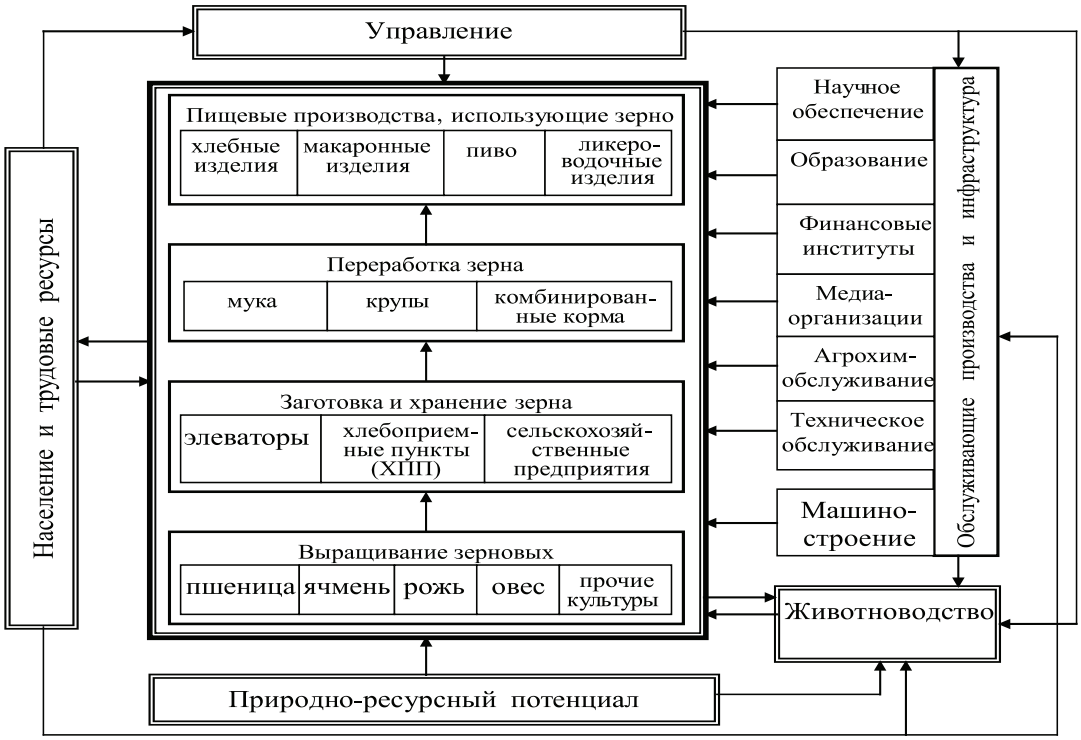


Рис. 1. Производственная структура зернового хозяйства Чувашской Республики

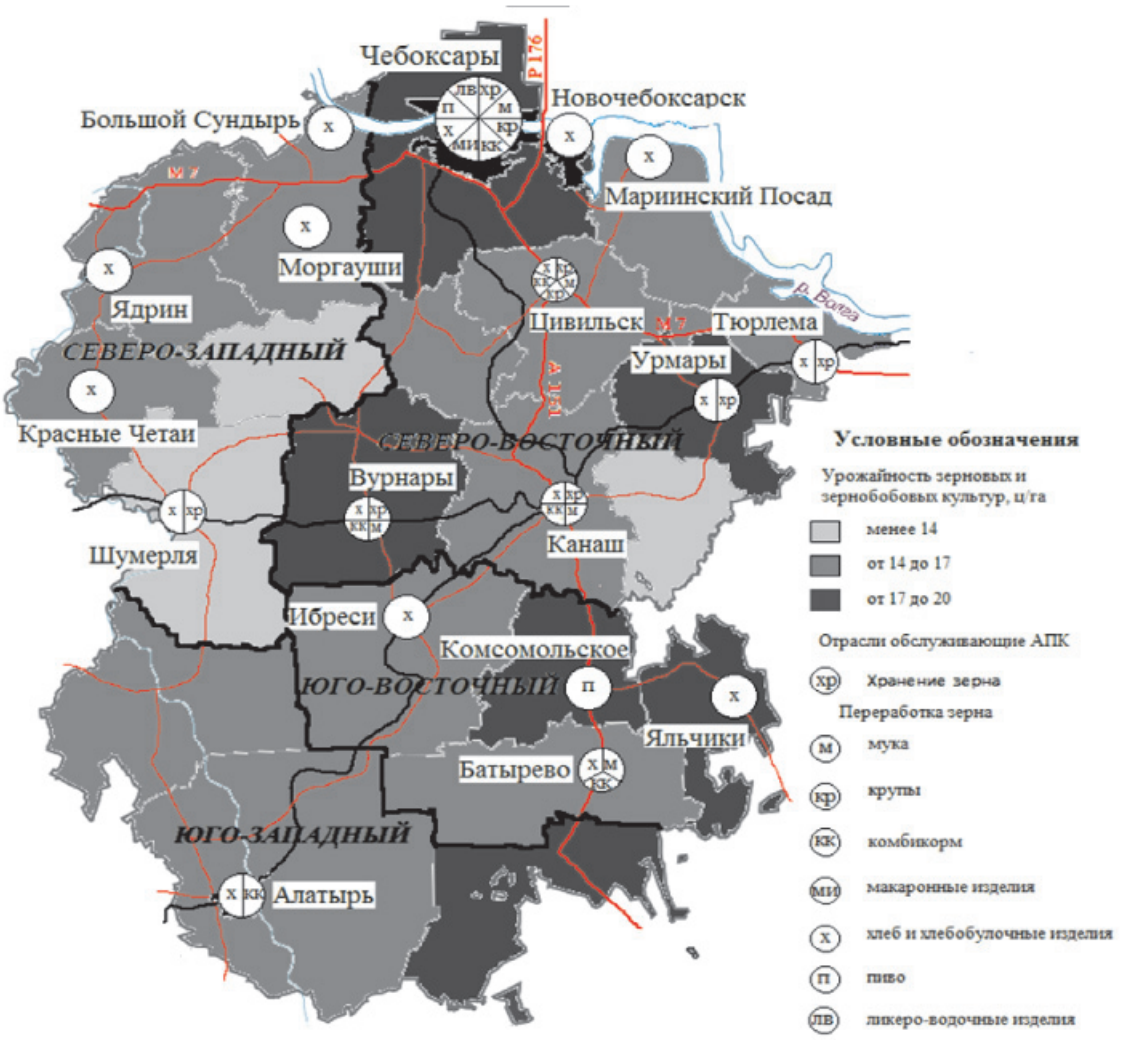


Рис. 2. Территориальная структура зернового хозяйства Чувашской Республики

Таким образом, зерновое хозяйство Чувашской Республики характеризуется развитой производственной структурой, способной обеспечить его стабильное функционирование.

Неравномерное распределение природных ресурсов по территории Чувашской Республики обусловило пространственные различия в уровне развития зернового хозяйства. Расчеты показателей концентрации посевов зерновых культур, их урожайности позволили определить границы районов зернового хозяйства республики. При этом учитывалась интегрирующая роль предприятий по заготовке, хранению и переработке зерна, что позволило изучить территориальную структуру зернового хозяйства. Выделено 4 зерновых района: Северо-Восточный, Северо-Западный, Юго-Восточный и Юго-Западный (рис. 2).

Уровень развития зернового хозяйства в зерновых районах Чувашской Республики имеет существенные различия. Основными производителями зерна в республике являются сельскохозяйственные предприятия Северо-Восточного района. В гг. Чебоксары, Канаш и Цивильск, расположенных в этом районе, сосредоточены основные мощности республики по заготовке, хранению и переработке зерна. Необходимо отметить, что здесь расположены крупнейшие города Чувашии – Чебоксары и Новочебоксарск, население и пищевые производства которых являются крупными потребителями зерна и зернопродуктов. В остальных районах мощностей по заготовке и хранению зерна недостаточно. В Северо-Западном и Юго-Восточном отмечаются наиболее низкие показатели концентрации посевов зерновых, однако

показатели обеспеченности зерноуборочными комбайнами здесь выше, чем в других районах. Наиболее низкие показатели урожайности зерновых отмечаются в Северо-Восточном районе. Формирующимися центрами переработки зерна являются г. Алатырь, п. Вурнары, с. Батырево. Территориальная структура зернового хозяйства Чувашской Республики характеризуется диспропорциями в уровне развития зерновых районов. Однако небольшие размеры республики и развитая автодорожная сеть облегчают транспортировку зернопродукции по территории республики, что в значительной степени нивелирует территориальные различия.

Изучение факторов и предпосылок формирования зернового хозяйства позволяет отметить, что в Чувашской Республике имеются неиспользуемые резервы для совершенствования зернового хозяйства. Агроклиматические ресурсы региона дают возможность повысить урожайность зерновых в 1,5–2 раза. Например, в ОАО «Батыревское» урожайность зерновых в 2013 г. составила 39 ц/га, что более чем в два раза превышает средние показатели республики. При этом важно внедрять прогрессивные технологии производства зерна [6]. Это приведет к увеличению валовых сборов зерна до 1 млн т. Рост производства зерна позволит удовлетворить потребности населения и обеспечить животноводство региона кормами. В целях решения этой проблемы разработана и реализуется государственная программа Чувашской Республики «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2013–2020 гг. Она предусматривает обеспечение к 2021 году 89 % потребностей региона за счет собственного производства зерна. Также предусмотрен прирост инвестиций в АПК, рост заработной платы на сельскохозяйственных предприятиях республики [4]. Для достижения данной цели и повышения конкурентоспособности зернового хозяйства Чувашской Республики предлагаются следующие мероприятия:

– повышение урожайности зерновых путем использования элитных семян, совершенствования агротехнических приемов, более активного применения удобрений и средств защиты растений;

– расширение объемов мелиоративных работ, в т.ч. известкования почв, и увеличение площади орошаемых земель;

– повышение качества жизни сельского населения в целях сбережения трудового потенциала сельских территорий Чувашии;

– разработка и применение дополнительных мер государственной поддержки сельскохозяйственных предприятий региона;

– обеспечение инвестиционной привлекательности зернового хозяйства республики как для малого предпринимательства, так и для крупных агрохолдингов федерального значения.

В целом Чувашская Республика характеризуется благоприятным сочетанием ресурсов для производства зерна, а их рациональное использование позволит повысить конкурентоспособность зернового хозяйства региона.

Список литературы

1. Арчиков Е.И., Трифонова З.А. География Чувашской Республики: учебное пособие. – Чебоксары: Чувашское книжное изд-во, 2002. – 159 с.

2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. – URL: http://www.mcx.ru/documents/document/show/14857.19.htm (дата обращения 25.02.16 г.).

3. Единая межведомственная информационно-статистическая система. – URL: http://www.fedstat.ru/indicators/start.do (дата обращения 27.03.16 г.).

4. Министерство сельского хозяйства Чувашской Республики. Целевые программы. – URL: http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=16&id=38655&title=Celevie_programmi (датаобращения 12.02.16 г.).

5. Почвы Чувашии и их рациональное использование. – Чебоксары: Чувашское книжное изд-во. 1987. – 144 с.

6. Федоров В.Г., Малов Н.П. Борьба с засоренностью посевов как резерв повышения эффективности производства зерна. – URL: http://rosselhoscenter.com/ stati-56/2627-borba-s-zasorennostyu-posevov-kak-rezerv-povysheniya-effektivnosti-proizvodstva-zerna (дата обращения 12.02.16 г.).

7. Чувашстат. – URL: http://chuvash.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/chuvash/ru/statistics/ population (дата обращения 27.03.16 г.).

УДК 551.86

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДНЕТРИАСОВЫХ 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

Данные исследования выполнены автором 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, М.И. Алексеев, Л.В. Баташанова 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, которое открывалось в районе Верхоянского мегантиклинория в Палеоверхоянский океан [2, 3]. Этот седиментационный бассейн сохранял заливообразную форму и размеры, которые существовали в поздней перми и были унаследованы в триасе. В среднем триасе площадь бассейна постепенно сокращалась и его границы существенно сместились на восток. На изученной территории в эти эпохи в основном накапливались грубозернистые осадки в условиях мелкого моря и прибрежных равнин.

Ключевые слова: Предверхоянский прогиб, Вилюйская синеклиза, дельта, колебания уровня моря, регрессия, песчаник, конгломерат

HISTORY OF FORMATION OF MIDDLE TRIASSIC DEPOSITS OF EAST PART OF THE VILJUJSKY SYNECLISE AND ADJACENT REGIONS OF THE PREVERKHOYANSK DEFLECTION

Rukovich A.V.

Technical institute (branch) of orth-Eastern Federal University, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru

These researches were conducted by the author based on the study of lithology, stratigraphy and paleogeography on materials of results of deep drilling of wells in the studied area. At the core of the researches there is a detailed stratigraphy of the Mesozoic deposits of Vilyuisky syneclise and Predverkhoyansky deflection developed by such researchers as Yu.L. Slastenov , M.I. Alekseev , L.V. Batashanova, etc. The territory of modern Viljujsky syneclise and the adjacent part Predverkhoyansky deflection in the Triassic was a single basin of sedimentation, facies conditions which varied from shallow-marine to continental (alluvial plain). During the Triassic, depositional area was gradually reduced by shifting the boundaries of the western basin to the east. The Early Triassic sedimentary basin was preferably a shallow bay-Sea, which opened in the area in the Verkhoyansk meganticlinorium to Paleoverkhoyansky Ocean [2, 3]. This sedimentary basin remained bay-shape and size that existed in the Late Permian and were inherited in the Triassic. In the middle triassic basin, area was gradually reduced, and its boundary substantially shifted to the east. In studied territory during these eras, coarse-grained rainfall in the conditions of the small sea and coastal plains generally collected.

Keywords: Preverkhoyansk deflection, Viljujsky syneclise, delta, sea level fluctuations, regression, sandstone, conglomerate

Вилюйская синеклиза является наиболее крупным элементом краевых депрессий Сибирской платформы. В целом синеклиза представляет собой отрицательную структуру округло-треугольного очертания, выполненную на поверхности мезозойскими отложениями, раскрывающуюся на восток, в сторону Предверхоянского прогиба. В современном плане они образуют единую крупную депрессию. Площадь Вилюйской синеклизы превышает 320000 км^2, длина 625 км, ширина 300 км. Границы синеклизы условны [1, 6]. Северо-западная и южная проводятся чаще всего по внешнему контуру сплошного развития юрских отложений, западная – по резкому сужению поля их развития, восточная – по изменению простирания локальных структур с субширотного на северо-восточное. Наиболее неопределенна граница синеклизы с Приверхоянским прогибом в междуречье Лены и Алдана. В северной части она граничит с Анабарской антеклизой, с юга – с Алданской антеклизой. На юго-западе она сочленяется с Ангаро-Ленским прогибом части платформы. Восточная граница с Предверхоянским

передовым прогибом диагностируется наименее отчётливо. Синеклиза сложена палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими осадками, общая мощность которых достигает свыше 12 км. Вилюйская синеклиза наиболее активно развивалась в мезозое (начиная с триаса). Разрез палеозойских отложений представлен здесь главным образом кембрийскими, ордовикскими, отчасти девонскими, нижнекаменноугольными и пермскими образованиями. На этих породах с размывом залегают мезозойские отложения. В строении синеклизы по отражающим сейсмическим горизонтам в мезозойских отложениях выделяют три моноклинали: на северо-западном борту синеклизы Хоргочумская, на юге Бескюельская и на востоке Тюкян-Чыбыдинская.

В составе синеклизы выделяют ряд впадин (Лунхинско-Келинская, Ыгыаттинская, Кемпедяйская, Линденская) и разделяющих их валообразных поднятий (Сунтарское, Хапчагайское, Логлорское и т.д.). Наиболее полно изучены с помощью геофизических методов и бурения Хапчагайское и Сунтарское поднятие, а также Кемпедяйская впадина.

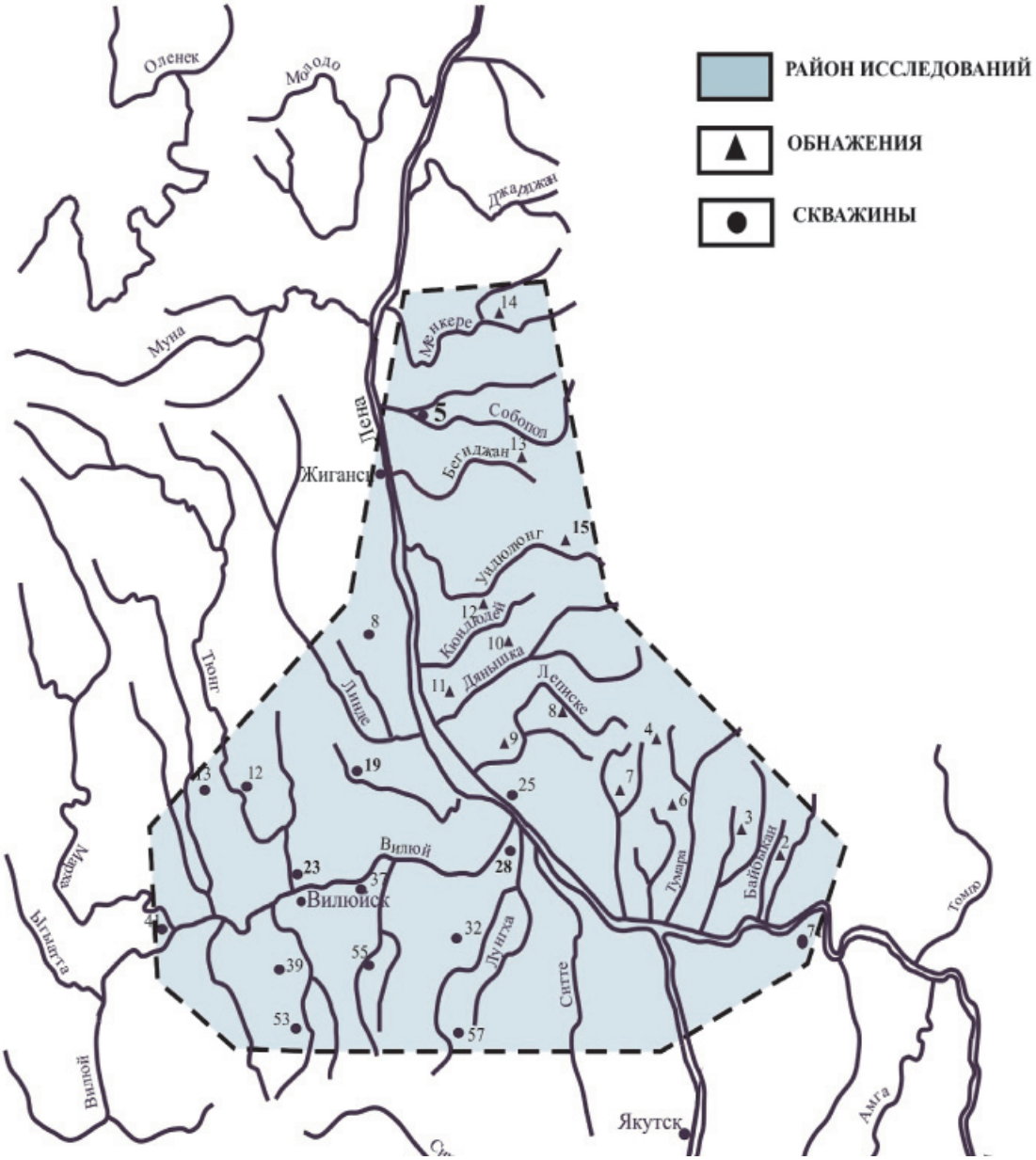


Рис. 1. Район исследований. Название скважин и естественных обнажений см. в таблице

Основные естественные обнажения и скважины,
данные по которым использовались автором в процессе работы над статьей

№ п/п	Скважины и площади бурения	№ п/п	Обнажения
5	Приленская	2	междуречье Байбыкан-Тукулан
8	Северо-Линденская	3	р. Тенкече
12	Средне-Тюнгская	4	р. Кельтер
13	Западно-Тюнгская	5	р. Кыбыттыгас
19	Хоромская	6	руч. Солнечный
23	Усть-Тюнгская	7	р. Елюнджен
25	Китчанская	8	р. Леписке, Моусучанская антиклиналь
28	Нижне-Вилюйская	9	р. Леписке, Китчанская антиклиналь
32	Южно-Неджелинская	10	р. Дянышка (среднее течение)
37	Средне-Вилюйская	11	р. Дянышка (нижнее течение)
39	Быраканская	12	р. Кюндюдей
41	Усть-Мархинская	13	р. Бегиджан
53	Чыбыдинская	14	р. Менкере
55	Хайлахская	15	р. Ундюлюнг
57	Байская		
71	Ивановская		

Предверхоянский прогиб представляет собой отрицательную структуру, в строении которой принимает участие комплекс каменноугольных, пермских, триасовых, юрских и меловых отложений. Вдоль складчатых обрамлений Западного Верхоянья прогиб в субмеридиональном направлении протягивается примерно на 1400 км. Ширина прогиба изменяется от 40–50 км на южных и северных его участках и от 100 до 150 км в центральных частях. Обычно Предверхоянский прогиб разделяют на три части: северную (Ленскую), центральную и южную (Алданскую), а также приплатформенную (внешнее крыло) и прискладчатую (внутреннее крыло) зоны прогиба. Нас интересуют центральная и южная части прогиба как территории, непосредственно прилегающие к Вилюйской синеклизе.

Центральная часть Предверхоянского прогиба располагается между р. Кюндюдей на севере и р. Тумарой на юге. Здесь прогиб испытывает коленообразный изгиб с постепенным изменением простирания структур с субмеридионального на субширотное. Внутреннее крыло прогиба здесь резко расширяется, образуя выступ складчатых структур – Китчанское поднятие, разделяющее Линденскую и Лунгхинско-Келинскую впадины. Если пригеосинклинальное крыло Предверхоянского прогиба в его центральной части ограничивается достаточно четко, то внешнее, платформенное крыло здесь сливается с Вилюйской синеклизой, граница с которой, как было сказано выше, проводится условно [3]. В принятых границах внешнему крылу прогиба здесь принадлежат северо-восточные части. Названные впадины в районе устья р. Вилюй разделяются Усть-Вилюйским поднятием (25×15 км, амплитуда 500 м). Это поднятие на юго-западе отделяется неглубокой седловиной от Хапчагайского, а на северо-востоке срезается Китчанским надвигом, ограничивающим в этом районе Китчанское поднятие.

В рамках данной статьи рассмотрим более подробно особенности осадконакопления в среднетриасовом периоде, происходившего в пределах Вилюйской синеклизы и в центральной и южной частях Предверхоянского прогиба как территории, непосредственно прилегающие к Вилюйской синеклизе (рис. 1).

Толбонское время (анизийский – ладинский век) характеризуется началом значительной регрессии моря [7]. На месте раннетриасового морского бассейна образуется обширная прибрежная равнина, в пределах которой аккумулировались грубые осадки. На территории Вилюйской синеклизы, в условиях прибрежной низменности, накапливались преимущественно полевошпат-грауваковые и олигомиктово-кварцевые песчаники, с включениями кварцевой и кремнистой гальки и кристаллов пирита средней пачки тулурской свиты. Породы слоистые, с углисто-слюдистым материалом на поверхностях наслоения, обогащены рассеянным органическим веществом (на это указывают прослои черных аргиллитов и алевролитов) [2] и обломками обугленной древесины. Вследствие понижения региональных базисов эрозии и увеличения площади водосборов активизировалась

эродирующая и транспортирующая деятельность рек, размыву подвергались осадки, накопившиеся близ побережий, из-за чего в бассейн стал поступать более грубозернистый материал. С территории близ расположенного континента во время паводков сносились и переносились береговыми течениями обломки деревьев, растительный детрит (рис. 2).

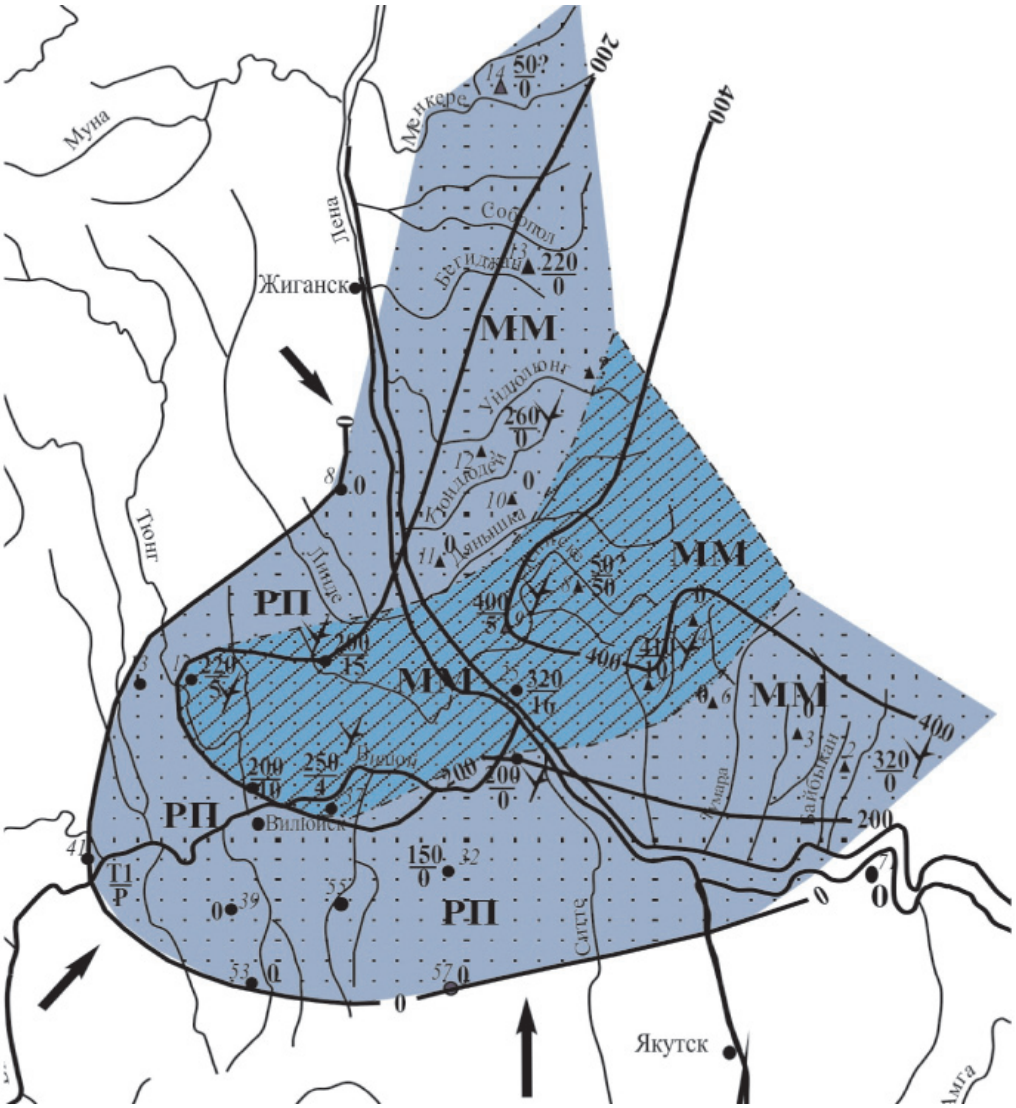
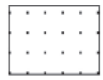


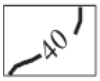
Рис. 2. Палеогеографическая схема толбонского времени

Условные обозначения к рисунку № 2.


Существенно песчаные отложения мелкого шельфа

Песчано-глинистые отложения мелководного шельфа

Граница между разнофациальными осадками



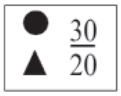
Изопахиты мощности отложений

Основные направления сноса

Остатки растений

ММ — Мелководно-морская обстановка осадконакопления

РП — Равнина прибрежная, временами заливаемая морем



Скважины или обнажения; в числителе мощность, в знаменателе глинистость в %

В Предверхоянской части бассейна происходило накопление пород толбонской и эселяхюряхской свит. На территории распространения толбонской свиты характер осадконакопления отличался от условий седиментации в Вилюйской синеклизе. Здесь, в условиях то мелкого шельфа, то приморской низменной равнины, происходило накопление песчано-алевритовых осадков. В пляжевых, или островных условиях на относительной удаленности от береговой линии формировались песчано-гравийные и галечниковые линзы. Присутствие в породах внутриформационных конгломератов с плоской галькой глинистых пород [5] позволяет предположить, что в периоды понижения уровня моря в акватории появлялись мелкие острова (останцы), выступы дельт, которые разрушались под воздействием абразии и эрозии и служили источником глинистой гальки и мелких валунов, переносимых вглубь бассейна прибрежными течениями и штормами.

В целом, если характеризовать среднетриасовую эпоху, можно сказать, что начавшаяся в раннем и продолжившаяся в среднем триасе регрессия вод морского бассейна существенно сказалась на характере осадконакопления. Формирование анизийских и ладинских отложений происходит в достаточно активной гидродинамической обстановке, 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 частые колебания уровня морских вод. Все эти причины способствовали резким изменениям условий осадкообразования.

Список литературы

1. Микуленко К.И., Ситников В.С., Тимиршин К.В., Булгакова М.Д. Эволюция структуры и условий нефтегазообразования осадочных бассейнов Якутии. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1995. – 178 с.

2. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. – М.: Недра, 1981. – 750 с.

3. Сафронов А.Ф. Историко-генетический анализ процессов нефтегазообразования. – Якутск: Издательство ЯНЦ, 1992. – 146 с.

4. 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.

5. Сластенов Ю.Л. Стратиграфия Вилюйской синеклизы и Приверхоянского прогиба в связи с их нефтегазоносностью: автореф. дис. ... д-ра наук. – СПб., 1994. – 32 с.

6. Соколов В.А., Сафронов А.Ф., Трофимук А.А. и др. История нефтегазообразования и нефтегазонакопления на Востоке Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1986. – 166 с.

7. Тучков И.И. Палеогеография и история развития Якутии в позднем палеозое и мезозое. – М.: Наука, 1973. – 205 с.

УДК 314.17

ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН: РЕГИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

[1]Сафиуллин Р.Г., [2]Сафиуллина Р.М., [2]Фаронова Ю.В.

[1]Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН, Уфа, e-mail: safiullinrg@yandex.ru;

[2]ФГОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: rmsafiullina@yandex.ru, faronova2012@mail.ru

Актуальность регионального исследования геодемографической ситуации обусловлена региональными подходами к управлению рынком труда, миграционными потоками населения во внутренней и внешней миграции населения. В статье рассмотрена методика интегральной оценки геодемографической ситуации и геодемографического развития на примере городов Республики Башкортостан (РБ). Рассчитаны показатели (рейтинговый и динамический) геодемографической ситуации в городах РБ. Составлен рейтинг городов РБ по показателю геодемографической ситуации за 1990, 2000, 2010, 2014 года. Определены тенденции геодемографического развития городов РБ на основе динамического показателя геодемографической ситуации. Внутрирегиональные факторы формирования геодемографической ситуации включают специализацию экономики городов, класс людности и функции городов, динамику специализации экономики городов, особенности размещения населения. Рассмотрены виды геодемографической ситуации городов РБ по уровням рождаемости, смертности, по уровням прибытия и выбытия населения.

Ключевые слова: геодемографическая ситуация, специализация, рейтинговый и динамический показатели геодемографической ситуации, рейтинг городов, геодемографическое развитие

GEO-DEMOGRAPHIC DEVELOPMENT OF CITIES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: REGIONAL DIAGNOSTICS

[1]Safiullin R.G., [2]Safiullina R.M., [2]Faronova Yu.V.

[1]Institute of Social and Economic Research, Ufa Research Centre, RAS, Ufa, e-mail: safiullinrg@yandex.ru;

[2]The Federal state educational institution of higher education «Bashkir State University», Ufa, e-mail: rmsafiullina@yandex.ru, faronova2012@mail.ru

The relevance of regional research of the geo-demographic situation due to regional approaches to the management of the labor market, migration flows in internal and external migration.The article describes the method of integral evaluation of geo-demographic situation and geo-demographic development of cities in the Republic of Bashkortostan (RB). Indices (rating and dinamics) of geo-demographic situation in the cities of RB were calculated. Ranking of cities in terms of geo-demographic situation for 1990, 2000, 2010, 2014 years was made. Tendencies of geo-demographic development of cities on the base of rating and dinamics indices were identified . Regional factors of the geo-demographic situation include urban economics, population size class and urban functions, urban dynamics of specialization of the economy, especially the placement of the population. The types of geo-demographic situation in the cities are based on levels of fertility, mortality, on arrival and departure levels.

Keywords: geo-demographic situation, specialization, indices (rating and dinamics) of geo-demographic situation, ranking of cities, geo-demographic development

Геодемографическая ситуация становится объектом пристального научного интереса современных региональных наук: региональной экономики, общественной географии. Основные научные положения геодемографической обстановки и геодемографической ситуации изложены в научных трудах Г.М. Фёдорова [13]. В связи с особой актуальностью демографических проблем в нашей стране выполняются исследования по геодемографической ситуации по многим регионам России [1–12, 14]. Региональная диагностика геодемографической ситуации в разрезе муниципальных образований актуальна для управления рынком труда, регулирования внешней миграции, принятия градостроительных решений, социального управления.

Геодемографическая ситуация формируется в результате воздействия на репродуктивное и миграционное поведение населения комплекса факторов:

а) внутренних (внутрирегиональных),

б) межрегиональных.

Закономерно рассматривать в качестве внутрирегиональных факторов геодемографической ситуации особенности развития городов:

а) сложившуюся специализацию экономики и её динамику в рыночных условиях (отражает конкурентоспособность городов и городского населения в условиях

экономических рисков, влияет на трудовую миграцию населения);

б) класс людности и функции города (геодемографическая ситуация в моно- и полифункциональных городах одного класса людности имеет разные типологические черты);

в) особенности динамики специализации экономики города (успешная в рамках сложившейся рыночной конъюнктуры специализация промышленного города обусловливает благоприятную геодемографическую ситуацию);

г) особенности размещения городов в регионе (интегрированные и изолированные городские пространства влияют на особенности геодемографической ситуации).

В качестве межрегиональных факторов геодемографической ситуации закономерно рассматривать социально-экономическое положение региона относительно других регионов страны, которое влияет на внешнерегиональную миграцию населения.

Для региональной диагностики актуально проведение рейтинговой оценки муниципальных образований по геодемографической ситуации, исследование геодемографического развития как совокупности динамичной последовательности геодемографических ситуаций. Авторами предложены рейтинговый и динамический показатели оценки геодемографической ситуации, на основе которых составлены рейтинги городов по геодемографической ситуации и определены тенденции геодемографического развития городов РБ.

Геодемографическая ситуация в городах Башкирии по уровню рождаемости (индекс отношения коэффициента рождаемости в городе и коэффициента рождаемости в городах Башкирии)

Для геодемографической ситуации в городах по рождаемости населения характерно усиление тенденции низкой, средней, очень низкой рождаемости. Низкая рождаемость характерна для геодемографической ситуации пяти малых (Учалы, Дюртюли, Агидель, Давлеканово, Бирск) и трёх средних (Белорецк, Ишимбай, Белебей) городов, очень низкая рождаемость – для двух средних (Кумертау, Мелеуз) и одного большого (Салават) города (табл. 1).

Таблица 1

Распределение городов Башкирии разного класса людности по уровню рождаемости за 1990, 2000, 2010, 2014 гг.*

Кол-во городов	Индекс отношения коэффициента рождаемости в городе и коэффициента рождаемости в городах РБ																			
	более 1,4				1,4–1,2				1,1–1,0				0,98–0,88				0,86–0,82			
	Уровень рождаемости в городах																			
	очень высокий				высокий				средний				низкий				очень низкий			
	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014
Всего	1	0	0	0	5	6	3	3	8	7	10	6	6	6	7	8	0	1	0	3
в том числе города по классу людности (количество):																				
малые	1				3	4	2	1	3	2	5	2	1	1	1	5		1		
средние					1	1	1	1	5	4	2	1	1	2	4	3				2
большие					1	1		1			1	1	2	2	1					1
крупный										1	1	1	1		1					
город-миллионер											1	1	1	1						

Примечание. *Составлена авторами.

Геодемографическая ситуация в городах Башкирии по уровню смертности

Города с неблагоприятной геодемографической ситуацией по уровню смертности населения. В 1990 г. высокий уровень смертности был в городах Белорецк, Давлеканово, Бирск, Янаул, Благовещенск (индекс отношения коэффициента смертности в городе и коэффициента смертности в городах 1,5–1,2), в 2000 г. – в городах Белорецк, Ишимбай, Давлеканово, в 2014 г. – в городах Белорецк, Ишимбай. Города с благополучной геодемографической

ситуацией по уровню смертности населения. В 1990 г. – это города Баймак, Салават, Нефтекамск, Туймазы, Учалы, Мелеуз, Дюртюли. В 2000 г. – города Янаул, Туймазы, Нефтекамск, Учалы, Мелеуз, Дюртюли (индекс 0,9–0,8). В 2014 г. – города Бирск, Уфа, Белебей, Нефтекамск, Дюртюли, Агидель (индекс 0,9–0,8).

Уфа – город с динамичной миграционной активностью населения по прибытию (изменилась от низкого уровня к высокому уровню). Геодемографическая ситуация с высокой миграционной активностью по выбытию характерна для малых городов и города-миллионера Уфы. В средних городах сформировалась геодемографическая ситуация со средней миграционной активностью по выбытию. В целом геодемографическое развитие городов Башкирии отличается низкой миграционной активностью по выбытию.

Таблица 2

Распределение городов Башкирии разного класса людности по уровню смертности за 1990, 2000, 2010, 2014 гг.

Кол-во городов	Индекс отношения коэффициента смертности в город и коэффициента смертности в городах РБ															
	1,5–1,2				1,1–1,0				0,9–0,8				менее 0,8			
	Уровень смертности															
	высокий				средний				низкий				очень низкий			
	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014
Всего	5	3	2	2	7	10	11	12	7	6	5	6	1	1	2	0
в том числе города по людности (количество):																
малые	4	1				3	6	5	3	3		3	1	1	2	
средние	1	2	2	2	4	3	2	4	2	2	3	1				
большие					1	2	2	2	2	1	1	1				
крупный					1	1		1			1					
город-миллионер					1	1	1					1				

Примечание. *Составлена авторами.

Геодемографическая ситуация в городах Башкирии по уровню миграционной активности населения

Основные тенденции геодемографической ситуации в городах РБ по прибытию населения: чем выше людность городов, тем более выражена тенденция к низкому уровню прибытия; высокий уровень прибытия в большей мере выражен для малых городов; для малых городов средний уровень прибытия стал менее выражен, усилился низкий уровень прибытия; средняя миграционная активность по прибытию усилилась в городах с населением 50-100 тыс.чел.; высокая миграционная активность населения по прибытию нехарактерна для городов РБ; наиболее распространена низкая миграционная активность по прибытию в города; столица, город-миллионер

Интегральная оценка геодемографической ситуации в регионе

Исходя из проведенного анализа нами предлагается показатель интегральной оценки геодемографической ситуации в регионе. На основе этого показателя можно определять рейтинги субъектов по геодемографической ситуации в городах (чем выше значение показателя, тем благоприятнее геодемографическая ситуация в субъекте).

Формула расчета рейтингового показателя интегральной оценки геодемографической ситуации:

$$I^{\text{рейтинг}}_{\text{гео.сит.}n} = \frac{I_{1n}}{I_{2n}} + \frac{I_{3n}}{I_{4n}} = \frac{(N_{1n} \cdot K_{1n})/(K_{1\max} - K_{1\min})}{(N_{2n} \cdot K_{2n})/(K_{2\max} - K_{2\min})} + \frac{(N_{3n} \cdot K_{3n})/(K_{3\max} - K_{3\min})}{(N_{4n} \cdot K_{4n})/(K_{4\max} - K_{4\min})},$$

где $I^{\text{рейтинг}}_{\text{гео.сит.}n}$ – показатель интегральной оценки геодемографической ситуации для субъекта n (рейтинговый); I_{1n}, I_{2n}, I_{3n}, I_{4n} – частные показатели оценки геодемографической ситуации соответственно по рождаемости, смертности, по прибытию, по выбытию населения

в субъекте n; I_{1n}/I_{2n} – показатель естественного компонента геодемографической ситуации; I_{3n}/I_{4n} – показатель миграционного компонента геодемографической ситуации; N_{1n}, N_{2n}, – удельные веса субъекта n по количеству рождений и по количеству смертей в совокупности субъектов; K_{1n}, K_{2n} – общие коэффициенты рождаемости и смертности населения субъекта n, K_{1max}, K_{1min}, K_{2max}, K_{2min} – максимальное и минимальное значения общих коэффициентов рождаемости и смертности по совокупности субъектов; N_{3n}, N_{4n} – удельные веса субъекта n по количеству прибывших и по количеству выбывших в совокупности субъектов; K_{3n}, K_{4n} – общие коэффициенты прибытия и выбытия населения субъекта n; K_{3max}, K_{3min}, K_{4max}, K_{4min} – максимальное и минимальное значения общих коэффициентов прибытия и выбытия по совокупности субъектов.

Актуальное направление экономико-географических исследований заключается в диагностике изменений геодемографической ситуации. Авторами предложен показатель геодемографической ситуации (динамический) для оценки изменения геодемографической ситуации по сравнению с базовым периодом:

$$I^{\text{дин}}_{\text{гео.сит.}n} = \frac{I_{1n}}{I_{2n}} + \frac{I_{3n}}{I_{4n}} = \frac{(N_{1n} \cdot K_{1n})/(K_{1max} - K_{1min})_{\text{баз}}}{(N_{2n} \cdot K_{2n})/(K_{2max} - K_{2min})_{\text{баз}}} + \frac{(N_{3n} \cdot K_{3n})/(K_{3max} - K_{3min})_{\text{баз}}}{(N_{4n} \cdot K_{4n})/(K_{4max} - K_{4min})_{\text{баз}}},$$

где $I^{\text{дин}}_{\text{гео.сит.}n}$ – показатель геодемографической ситуации (динамический); $(K_{1max} - K_{1min})_{\text{баз}})$ – разница максимального и минимального значений общего коэффициента рождаемости по совокупности субъектов за базовый год; $(K_{2max} - K_{2min})_{\text{баз}})$ – разница максимального и минимального значений общего коэффициента смертности по совокупности субъектов за базовый год; $(K_{3max} - K_{3min})_{\text{баз}})$ – разница максимального и минимального значений общего коэффициента прибытия по совокупности субъектов за базовый год; $(K_{4max} - K_{4min})_{\text{баз}})$ – разница максимального и минимального значений общего коэффициента выбытия по совокупности субъектов за базовый год. Рейтинг городов Башкирии по рейтинговому показателю геодемографической ситуации представлен в табл. 3.

Таблица 3

Рейтинг городов Башкирии по рейтинговому коэффициенту геодемографической ситуации в 1990, 2000, 2010, 2014 гг.*

Рейтинг		К, 1990 г.	Рейтинг		К, 2000 г.	Рейтинг		К, 2010 г.	Рейтинг		К, 2014 г.
1	Агидель	47,6	1	Сибай	4,7	1	Нефтекамск	3,8	1	Бирск	3,7
2	Дюртюли	4,5	2	Агидель	4,1	2	Бирск	3,6	2	Нефтекамск	2,9
3	Нефтекамск	2,9	3	Учалы	4,1	3	Дюртюли	3,4	3	Туймазы	2,7
4	Туймазы	2,8	4	Мелеуз	3,9	4	Учалы	3,4	4	Салават	2,7
5	Учалы	2,7	5	Стерлитамак	3,7	5	Туймазы	3,3	5	Уфа	2,7
6	Мелеуз	2,6	6	Дюртюли	3,4	6	Стерлитамак	3,1	6	Стерлитамак	2,6
7	Баймак	2,5	7	Благовещенск	3,4	7	Агидель	3,0	7	Благовещенск	2,4
8	Кумертау	1,8	8	Нефтекамск	3,3	8	Сибай	3,0	8	Агидель	2,2
9	Сибай	1,8	9	Туймазы	3,1	9	Баймак	2,9	9	Октябрьский	2,2
10	Белебей	1,7	10	Бирск	3,1	10	Уфа	2,8	10	Баймак	2,1
11	Давлеканово	1,5	11	Баймак	2,9	11	Благовещенск	2,7	11	Давлеканово	2
12	г. Октябрьский	1,5	12	Белебей	2,9	12	Октябрьский	2,7	12	Ишимбай	2
13	Стерлитамак	1,5	13	Янаул	2,9	13	Давлеканово	2,0	13	Дюртюли	1,9
14	Янаул	1,5	14	Салават	2,8	14	Кумертау	1,8	14	Белебей	1,9
15	Благовещенск	1,4	15	Уфа	2,6	15	Салават	1,8	15	Сибай	1,8
16	г. Уфа	1,3	16	Белорецк	2,6	16	Янаул	1,8	16	Учалы	1,8
17	г. Бирск	1,3	17	Давлеканово	2,5	17	Белебей	1,7	17	Кумертау	1,6
18	Ишимбай	1,3	18	Октябрьский	2,3	18	Белорецк	1,7	18	Белорецк	1,5
19	Салават	1,3	19	Кумертау	1,9	19	Ишимбай	1,6	19	Мелеуз	1,4
20	Белорецк	1,1	20	Ишимбай	1,7	20	Мелеуз	1,6	20	Янаул	1,4

Примечание. *Составлена авторами.

Таблица 4

Динамический показатель геодемографической ситуации в городах Башкирии за 1990, 2000, 2010, 2014 гг.*

	1990	2000	2010	2014
Бирск	1,3	1,7	1,9	1,8
Нефтекамск	2,9	1,7	1,9	1,6
Уфа	1,3	1,4	1,5	1,4
Туймазы	2,8	1,6	1,6	1,4
Благовещенск	1,4	1,8	1,4	1,3
Салават	1,3	1,5	0,9	1,3
Стерлитамак	1,5	2,1	1,5	1,3
Агидель	47,6	2,1	1,5	1,2
Баймак	2,5	1,4	1,4	1,2
Октябрьский	1,5	1,2	1,4	1,2
Дюртюли	4,5	1,8	1,6	1,1
Белебей	1,7	1,6	0,8	1,0
Давлеканово	1,5	1,4	1,0	1,0
Ишимбай	1,3	0,9	0,8	1,0
Сибай	1,8	2,6	1,5	1,0
Учалы	2,7	2,1	1,7	1,0
Кумертау	1,8	1,0	0,9	0,8
Янаул	1,5	1,6	0,9	0,8
Белорецк	1,1	1,4	0,9	0,7
Мелеуз	2,6	2,0	0,8	0,7

Примечание. *Составлена авторами.

Результаты расчета динамического показателя геодемографической ситуации в городах Башкирии представлены в табл. 4 (за базу сравнения принят 1990 г.).

Таким образом, по результатам оценки геодемографического развития городов Башкирии с использованием рейтингового коэффициента и динамического показателя геодемографической ситуации можно сделать следующие выводы:

1. Города, характеризующиеся ухудшением геодемографической ситуации: Сибай, Белорецк, Янаул, Стерлитамак, Благовещенск (сокращение показателя на 60–30%), Салават (сокращение на 15%), Уфа (сокращение на 1%).

2. Города со стабильным ухудшением геодемографической ситуации: Мелеуз, Учалы, Агидель, Дюртюли, Белебей, Давлеканово (сокращение показателя за 2000–2014 гг. на 65–30%), Кумертау, Баймак, Туймазы (сокращение на 18–13%), Нефтекамск, Октябрьский (сокращение на 4 и 1% соответственно).

3. Города, характеризующиеся улучшением геодемографической ситуации: Ишимбай, Бирск.

Список литературы

1. Гатауллин Р.Ф., Сафиуллин Р.Г., Комаров А.Г. Социально-экономическая эффективность миграционных процессов в регионе // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 1 (49). – С. 193–196.

2. Гатауллин Р.Ф., Сафиуллин Р.Г. Социально-экономическая эффективность привлечения трудовых мигрантов в Республику Башкортостан // Вестник ВЭГУ. – 2014. – № 4 (72). – С. 26–37.

3. Денмухаметов Р.Р., Зяблова О.В. Современные тенденции развития геодемографической ситуации в Республике Татарстан // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6136 (дата обращения: 09.03.2016).

4. Жиренко Г.Н., Коваленко О.Ю., Овсянников Е.И. Геодемографическая ситуация на Северном Кавказе // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–3. – С. 619–622. – URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31559 (дата обращения: 09.03.2016).

5. Оценка геодемографической ситуации для целей устойчивого развития региона // Пространственный анализ и оценка социально-экономического развития региона: монография / И.А. Семина, А.М. Носонов, Н.Н. Логинова. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 36–74.

6. Рыков П.В. Геодемографическая ситуация как среда формирования региональных трудовых ресурсов (на примере городов Иркутской области) // География и природные ресурсы. – 2006. – № 3. – С. 100–110.

7. Салимгареев Н.Г., Сафиуллин Р.Г. Критерии пространственного развития региона // Регионология. – 2009. – № 3. – С. 19–27.

8. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М., Хамадеева З.А. География миграционных процессов Республики Башкортостан: содержание, эволюция, политика. – Уфа: УГАЭС, 2012. – 132 с.

9. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М. Содержание исследования миграционных процессов Приарктических и Арктических территорий России // Образование, наука и инновации в высшей школе: вчера, сегодня и завтра. Материалы Международной научно-практической конференции. – Уральск: Западно-Казахстанский госуниверситет, 2012. – С. 156–160.

10. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М. Геодемографическая оценка Арктических территорий России: тенденции, проблемы и перспективы // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем. Институт социально-экономических исследований УНЦРАН: сб. трудов конференции. – Уфа, 2013. – С. 193–196.

11. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М. Территориально-структурная оценка геодемографической ситуации Арктических территорий России // Социально-экономические и пространственно-временные особенности развития демографических процессов в регионах России: сб. материалов VI Уральского демографического форума с международным участием / ответ. редакторы: А.И. Татаркин, А.И. Кузьмин. – Екатеринбург, 2015. – С. 349–355.

12. Сафиуллин Р.Г., Сафиуллина Р.М., Фаронова Ю.В. Геомиграционная ситуация в муниципальных районах Республики Башкортостан: методика территориального мониторинга // Актуальные вопросы университетской науки: сборник научных трудов. – Уфа, 2016. – С. 212–223.

13. Фёдоров Г.М. Геодемографическая обстановка: теоретические и методические основы. – Л.: Наука, 1984. – 112 с.

14. Чекменёва Л.Ю. Геодемографическая типология (на примере Пермского края) // Вестник ВГУ, серия: География. Геоэкология. – 2008. – № 1. – С. 31–36.

УДК 621.642.39.03

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРА С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ ФОРМЫ СТЕНКИ

Тарасенко А.А., Чепур П.В.

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
e-mail: chepur@me.com, a.a.tarasenko@gmail.com

На основе данных геодезической съемки стенки РВС-20000 авторами разработана конечно-элементная модель резервуара, в которой учитывается реальная геометрия сооружения с учетом отклонений геометрической формы стенки от идеальной цилиндрической оболочки. Предложена расчетная схема РВС-20000 для анализа напряженно-деформированного состояния стенки резервуара при действующих проектных эксплуатационных нагрузках. Установлено, что результаты расчета НДС резервуара с учётом несовершенств геометрической формы дают меньшие значения запаса прочности, нежели расчет идеальной оболочки. Показано, что для достоверного определения изменения напряженно-деформированного состояния конкретного резервуара с несовершенствами геометрической формы при действующих эксплуатационных нагрузках необходимо разрабатывать модель, отражающую его реальную геометрию в соответствии с координатами точек поверхности стенки, которые могут быть получены как при традиционной теодолитной съемке, так и современными методами лазерного 3D сканирования.

Ключевые слова: резервуар, РВС, РВС-20000, МКЭ, ANSYS, НДС, прочность, напряжения

JUSTIFICATION OF EXPLOITATION TANK WITH GEOMETRICAL IMPERFECTIONS FORM WALL

Tarasenko A.A., Chepur P.V.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: chepur@me.com, a.a.tarasenko@gmail.com

On the basis of data surveying wall RVS-20000 authors developed a finite element model of the tank, which takes into account the actual geometry of the building with a view of the wall of geometric shapes of deviations from the ideal cylindrical shell. Tank's design scheme for the analysis of stress-strain state of the tank wall at the existing design of operational loads. It was found that the SST calculation of vessel taking into account the imperfections of geometric shapes give smaller values of safety margin, than the calculation of the ideal shell. Results for reliable determination of SST of the concrete tank with imperfections geometric shape when the current operational loads, it is necessary to develop a model that reflects its real geometry in accordance with the coordinates of the points of the wall surface, which can be obtained as in the traditional theodolite and modern 3D laser scanning methods.

Keywords: tank, AST, RVS-20000, FEM, ANSYS, stress-strain state, strength, stress

В практике диагностических обследований крупногабаритных вертикальных стальных резервуаров [6] установлено, что до 70% РВС требуют исправления несовершенств геометрической формы стенки и днища, отклонения которых превышают значения, регламентированные действующей нормативно-технической документацией. Для достоверной оценки влияния этих дефектов на работоспособность резервуара необходимо построение модели сооружения, которая бы отражала его реальную геометрию и напряженно-деформированное состояние при действующих эксплуатационных нагрузках.

Значительные затруднения при моделировании стенки РВС с несовершенствами геометрической формы вызывает тот факт, что определить момент появления отклонений стенки от проектного положения не всегда представляется возможным. Возникает вопрос: дефект появился на стадии строительства и монтажа металлоконструкции или получил развитие в процессе эксплуатации под воздействием постоянных, временных и циклических нагрузок?

Авторами статьи предпринята попытка оценки технического состояния реального резервуара РВС-20000, эксплуатируемого в системе магистрального транспорта нефти (рис. 1) с учетом отклонений геометрической формы стенки. Дело в том, что до вывода в очередной ремонт объект многократно ремонтировался. После проведения плановых ремонтных работ с заменой металлоконструкций РВС отклонения образующих стенки не удалось ввести в допустимые значения, предписанные нормативно-технической документацией. Тогда было принято решение выполнить экспертизу промышленной безопасности опасного производственного объекта путем оценки работоспособности конструкции по реальному техническому состоянию с использованием программного комплекса ANSYS на основе МКЭ. Отметим, что такой подход допускается в РД 08-95-95 – «Положении о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов».

Рис. 1. РВС-20000 на ЛПДС «Воронеж» в процессе ремонта

При моделировании предлагается ввести упрощение, согласно которому утверждается, что в момент окончания строительства оболочка резервуара РВС-20000 имела идеальную цилиндрическую форму в соответствии с проектом ТП-704-1-70. То есть дефекты геометрии стенки развились в процессе эксплуатации конструкции.

Для выполнения расчетов напряженно-деформированного состояния стенки резервуара применён программный комплекс прочностного анализа ANSYS, реализующий метод конечных элементов, который утвержден в отраслевом регламенте ОАО «АК «Транснефть» – РД-23.020.00-КТН-296-07 «Руководство по оценке технического состояния резервуаров» в качестве основного по анализу НДС вертикальных стальных резервуаров.

На рис. 2 представлена расчетная схема РВС-20000, в соответствии с которой выполнялся расчет НДС сооружения.

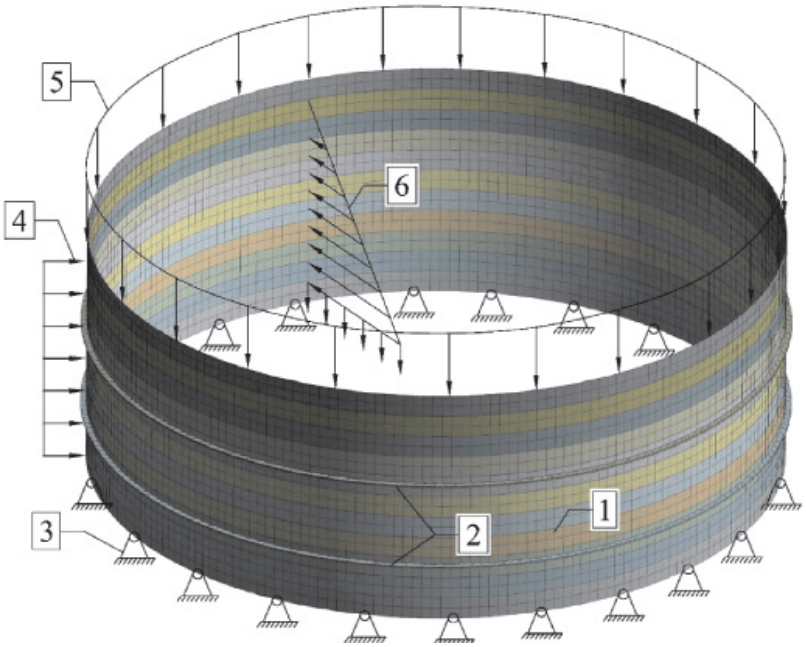


Рис. 2. Расчетная схема:
1 – стенка РВС-20000, имеющая несовершенства геометрической формы; 2 – кольца жесткости на 3-м и 7-м поясах стенки; 3 – жесткое закрепление нижнего ребра стенки; 4 – ветровая нагрузка; 5 – нагрузка от веса стационарной кровли, установленного оборудования и снегового покрова; 6 – гидростатическая нагрузка

Таблица 1

Расчетные параметры сооружения

№ п/п	Наименование параметров	Значение параметров
1	Объем резервуара	20000
2	Класс опасности	1
3	Номер проекта, по которому построен резервуар	ТП-704-1-70 № 4090-II(I)-6,7-АР
4	Нормативное значение ветрового давления, Па	300
5	Нормативная снеговая нагрузка на поверхности земли, Па	1800
6	Максимально допустимое по проекту давление (вакуум) в газовом пространстве резервуара, Па	250
7	Диаметр резервуара, мм	39905
8	Высота стенки резервуара, мм	17900
9	Верхний аварийный уровень взлива, мм	17050
10	Цикличность нагружения (приведенная годовая цикличность нагружения за последний год эксплуатации), циклов/год	30
11	Сведения о продукте, хранимом в резервуаре на момент проведения диагностики	
12	Вид продукта	дизельное топливо
13	Плотность, кг/м^3	860
14	Вес металлоконструкций крыши резервуара, кг	72800

Резервуар состоит из 11 поясов стенки разной толщины общей высотой 17,9 м. На III и VII поясах предусмотрены кольца жесткости Г-образного типа (300×300 мм). Принято, что резервуар жестко закреплен по нижнему ребру стенки. На сооружения действуют следующие нагрузки: гидростатическая от столба жидкости плотностью 860 кг/м^3; ветровая (приложена к стенке равномерно) – 300 Па; вакуумметрическое давление – 250 Па; снеговая нагрузка – 2260 кН, нагрузка от веса кровли оборудования и кровли – 728 кН, которые приложены равномерно к верхнему ребру стенки РВС-20000. Расчетные параметры сооружения представлены в табл. 1.

Для того чтобы учесть отклонения от вертикали образующих стенки резервуара (по 23 вертикальным сварным швам), использовались внутренние программные алгоритмы ANSYS. С помощью функции «displacement» выполнялось покоординатное перемещение точек стенки РВС-20000 в положение, которому соответствуют данные последней диагностики – отклонений от вертикали образующих стенки резервуара. То есть из идеальной цилиндрической оболочки выполнялось преобразование в искривленную поверхность, которая сответствует действительному состоянию объекта. В табл. 2 представлены результаты теодолитной съемки стенки РВС-20000 в опорожненном состоянии, которые легли в основу построенной модели.

Таблица 2

Результаты геодезической съемки отклонений от вертикали образующих стенки РВС-20000

Номер пояса	Номер образующей																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Отклонение от вертикали образующих стенки резервуара, мм																						
1	35	38	33	–16	–27	–10	9	19	–32	19	21	11	0	2	–6	1	–9	–10	44	33	15	30	21
2	39	66	34	–31	–19	–16	–9	19	–65	14	12	–13	37	4	–2	–10	–22	7	32	–13	14	14	7
3	56	68	54	–27	–3	11	18	44	–86	–14	6	–11	42	13	8	–21	–9	–4	20	–14	19	18	28
4	63	84	66	–15	21	19	26	45	–84	–26	–27	–22	56	20	23	–42	4	–32	9	–32	38	9	20
5	63	82	73	–9	30	26	22	45	–77	–44	–82	–36	44	26	21	–52	–3	–38	2	–10	44	14	25
6	73	101	87	–18	32	35	37	36	–80	–85	–127	–49	78	28	22	–55	–9	–48	–1	5	40	12	37
7	80	90	92	–30	26	41	51	38	–90	–114	–141	–49	101	25	18	–59	–35	–67	–3	15	55	11	49
8	86	81	93	–57	36	45	38	25	–82	–143	–177	–35	74	25	4	–40	–57	–82	–16	–1	50	–25	51
9	84	61	68	–41	49	54	39	23	–52	–186	–224	–23	44	5	–19	–37	–56	–94	–28	–40	38	–29	36
10	61	78	39	–17	50	60	–23	–11	–62	–237	–259	–56	43	–4	–63	9	–69	–102	–56	–67	–6	–47	27
11	59	39	14	8	45	35	–39	–35	–96	–256	–264	–70	15	–9	–31	–14	–89	–130	–100	–69	–61	–24	43

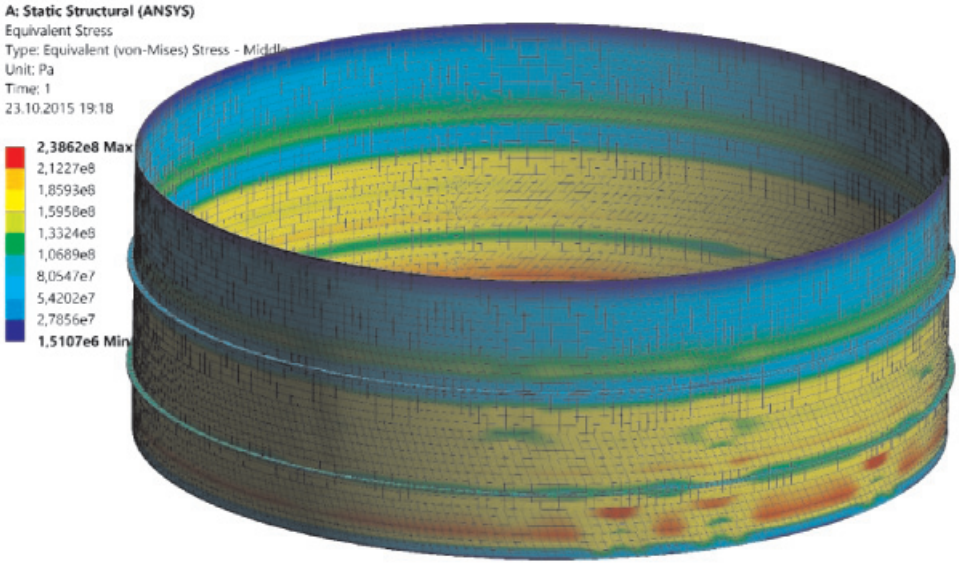


Рис. 3. Максимальные эквивалентные напряжения по фон-Мизесу $\sigma_{экв}^{max}$, *Па*

Для расчета общей устойчивости стенки резервуара проводился расчет НДС стенки опорожненного резервуара методом конечных элементов в физически и геометрически нелинейной постановке задачи при воздействии сжимающих нагрузок (снеговая, ветровая нагрузки, вес крыши, собственный вес стенки, вакуум). Расчет проводился при воздействии нормативных (проектных) значений снеговой, ветровой нагрузок, вакуума, веса металлоконструкций стенки и крыши в соответствии с РД-23.020.00-КТН-296-07 путем пошагового приложения нагрузок до уровня, при котором равновесие конструкции становится нестабильным. По результатам расчета установлено, что общая устойчивость стенки резервуара обеспечивается при проектных (нормативных) значениях нагрузок. На рис. 3 показано распределение максимальных эквивалентных напряжений по фон-Мизесу в металлоконструкциях РВС-20000.

В ходе расчета установлено, что напряжения, действующие в металлоконструкциях резервуара, не превышают критических значений, установленных нормативно-техническими документами. Результаты расчета сведены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные значения действующих напряжений в металлоконструкциях РВС-20000

Номер пояса стенки	Действительная толщина элемента, мм	Напряжения в конструкции $\sigma_1^{ср}/\sigma_2^{ср}/\sigma_{1экв}^{max}/\sigma^{max}$, МПа, при уровне взлива:	Допустимое значение напряжений, МПа
		При верхнем аварийном уровне (17 050 мм)	
1	15,70	182 / 35/ 204 / 234	197 / 197 / 325 / 325
2	14,70	185 /28 / 191 / 239	225 / 225 / 325 / 325
3	13,90	160 / 21 / 239 / 207	225 / 225 / 325 / 325
4	12,00	175 / 17 / 184 / 212	225 / 225 / 325 / 325
5	11,00	155 / 13 / 160 / 181	225 / 225 / 325 / 325
6	10,60	138 / 11 / 143 / 186	225 / 225 / 325 / 325
7	9,50	110 / 10 / 167 / 129	225 / 225 / 325 / 325
8	9,50	104 / 10 / 117 / 142	225 / 225 / 325 / 325
9	9,50	65 / 8 / 72 / 119	225 / 225 / 325 / 325
10	9,40	26 / 6 / 31 / 81	225 / 225 / 325 / 325
11	9,30	17 / 6 / 26 / 33	225 / 225 / 325 / 325

Анализируя напряженно-деформированное состояние стенки резервуара с учетом несовершенств геометрии оболочки, авторы установили, что наименьшим запасом прочности обладают I–III пояса стенки. Учитывая, что в наиболее нагруженном столбом жидкости – I поясе стенки, эквивалентные напряжения достигают 190 МПа, к этой величине прибавляются непроектные нагрузки, связанные с дефектами геометрии стенки. Поэтому любые отклонения геометрической формы стенки от проектного положения, особенно нижних поясов, в значительной степени снижают эксплуатационную надежность сооружения в целом, о чем свидетельствуют результаты расчетов, полученные авторами и представленные в табл. 3 и на рис. 3.

Результаты выполненных авторами расчетов позволили пройти экспертизу промышленной безопасности опасного производственного объекта и ввести резервуар в эксплуатацию. Для проверки прочности и устойчивости объекта в сентябре 2015 г. проведены гидроиспытания и запуск в эксплуатацию РВС-20000 на ЛПДС «Воронеж». Таким образом, сооружение продолжает успешно эксплуатироваться по настоящее время, что подтверждает справедливость теоретических выкладок и подходов, предложенных авторами, при численном моделировании объекта.

Выводы

1. На основе данных геодезической съемки стенки РВС-20000 авторами разработана конечно-элементная модель резервуара, в которой учитывается реальная геометрия сооружения с учетом отклонений геометрической формы стенки от идеальной цилиндрической оболочки. Предложена расчетная схема РВС-20000 для анализа напряженно-деформированного состояния стенки резервуара при действующих проектных эксплуатационных нагрузках.

2. Установлено, что результаты расчета НДС резервуара с учётом несовершенств геометрической формы дают меньшие значения запаса прочности, нежели расчет идеальной оболочки. Анализ действующих напряжений рассматриваемого резервуара РВС-20000 показал, что разница в расчетах (с учетом и без учета отклонений стенки от вертикальной образующей) составила 26% – 239 и 190 МПа соответственно, а следовательно, возможно рекомендовать дальнейшую эксплуатацию объекта с наличием дефектов геометрической формы.

3. Выполненные в соответствии с требованиями действующей нормативной документации обосновывающие расчеты прочности и устойчивости РВС-20000 позволили пройти экспертизу промышленной безопасности и успешно ввести в эксплуатацию реальный объект на ЛПДС «Воронеж».

Список литературы

1. Васильев Г.Г., Тарасенко А.А., Чепур П.В., Гуань Ю. Анализ сейсмостойкости вертикального стального резервуара РВСПК-50000 с использованием линейно-спектрального метода // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 10. – С. 120–123.

2. Тарасенко А.А., Чепур П.В. Эволюция взглядов на вопросы определения величины допустимых осадок резервуаров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-1. – С. 67–84.

3. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Гученкова А.А. Использование критериев стандарта API-653 для оценки допустимой величины осадки днища резервуаров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–7. – С. 1418–1422.

4. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Гученкова А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы подслойного пожаротушения на напряженное состояние резервуара при осадке основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–8. – С. 1698–1702.

5. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Численное моделирование процесса деформирования резервуара при развитии неравномерных осадок // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 88–91.

6. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Шарков А.Е., Гретченко Д.А. Технология диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–8. – С. 1703–1708.

7. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2010. – № 5. – С. 78–82.

8. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Особенности деформирования крупногабаритных резервуаров со стационарной крышей при неосесимметричном воздействии ветровой нагрузки // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12–1. – С. 97–102.

9. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Особенности совместной работы резервуара и устройств размыва донных отложений винтового типа // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–8. – С. 1671–1675.

10. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Создание и верификация численной модели резервуара РВСПК-50000 // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 7–1. – С. 95–100.

11. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Оценка воздействия приемо-раздаточного патрубка при развитии осадки резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–3. – С. 540–544.

12. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Гученкова А.А. Анализ возможности использования критериев стандарта API-653 для оценки неравномерной осадки резервуаров отечественных типоразмеров // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–3. – С. 514–519.

13. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Гученкова А.А., Антонов И.В. Численный анализ влияния жесткости газоуравнительной системы при развитии осадок резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–6. – С. 1292–1296.

14. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Соколов С.С. Оценка влияния трубопроводов системы аварийного сброса на напряженное состояние конструкции резервуара при развитии осадок основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–4. – С. 804–808.

15. Чирков С.В., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Определение оптимального количества тросов поддержки днища при подъеме резервуара // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2014. – № 5. – С. 72–78.

УДК 631.4 (571.5)

ИЗУЧЕНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Черкашина А.А., Силаев А.В.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: anna_cher.87@mail.ru

Представлены результаты изучения и картографирования почвенного покрова Тункинской котловины (Юго-Западное Прибайкалье). Согласно принципам субстантивно-генетической классификации проведена систематика и диагностика почв. На основе концепции структуры почвенного покрова и уровней ее организации составлены карты современного почвенного покрова территории исследования, проведена реконструкция естественного почвенного покрова, существовавшего до агрогенной трансформации. Переход от отдельных почвенных разрезов к почвенным ареалам осуществлялся путем интерполяции точек почвенного опробования с использованием методов ландшафтной индикации. Для этого применялись цифровые модели рельефа, разномасштабные и разновременные геологические, топографические и хозяйственные карты, а также данные дистанционного зондирования Земли. Выявлены тенденции постагрогенных изменений морфологических и физико-химических свойств почв разновременных залежей, что позволило дать прогнозную оценку восстановления залежных почв на ближайшие 120–150 лет.

Ключевые слова: почвы, почвенный профиль, структура почвенного покрова, картографирование, трансформация почв

STUDYING AND MAPPING OF AGROGENIC TRANSFORMATION OF SOIL COVER OF TUNKA DEPRESSION

Cherkashina A.A., Silaev A.V.

V.B. Sochava Institute of Geografy SB RAS, Irkutsk, e-mail: anna_cher.87@mail.ru

The paper presents the results of investigation and mapping of the soil cover of Tunka depression (South-Western Cisbaikalia). According to principles of substantive-genetic classification systematic and diagnostic of the soils has been made. On the basis of concept of the structure of the soil cover and the levels of its organization we mapped the actual soil cover and reconstructed the natural one, which existed before the agrogenic transformation of the study area. The transition from individual soil profiles to soil habitats is carried out by interpolating the points of soil sampling using methods of landscape indication. To do this, we apply digital terrain models, different scales and different time geological, topographical and land-use maps, as well as data of remote sensing. Trends of postagrogenic changes in morphological and physico-chemical properties of soil on uneven fallow lands were identified, which has allowed to predict recovery of fallow land for 120–150 years.

Keywords: soils, soil profile, structure of soil cover, mapping, soil transformation

Тункинская котловина входит в состав одноименной системы впадин, находящейся в пределах юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны (рис. 1). Она представляет собой кайнозойскую суходольную впадину около 65 км длиной и 25 км шириной. Абсолютная высота окружающих гор – 2000–3200 м, интервал абсолютных высот днища – 700–900 м [11]. Климат территории исследования резко континентальный, характеризуется большими суточными и годовыми амплитудами колебания температур, небольшим среднегодовым количеством осадков. Отмечается высокая пространственная неоднородность температур и осадков с заметным градиентом между периферической и центральной частью котловины [10]. Сочетание контрастных климатических условий с неоднородными геолого-геоморфологическими особенностями создает многообразие естественных ландшафтов этой территории. Спектр высотных поясов представлен лесостепным, лесным (с подтаежным и горнотаежными поясами) и высокогорным поясами [12].

Благоприятные для проживания человека и ведения хозяйства условия определили длительную историю освоения данной территории, ставшую причиной значительной антропогенной преобразованности ее современных ландшафтов. На протяжении каменного – железного века отрицательное воздействие человека на природу оценивается как незначительное. Основной причиной преобразования естественных ландшафтов Тункинской котловины стало интенсивное развитие лесозаготовительной отрасли и земледельческое освоение почв, берущие начало с 20-х годов XVIII в. Широкое распространение на территории котловины лесных массивов обусловило преимущественно подсечно-огневой способ освоения пригодных под пашню почв [4]. Несмотря на то, что модель аграрного

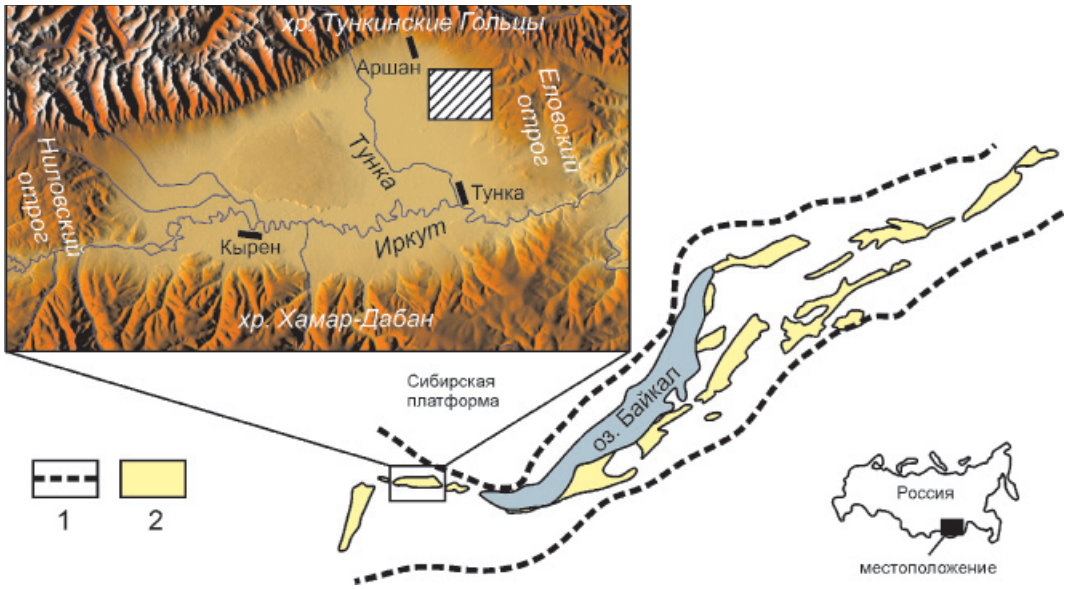


Рис. 1. Положение района исследования (заштрихован) в пределах Тункинской котловины. Условные обозначения: 1 – границы Байкальской рифтовой зоны; 2 – котловины Байкальского типа

природопользования середины XVIII – конца XIX вв. характеризовалась экстенсивной залежно-паровой системой и простотой севооборотов, она отличалась достаточной эффективностью и экологичностью [5]. Значительное усиление воздействия на природные ландшафты произошло в результате освоения новых земель во время коллективизации в 20–30-х годах XX в., сопровождавшейся созданием колхозов и механизацией труда. С середины 50-х гг. начался период наиболее интенсивного освоения целинных земель. При этом рост пахотных земель зачастую шел за счет сокращения площадей по всем другим видам сельхозугодий (сенокосам, пастбищам, выгонам). Во второй половине XX в. экстенсивное ведение сельского хозяйства и огромные объемы ежегодной лесозаготовки привели к тому, что социально-экономическое развитие Тункинского района достигло наивысшего уровня. Вместе с тем назрела экологическая нестабильность, ставшая причиной создания в 1991 г. на территории района Тункинского национального парка [2]. В 1992 г. вступление в действие Указа Президента РФ «О неотложных мерах по земельной реформе в РСФСР» и Постановления Правительства РФ «О порядке реорганизации колхозов и совхозов» стало причиной кризиса агропроизводственного сектора страны, в результате чего большая часть сельхозугодий оказалась заброшена. В настоящее время на таких участках в ходе восстановительных сукцессий активно протекают процессы постагрогенной трансформации почв и почвенного покрова (ПП) [13].

Вышесказанное определяет актуальность изучения пространственно-временной изменчивости ландшафтов Тункинской котловины, как в теоретическом аспекте, так и с целью составления достоверных прогнозов. Для этого необходимо комплексное изучение организации и функционирования ландшафтов в целом и их отдельных компонентов в частности. Среди компонентов геосистемы почва обладает наибольшей способностью записывать в своем профиле информацию не только об основных этапах ее развития в процессе эволюции, но и отражать современные динамические изменения [9], вызванные как природными, так и антропогенными факторами. В настоящее время эта способность широко применяется в осуществлении пространственно-временных реконструкций ландшафтов [1].

Цель работы – выявить особенности агрогенной и постагрогенной трансформации почв, отобразить на карте современный и реконструировать естественный ПП, существовавший до сельскохозяйственного освоения территории. Для этого использовались сравнительно-географический, сравнительно-аналитический, картографический и исторический подходы. При изучении постагрогенной трансформации почв применялся метод хронорядов, основанный на ретроспективном картографическом

анализе и данных полевых исследований. Отображение пространственного распределения почв основано на концепции структуры почвенного покрова (СПП) и уровней его организации [6].

Изучение ПП проводилось на примере ключевого участка, частично охватывающего часть предгорной наклонной равнины хр. Тункинские Гольцы и Еловского отрога, а также восточную часть аллювиальной равнины (рис. 1).

На первом этапе исследования на основе геологических карт (масштабов 1:200 000 – 1:50 000), данных дистанционного зондирования Земли и радарной съемки (SRTM4) были созданы векторные слои, отражающие природные факторы дифференциации ПП исследуемой территории: рельеф как перераспределитель влаги, растворимых веществ и солнечной радиации, ведущие экзогенные процессы, растительный покров и почвообразующие породы. Геоинформационный анализ ретроспективных топографических карт, масштаба 1:84 000 (1896–1914 гг. издания), топографических карт масштаба 1:100 000 и данных дистанционного зондирования Земли (Landsat (MSS, 5 TM и 7 ETM +)) позволил оценить изменения, произошедшие в структуре аграрного землепользования на территории исследования за 120-летний период. По его результатам основные этапы смены типов землепользования были объединены в 3 временных среза:

1) конец XIX века;
2) 70-е годы XX века;
3) начало XXI века.

При составлении схемы почвенного опробования с целью охвата как ненарушенных участков, так и разновременных залежей производилось совмещение вышеуказанных векторных слоев. Почвенная съемка на территории исследования проводилась по общепринятым методикам [7, 8]. Таксономическая принадлежность почв определялась согласно принципам, предложенным в «Классификации и диагностике почв России» [3] на основе полевых данных и необходимой аналитической диагностики.

Изучение почв ненарушенных участков показало, что естественный ПП территории исследования отличается большой сложностью и контрастностью (рис. 2, а, таблица). Согласно составленному систематическому списку почвы ключевого участка относятся к 3 стволам почвообразования, 10 отделам и 22 типам. Широкое распространение имеют почвы альфегумусового отдела (подбуры и дерново-подбуры), формирующиеся под сосновыми и смешанными лесами, а также отдела структурно-метаморфических почв (буроземы, серые метаморфические и серые почвы) под смешанными травяно-кустарничковыми лесами. Переходные от предгорной наклонной равнины к аллювиально-болотной низине участки заняты остепненными лугами с почвами органо-аккумулятивного отдела – серогумусовыми и темногумусовыми, нередко имеющими признаки оглеения, солонцеватости и засоления.

На участках, преобразованных агрогенной деятельностью, была проведена реконструкция естественного ПП (рис. 2). Для этого на разновременных залежах проводилась почвенная съемка, после чего данные полевых и лабораторных исследований агрогенно-трансформированных почв сравнивались с таковыми по ненарушенным почвам, имеющим сходные условия формирования: геологическое строение и состав почвообразующих пород, значения абсолютных высот, крутизну и экспозицию склона, ведущие экзогенные процессы, увлажнение. При этом особое внимание уделялось морфогенетическому изучению сохранившихся под пахотным горизонтом фрагментов диагностических горизонтов (BHF, BT, BM и др.). На основе полученных данных проводилась реконструкция естественных типов почв и осуществлялась экстраполяция.

Агрогенная трансформация

Большая часть естественных почв ключевого участка характеризуется малой мощностью гумусовых горизонтов. При распашке таких почв помимо гумусовых происходит припахивание нижележащих элювиальных, а часто и иллювиальных горизонтов (рис. 3). При этом возникает зависимость: с увеличением степени трансформации почвенного профиля сложность ПП снижается.

В результате агрогенной трансформации почв произошло упрощение строения почвенных профилей, следствием которого стало снижение разнообразия компонентов ПП (рис. 2). В случае механической гомогенизации гумусовых и элювиальных горизонтов при сохранении срединных (BHF, BT и BM) произошло объединение различных типов почв в пределах одного отдела в одноименные типы агроземов. По результатам проведенной почвенной съемки более чем на 50 % залежные почвы ключевого участка представлены агроземами светлыми. Снижение педоразнообразия привело к объединению некоторых почвенных контуров (рис. 2).

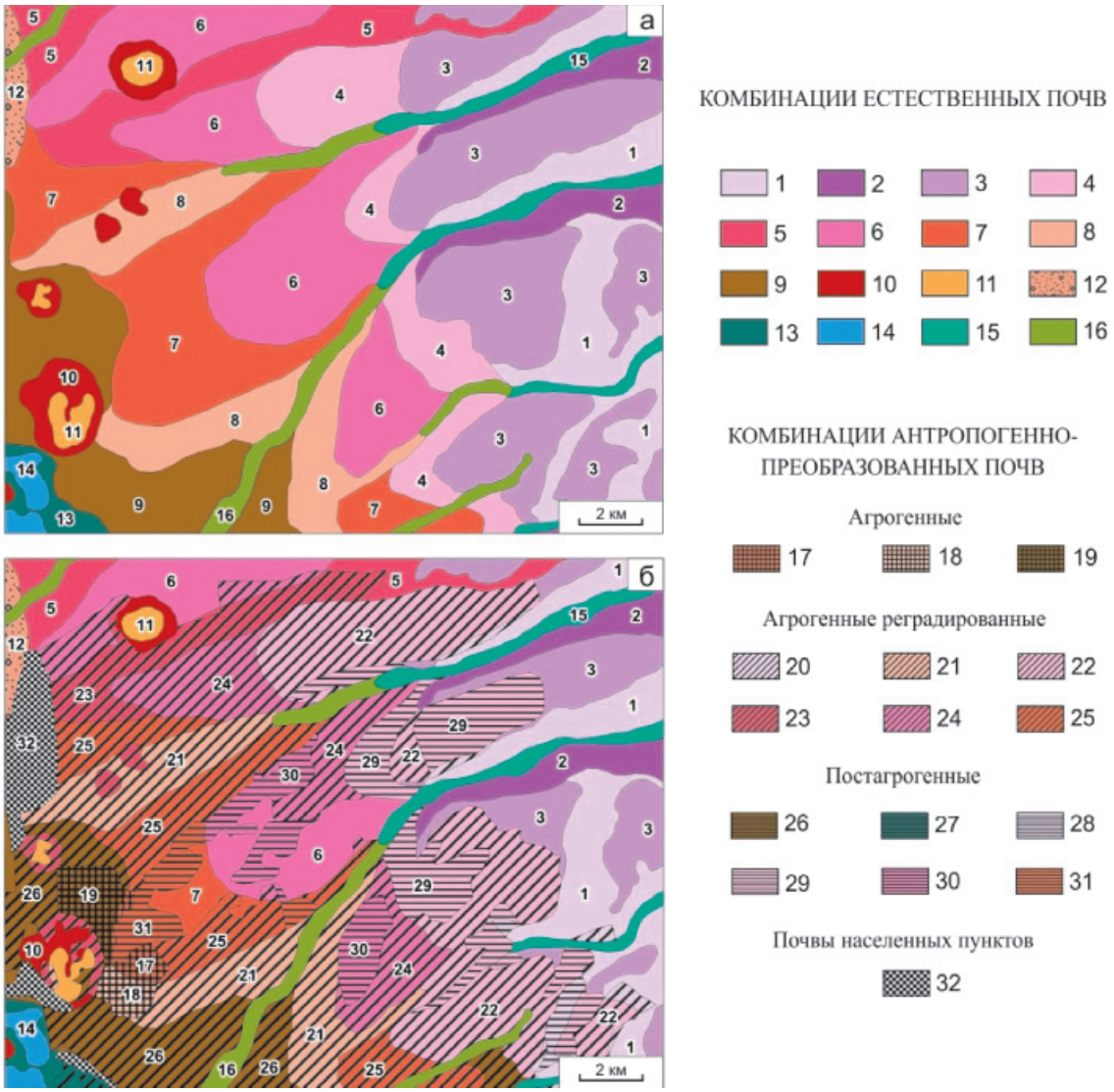


Рис. 2. Карта почвенного покрова ключевого участка (масштаб 1:100 000): а – естественный почвенный покров; б – современный почвенный покров

Легенда к карте почвенного покрова ключевого участка

Номер контура	Почвенная комбинация		
	Основная	Сопутствующая	Редко встречающаяся
1	2	3	4
Комбинации естественных почв			
1	ГУд^{мм}:ГУд^{ги}	БР + См	ЛЗср
2	ГУгр^{мм}	БР^{гр}	ЛЗгр^{иж} – ЛЗгр^{оп}
3	См	См^{ги} + С	ПБд^{ги}
4	ГУд^{иж}:ГУд^{мм}	ПБд^{ги}	См
5	ГУд^{иж}:ГУд^{оп}:ГУд^{мм}	ПБд^{иж}	ЛЗср^{иж}
6	(ПБд^{ги} – ПБд^{оп}) + ПДб	ГУд^{ги}:ГУд^{иж}	ЛЗср^{иж}
7	ПБд^{иж}	ПБ^{гр}×ГУгр^{иж}	ПБ^{оп}
8	ПБд^{ги}	ГУд^{ги}:ГУд^{иж}	ПДб
9	ГУд^{мм}:ГУд^{иж}	ГУт^{мм}:ГУт^{ги}	ГУт^{г}
10	ПБ^{гр}:ПБ^{х}	ПБд^{иж} – ПБд^{ги}	ПТ^{нк}×ЛЗгр^{иж}
11	ПДб	ПБд^{ги}	ПБд^{иж}
12	ПС×ПТ×ПЗ	ГУгр:ГУгр^{иж}	ПБ^{гр}

Окончание таблицы

1	2	3	4
13	ГУт^{г}Ггут^{ск}ГМгу^{сн}	Гт·Гт^{п}	Гп^{пгу}·Гп^{ск}
14	Гт·Гт^{п}	Г^{п}Гп^{пгу}	Ггут^{п}·Ггут^{ск}
15	АЛд·АЛд^{г}	ГУд^{мм} + (БР^{гр}·БР^{г})	ЛЗгр^{г}×(ГУгр КЗ^{г})
16	АЛд·АЛд^{г}	ГУгр^{г} + ПБ^{гр}	АЛт^{г}·АЛт^{ск}
Комбинации антропогенно-преобразованных почв			
Агрогенные			
17	АЗс	АЗс^{иж}	АЗал
18	АЗс	АЗс^{иж} + АЗал	АЗтд
19	АЗс:АЗс^{иж}	АЗт^{мм}АЗт^{ги}	АЗт^{г}·АЗт^{ог}
Агрогенные реградированные			
20	АЗс:АЗс^{мм}	АЗсмс + Ас	$А_{Аб}$
21	АЗс	АЗс^{иж} + АЗал	АЗтд
22	АЗс	АЗс^{мм}:АЗс^{иж}	АЗал×АЗсмс
23	АЗс:АЗс^{иж}	АЗал	$А_{Аб}$
24	АЗс:АЗс^{иж}	АЗал + АЗтд	$А_{Аб}$
25	АЗс	АЗс^{иж}	АЗал
26	АЗс:АЗс^{иж}	АЗт^{мм}АЗт^{ги}	АЗт^{г}·АЗт^{ог}
27	АЗт·Ат^{гм}·АЗт^{ск}	$А_{Гт}^{п}$·$А_{Гт}^{мн}$	$А_{Гп}$
Постагрогенные			
28	ГУд:ГУд^{мм}	БР	ЛЗср
29	ГУд^{иж}:ГУд^{мм}	ПБд^{иж}	БР
30	ГУд^{иж}	ПБд^{иж}×ПДб	ЛЗср^{иж}
31	ГУд^{иж}	ПБд^{иж}	–
32	Почвы населенных пунктов		

Примечания: математическими знаками отображены категории почвенных комбинаций: без обозначения – комплексы; · (точка) – пятнистости; + (плюс) – сочетания; – (минус) – вариации; ×(знак умножения) – мозаики; : (знак деления) – ташеты.

Индексы естественных типов почв*:* АЛд – аллювиальная дерновая; АЛт – аллювиальная темногумусовая; БР – бурозем; Г – глеезем; Ггут – темногумусово-глеевая; Гп – перегнойно-глеевая; ГУгр – грубогумусовая; ГУд – серогумусовая; ГМгу – гумусово-гидрометаморфическая; ГУт – темногумусовая; КЗ – криозем; ЛЗгр – литозем грубогумусовый; ЛЗср – литозем серогумусовый; ПБ – подбур; ПБд – дерново-подбур; ПДб – дерново-буро-подзолистая (соответствует региональному типу «скрытоподзолистых» почв); ПЗ – пелозем; ПС – псаммозем; ПТ – петрозем; С – серая; См – серая метаморфическая. Индексы агрогенно-преобразованных типов почв: $А_{Аб}$ – агроабразем; $А_{Гп}$ – агроперегнойно-глеевая; $А_{Гт}$ – агроторфяно-глеезем; Ас – агросерая; АЗс – агрозем светлый; АЗт – агрозем темный; АЗал – агрозем альфегумусовый; АЗсмс – агрозем структурно-метаморфический; АЗтд – агрозем текстурно-дифференцированный. Индексы подтипов (выделяются на уровне признаков): ^{г} – глееватый; ^{ги} – глинисто-иллювиированный; ^{гр} – грубогумусированный; ^{гм} – гидрометаморфический; ^{иж} – иллювиально-ожелезненный; ^{мм} – метаморфизованный; ^{оп} – оподзоленный; ^{п} – перегнойный; ^{пгу} – потечно-гумусовый; ^{ск} – солончаковатый (засоленный); ^{сн} – солонцеватый; ^{х} – охристый.

Постагрогенная трансформация

Переход агрогенных почв в залежное состояние инициирует процессы постагрогенной трансформации, в ходе которой происходит возвращение почв к естественному состоянию. Почвы залежей, с которых недавно сняли агрогенную нагрузку, и их пахотный горизонт лишь частично преобразован под действием естественного восстановления (нет четко сформированного гумусового горизонта AY или AU в верхней части профиля) относятся к реградированным. Почвы значительно или почти полностью преобразованные в результате естественного восстановления, но имеющие следы былой распашки (особенности окраски, структуры, «плужная подошва» и др.), относятся к постагрогенным [3]. Таким образом, восстановительный тренд можно представить в последовательности: агрогенная почва → реградированная почва → естественная (постагрогенная) почва.

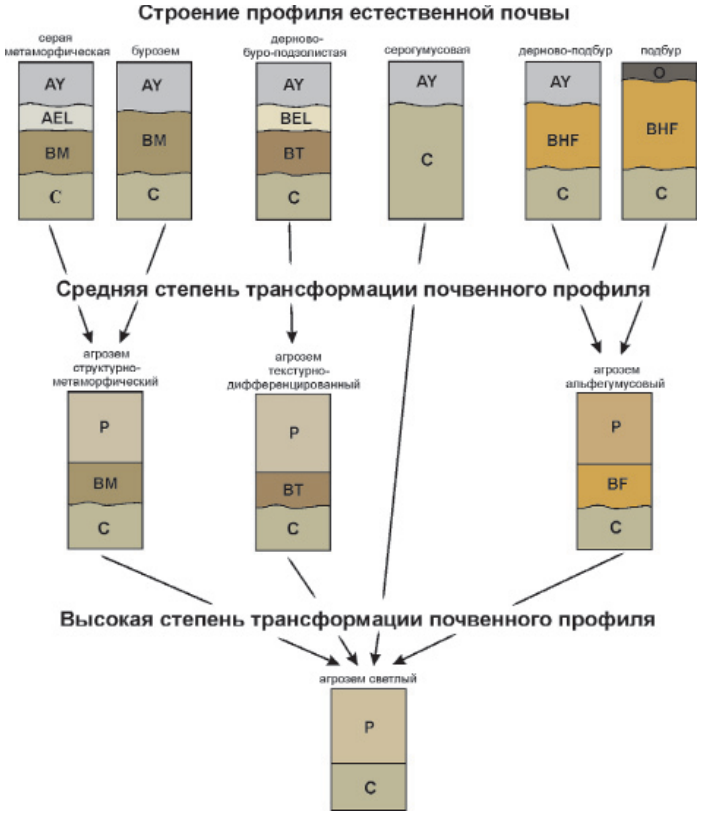


Рис. 3. Агрогенная трансформация профиля основных типов почв ключевого участка

Исследование физико-химических свойств почв [13] разновозрастных залежей показало, что с прекращением агрогенного воздействия происходит разуплотнение и переструктуривание почвенной массы бывших пахотных горизонтов, сопровождающееся формированием дернового горизонта в их верхней части, восстанавливается гумусное состояние, отмечается физическая и химическая стабилизация органического вещества. На стадии 50–60-летней залежи граница старопахотного горизонта местами утрачивает ровный характер, отчетливо проявляется горизонт сформированной лесной подстилки. Несмотря на то, что верхняя часть агрогоризонта, мощностью 5–10 см, приобретает свойства естественных серогумусовых горизонтов, нижняя часть сохраняет отчетливые признаки агрогенеза в виде ровной «плужной подошвы», глыбистой структуры, низкого содержания гумуса и др. При длительном естественном восстановлении (возраст залежи 120–150 лет) структурное состояние гумусовых горизонтов постагрогенных почв, содержание в них органического углерода и общего азота становится близко к естественным аналогам. На уровне группового состава гумуса показатели, характеризующие его качество и процессы гумификации в постагрогенных почвах, близки соответствующим показателям гумусовых горизонтов целинных почв.

Список литературы

1. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного ун-та, 2010. – 205 с.

2. Гулгонов В.Е. Вступительная статья // Тункинскому национальному парку – 20 лет; природоохранная деятельность в современном обществе. – 2011. – С. 2–3.

3. Классификация и диагностика почв России – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

4. Ларин С.И. Основные этапы освоения ландшафтов Тункинских котловин // Историко-географические исследования Южной Сибири. – Иркутск, 1991. – С. 70–85.

5. Намжилова Л.Г. Эволюция аграрного природопользования в Забайкалье / Л.Г. Намжилова, А.К. Тулохонов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000. – 200 с.

6. Почвенные комбинации и их генезис. – М.: Изд-во Наука, 1972. – 215 с.

7. Почвенная съемка (методическое руководство). – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 343 с.

8. Составление и использование почвенных карт – М.: Агропромиздат, 1987. – 273 с

9. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука – 1978. – 319 с.

10. Справочник по климату СССР. Метеорологические данные за отдельные годы. Вып. 22: Иркутская область и юго-западная часть Бурятской АССР. Ч. 2: Атмосферные осадки. – Иркутск, 1975. – 322 с.

11. Флоренсов Н.А. Байкальская рифтовая зона и некоторые задачи ее изучения // Байкальский рифт. – М.: Наука, 1968. – С. 40–56.

12. Холбоева С.А. Степи Тункинской котловины (Юго-Западное Прибайкалье) / С.А. Холбоева, Б.Б. Намзалов. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2000. – 114 с.

13. Черкашина А.А. Постагрогенная трансформация почв Тункинской котловины / А.А. Черкашина, В.А. Голубцов, А.В. Силаев // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2015. – Т. 11. – С. 128–140.

УДК 556.16(575.2)

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КЫРГЫЗСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

[1]Чодураев Т.М., [2]Джайлообаев А.Ш.

[1]Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева, Бишкек, e-mail: choduraev.temirbek@mail.ru;

[2]Национальное водное партнерство Кыргызстана, Бишкек, e-mail: djailobaev1961@mail.ru

Проведено рассмотрение состояния водных ресурсов республики и основного водопользователя в стране – сельского хозяйства – в условиях изменения климата. Приведены данные по республике по климатическим изменениям температуры, осадков и др. показателей. Учитывая рост населения в стране, приведены необходимые данные по приросту количества орошаемых земель для обеспечения продовольственной безопасности в разрезе областей. Дана характеристика водных ресурсов Кыргызской Республики с демонстрацией имеющихся расхождений в оценке среднемноголетнего стока рек страны. Продемонстрированы имеющиеся грубые ошибки и расхождения в цифрах, допущенные в официальных государственных документах, принятых Правительством республики. Сделаны выводы о необходимости адаптационных мер, приведены предварительные расчеты по прогнозным требованиям на воду на 2050 и 2100 годы по основным бассейнам страны с учетом роста населения и необходимости обеспечения продовольственной безопасности. Сделаны выводы о необходимости проведения соответствующих мероприятий по освоению новых земель и пересмотру существующего вододеления в регионе.

Ключевые слова: водные ресурсы, изменение климата, продовольственная безопасность, адаптация

WATER RESOURCES AND IRRIGATION WATER USE OF KYRGYZSTAN IN CLIMATECHANG CONDITIONS

[1]Choduraev T.M., [2]Dzhayloobaev A.Sh.

[1]Kyrgyz State University n.a. I. Arabaev, Bishkek, e-mail: choduraev.temirbek@mail.ru;

[2]National water partnership of Kyrgyzstan, Bishkek, e-mail: djailobaev1961@mail.ru

Made a review of the status of water resources of the republic and the main water user in the country – agriculture in climate change conditions. The data on the country on climate change in temperature, precipitation and other Indicators. Regarding the population growth in the country are given the necessary information on the increase in the number of irrigated land to ensure food security in the context of local areas. Characteristics of Water Resources of the Kyrgyz Republic, with demonstrations of existing differences in the assessment of the average annual flow of the rivers of the country. Highlighted available grosserrors and discrepancies in the figures, made in official government documents adopted by the Government of the Republic. They draw the necessary conclusions about the need for adaptation measures, given the preliminary calculations of the forecasted requirements for water for 2050 and 2100 for the main basins of the country, taking into account population growth and the need to ensure food security. The conclusions about the need for appropriate measures for the development of new lands and the revision of the existing water allocation in the region.

Keywords: water resources, climate change, food security, adaptation

Высокогорный характер подавляющей части территории Кыргызской Республики предопределяет высокую уязвимость экосистем к природным и антропогенным воздействиям. Подробный анализ климатических изменений на территории Кыргызской Республики показал значительность уже наблюдаемых климатических изменений. Температура за период с 1885 по 2010 г. значительно возросла, причем скорость изменения существенно возросла в последние десятилетия. Если за весь период наблюдений скорость роста составляла 0,0104 °С/год, то за последние 50 лет (1960–2010 гг.) скорость возросла более, чем в двое и составила 0,0248 °С/год, а последние 20 лет (1990–2010 гг.) скорость уже составила 0,0701 °С/год. Осадки за весь период наблюдений незначительно выросли (0,847 мм/год), но за последние 50 лет рост значительно уменьшился (0,363 мм/год), а за последние 20 лет наблюдается даже значительная тенденция к уменьшению (–1,868 мм/год). Длительность отопительного периода в 1991–2010 гг. по сравнению с базовым периодом (1961–1999 гг.) на высотах до 1000 м сократилась с 152,7 до 143,5 дней, т.е. на 9 дней [7].

Кыргызская Республика, как одна из наиболее уязвимых к изменению климата стран, осознает важность глобальной проблемы изменения климата и прилагает все усилия для ее успешного решения. Действия по изменению климата отражены в основных документах по развитию – «Национальной стратегии устойчивого

развития Кыргызской Республики на период 2013–2017 годы» и «Программе по переходу Кыргызской Республики к устойчивому развитию на 2013–2017 годы». В рамках определения конкретных действий по адаптации к изменению климата разработаны «Приоритетные направления адаптации к изменению климата в Кыргызской Республике до 2017 года» и отраслевые программы и планы во всех ключевых министерствах и ведомствах, сфера деятельности которых охватывает наиболее уязвимые сектора. Будучи горной страной, окруженной со всех сторон сушей – где приблизительно 94% территории расположено на отметке более 1000 метров над уровнем моря и около 42% – более 3000 метров над уровнем моря – Кыргызская Республика сталкивается с уникальными вызовами. Учитывая географические и топографические показатели, бедствия, вызванные климатическими изменениями, по оценкам составляют 1–1,5% ВВП [4].

Ввиду особенностей рельефа основным источником орошения в стране являются малые реки. Орошаемая территория составляет 855 тыс. га, из которых только 86 тыс. га питаются зарегулированным стоком, а остальные 769 тыс. га орошаются незарегулированным стоком. Это вызывает нестабильную водообеспеченность орошаемых земель. Среднемесячная водообеспеченность составляет 0,9 в мае и 0,54–0,58 в июне – августе. Орошение в сентябре практически не обеспечивается водой (0,45). 262 тыс. га, или 24%, питаются из крупных рек, из которых 154 тыс. га – из регулируемых источников. Таким образом, из общей площади 1,024 тыс. га орошаемых земель только 240 тыс. га (23,4%) орошаются из водохранилищ, тогда как водообеспеченность 784 тыс. га не гарантирована.

Неравномерное распределение водных ресурсов по сезонам года и по территории, изменчивые гидрографические характеристики рек создают природные препятствия для эффективного использования гидроресурсов. При этом необходимость развития и поддержания функционирования ирригационной системы сталкивается с недостаточностью финансирования. В результате в настоящее время ирригационные системы не могут в необходимом объеме обеспечивать поливной водой орошаемые земли, прежде всего в вегетационный период. Это создает значительные риски для производства, особенно в периодически повторяющиеся засушливые годы.

Общий размер пахотных земель составляет 1203,6 тыс. га, из них 794,5 тыс. га – орошаемые. Несмотря на то, что государство ежегодно выделяет средства на проведение реабилитационных работ, меры по сохранению и восстановлению плодородия земель, по предотвращению деградации почв не позволяют улучшить ситуацию. Ежегодно по разным причинам для сельскохозяйственного производства не используется в пределах 100–110 тыс. гектаров пашни. Площадь земель, подверженных водной и ветровой эрозии, составляет около 5 млн га, или 45,7% от обшей площади сельскохозяйственных угодий. Общая площадь естественных пастбищ Кыргызской Республики составляет 9,03 млн га. При этом в различной степени деградировано в целом 49% пастбищ. Несмотря на принимаемые меры запретительного характера, продолжающаяся трансформация пахотных земель сокращает общую площадь пашни, являющейся главным ресурсом для земледелия. За 2005–2012 годы площадь пашни сократилась на 37,9 тыс. га, в том числе орошаемой пашни – на 16,5 тыс. га. Обеспеченность пашней на одного человека (постоянное население) дошла с 0,25 га (2003 г.) до 0,22 га (2012 г.), орошаемой – с 0,16 га до 0,14 га. Кыргызская Республика относится к числу стран с низкими показателями обеспеченности пашни на одного человека [9].

Рост населения и постоянные изменения в водопользовании повышают требования на воду с последующим сокращением водообеспеченности на душу населения в год. Население страны достигло в 2015 году 6 млн человек. Постепенный рост численности населения обязывает государство уделять особое внимание вопросам обеспечения продовольствием. В результате многолетних исследований, проведенных в республике различными научно-исследовательскими и проектными организациями, определены следующие массивы земель, пригодные под орошение, которые могут дать наибольшую прибавку сельскохозяйственной продукции с наименьшими затратами на их освоение и использование:

1. По Чуйской области земельные ресурсы, которые можно оросить, составляют 359,7 тыс. га; из них 203,6 тыс. га в зоне орошаемого земледелия и 156,1 тыс. га в предгорной зоне.

2. По Иссык-Кульской области земельные ресурсы составляют 230,6 тыс. га, из них в зоне орошаемого земледелия — 172,6 тыс. га и 58 тыс. га в предгорной зоне.

3. По Нарынской области земельные ресурсы составляют 522,3 тыс. га, в том числе 184,9 тыс. га в зоне орошаемого земледелия и 337,4 тыс. га в предгорной зоне.

4. По Ошской и Джалал-Абадской областям выявлено 612,2 тыс. га земель, пригодных к освоению по условиям рельефа. Причем в зоне орошаемого земледелия имеется 105,6 тыс. га, а в предгорной зоне 506,6 тыс. га земель.

5. По Таласской области земельные ресурсы составляют 319,9 тыс. га, из них 84,2 тыс. га в зоне орошаемого земледелия и 235,7 тыс. га в предгорной зоне.

В целом по республике потенциальные орошаемые земельные ресурсы определены в 2044,7 тыс. га, а именно: в зоне существующего орошения – 636,3 тыс. га и в предгорной зоне – 1408,4 тыс. га [1].

Горы являются естественными аккумуляторами атмосферной влаги, которая, в свою очередь, является источником воды для речной сети. Основным источником питания рек является вода от таяния временных и вековых запасов снега и ледников. Уменьшение водных ресурсов, изменение температуры в связи с изменением климата окажет непосредственное влияние на мелиоративное состояние, качество используемых земель и урожайность сельскохозяйственных культур.

Кыргызстан – единственная страна Центральной Азии, водные ресурсы которой полностью формируются на собственной территории, и в этом ее гидрологическая особенность и преимущества. Республика располагает значительными водными и гидроэнергетическими ресурсами, и это – одно из главных ее богатств. Следует отметить расхождения в оценках существующих запасов вод, численности рек, утвержденных основных гидрологических бассейнов, фигурирующих в официальных документах различных министерств и ведомств, и даже разные данные в принятых постановлениях Правительства КР. Так, численность рек в стране в различных источниках различна: более 3,5 тысяч [6, 8], более 5 тысяч [2] и более 30 тысяч [10]. Кроме того, число основных речных бассейнов в республике также отличается – 7 [8] и 8 [10]. К этому можно добавить, что даже площадь территории страны различна по данным официальных органов страны (Национального статистического комитета и Государственной регистрационной службы) и данным Второго Национального сообщения КР в рамках Конвенции по изменению климата, которое было утверждено постановлением Правительства от 6 мая 2009 года № 274 [2].

Суммарная величина речного стока по данным Департамента водного хозяйства КР оценивается равной 47,23 км^3, а вместе с возвратными водами и стоком источников типа «карасу», располагаемые поверхностные водные ресурсы равны 50 км^3 в средний по водности год. Необходимо отметить, что величина среднемноголетнего речного стока в разных источниках различна: от 44,509 км^3 [2] до 51,9 км^3 [11].

Водные ресурсы рек Кыргызстана оценивались неоднократно в разные периоды времени. Последняя, наиболее обстоятельная переоценка была выполнена в Институте водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии Наук КР на основе исследований динамики стока рек за последние 40 лет, на фоне климатических изменений [5] (табл. 1).

Таблица 1

Водные ресурсы бассейнов рек Кыргызстана, км^3/год

Бассейн	Водные ресурсы	%
Иссык-Куль	3,96	8,1
Или (Каркара)	0,37	0,8
Чу	3,96	7,9
Талас	1,72	3,5
Тарим	6,99	14,4
Сырдарья	29,8	61,2
Амударья (Кызыл Суу)	6,99	4,1
Всего	48,7	100

Отличительная особенность природных условий Кыргызстана, как уже упоминалось выше, заключается в том, что речной сток водотоков полностью формируется в пределах его территории. Отметим также, что сток рек относится к категории возобновляемых водных ресурсов и имеет исключительное значение как для обеспечения жизнедеятельности человека, так и для сохранения окружающей природной среды. Помимо возобновляемых водных ресурсов в природе встречаются и статические их категории (виды), которые имеют период возобновления, насчитывающий столетия и даже тысячелетия. Общие водные ресурсы Кыргызстана (возобновляемые и статические), рассчитанные в [5], приведены в табл. 2.

Таблица 2

Общие водные ресурсы Кыргызстана, км^3/год

Категория	Общие водные ресурсы	%
Речной сток	48,7*	8,7
Запасы воды в ледниках	494,7	88,2
Запасы воды в озерах	6,2**	1,1
Подземные воды	11,0	2,0
Всего	560,6	100

Примечания: * – без учёта рек подземного питания, типа «карасу», сток которых незначительно меняется по годам и суммарно составляет 1,91 км^3/год;

** – без оз. Иссык-Куль.

Данные табл. 2 показывают, что на долю речных вод приходится не более 9 % общих водных ресурсов рассматриваемой территории. Больше всего запасов пресных вод сосредоточено в ледниках – 88 %. Несмотря на относительно небольшой вклад речного стока, значение его огромно, особенно в области использования гидроэнергетических ресурсов и водообеспечения отраслей сельского хозяйства.

Кыргызская Республика является аграрной страной, где более половины населения занято в сельском хозяйстве и в силу сложившихся климатических условий находится в зоне рискованного земледелия, поэтому сельскохозяйственное производство здесь в наибольшей степени зависит от возможных изменений климата.

Исследования, проведенные в рамках подготовки Второго Национального сообщения по изменению климата Кыргызской Республики, отмечают влияние изменения климата на уменьшение стока небольших рек, питающихся от ледников, в связи с их сокращением. Также изменилось и сезонное распределение стока. Из общей площади республики ледниками и снежниками занято 4,1 % территории. По имеющимся данным, относящимся к 1960-м годам, на территории Кыргызской Республики насчитывалось 8208 ледников, имеющих общую площадь оледенения 8076,9 кв. км. В настоящее время наблюдается активное таяние ледников, и по экспертным оценкам данные показатели снизились на 20 % [6].

До 2020–2025 годов ожидается увеличение поверхностного стока до 55,5 км^3 за счет усиленного таяния ледников, далее прогнозируется его уменьшение к 2100 году приблизительно до 42–20 км^3, что составляет от 44 до 88 % объема стока в 2000 году. Последствия этого процесса могут привести к недостаточной обеспеченности водными ресурсами, снижению энергетического потенциала и продуктивности земельных ресурсов не только в Кыргызстане, но и в целом в Центрально-Азиатском регионе [8].

При сценарии повышения температуры воздуха +1,5 °C и снижения осадков – 0,9 расчеты показали ожидаемое к 2050 году снижение стока рек Иссык-кульского, Чуйского, СырДарьинского и АмуДарьинского бассейнов на 4–31 % по отношению к среднемноголетнему. Более значительное снижение стока в пределах 49–19 % от среднемноголетних значений прогнозируется к 2100 году. Причем наиболее значительное снижение стока предполагается в бассейне озера Иссык-Куль до 31 % к 2050 году и 41 % к 2100 году, в бассейне реки Чу – 21 % и 42 %.

Для демографического сценария ООН с высоким уровнем роста населения при сохранении существующей практики использования водных ресурсов и вододеления с соседними странами Кыргызская Республика будет испытывать недостаток поверхностных водных ресурсов для орошения – при росте температуры на 4 °C начиная с 2075 года, а при росте температуры на 6,4 °C – с 2065 года. Этот недостаток водных ресурсов не даст возможность обеспечить собственную продовольственную безопасность и может привести к экономическому ущербу от замещения недостающего собственного производства продовольствия. Более неравномерное выпадение осадков приводит к резким и сильным дождевым паводкам, после которого осадков нет долгое время. Такая ситуация потребует строительства крупных и современных систем хранения воды.

Естественно, что предполагаемое снижение стока основных рек на рассматриваемую перспективу потребует разработки адаптационных мер.

В рамках разработки «Приоритетных направлений адаптации к изменению климата в Кыргызской Республике до 2017 года» были произведены прогнозные расчеты требований на воду на 2050 и 2100 годы с учетом: прогноза водности основных речных бассейнов Республики в связи с глобальным изменением климата; прогнозной численности населения и обеспечения продуктами питания, а также требований экосистем. Требования на воду для основных речных бассейнов республики определялись из условия обеспечения продуктами питания прогнозируемого населения на основе Методики министерства здравоохранения для определения площадей необходимых орошаемых земель с учетом фактически сложившейся урожайности сельскохозяйственных культур. Были получены следующие результаты:

– при современном уровне урожайности зерновых в связи с ростом населения и изменении стока рек необходимо увеличение площади орошаемых земель относительно 2010 года на 2058 тыс. га;

– для обеспечения всех отраслей экономики к 2050 году будет необходим объем воды около 26,3 км^3, что более чем в 2 раза больше действующего лимита в настоящее время. В разрезе основных речных бассейнов практически по всем будет отмечаться превышение лимитов, что демонстрируется в табл. 3.

Таблица 3

Потребные лимиты воды КР к 2050 г., км^3

Бассейн	Потребный лимит, км^3	Установленный лимит, км^3
р. СырДарья	14,2	4,88
р. АмуДарья	0,34	0,45
оз. Иссык-Куль	2,55	1,56
р. Талас и Асса	2,11	0,829 + 0,040
р. Чу	7,12	3,85
Итого	26,32	

Исходя из вышеизложенного, Кыргызстану уже в настоящее время необходимо предпринимать шаги по инициированию переговорных процессов по пересмотру установленного во времена СССР ущербного для него лимитированного вододеления. Совершенно очевидно, что для таких шагов необходимо предварительная подготовка всех необходимых обосновывающих материалов с привлечением специалистов соответствующих профилей, а также с привлечением специалистов международных организаций.

Учитывая, что процессы изменения климата идут со скоростью, превышающей ранее прогнозируемые, адаптационные меры следует реализовать в рамках принятых специальных Государственных программ, предусматривающих сроки исполнения, контроль и конкретные источники финансирования.

Список литературы

1. Акенеев Ж.А., Жайнаков М.А. Р**оль при**родных ресурсов в формировании основ земель сельскохозяйственного назначения Кыргызской республики // Известия ИГЭА – 2014. – № 2 (94) – С. 157–163.

2. Большаков М.Н. Водные ресурсы рек Советского Тянь-Шаня и методы их расчета. – Фрунзе: Илим, 1974. – 306 с.

3. Второе Национальное сообщение Кыргызской Республики по рамочной Конвенции ООН об изменении климата // Сайт Государственного агентства охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве КР. – URL: http://www.nature.gov.kg/images/files/NC2_Kyrgyzstan_rus.pdf (дата обращения 19.01.2016).

4. Глобальная программа сокращения природных бедствий и восстановления (ГПСПБВ). 2011. Программы ГПСПБВ для приоритетных стран // Сайт Секретариата ООН по уменьшению опасности природных бедствий (UNISDR). – URL: https://www.gfdrr.org/sites/gfdrr.org/files/publication/DRM_CountryPrograms_2011.pdf (дата обращения 19.01.2016).

5. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. – Бишкек: Илим, 2006. – 276 с.

6. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики за 2006–2011 годы // Сайт Государственного агентства охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве КР. – URL: http://nd.nature.gov.kg/ru/ (дата обращения 19.01.2016).

7. Проект Стратегии Кыргызской Республики по адаптации к изменению климата до 2020 года // Сайт Государственного агентства охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве КР. – URL: http://www.nature.gov.kg/images/files/Strat_Adapt_draft060413.pdf (дата обращения 19.01.2016).

8. Приоритетные направления адаптации к изменению климата в Кыргызской Республике до 2017 года // Сайт Государственного агентства охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве КР. – URL: http://www.nature.gov.kg/images/files/CCA_Priorities_Rus_Kyrg_Eng.pdf (дата обращения 19.01.2016).

9. Программа продовольственной безопасности и питания в Кыргызской Республике на 2015–2017 годы. [Электронный ресурс]. Законодательство стран СНГ. – URL: http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=81292 (дата обращения 19.01.2016).

10. «Перспективы зеленой экономики в КР». Доклад КР на Конференции ООН по устойчивому развитию «Рио+20» // Сайт Государственного агентства охраны окружающей среды и лесного хозяйства при Правительстве КР. – URL: http://nature.gov.kg/index.php/news/498-l-20r.html (дата обращения 19.01.2016).

11. Эргешев А.А., Цигельная И.Д., Музакеев М.А. Водный баланс Кыргызстана. – Б.: Илим, 1992. – 151 с.