# УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

**№ 8 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 – 22.07.2016

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. 28,88
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/8-2016
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

# СОДЕРЖАНИЕ

## Химические науки (02.00.00)

КИНЕТИКА РАСТВОРЕНИЯ И ОБЪЕМНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ НА ОСНОВЕ $As_2Se_3$ И AsSe
*Аббасова Р.Ф., Ильяслы Т.М., Вейсова С.М.* ..... 9

ОСВОЕНИЕ ПЕРВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК СЕРНОКИСЛОТНОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ В СССР
*Ахмадова Х.Х., Магомадова Мад.Х., Магомадова Мар.Х., Сыркин А.М.* ..... 15

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛИШАЙНИКОВ РОДА CLADONIA ЕВРОАРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА
*Бровко О.С., Паламарчук И.А., Слобода А.А., Бойцова Т.А., Гагушкина А.А., Вальчук Н.А.* ..... 20

КОРРЕЛЯЦИЯ КОНСТАНТ ИОНИЗАЦИИ С ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ В РЯДУ ЗАМЕЩЕННЫХ АМИДОВ N–АЦИЛ–5–БРОМ(5–ЙОД) АНТРАНИЛОВЫХ КИСЛОТ
*Коркодинова Л.М., Андрюков К.В., Кремлёва О.Б., Котегов В.П.* ..... 25

ЭКСПРЕССНЫЙ ВАРИАНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕФОПЕРАЗОНА В ТКАНЯХ ОПЕРАЦИОННОГО ПОЛЯ КАПИЛЛЯРНЫМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗОМ
*Крючков В.Б., Фомин А.Н., Смирнова А.В., Ларичев А.Б.* ..... 31

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ИМАТИНИБА
*Леонов К.А., Бакибаев А.А.* ..... 36

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА
*Мельникова О.А., Самкова И.А., Мельников М.Ю., Петров А.Ю., Ельцов О.С.* ..... 42

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БУРОГО УГЛЯ С АЛКИЛИРУЮЩИМИ СПИРТАМИ
*Носкова Л.П.* ..... 50

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И АНАЛИЗ МАСС-СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПАДА ТРИФТОРМЕТИЛПИРРОЛОХИНОЛОНОВ
*Степаненко И.С., Ямашкин С.А., Котькин А.И.* ..... 55

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ БИОЦИДНЫХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНОЙ СОЛИ ДИГЛИЦИНОБОРАТА МЕДИ (II)
*Тютрина С.В., Бурнашева Н.Н., Хатькова А.Н., Соловьева Т.Л.* ..... 61

## Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ВОДООБМЕН ПОЛЫНИ БЕЛОВАТОЙ
*Абзалов А.А.* ..... 67

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ПОСЕВЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
*Галкин А.А., Пасин А.В., Кистанова Л.А., Пасин П.А.* ..... 73

ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ПОСЕВА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ
*Иванова З.А., Нагудова Ф.Х.* ..... 78

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЛИМИТИРОВАННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ
*Ильин В.С., Логинова А.М., Губин С.В., Гетц Г.В.* ..... 84

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ
*Кабанова С.А., Данченко А.М., Данченко М.А.* ..... 88

НОВЫЕ СОРТА ЛЮЦЕРНЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЮГА КАЗАХСТАНА
*Кулькеев Е.Е., Тайчибеков А.У., Аманова К.С., Бейсембаев М.К.* ..... 93

СПОСОБ ПРОДЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ДОЛГОЛЕТИЯ ПОСЕВОВ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ
*Курбанов Р.Ф., Саитов В.Е., Ходырев И.Н.* ..... 98

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ПАСТБИЩ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА
*Магомедов К.Г., Бербекова Н.В.* ..... 104

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПО СРОКАМ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ
*Моисеев В.В., Моисеев А.В., Логвинов А.В., Мищенко В.Н., Логвинов В.А., Шевченко А.Г., Шувалов А.А.* ..... 110

ВАРЬИРОВАНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ЗЕРНЕ ОВСА И ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН
*Полонский В.И., Сумина А.В., Павлова Е.В., Шалдаева Т.М.* ..... 114

ЛЕСОПОЖАРНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
*Протопопова В.В., Габышева Л.П.* ..... 120

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ АДАПТИВНОГО ГЕНОФОНДА ИЛЬМОВЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВИДОВОГО СОСТАВА ДЕНДРОФЛОРЫ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ
*Семенютина А.В., Подковыров И.Ю., Свинцов И.П.* ..... 126

РАЗРАБОТКА НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ ПРИБАЙКАЛЬЯ
*Султанов Ф.С., Габдрахимов О.Б.* ..... 134

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ БАЗИСНЫХ ПИТОМНИКОВ КАРЕЛИИ
*Федорец Н.Г., Солодовников А.Н., Ткаченко Ю.Н.* ..... 139

## *Науки о Земле (25.00.00)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ НА СРЕЗ МЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОБРАЗЦАХ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА
*Алькова Е.Л., Панишев С.В., Козлов Д.С., Максимов М.С.* ..... 145

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ БУРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИНЫ С БОКОВЫМ СТВОЛОМ НА ЮЖНО-ОХТЕУРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ
*Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Мухаметшин В.Г., Максютов А.М.* ..... 150

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ: СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В ПОЧВАХ
*Баенгуев Б.А., Мокрый А.В., Каницкая Л.В., Белых О.А.* ..... 156

К ВОПРОСУ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН
*Базаров Р.Т., Басырова Э.И., Синетова Р.Г., Тишкина Т.В.* ..... 161

ПРОЯВЛЕНИЕ ПАЛЕОЦУНАМИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БУХТЫ ТРИОЗЕРЬЕ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ
*Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Арсланов Х.А., Гребенникова Т.А., Лебедев И.И., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Горбунов А.О., Наумов Ю.А.* ..... 166

ТРАНСЛОКАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО ФТОРА В РАСТЕНИЯ СТЕПЕЙ ЮГА МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ
*Давыдова Н.Д.* ..... 173

ФАКТОРЫ СТАБИЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА)
*Иванкова Т.В., Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я.* ..... *178*

ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА В РЕГИОНЕ КАВМИНВОД И ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ЕГО НЕГАТИВНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ
*Коновалов Б.Т., Кипкеева П.А., Дежнева А.А., Потапенко Ю.Я.* ..... *183*

РАСЧЕТ ТАЛОЙ ЗОНЫ ГРУНТА ВОКРУГ КАНАЛА ТЕПЛОПРОВОДОВ
*Моисеев Б.В., Земенков Ю.Д., Налобин Н.В.* ..... *188*

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА АЧИМОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ХМАО-ЮГРЫ
*Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П., Зубарев Д.И.* ..... *195*

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ДЕБЕД И ЕЁ ПРИТОКОВ С ПОМОЩЬЮ АРМЯНСКОГО ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ВОДЫ
*Симонян А.Г.* ..... *200*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ ПО ДЛИНЕ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ НИТРОНИТА Э-70
*Синицын В.А., Меньшиков П.В., Шеменев В.Г.* ..... *205*

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ РЕГИОНАЛЬНОГО НЕФТЯНОГО КОМПЛЕКСА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
*Титов В.Н., Ходов Д.А.* ..... *211*

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МИРОВОГО ОПЫТА СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СВОБОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ СЭЗ КИТАЯ
*Толкунова С.Г., Пухова А.Г., Гришакова С.В., Горшкова И.А.* ..... *215*

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНОГО КОМПЛЕКСА И СТРУКТУРА СЕТИ ООПТ РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РФ
*Чибилёв А.А. (мл.)* ..... *220*

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРА ЯКУТИИ
*Ядрихинский И.В., Городничев Р.М., Пестрякова Л.А.* ..... *225*

## CONTENTS

### Chemical sciences (02.00.00)

THE KINETICS OF DISSOLUTION AND CRYSTALLIZATION IN SPACE OF CHALCOGENIDE GLASSES BASED ON $As_2Se_3$ AND AsSe
*Abbasova R.F., Ilyasly T.M., Veysova S.M.* ..... 9

MASTERING OF THE FIRST INDUSTRIAL UNITS OF SULFURIC ACID ALKYLATING IS IN THE USSR
*Akhmadova Kh.Kh., Magomadova Mad.Kh., Magomadova Mar.Kh., Syrkin A.M.* ..... 15

THE INFLUENCE OF STRESS FACTORS ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF LICHENS GENUS CLADONIA OF EURO-ARCTIC REGION
*Brovko O.S., Palamarchuk I.A., Sloboda A.A., Boytsova T.A., Gagushkina A.A., Valchuk N.A.* ..... 20

THE CORRELATION OF IONIZATION CONSTANTS WITH HYPOGLYCEMIC ACTIVITY IN A SERIES OF SUBSTITUTED AMIDES OF N-ACYL-5-BROMO (5-IODO) ANTHRANILIC ACID
*Korkodinova L.M., Andryukov K.V., Kremleva O.B., Kotegov V.P.* ..... 25

EXPRESS VERSION OF THE DEFINITION CEFOPERAZONE IN TISSUES OF THE SURGICAL FIELD OF CAPILLARY ELECTROPHORESIS
*Kryuchkov V.B., Fomin A.N., Smirnova A.V., Larichev A.B.* ..... 31

BIOEQUIVALENCE STUDIES OF DRUGS ON THE BASIS OF IMATINIB
*Leonov K.A., Bakibaev A.A.* ..... 36

IR-SPEKTROSKOPIC STUDIES OF CHEMICAL STRUCTURE OF POLYMERIC COMPLEXES OF MEDICINAL SUBSTANCES ON THE BASIS OF POLLYVINILPIRROLIDON
*Melnikova O.A., Samkova I.A., Melnikov M.Yu., Petrov A.Yu., Eltsov O.S.* ..... 42

INTERACTION OF BROWN COAL WITH ALKYLATING SPIRITS
*Noskova L.P.* ..... 50

BIOLOGICAL ACTIVITY AND ANALYSIS MASS SPECTRAL DECAY TRIFLUOROMETHYL PYRROLOQUINOLONES
*Stepanenko I.S., Yamashkin S.A., Kotkin A.I.* ..... 55

SYNTHESIS, STRUCTURE AND STUDY OF BIOCIDAL PROPERTIES OF COMPLEX SALTS OF COPPER DIGLYCINATE (II)
*Tyutrina S.V., Burnasheva N.N., Khatkova A.N., Soloveva T.L.* ..... 61

### Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

THE ROLE OF VARIOUS FORMS OF NITRIC FERTILIZERS IN WATER-EXCHANGE OF WHITE WORMWOOD
*Abzalov A.A.* ..... 67

IMPROVING GRAIN CROPS AT THE MINIMUM AND ZERO TILLAGE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHEAST NIZHNY NOVGOROD REGION
*Galkin A.A., Pasin A.V., Kistanova L.A., Pasin P.A.* ..... 73

THE EFFECT OF PLANTING DENSITY ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS OF CORN HYBRIDS OF DIFFERENT RIPENESS GROUPS
*Ivanova Z.A., Nagudova F.Kh.* ..... 78

COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGRONOMIC CHARACTERS OF EARLY MATURING MAIZE HYBRIDS IN CLIMATIC CONDITIONS, LIMITED RESOURCES IN THE OMSK REGION
*Ilin V.S., Loginova A.M., Gubin S.V., Getts G.V.* ..... 84

THE EFFECT OF STIMULANTS ON SEED GERMINATION AND GROWTH OF SEEDLINGS OF PINUS SYLVTSTRIS IN NORTHERN KAZAKHSTAN
*Kabanova S.A., Danchenko A.M., Danchenko M.A.* ..... 88

NEW VARIETY OF ALFALFA FOR THE SOUTH KAZAKHSTAN
*Kulkeev E.E., Taychibekov A.U., Amanova K.S., Beysembaev M.K.* .....93

METHOD TO EXTEND THE PRODUCTIVE LONGEVITY PERENNIAL LEGUMES
*Kurbanov R.F., Saitov V.E., Khodyrev I.N.* .....98

OPTIMIZING THE USE OF NATURAL PASTURES
OF THE CENTRAL PART OF THE NORTH CAUCASUS
*Magomedov K.G., Berbekova N.B.* .....104

EFFICIENCY OF HYBRIDS OF PRODUCTION OF SUGAR BEET
ON TERMS OF CLEANING OF ROOT CROPS
*Moiseev V.V., Moiseev A.V., Logvinov A.V., Mischenko V.N., Logvinov V.A.,*
*Shevchenko A.G., Shuvalov A.A.* .....110

VARIATION IN THE TOTAL ANTIOXIDANT CONTENT IN OAT GRAINS
AND BARLEY GROWN UNDER THE INTERMOUNTAIN BASIN
*Polonskiy V.I., Sumina A.V., Pavlova E.V., Shaldaeva T.M.* .....114

FOREST FIRE ZONING OF FOREST FUND
OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)
*Protopopova V.V., Gabysheva L.P.* .....120

CLUSTER ANALYSIS ELM ADAPTIVE GENE POOL FOR OPTIMIZING
THE SPECIES COMPOSITION DENDROFLORA DEGRADED LANDSCAPES
*Semenyutina A.V., Podkovyrov I.Yu., Svintsov I.P.* .....126

ELABORATION OF SOME TECHNOLOGICAL ELEMENTS OF WINTER TRITICALE
CULTIVATION UNDER CONDITIONS OF PRE-BAIKAL REGION
*Sultanov F.S., Gabdrakhimov O.B.* .....134

HYDROPHYSICAL AND AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS
OF SOILS IN PERMANENT NURSERIES IN KARELIA
*Fedorets N.G., Solodovnikov A.N., Tkachenko Yu.N.* .....139

## *Earth sciences (25.00.00)*

EXPERIMENTAL RESEARCH ON SHEAR STRENGTH
OF FROZEN ROCKS ON LARGE SAMPLES
*Alcova E.L., Panishev S.V., Kozlov D.S., Maksimov M.S.* .....145

PILOT TESTING OF DRILLING AND OPERATION
OF WELLS WITH SIDETRACKS TO SOUTH FIELD OHTEURSKOM
*Apasov T.K., Apasov G.T., Mukhametshin V.G., Maksyutov A.M.* .....150

ENVIRONMENTAL STATUS OF THE SOUTHERN BAIKAL REGION:
THE SULFUR CONTENT IN SOILS
*Baenguev B.A., Mokryy A.V., Kanitskaya L.V., Belykh O.A.* .....156

TO THE ISSUE OF ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN
*Bazarov R.T., Basyrova E.I., Sinetova R.G., Tishkina T.V.* .....161

MANIFESTATION OF LATE HOLOCENE PALEOTSUNAMI
ON TRIOZER'E BAY COAST, SEA OF JAPAN
*Ganzey L.A., Razzhigaeva N.G., Nishimura Yu., Arslanov Kh.A., Grebennikova T.A.,*
*Lebedev I.I., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Gorbunov A.O., Naumov Yu.A.* .....166

TRANSLOCATION OF TECHNOGENIC FLUORINE
IN PLANTS OF THE MINUSINSK DEPRESSION SOUTH STEPPES
*Davydova N.D.* .....173

FACTORS OF POPULATION STABILITY IN MOUNTAIN REGIONS
(FOR EXAMPLE, THE NORTH CAUCASUS)
*Ivankova T.V., Kipkeeva P.A., Potapenko Yu.Ya.* .....178

WARMING OF THE CLIMATE IN THE REGION OF CAUCASION MINERAL
WATERS AND THE SHORT – TERM PRIORITY MEASURES
TO COUNTER ITS NEGATIVE EFFECTS
*Konovalov B.T., Kipkeeva P.A., Dezhneva A.A., Potapenko Yu.Ya.* .....183

CALCULATION OF THAWED SOIL FIELD AROUND PIPELINES CHANNEL
*Moiseev B.V., Zemenkov Yu.D., Nalobin N.V.* .....188

FEATURES OF THE STRUCTURE AND ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF ACHIMOV DEPOSITS IN KHMAO-YUGRA
*Sevastyanov A.A., Korovin K.V., Zotova O.P., Zubarev D.I.* .....195

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF DEBED RIVER AND ITS TRIBUTARIES WITH ARMENIAN WATER QUALITY INDEX
*Simonyan A.G.* .....200

MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINATION OF DENSITY AND AERATION LENGTH HOLE CHARGES OF EMULSION EXPLOSIVES THE EXAMPLE NITRONIT E-70
*Sinitsyn V.A., Menshikov P.V., Shemenev V.G.* .....205

ANALYSIS OF THE MAIN SOURCES OF INFORMATION ON ENVIRONMENTAL ISSUES IN THE REGIONAL OIL INDUSTRY OF SARATOV REGION
*Titov V.N., Khodov D.A.* .....211

THE MAIN DIRECTIONS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF CREATION AND FUNCTIONING OF FREE ECONOMIC ZONES ON THE EXAMPLE OF SEZ CHINA
*Tolkunova S.G., Pukhova A.G., Grishakova S.V., Gorshkova I.A.* .....215

SPATIAL DISTRIBUTION OF ELEMENTS OF THE NATURAL AND RESERVED COMPLEX AND STRUCTURE OF THE SPNA OF REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF RUSSIA
*Chibilyov A.A. (jr.)* .....220

MORPHOMETRICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF THE TERMOKARST PONDS IN THE NORTHERN YAKUTIA
*Yadrikhinskiy I.V., Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A.* .....225

УДК 546.55/.59:544.6

# КИНЕТИКА РАСТВОРЕНИЯ И ОБЪЕМНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ НА ОСНОВЕ $As_2Se_3$ И AsSe

**Аббасова Р.Ф., Ильяслы Т.М., Вейсова С.М.**

*Бакинский государственный университет, Баку, e-mail: r.f.abbasova@gmail.com*

В настоящей работе представлены результаты исследований кинетики растворения и кристаллизации халькогенидных стекол на основе $As_2Se_3$ и AsSe, легированных европием. Исследована кинетика растворения стекол на основе $As_2Se_3$ по разрезам на основе $As_2Se_3$–Eu (EuSe, $Eu_2Se_3$) в растворах КОН различной концентрации и при различных температурах. Изучение кинетики растворения в растворах щелочи выявило, что увеличение концентрации Eu в стеклах, а также температуры и концентрации растворителя положительно влияет на скорость растворения. Увеличение концентрации Eu в стеклах приводит к резкому уменьшению энергии активации, увеличению доли ионной составляющей в структурных единицах. Изучение процесса кристаллизации стекла является одним из эффективных методов исследования строения стекла. Авторами был исследован переход твердого тела из стеклообразного в кристаллическое состояние, происходящий макроскопически по всему объему – объемная кристаллизация. Кристаллизацию стекол проводили изотермическим отжигом. Температуру отжига определяли из термограмм соответствующих стекол, их значения на 10–15 К превышали значения температур кристаллизации стекол. Установлено, что после кристаллизации плотность соответствующих стекол увеличивается. Исследование кристаллизации стекол также показало, что скорость кристаллизации также увеличивается с увеличением содержания Eu. Интерпретация колебательных спектров, полученных при изучении комбинационного рассеяния света исследуемых образцов, позволила проанализировать ближний порядок их структурных единиц и сделать заключение об образовании соединения $EuAs_4Se_7$, типичного для редкоземельных соединений с переменной степенью окисления.

**Ключевые слова: халькогенидные стекла, кинетика растворения, кристаллизация, спектроскопия**

# THE KINETICS OF DISSOLUTION AND CRYSTALLIZATION IN SPACE OF CHALCOGENIDE GLASSES BASED ON $As_2Se_3$ AND AsSe

**Abbasova R.F., Ilyasly T.M., Veysova S.M.**

*Baku State University, Baku, e-mail: r.f.abbasova@gmail.com*

This paper presents results of the studies of the kinetics of dissolution and crystallization of chalcogenide glasses based on $As_2Se_3$ and AsSe, doped with europium. We studied the kinetics of dissolution of glasses based on $As_2Se_3$ on sections $As_2Se_3$–Eu (EuSe, $Eu_2Se_3$) in solutions of KOH with different concentrations and at different temperatures. It was revealed that the increase in the concentration of Eu in the glasses as well as temperature and solvent concentration has a positive effect on the dissolution rate. Increasing the concentration of Eu in the glasses results in a sharp decrease of the activation energy, and increase in the fractional of ionicity in the bond of structural units. The investigation of the glass crystallization process is one of the most effective methods to study the structure of the glass. We have investigated the transition from glassy solid state to crystalline state, macroscopically occurring by crystallization in space.Crystallization of glasses was carried out by isotherma l annealing.The annealing temperature was determined from thermograms of corresponding glasses, these values were higher than the values of the crystallization temperature of glasses by 10–15 K. It is found that density of corresponding glasses increases after crystallization. It was shown that glass crystallization rate also increases with increase of the content of Eu. The interpretation of Raman spectra of the samples allowed to analyze the short-range order of their structural units and conclude that $EuAs_4Se_7$ compound is formed. This type of compounds is typical for compounds of rare earth elements with a variable oxidation state.

**Keywords: chalcogenide glasses, the kinetics of dissolution, crystallization, spectroscopy**

Уникальные оптические, фотоэлектрические и электрические свойства халькогенидных стекол, основанные на фотоструктурных изменениях, позволяют найти им широкое применение в фотонике, оптоэлектронике и микроэлектронике в качестве приборов с оптической памятью, сред для регистрации и хранения оптической и голографической информации, в интегральной оптике, в качестве микроинтерферометров, коммутаторов, оптических усилителей в телекомуникационных системах, оптических элементов для инфракрасной (ИК) оптики, нелинейных оптических элементов, фоторезисторов в микроэлектронике и т.п. [4, 7].

Благодаря перспективности их применения в различных областях техники попрежнему актуальны вопросы, связанные с воздействием на образцы агрессивных сред [9]. Халькогенидные стекла обладают химической стойкостью по отношению к большинству агрессивных сред. Они не гигроскопичны, не изменяются при хранении во влажном воздухе, не взаимодействуют с водой и растворами кислот-неокислителей, медленно растворяются в растворах концентрированной азотной кислоты, при нагревании наблюдается увеличение растворимости. Халькогенидные стекла менее устойчивы по отношению к растворам щелочей.

Связь между компонентами халькогенидных стекол практически ковалентная, доля ионной составляющей химической связи не превышает 10 % [1] и с введением в состав стекла РЗЭ увеличивается незначительно. Поэтому скорость растворения большинства халькогенидных стекол, как и всех веществ, связь в которых в основном ковалентная, определяется гетерогенной химической реакцией, протекающей на поверхности твердой фазы, и, как правило, не зависит от диффузии [1, 3, 9].

Кинетику растворения стекол на основе $As_2Se_3$ и AsSe изучали по разрезам $As_2Se_3$–Eu (EuSe, $Eu_2Se_3$) и AsSe–Eu, в растворах КОН марки «х.ч.» различной концентрации (0,25; 0,5; 1; 2 н) скорость растворения определялась весовым методом. Исследуемые образцы – плоско-параллельные диски с известной площадью поверхности – подвешивались с помощью зажимов из некорродирующего материала и подвергались растворению в растворах КОН при различных температурах. Для стандартизации поверхности образцы предварительно подвергались 15-минутному травлению в 0,25 Н растворе КОН. Раствор перед каждым опытом обновлялся, температура поддерживалась с постоянной точностью ±5 °С с помощью термостата UTU 5. Измерение скорости растворения проводили на отшлифованных плоскопараллельных образцах. Растворение образцов проводили при 298, 308, 318 К. Усредненное значение скорости растворения рассчитывали по следующей формуле:

$$W = \frac{\Delta g}{SM\Delta\tau}, \quad \text{мол/см}^2\cdot\text{с},$$

где $W$ – скорость растворения, мол/см$^2$·с; $\Delta g$ – убыль веса образца, г; $S$ – площадь поверхности образца, см$^2$; $M$ – молекулярный вес усредненной структурной единицы, г/моль; $\Delta\tau$ – время релаксации, с.

Значения скоростей растворения, вычисленных по экспериментальным данным, для стекол систем $As_2Se_3$–Eu (EuSe, $Eu_2Se_3$) приводятся в табл. 1.

Как видно из табл. 1, увеличение концентрации европия в составе стекол, а также температуры положительно влияет на скорость растворения.

Скорость растворения связана с энергией активации процесса и сильно зависит от природы и количества различных добавок:

$$W = A_0 e^{E_0/RT},$$

где $W$ – скорость процесса растворения, моль/см$^2$·с; $A_0$ – предэкспоненциальный множитель; $E_0$ – энергия активации растворения, ккал/моль; $R$ – универсальная газовая постоянная; $T$ – температура.

Прологарифмированное соотношение имеет вид

$$\ln W = \ln A_0 - \frac{E_0}{RT}.$$

**Таблица 1**

Зависимость скорости растворения от температуры стекол систем $As_2Se_3$–EuSe и AsSe–Eu (0,5 н раствор КОН)

| $As_2Se_3$–EuSe | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$ | $1/T$ | $As_2Se_3$ | | 1 мол. % EuSe | | 3 мол. % EuSe | | 5 мол. % EuSe | | 10 мол. % EuSe | |
| | | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ |
| 298 | 0,0034 | 1,0 | –18,42 | 18,0 | –15,65 | 29 | –15,05 | 35 | –11,87 | 28,5 | –15,08 |
| 303 | 0,0033 | 1,6 | –17,97 | 20 | –15,43 | 32 | –14,96 | 38 | –14,78 | 35 | –14,87 |
| 323 | 0,0031 | 7,5 | –16,41 | 32 | –14,96 | 34 | –14,89 | 40 | –14,73 | 63 | –14,28 |
| AsSe–Eu | | | | | | | | | | | |
| $T$ | $1/T$ | AsSe | | 1 мол. % Eu | | 2 мол. % Eu | | 3 мол. % Eu | | 4 мол. % Eu | |
| | | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ | $W\cdot10^8$ | ln $W$ |
| 298 | 0,0034 | 0,4 | –19,42 | 8,9 | –18,53 | 65,8 | –14,24 | 77 | –14,08 | 79 | –14,08 |
| 303 | 0,0033 | 0,6 | –18,95 | 54,5 | –14,46 | 71,2 | –14,29 | 81 | –14,09 | 85 | –13,98 |
| 323 | 0,0031 | 3,4 | –17,20 | 64,9 | –14,25 | 79,6 | –14,07 | 84 | –13,99 | 115 | –13,66 |

**Таблица 2**

Некоторые кинетические данные стекол

| Состав стекла | $E_0$, ккал/моль | $C_Э$, моль/см$^2$ с | $C_T$, моль/см$^2$ с |
|---|---|---|---|
| **Система $As_2Se_3$–Eu** | | | |
| $As_2Se_3$ | 15 | $1{,}6\cdot10^{27}$ | $3{,}9\cdot10^{27}$ |
| $[As_2Se_3]_{0,99}[Eu]_{0,01}$ | 2,1 | $1{,}2\cdot10^{29}$ | $6{,}61\cdot10^{27}$ |
| $[As_2Se_3]_{0,98}[Eu]_{0,02}$ | 1,6 | $5\cdot10^{18}$ | $6{,}8\cdot10^{27}$ |
| $[As_2Se_3]_{0,97}[Eu]_{0,03}$ | 0,9 | $1{,}5\cdot10^{18}$ | $6{,}85\cdot10^{27}$ |
| $[As_2Se_3]_{0,96}[Eu]_{0,04}$ | 0,7 | $6{,}9\cdot10^{19}$ | $6{,}81\cdot10^{27}$ |
| **Система $As_2Se_3$–EuSe** | | | |
| $[As_2Se_3]_{0,99}[EuSe]_{0,01}$ | 4,6 | $2{,}4\cdot10^{20}$ | $3{,}61\cdot10^{27}$ |
| $[As_2Se_3]_{0,97}[EuSe]_{0,03}$ | 1,3 | $1{,}6\cdot10^{18}$ | $3{,}69\cdot10^{27}$ |
| $[As_2Se_3]_{0,95}[EuSe]_{0,05}$ | 1,6 | $4{,}4\cdot10^{18}$ | $3{,}75\cdot10^{27}$ |
| $[As_2Se_3]_{0,90}[EuSe]_{0,10}$ | 5,96 | $4{,}1\cdot10^{21}$ | $3{,}87\cdot10^{27}$ |
| **Система AsSe–EuSe** | | | |
| AsSe | 17 | $6{,}5\cdot10^{27}$ | $6{,}6\cdot10^{27}$ |
| $[AsSe]_{0,99}[Eu]_{0,01}$ | 2,2 | $1{,}2\cdot10^{20}$ | $5{,}61\cdot10^{27}$ |
| $[AsSe]_{0,98}[Eu]_{0,02}$ | 1,5 | $3{,}0\cdot10^{18}$ | $6{,}78\cdot10^{27}$ |
| $[AsSe]_{0,97}[Eu]_{0,03}$ | | $3{,}5\cdot10^{18}$ | $6{,}89\cdot10^{27}$ |
| $[AsSe]_{0,96}[Eu]_{0,04}$ | | $4{,}5\cdot10^{18}$ | $6{,}85\cdot10^{27}$ |
| $[AsSe]_{0,95}[Eu]_{0,05}$ | | $6{,}9\cdot10^{18}$ | $6{,}94\cdot10^{27}$ |

Построили график зависимости $W = f\left(\ln \frac{1}{T}\right)$. Зависимость носит линейный характер. Используя полученные данные и известные выражения, нашли значения энергии активации и предэкспоненциального множителя, выраженного эмпирически и теоретически $E_0$; $C_Э$; $C_T$ (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что увеличение содержания европия в халькогенидных стеклах, в отличие от переходных (*d*-элементов) и постпереходных элементов [1] приводит к резкому уменьшению энергии активации и предэкспоненциального множителя. Это объясняется увеличением доли ионной составляющей в структурных единицах, что непосредственно связано с электронной конфигурацией Eu $4f^7$ и структурными особенностями и размерами атома/иона.

В области стекло кристалл наблюдается возрастание указанных параметров, что можно объяснить образованием кристаллических центров в стекле. При сравнении значений скорости растворения сплавов при различных концентрациях выявлено, что увеличение скорости растворения с увеличением концентрации щелочи, имеет следующий вид $W = [\mathrm{KOH}]^X$.

Процессы растворения образцов можно представить следующими реакциями

$$As_2Se_3 + KOH = K_3AsO_3 + K_3AsS_3 + H_2O.$$

Eu в образцах находится в двухвалентном состоянии, это состояние наиболее выгодно и объясняется стабильностью электронной конфигурации $4f^7$. Однако будучи самым активным лантаноидом на открытом воздухе он быстро переходит в трёхвалентное состояние и в щелочном растворе выпадает в виде беловатого осадка

$$2\cdot Eu^{2+} + KOH = Eu(OH)_2 + K^+;$$

$$Eu(OH)_2 + O_2 \rightarrow Eu(OH)_3^{\ -}.$$

Изучение процесса кристаллизации стекла является одним из эффективных методов исследования строения стекла и стеклообразного состояния. Как с теоретической, так и с практической точки зрения интерес представляет переход твердого тела из стеклообразного в кристаллическое состояние, происходящий макроскопически по всему объему – объемная кристаллизация. Кристаллизацию стекол проводили изотермическим отжигом. Температуру отжига определяли из термограмм соответствующих стекол, ее значение на 10–15 К

превышало температуру кристаллизации стекол. Установлено, что после кристаллизации плотность соответствующих стекол увеличивается. Поэтому в качестве меры объемной кристаллизации мы рассматривали относительное изменение плотности сплавов, для чего использовали экспериментальные значения плотности, полученные при каждой исследуемой температуре. Процент объемной кристаллизации был рассчитан по известной формуле:

$$Pd = \frac{d_t - d_{ст}}{d_{кр} - d_{ст}} \cdot 100\ \%,$$

где $d_{кр}$; $d_{ст}$; $d_t$ – соответственно плотности образцов в стеклообразном, кристаллическом состоянии и в данный момент времени.

На рис. 1 представлены изотермы процента объемной кристаллизации *Pd* стекла состава $[As_2Se_3]_{0,97}[Eu]_{0,03}$ при различных температурах. Из рис. 1 видно, что увеличение температуры и времени положительно влияет на скорость кристаллизации.

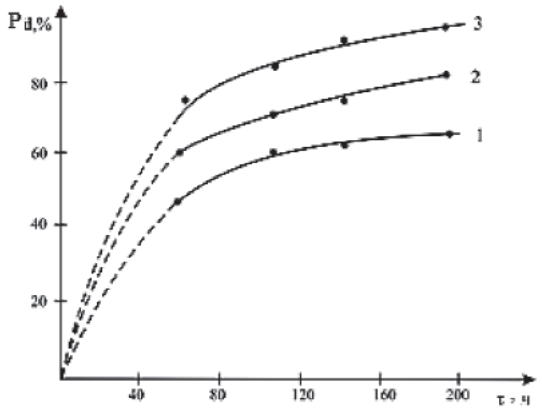



*Рис. 1. Изотермы процента объемной кристаллизации Pd стекол $[As_2Se_3]_{0,97}[Eu]_{0,03}$ при температурах:*
*1 – 470 К; 2 – 490 К; 3 – 520 К*

Увеличение содержания Eu в сплавах также способствует увеличению скорости кристаллизации. Этот факт можно объяснить возникновением новых структурных единиц и химической связью в стеклах.

Для анализа локальной структуры вещества было бы уместно обратиться к интерпретации колебательных спектров изучаемых образцов. Результаты исследований комбинационного рассеяния, проведенные нами на приборе micro-Raman System RM1000 (Renishawplc, UK) при комнатной температуредля стекла $As_2Se_3$ в области 100–700 см$^{-1}$, хорошо согласуются с литературными данными [5, 6, 8].

Наиболее интенсивная полоса имеет место при 228 см$^{-1}$ и относится к $v_1$ (*A*) колебательной валентности, соответствующей пирамидальной структурной единице в стекле (рис. 2).

Локальный порядок описывается специфичными атомными кластерами, представляющими собой пирамидальные единицы $AsSe_3$. Сильные эффекты на колебательный спектр оказывает как локальный атомный кластер, так и топология. Массивные образцы стекол образованы пересекающейся случайной сетью атомных единиц.

Так как значения масс As и Se близки друг другу, колебательные частоты атомных единиц могут быть очень похожи. Слабые плечи при 230 см$^{-1}$ могут указывать на гомополярные AsAs и SeSe связи в слитке $As_2Se_3$. Интерпретация спектральных особенностей достаточно сложна.

Полоса около 495 см$^{-1}$ указывает на нестехиометрическую структурную единицу $Se_8$. Это может указывать на существование тонкого аморфного слоя у поверхности слитка. Появление и исчезновение пиков некристалличных образцов на спектре может объясняться различной молекулярной конфигурацией кластеров. К тому же на колебательную активность влияет изменение в поляризуемости, так что методы, вовлекающие взаимодействия между молекулами, могут оказывать вклад в комбинационное рассеяние света.

После кристаллизации образцов также были проведены спектроскопические исследования (рис. 3) и полученные результаты также свидетельствуют о преобладании слоистой структуры и находятся в хорошей корреляции с литературными данными [8]. В пределах узкой полосы слоя, координация каждого атома As равна 3, а Se равна 2. Это согласуется с правилом Юм-Розери и требованиями октета ковалентной связи. За слабые связи между слоями ответственны Ван дер Ваальсовые связи.

Добавление Eu изменяет вид спектра чистого $As_2Se_3$, что может указывать на образование соединения $EuAs_4Se_7$ (рис. 4).

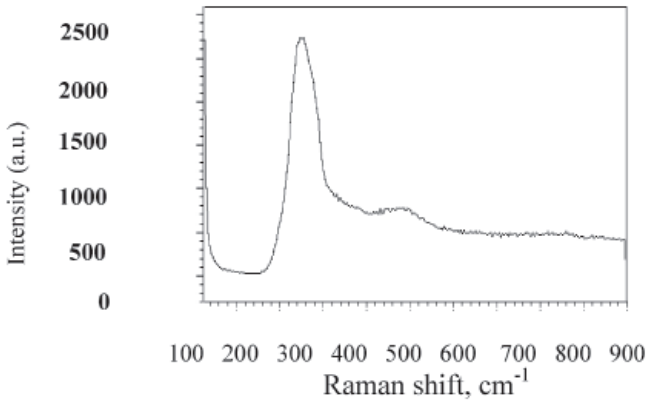



*Рис. 2. Спектр комбинационного рассеяния света $As_2Se_3$ при комнатной температуре*

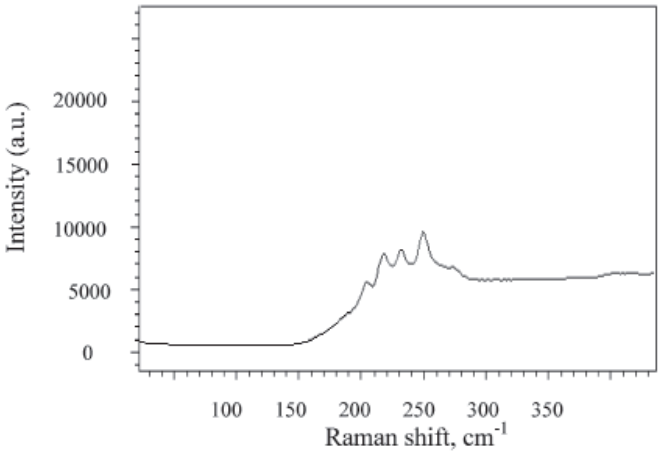



*Рис. 3. Спектр комбинационного рассеяния света кристаллического $As_2Se_3$*

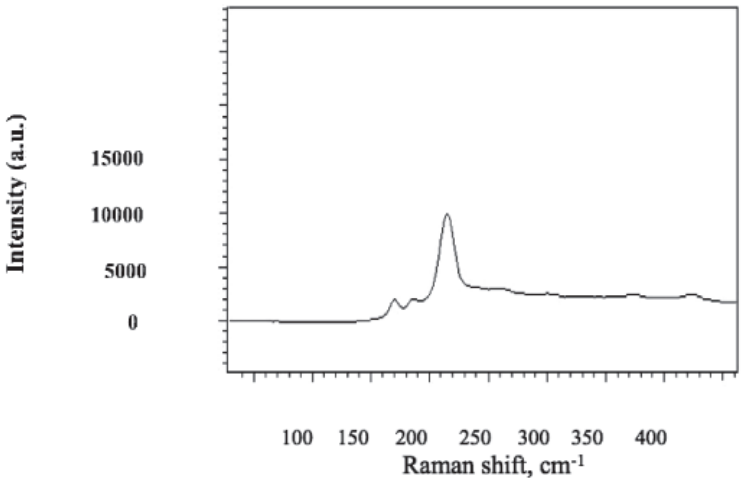



*Рис. 4. Спектр комбинационного рассеяния света стеклообразного $EuAs_4Se_7$*

Образование такого типа соединения типично для редкоземельных соединений с переменной степенью окисления и объясняется как присутствием электрона на *d*-орбитале, так и степенью заполнения f-орбитали. Кристаллохимические особенности халькогенидов As и Eu позволяют предположить присутствие стибнитоподобных блоков в структуре $EuAs_4Se_7$, в которых одна часть атомов Se вовлечена только в координацию с катионами Eu, а другая соединяется с As, образуя

анионные группы $As_4Se_6$ [2]. Это хорошо согласуется с составом структурных блоков стибнитов, в которых число анионов должно быть на 2 больше катионов. 2 редкоземельных катиона и 2 атома Se размещены между блоками. В отличие от других структур, наблюдается сильное уменьшение симметрии и цементирование $As_4Se_6$ восьмивершинниками Eu и полиэдрами последнего, эти группы, соединяясь углами, и образуют димеры.

Таким образом, при изучении кинетики растворения в растворах КОН стекол при различных температурах выявлено, что увеличение концентрации Eu в стеклах, а также температуры и концентрации растворителя положительно влияет на скорость растворения. Исследование кристаллизации стекол также показало, что скорость кристаллизации также увеличивается с увеличением содержания Eu.

### Список литературы

1. Борисова З.У. Химия стеклообразных полупроводников. – Л.: Изд. ЛГУ, 1972, – 247 с.

2. Ильяслы Т.М., Чырагов М.И., Аббасова Р.Ф., Мамедова Л.А., Вейсова. С.М. Синтез, выращивание монокристаллов и некоторые электрофизические свойства соединений типа EuAsX3, EuAs4X7, EuAs2X4 и Eu3As4X9 (X- S, Se, Te) // Современная наука: исследования, технологии, проекты: сборник материалов V международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 299–303.

3. Левич В.Г.. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Физ. мат. издат., 1959. – 700 с.

4. Kozyukhin S.A., Voronkov E.N., Kuz'mina N.P. Amorphous arsenic chalcogenide films modified using rare-earth complexes // Journalof Non-Crystalline Solids. – 15 June 2006. – Vol. 352; Issue 9–20. – P. 1547–1550.

5. Nemanich R.J., Connell G.A.N., Hayers T.M., and Street R.A. Thermally induced effects in evaporated chalcogenide films structure // Physical Review B. – 1978. – Issue18. – P. 6900–6914.

6. Mateleshko N., Mitsa V., Veres M., Koos M. Investigation of nanophase separation in glassy As40Se60 using Raman scattering and AB initio calculations // Chalcogenide Letters. – 2004. – Vol. 1. – № 11. – P. 139–144.

7. Popescu. M. Disordered chalcogenide optoelectronic materials: phenomena and applications // Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. – 2005. – Vol. 7. – № 4. – P. 2189–2210.

8. Zallen R., Slade M.L.and Ward A.T. Lattice vibrations and interlayer interaction in crystalline As2S3 and As2Se3 // Physical Review B. – 1971. – Issue 3. – P. 4257–4273.

9. Zha Yunlai, Waldmann Maike, and Arnold Craig B. A review on solution processing of chalcogenide glasses for optical components // Optical Materials Express. – 2013. – Vol. 3. – Issue 9. – P. 1259–1272.

УДК 622.276.4

# ОСВОЕНИЕ ПЕРВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК СЕРНОКИСЛОТНОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ В СССР

**[1]Ахмадова Х.Х., [1]Магомадова Мад.Х., [1]Магомадова Мар.Х., [2]Сыркин А.М.**

*[1]ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова», Грозный, e-mail: Hava9550@mail.ru;*

*[2]ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, e-mail: syrkinam@mail.ru*

В статье приведены сведения о строительстве и начале эксплуатации первых в стране и г. Грозном промышленных установок сернокислотного алкилирования в период 1942–1954 гг. Показано, что строительство в Грозном алкилирующей установки № 25 осуществлялось в трудный для СССР военный 1942 год. Основным источником сырья установки сернокислотного алкилирования в период 1942–1950 гг. являлась фракция $C_4$ термического крекинга. Строительство в Грозном двух установок каталитического крекинга способствовало нормализации обстановки с сырьем и строительству еще двух более технологически совершенных установок алкилирования на Новогрозненском заводе в 1953 и 1954 гг. За анализируемый период эксплуатации первых грозненских установок алкилирования изобутана бутиленами были установлены некоторые закономерности и особенности сернокислотного алкилирования, в частности влияние качества и количества сырья, влияние конструкции реактора.

**Ключевые слова: сернокислотное алкилирование, установки алкилирования, Новогрозненский завод, изобутан, бутилен, закономерности процесса, конструкция реактора, качество сырья и катализатора, серная кислота, алкилбензин**

# MASTERING OF THE FIRST INDUSTRIAL UNITS OF SULFURIC ACID ALKYLATING IS IN THE USSR

**[1]Akhmadova Kh.Kh., [1]Magomadova Mad.Kh., [1]Magomadova Mar.Kh., [2]Syrkin A.M.**

*[1]Grozny State Oil Technical University of acad. M.D. Millionshchikova, Grozny, e-mail: Hava9550@mail.ru;*

*[2]Ufa State Oil Technical University, Ufa, e-mail: syrkinam@mail.ru*

This article contains information about the construction and early operation of the first in the country and the city of Grozny industrial sulfuric acid alkylation units in the period 1942–1954 years. It is shown that the construction in Grozny alkylating № 25 installation was carried out in a difficult war for the Soviet Union 1942 year. The main source of raw materials installation of sulfuric acid alkylation during 1942–1950 years $C_4$ fraction was thermal cracking. Construction in Grozny two catalytic cracking units contributed to the normalization of the situation with raw materials, and the construction of two more technologically advanced facilities in the alkylation Novogroznensky plant in 1953 and 1954 years. During the analyzed period of operation of the first facilities in Grozny alkylation of isobutane by butylenes some patterns were established, and especially sulfuric acid alkylation, in particular the impact of the quality and quantity of raw materials, the impact of reactor design.

**Keywords: sulphuric acid alkylation, install alkylation, Novogroznenskij plant, butylene, isobutane, process patterns, design reactor, quality raw materials and catalyst, sulfuric acid, alkylbenzene**

Грозненцы внесли значительный вклад в освоение процесса сернокислотного алкилирования в Советском Союзе. В 1943 году в связи с пуском в эксплуатацию первой в Союзе грозненской установки сернокислотного алкилирования фракции $C_4$ в СССР был сделан серьезный шаг вперед в развитии новой отрасли нефтеперерабатывающей промышленности – химической переработки газов.

Освоение производства алкилбензина в Грозном прошло в своем развитии несколько этапов.

Первым этапом явилось строительство промышленной установки сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами для производства алкилбензина. Эта установка под шифром № 25 была построена в Грозном в цехе № 4 завода № 867 («Нефтегаз») в августе 1942 года по научно-исследовательским и проектным данным ГрозНИИ и Гипрогрознефти и пущена в пробную эксплуатацию в середине 1943 г.

Работы по исследованию и разработке технологии процесса сернокислотного алкилирования, промышленному внедрению и освоению этой установки проводились под руководством А.З. Дорогочинского и А.В. Лютера [4–9].

В работе по освоению алкилирующей установки № 25 принимали участие [10]:

– коллектив газовой лаборатории ГрозНИИ в составе инженеров Д.М. Мусниковой, Е.А. Скрипник, Л.И. Еремченко

и А. Казимирчак под руководством начальника лаборатории А.В. Выборова, зам. начальника лаборатории Е.Г. Вольповой;

– коллектив лаборатории заводских инсталляций в составе инженеров Воронкова и Обушникова под руководством начальника лаборатории А.В. Лютер, зам. начальника Е.С. Левченко;

– коллектив сырьевой лаборатории под руководством П.С. Лисицина;

– коллектив лаборатории испытания топлив под руководством А.Г. Кречетова.

На установке № 25 приобретался первый опыт освоения процесса алкилирования и были выработаны первые промышленные партии отечественного алкилбензина.

Пуск и освоение установки осуществлялись в 1943 году в весьма сложных условиях, связанных с военным временем [10].

В этот период в Грозном происходило быстрое восстановление демонтированных заводов и установок, а также энергетической базы, необходимой для их пуска. Причем осуществлялось это при большом недостатке квалифицированной рабочей силы, материалов и оборудования. Соответственно, работа пускаемых в эксплуатацию установок с точки зрения мирного времени обладала многочисленными недостатками: систематически отсутствовали сырье и водяной пар, отдельные аппараты являлись неисправными, КИП часто не давал требуемой точности регулировки и возможности отдельных замеров, иногда даже и материального баланса. Значительное количество резервуаров и емкостей в г. Грозном было уничтожено во время бомбардировки в октябре 1943 года.

Эти общие недостатки усугублялась недостатками, особенно присущими газолиновому производству: отсутствие аппаратуры для организации нормального лабораторного контроля за работой установок, неудовлетворительное состояние емкостей и замерных приспособлений и т.д.

В связи с этим пуск установки носил периодический характер.

В связи с перечисленными сложностями и особыми условиями пуск установки № 25 был начат лишь в мае – июне 1943 года. Причем работа проводилась не на проектном сырье и не по проектной схеме. После неудачной работы с 7 по 26 июня установка простояла из-за отсутствия сырья и пара до октября 1943 г., и затем, проработав некоторое время с 10 по 14 октября уже на проектном сырье (бутан-бутиленовой фракции) она была остановлена ввиду резко усилившихся в зимнее время затруднений с водяным паром [10, 15]. После этой остановки установка в 1943 году больше не работала и возобновила свою работу в начале 1944 г.

По мере ввода в эксплуатацию на грозненских заводах различных установок по вторичным процессам: термического крекинга, каталитического крекинга, производства полимербензина – происходило изменение состава и качества сырья первой акилирующей установки, что влияло на качество получаемого алкилата [15].

В 1943–1950-е годы основным сырьем грозненской установки алкилирования являлась фракция $C_4$ термокрекинга. Связано это было с тем, что, в отличие от ряда других районов СССР, в Грозном было сосредоточено большое количество работающих установок термического крекинга. Это обуславливало повышенную сравнительно с другими отечественными нефтеперерабатывающими заводами концентрацию в сырье алкилирующих установок нормального бутана. В этом сырье было мало бутиленов, ощущался значительный недостаток изобутана, и наоборот, количество нормального бутана и других инертных компонентов – пропана и пентанов доходило до 60 и более процентов [10].

Для нормального функционирования опытно-промышленной алкилирующей установки № 25 необходимо было поддерживать соотношение изобутан : бутилены, которое должно было быть не ниже 1,2–1,25.

Поэтому необходимо было принять особые меры, позволяющие повысить этот показатель до требуемой величины. Этими мерами являлись либо привлечение извне достаточных количеств изобутана, либо тщательное сохранение наличного изобутана с одновременным удалением излишнего количества непредельных [10, 15].

Первый путь являлся наиболее эффективным. Однако для его осуществления было необходимо быстро закончить разработку процессов изомеризации нормального бутана и процессов каталитического крекинга, продукты которого, как известно, содержат значительный избыток изобутана.

В 1943–1945 гг. в Грозном имелся только один второй путь, который и применялся на практике [11, 12, 15]. Но одновременно ГрозНИИ и трестом «Нефтезаводпроект» в конце 1944 – начале 1945 гг. разрабатывался проект первой опытно-промышленной установки каталитического крекинга отечественной системы 43-1 [1, 2]. Основная аппаратура этой установки была

изготовлена на заводе «Красный Молот». Строительно-монтажные работы производились объединением «Грознефтегаз» и трестом «Грознефтезаводстрой» в 1945 – начале 1946 гг. [1].

Установка была построена на территории крекинг-завода № 867 г. Грозного на месте бывшей установки термического крекинга системы «Виккерс», и 1 мая 1946 г. была пущена в эксплуатацию. В результате освоения процесса каталитического крекинга на установке были получены 27% базового авиабензина и 6,4% изобутана, который использовался в качестве сырья установки алкилирования № 25.

В середине 1946 г. Совет Министров СССР принял решение о строительстве топливных заводов с установками каталитического крекинга в качестве основных технологических единиц. В 1947 г. было развернуто проектирование промышленных установок в трестах «Грознефтепроект» и «Нефтепроект» [2].

В качестве базы для строительства грозненской промышленной установки каталитического крекинга на крекинг-заводе № 867 была выбрана одинарная крекинг-установка термического крекинга № 5 системы Винклер-Коха, рядом с которой в результате произведенного в 1948 г. демонтажа установки термического крекинга № 6 системы Винклер-Коха образовалась свободная площадка достаточных размеров, и рядом имелась компрессорная станция и адсорбционно-стабилизационная установка, пригодные после некоторой реконструкции для переработки легких продуктов каталитического крекинга [2].

Сооруженная в 1949 г. установка каталитического крекинга № 5 была полностью освоена в 1951 г. Установка состояла из двух блоков – блока крекинга и блока очистки бензина. Объем реакционного пространства блока крекинга был рассчитан на производительность 720 т/сутки по сырью, а блока очистки – на производительность 360 т/сутки.

Ввод в промышленную эксплуатацию установки каталитического крекинга № 5 создал реальную возможность обеспечить установку алкилирования № 25 необходимым количеством изобутана и создать нормальные условия для ее эксплуатации [16].

Это был второй этап в становлении процесса алкилирования в Грозном, который заключался в налаживании бесперебойной работы установки № 25 в условиях нормального избытка изобутана, обеспечившего высокие качества алкилбензина [16].

Одновременно с освоением установки № 5 отделом каталитического крекинга ГрозНИИ под руководством Б.К. Америка с 1950 г. была начата поисковая работа по разработке новой системы каталитического крекинга, которая наряду с экономичностью и простотой аппаратурного оформления отличалась технологической гибкостью, позволяющей осуществлять переработку тяжелого сырья. Институтом «Гипронефтезаводы» был выполнен технический проект установки типа 43-102, предназначенной для крекинга керосино-газойлевых фракций с получением авиабензина.

Установки этого типа, получившие широкое распространение в нефтепереработке Советского Союза, были введены в эксплуатацию в 1952 г. в Грозном в мае – июне 1953 г. Они состояли из трех блоков, которые были совершенно идентичны и рассчитаны на переработку 800 т/сут керосино-газойлевой фракции.

Таким образом, в 1953 г. на Новогрозненском нефтеперерабатывающем заводе в эксплуатации находились две установки каталитического крекинга. Одновременно, на этом же заводе осваивалась алкилирующая установка № 25-1 [17].

С пуском в 1953 г. в Грозном более совершенной, чем установка № 25, алкилирующей установки № 25-1, позволившей в несколько раз увеличить в Грозном выработку алкилбензина высоких качеств, наступил третий этап в производстве алкилбензина [17].

В 1954 г. на Новогрозненском заводе была введена в эксплуатацию третья алкилирующая установка № 25-2 [17].

Более чем 10-летний период эксплуатации первых грозненских установок сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами позволил выявить некоторые закономерности и особенности этого процесса.

Прежде всего, было установлено влияние на процесс алкилирования конструкции реактора и качества применяемого сырья и катализатора [13, 14].

На установках алкилирования применялись два типа реакторов – без механического перемешивания (на установке № 25) и с механическим перемешиванием (на установках № 25-1 и № 25-2) [13].

Установка № 25 была оборудована упрощенным реактором, не имевшим механического перемешивания углеводородов с катализатором и с так называемой «открытой» системой охлаждения, которая достигалась за счет тепла испарения части углеводородов, непрерывно отсасываемых из реактора

специальным компрессором. Вторая и третья установки алкилирования № 25-1 и № 25-2 были оборудованы реакторами с механическим перемешиванием углеводородов с катализатором и с «закрытой» системой охлаждения, которая достигалась в результате испарения жидкого аммиака в пучке труб, опущенном в реактор.

Серьезным преимуществом второй системы являлась возможность создания одинаковой по свойствам эмульсии углеводородов и кислоты во всем объеме реактора и обеспечение условий для создания высококачественной эмульсии. Эти условия не могли быть осуществлены в реакторе первого типа с открытой системой охлаждения вследствие разрушения эмульсии при отсосе из реактора части углеводородов.

Реакция алкилирования в такой эмульсии протекала медленнее, сопровождаясь в большей мере побочными реакциями полимеризации, и, соответственно, наблюдался пониженный выход алкилбензина и ухудшение качества алкилпродуктов.

Поэтому, несмотря на то, что реакторы без механического перемешивания имели более простую конструкцию и в них выгоднее решался вопрос теплопередачи, для дальнейшего использования были рекомендованы реакторы с механическим перемешиванием и закрытой системой охлаждения [13, 14].

Как было выяснено из результатов эксплуатации грозненских алкилирующих установок большую роль в процессе алкилирования играла характеристика применяемого сырья. По улучшению качества применяемого в процессе алкилирования на первой алкилирующей установке сырья можно выделить несколько этапов [10, 15].

На первом этапе 1942–1949 гг. – до пуска в эксплуатацию первой в Союзе установки каталитического крекинга № 5 – сырьем служила фракция $C_4$ термокрекинга. В этом сырье было мало бутиленов, ощущался значительный недостаток изобутана, и наоборот, количество нормального бутана и других инертных компонентов – пропана и пентанов доходило до 60 и более процентов.

На втором этапе (1950–1953 гг.) после пуска установки каталитического крекинга № 5 появилась возможность несколько улучшить положение с изобутаном, в результате чего процесс алкилирования осуществлялся хотя и на отработанной фракции $C_4$, но с нормальным соотношением изобутана к бутиленам.

Наконец, на третьем этапе, начавшемся в 1953 г., после пуска установки каталитического крекинга 43-102, удалось, наконец, использовать в качестве сырья уже не отработанную, а свежую фракцию $C_4$ термокрекинга смешивая ее с фракцией $C_4$ каталитического крекинга, содержащей повышенное количество изобутана. Это обстоятельство позволило значительно улучшить качество получаемого алкилбензина: октановое число с 3,3 мл ТЭС – 105–106 пунктов; сортность с 3,3 мл ТЭС – 142–145 пунктов; удельный вес – 0,690.

Специфической особенностью грозненской нефтеперерабатывающей промышленности, в отличие от ряда других районов Союза, являлось большое количество работающих установок термического крекинга, что и определяло повышенную, сравнительно с другими заводами, концентрацию в сырье алкилирующих установок инертного, нормального бутана [3, 11, 14].

Немаловажное значение для процесса алкилирования, как показали работы ГрозНИИ, имел вопрос качества катализатора – серной кислоты.

В кислотах, поступавших на алкилирующие установки, содержалось в различных количествах железо, окиси азота и другие вещества. Эти и некоторые другие примеси оказывали заметное влияние как на общие показатели реакции алкилирования, так и на качество получаемых продуктов. Особенно сильное влияние оказывали соединения железа, которые являлись эмульгаторами, заметно изменяющими свойства и особенно стойкость эмульсии углеводородов и кислоты. Так, например, наличие в кислоте всего лишь 0,2 мас% сульфата двухвалентного железа почти в три раза повышало стойкость образующейся эмульсии. Общее время разложения эмульсии возрастало с 68 до 155 мин. Присутствие в кислоте трехвалентного железа, наоборот, уменьшало стойкость эмульсии.

Изменение свойств эмульсии сопровождалось изменением качества получающихся продуктов – уже при наличии в кислоте более 0,1% $FeSO_4$ получаемый алкилбензин утяжелялся, повышалась его непредельность, понижалось октановое число, заметно увеличивалось протекание побочных реакций, а также возрастал расход серной кислоты.

Наиболее отрицательной стороной применения серной кислоты в качестве катализатора являлась сильнейшая коррозия аппаратуры на установках сернокислотного алкилирования.

Опыт работы алкилирующей установки № 25 в Грозном указывал на то, что особенно коррозии были подвержены запорная арматура и циркуляционные насосы, которые за десятилетний период эксплуатации были сменены три раза. И только после того, как начали применять штоки и клапаны из нержавеющей стали, выход из строя насосов значительно сократился.

Фактические затраты на капитальный ремонт установки № 25, которые были произведены в период 1948–1954 гг., превысили в два раза реальную стоимость установки [3, 14].

### Список литературы

1. Абдулмежидова З.А. Научные и проектные работы по созданию промышленных процессов каталитического крекинга: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2007. – 147 с.

2. Абдулмежидова З.А., Ахмадова Х.Х., Махмудова Л.Ш., Такаева М.А.,Сыркин А.М. Работы по созданию промышленных процессов каталитического крекинга: монография / отв. ред. Я.А. Максимов. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. – С. 130.

3. Башилов А.А. Некоторые итоги промышленного осуществления в г. Грозном процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами / А.А. Башилов, А.З. Дорогочинский, А.В. Лютер, Ю.А. Гольдштейн // Оказание технической помощи в пуске и освоении новых газоперерабатывающих установок на Новогрозненском НПЗ: аннотация, доклад и заключение / ГрозНИИ. – 1954. – С. 7–19.

4. Дорогочинский А.З. Усовершенствование и освоение в промышленном масштабе процессов каталитической полимеризации и каталитического алкилирования // Научно-технический отчет ГрозНИИ. – 1943. – С. 58–87.

5. Дорогочинский А.З. Сернокислотное алкилирование изопарафинов / Научно-технический отчет ГрозНИИ. – 1944.

6. Дорогочинский А.З., Лютер А.В. О некоторых итогах выработки высокооктановых компонентов в г. Грозном в 1945 г. // Научно-технический отчет ГрозНИИ. – 1945. – С. 40–74.

7. Дорогочинский А.З. Диссертационная работа канд. наук / ЦИАТИМ. – 1946.

8. Дорогочинский А.З., Лютер А.В. К вопросу о технологической схеме и конструкции реактора установок сернокислотного алкилирования // Научно-технический отчет ГрозНИИ по теме № 17 за 1946 г.

9. Дорогочинский А.З., Лютер А.В. Сборник трудов ГрозНИИ. – Вып. 2. – 1947. – С. 81.

10. Дорогочинский А.З. Усовершенствование и освоение в промышленном масштабе процессов каталитической полимеризации и каталитического алкилирования // Научно-исследовательский отчет по теме 18. – ГрозНИИ. – 1943.

11. Дорогочинский А.З. Работа установки сернокислотного алкилирования (№ 25) в Грозном с применением в качестве сырья фракции С4 / А.З. Дорогочинский, А.В. Лютер // О некоторых итогах выработки высокооктановых компонентов в г. Грозном в 1945 г.: научно-техн. отчет / ГрозНИИ. – 1945. – С. 40–53.

12. Дорогочинский А.З. Об алкилировании широкой фракции (С4 + С5) в случае дефицита изобутана //Сборник работ: Труды ГрозНИИ. – Грозный: Грозненское областное изд-во, 1947. – Вып. 2. – С. 81–85.

13. Дорогочинский А.З. К вопросу о технологической схеме и конструкции реактора установок сернокислотного алкилирования / А.З. Дорогочинский, А.В. Лютер // Улучшение работы Грозненских установок производящих высокооктановые добавки к авиабензинам: научно-техн. отчет / ГрозНИИ. – 1946. – 29 с.

14. Дорогочинский А.З. Анализ работы аппаратов установки № 25 в условиях повышенной производительности последней по сырью / А.З. Дорогочинский, А.В. Лютер // Исследование путей более широкого внедрения в промышленность процесса алкилирования изобутана алкенами: научно-техн. отчет / ГрозНИИ. – 1949. – С. 40–101.

15. Магомадова Мадина Х., Ахмадова Х.Х., Магомадова Марем Х., Сыркин А.М. Сырье первой грозненской установки сернокислотного алкилирования // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: материалы XXV Юбилейной Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика АН РБ, доктора химических наук, профессора Дилюса Лутфуллича Рахманкулова; Уфа, 6–8 декабря 2011. – Уфа: Реактив, 2011. – С. 219–220.

16. Обследование и участие в налаживание работы абсорбционно-стабилизационного блока установки каталитического крекинга завода № 867. Раздел 3. Анализ работы установки № 25 сернокислотного алкилирования завода № 803. Научно-технический отчет ГрозНИИ. – 1952. – С. 63–68.

17. Справка по вопросу производства алкилбензина на Новогрозненском НПЗ. – 1954. – С. 19–45.

УДК 581.5: 581.192

# ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛИШАЙНИКОВ РОДА CLADONIA ЕВРОАРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

**[1]Бровко О.С., [1]Паламарчук И.А., [1]Слобода А.А., [1]Бойцова Т.А., [1,2]Гагушкина А.А., [1]Вальчук Н.А.**

*[1]Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики Российской академии наук, Архангельск, e-mail: sloboda.iepn@yandex.ru;*

*[2]Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск*

Лишайники часто выступают организмами-индикаторами для установления негативных изменений в окружающей среде. Наименее изученным в плане лихенологических и лихеноиндикационных исследований является Евроарктический регион России. В статье обсуждаются особенности накопления пигментов, фенольных соединений, специфических лишайниковых кислот, а также микро- и макроэлементов в лишайниках рода *Cladonia* (Hill Ex P. Browne), произрастающих в различных эколого-географических условиях на территории Архангельской области и Республики Карелия. Обнаружена взаимосвязь накопления этих веществ в талломах лишайников с природными и антропогенными факторами в местах их произрастания. Показано, что действие антропогенной нагрузки на лишайники нарушает естественный ход течения метаболизма, приспособленный к климатическим условиям данного региона. Проведенные исследования значимы для ранней диагностики техногенного загрязнения экосистем и состояния природной среды региона в целом.

**Ключевые слова: Евроарктический регион, лишайник, первичные и вторичные метаболиты, абиотические факторы, техногенная нагрузка**

# THE INFLUENCE OF STRESS FACTORS ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF LICHENS GENUS CLADONIA OF EURO-ARCTIC REGION

**[1]Brovko O.S., [1]Palamarchuk I.A., [1]Sloboda A.A., [1]Boytsova T.A., [2]Gagushkina A.A., [1]Valchuk N.A.**

*[1]Federal Center for Intergrated Arctic Researches, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, e-mai: sloboda.iepn@yandex.ru;*

*[2]Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk*

Lichens are widely used as indicator organism for the establishment of negative changes in the environment. The Euro-Arctic region of Russia is the least studied in terms of lichenological and lichen indication studies. The article discusses the features of the accumulation of pigments, phenolic compounds, specific lichen acids, as well as micro and macro elements in lichen genus *Cladonia* (Hill Ex P. Browne), growing in different ecological and geographical conditions in the Arkhangelsk Region and the Republic of Karelia. The linkages between the accumulation of these substances in the lichen thalli and the natural and anthropogenic factors in the places where they grow are established. It is shown that the influence of the anthropogenic impact on lichens violates the natural course of metabolic processes adapted to the climatic conditions of this region. The conducted researches are important for early diagnosis of technogenic pollution of ecosystems and the natural environment of the region as a whole.

**Keywords: Euro-Arctic Region, lichen, primary and secondary metabolites, abiotic factors, technogenic load**

Расположение Евроарктического региона между океаном и территорией, характеризующейся континентальным климатом, является причиной интенсивной циклонической активности с резкими перепадами атмосферного давления и частой сменой погоды. Наличие большого количества уникальных природных ландшафтов, имеющих статус особо охраняемых территорий, накладывает определенные ограничения на хозяйственную деятельность по освоению минерально-сырьевых ресурсов, значимость которых для экономики региона в ближайшие годы будет возрастать. Предстоящее интенсивное освоение ресурсов недр региона будет неизбежно сопровождаться возрастающим техногенным воздействием на окружающую среду [3]. Поэтому весьма актуальной представляется разработка ряда мероприятий по экологической оценке состояния территории региона в условиях высокой чувствительности северных экосистем. В свою очередь, это невозможно без существования мониторинговых исследований, среди которых одним из наиболее перспективных является метод биоиндикации. Многие ученые считают, что для роли биоиндикаторов больше всего подходят лишайники, так как они проявляют высокую чувствительность к изменениям химического состава компонентов окружающей среды [5, 1]. Питание лишайников

зависит от элементного состава воздуха и атмосферных осадков. На компонентный состав лишайников большое влияние оказывают климатические факторы – свет, влажность, температура [4].

**Цель** настоящей работы – изучить влияние экологических факторов (климато-географические, техногенные) на изменения метаболического состояния и накопление микро- и макроэлементов в слоевищах лишайников Евроарктического региона.

## Материалы и методы исследования

Отбор проб эпигейных лишайников рода *Cladonia* осуществлялся в октябре 2015 г. на территории Онежского (Архангельская область) и Кемского (Республика Карелия) районов на 4 пробных участках (рис. 1, точки 1 – 4):

*Точка 3.* Архангельская область, Онежский район, лесная зона, расположенная в 4 км от пос. Порог, тип леса – ельник зеленомошно-лишайниковый, в древостое велико участие сосны (25%), сомкнутость древостоя – 0,5–0,6, подлесок представлен единичными кустами можжевельника, травяно-кустарничковый ярус незначителен и представлен черникой, сплошной мохово-лишайниковый напочвенный покров, почва сухая песчаная.

*Точка 4.* Республика Карелия, Кемский район, о. Русский Кузов, тип леса – сосняк чернично-лишайниковый, сомкнутость древостоя – 0,1–0,15, сплошной покров из кустистых лишайников с редкими кустиками брусники, почва сухая песчаная.

Пробы лишайников отбирались весом 100–150 г на пяти равноудаленных точках одного участка. Виды лишайников были установлены с использованием определителя [6]. Установлено, что на всех четырех участках произрастают лишайники *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F.H. Wigg и *Cladonia sylvatica* (Wallr.).

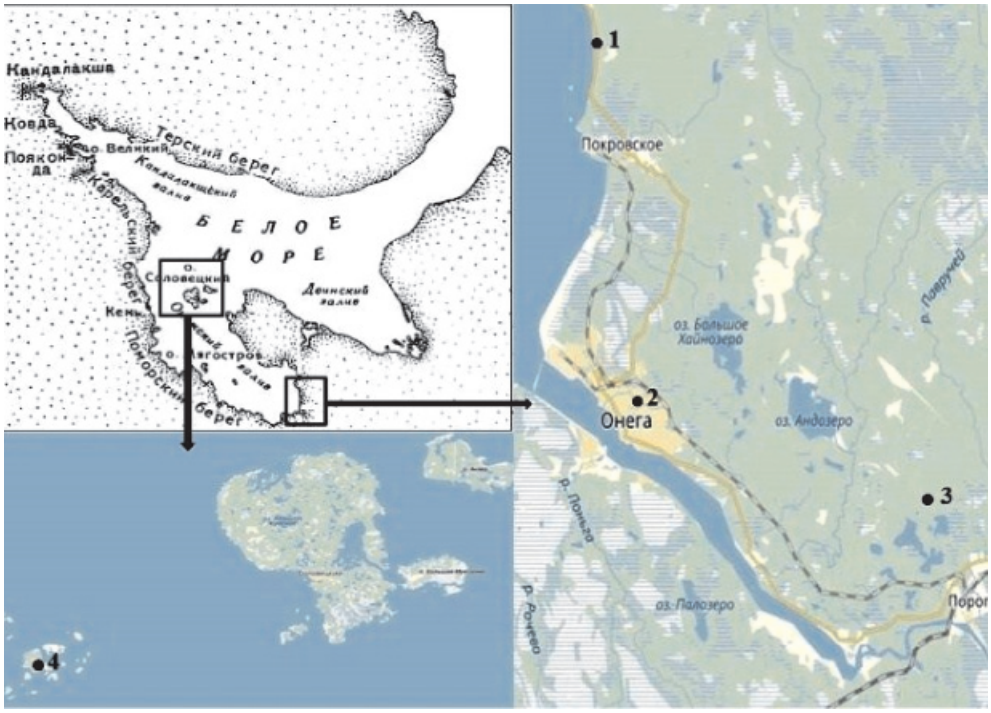



*Рис. 1. Карта с точками отбора проб лишайников*

*Точка 1.* Архангельская область, Онежский район, окрестности с. Покровское, тип леса – сосняк чернично-лишайниковый, в древостое отмечена примесь ели (5%), сомкнутость древостоя – 0,2–0,25, сплошной покров из кустистых лишайников с редкими кустиками брусники, почва сухая песчаная. В 100 м к юго-востоку от этой точки расположена автодорога «Архангельск – Северодвинск – Онега», а в 120 м к северо-западу находится Онежский залив Белого моря.

*Точка 2.* Архангельская область, Онежский район, лесная зона, расположенная в 15 м от автодороги «Архангельск – Северодвинск – Онега», тип леса – сосняк чернично-лишайниковый, сомкнутость древостоя – 0,6–0,75, сплошной покров из кустистых лишайников с редкими кустиками брусники, почва сухая песчаная.

Образцы лишайников были очищены с помощью пинцета от посторонних загрязнителей (мхов, хвои и пр.) и высушены до воздушно-сухого состояния. Для анализов отбирали необходимое количество неповрежденных и крупных талломов и обмывали их деионизированной водой для удаления с поверхности пылевидных частиц. Реакцию организмов на стрессовые воздействия характеризовали по показателям пигментной системы, содержанию фенольных соединений, лишайниковых кислот и химических элементов.

Определение зольности измельченных образцов лишайников проводили в муфельной печи при температуре 500°С согласно ГОСТ 27784–88 [2]. Содержание лишайниковых кислот (усниновой кислоты и атранорина) в талломах определяли на жидкостном

квадрупольном хромато-масс-спектрометре LCMS-2020 (Shimadzu, Япония) согласно [7]. Экстракцию фенольных соединений из талломов лишайников осуществляли 95%-ным этиловым спиртом, общее их содержание определяли спектрофотометрически по методу Свейна – Хиллиса с реактивом Фолина – Чокальтеу на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония) при длине волны 730 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм согласно [9]. Расчет общего содержания фенолов проводили по калибровочному графику, построенному по п-оксибензойной кислоте. Пигменты экстрагировали 80%-ным ацетоном, их содержание определяли на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu, Япония) по общепринятой методике [8]. Для количественного определения металлов в лишайниках использовали волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр XRF-1800 (Shimadzu, Япония), для определения углерода, азота и серы – анализатор EuroEA 3000 (EuroVector, Италия).

## Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что зольность исследуемых образцов лишайников (табл. 1) имеет четкую зависимость от видовой принадлежности и условий произрастания:

– при одинаковых условиях произрастания лишайник *C. sylvatica* имеет большую зольность таллома в сравнении с лишайником *C. rangiferina*. Это может быть связано с разной скоростью протекания метаболических процессов в клетках и потребностью в питательных элементах для лишайников различной видовой принадлежности

– высокая зольность талломов лишайников в т. 1 и 2 может быть связана с условиями их произрастания: высокая освещенность и влажность лесной подстилки, способствующие наращиванию биомассы, а также близость автомобильной дороги и населенных пунктов, являющихся источниками пылевых выбросов. Для лишайников в т. 3 и 4 невысокая зольность обусловлена климатическими условиями – единственно значимым фактором окружающей среды, формирующим уровень их фитомассы.

Лишайники представляют собой ассоциации грибов (микобионты), которые получают углерод и азот от своих водорослевых и/или цианобактериальных симбионтов (фотобионты). Фотобионт лишайников рода *Cladonia* – зеленые водоросли рода *Trebouxia*, снабжение азотом которых происходит за счет поступления неорганических и органических соединений азота на поверхность талломов в форме различных жидких и сухих осаждений. Содержание азота и серы в талломах зависит от видовой принадлежности и условий произрастания лишайников. Для лишайников, произрастающих в т. 3 и 4, основным источником азота служат атмосферные осадки. Дополнительным источником поступления соединений азота и серы для лишайников в т. 1 и 2 могут служить выхлопные газы двигателей автомобилей и выбросы дымовых труб жилых помещений и котельных (табл. 1).

Известно, что у растений губительный эффект загрязнителей проявляется прежде всего в изменении хлоропластов. Основным структурным компонентом мембраны хлоропластов являются пигменты – хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды (табл. 2). Поскольку хлорофилл *a* составляет большую часть в общем пигментном фонде, значительное снижение его содержания в лишайниках (т. 2) свидетельствует о глубоких структурных изменениях фотосинтетического аппарата фотобионта вследствие техногенной нагрузки. Заметных различий в содержании хлорофилла у лишайников, произрастающих в т. 1, 3 и 4, не выявлено, что доказывает его стабильность в светособирающих комплексах фотосистем.

Установлено, что в лишайниках, отобранных в т. 1 и 2, содержание желтых пигментов и низкомолекулярных фенолов выше, чем для других образцов лишайников. Увеличение кариогенеза и синтеза фенолов в этих точках связано с техногенной нагрузкой.

**Таблица 1**

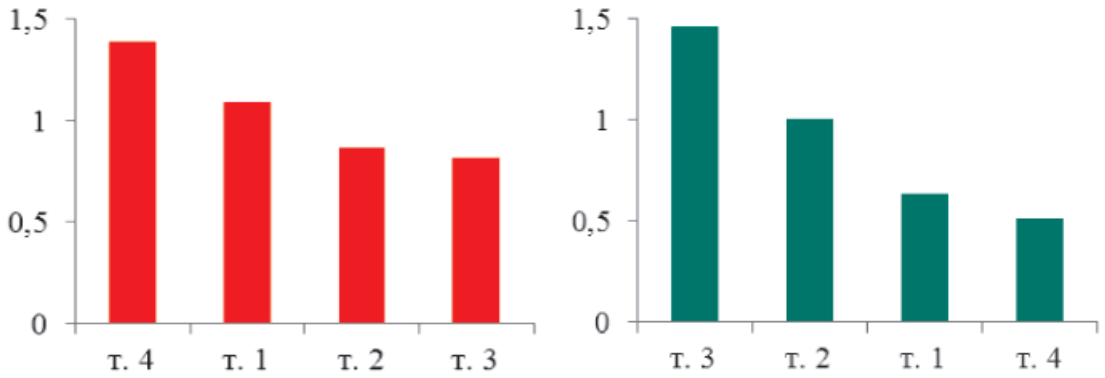
Зольность и элементный состав талломов лишайников

| Точка отбора | Наименование образца | Элементный состав, % | | | Зольность, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | C | N | S | |
| т. 1 | *C. sylvatica* | 40,5 | 0,91 | 0,09 | 2,77 ± 0,18 |
| | *C. rangiferina* | 40,8 | 1,22 | 0,11 | 1,90 ± 0,16 |
| т. 2 | *C. sylvatica* | 40,7 | 1,63 | 0,07 | 3,29 ± 0,22 |
| | *C. rangiferina* | 41,8 | 1,81 | 0,08 | 2,41 ± 0,16 |
| т. 3 | *C. sylvatica* | 42,6 | 0,67 | 0,04 | 1,47 ± 0,17 |
| | *C. rangiferina* | 42,8 | 1,35 | 0,04 | 1,11 ± 0,15 |
| т. 4 | *C. sylvatica* | 42,0 | 1,92 | 0,06 | 0,64 ± 0,07 |
| | *C. rangiferina* | 41,9 | 1,99 | 0,05 | 0,31 ± 0,10 |

**Таблица 2**

Содержание пигментов и фенолов в талломах лишайников

| Точка отбора | Наименование образца | Содержание, мкг/г | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Хлорофилл *a* | Хлорофилл *b* | Каротиноиды | Фенолы |
| т. 1 | *C. sylvatica* | 181,9 ± 11,7 | 83,6 ± 8,2 | 79,1 ± 12,0 | 5,16 ± 0,11 |
| | *C. rangiferina* | 178,0 ± 8,5 | 84,6 ± 12,2 | 100,3 ± 12,8 | 6,11 ± 0,38 |
| т. 2 | *C. sylvatica* | 87,5 ± 6,5 | 39,5 ± 9,1 | 68,5 ± 12,6 | 6,80 ± 0,47 |
| | *C. rangiferina* | 67,3 ± 10,6 | 28,5 ± 8,7 | 52,9 ± 13,1 | 6,40 ± 0,55 |
| т. 3 | *C. sylvatica* | 91,3 ± 11,3 | 41,2 ± 8,8 | 41,5 ± 13,5 | 4,42 ± 0,44 |
| | *C. rangiferina* | 143,1 ± 10,8 | 66,8 ± 10,4 | 62,9 ± 15,1 | 4,89 ± 0,65 |
| т. 4 | *C. sylvatica* | 208,8 ± 12,0 | 87,6 ± 11,1 | 41,8 ± 14,9 | 4,32 ± 0,61 |
| | *C. rangiferina)* | 250,6 ± 9,4 | 100,0 ± 8,5 | 31,5 ± 14,0 | 5,48 ± 0,69 |




а б

*Рис. 2. Содержание лишайниковых веществ (в масс. %):*
*а – усниновой кислоты в C. sylvatica; б – атранорина в C. rangiferina*

Согласно литературным данным, влажность и освещенность оказывают значительное воздействие на биосинтез лишайниковых веществ. Известно, что лишайник *C. sylvatica* (светолюбивый вид) является продуцентом усниновой кислоты, а *C. rangiferina* (тенелюбивый вид) – атранорина [6]. По степени освещенности и влажности, определяющихся сомкнутостью древостоя, точки отбора лишайников можно расположить в следующие ряды: т. 4 > т. 1 > т. 3 > т. 2 и т. 2 > т. 3 > т. 1 > т. 4 соответственно. Выявлено наибольшее содержание усниновой кислоты в лишайнике *C. sylvatica* в т. 4 и атранорина в лишайнике *C. rangiferina* в т. 2 (рис. 2).

Под влиянием загрязнения атмосферы в лишайниках трансформируется не только органическая часть, но и минеральная. Это касается в первую очередь загрязнения тяжелыми металлами, часть которых – неотъемлемые компоненты выбросов от автотранспорта и различных предприятий.

Показано, что ряд накопления металлов для лишайников изменяется в зависимости от условий местообитания и уровня техногенной нагрузки. Нами отмечено, что наблюдается уменьшение содержания железа (в масс. %) у лишайника *C. sylvatica* в ряду т. 2 (0,484) > т. 1 (0,318) > т. 3 (0,169) > т. 4 (0,085), как и у лишайника *C. rangiferina* в ряду т. 1 (1,42) > т. 2 (1,00) > т. 3 (0,106) > т. 4 (0,102). Такой же ряд сохраняется для Al, Mg, Ca, Cr, Si, V, Mn, Co, Ni и др. элементов.

Высокое содержание данных элементов в лишайниках связано с тем, что они являются основными компонентами трансграничных выбросов металлургических и горно-обогатительных предприятий, расположенных в Республике Карелия и Мурманской области, или обусловлено естественным региональным фоном.

## Заключение

В результате анализа химического состава лишайников рода *Cladonia*, произрастающих в Евроарктическом регионе России, выявлены различия в содержании основных компонентов, связанные с влиянием эколого-климатических условий их произрастания:

а) установлено, что для лишайника *C. sylvatica*, произрастающего на хорошо освещенных участках (т. 1 и 4), характерно высокое содержание усниновой кислоты, а для лишайника *C. rangiferina*, произрастающего на затемненных участках (т. 2 и 3), – высокое содержание атранорина;

б) высокое содержание фенольных соединений и каротиноидов в лишайниках (т. 1 и 2) можно рассматривать как адаптивную реакцию на техногенное и антропогенное загрязнение. Фенолы и каротиноиды способны служить акцепторами свободных радикалов, снижая их токсичность;

в) показано, что для лишайников, произрастающих в т. 3 и 4, характерно высокое значение содержания хлорофиллов вследствие благоприятных природных условий их местообитания;

г) высокие зольность и содержание химических элементов в лишайниках (т. 1 и 2) обусловлены аэротехногенным переносом веществ в составе пылевых частиц выбросов автомобилей и малых котельных, присутствующих в поселках на исследуемой территории.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках научного проекта комплексной программы Уральского отделения РАН № 0410-2015-0021 «Новые подходы к комплексной оценке состояния и эволюции лесных и болотных экосистем западного сегмента Арктики» в ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова.*

**Список литературы**

1. Галанин А.А., Глушкова О.Ю. Лихенометрия // Вестник РФФИ. – 2003. – № 3. – С. 3–38.

2. ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. – М.: Изд-во стандартов. 1999. – 10 с.

3. Губайдуллин М.Г. Геоэкологические условия освоения минерально-сырьевых ресурсов Европейского Севера России. – Архангельск: Изд-во Поморского госуниверситета, 2002. – 310 с.

4. Инсаров Г.Э., Инсарова И.Д. Оценка чувствительности лишайников к изменению климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2000. – Т. 17. – С. 106–121.

5. Инсарова И.Д. Влияние тяжелых металлов на лишайники // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 1983. – Т. 6. –С. 101–113.

6. Определитель лишайников СССР. Вып. 5. Кладониевые – Акароспоровые. – Л.: Наука, 1978. – 305 с.

7. Feige G.B., Lumbsch H.T., Huneck S., Elix J.A., Identification of Lichen substances by a standardized high-performance liquid chromatographic method // Journal of Chromatography. – 1993. – Vol. 646. – Issue 2, 3. – P. 417–427.

8. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.L. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf exacts in different solvents // Biochem. Soc. Trans. – 1983. – Vol. 11. – P. 591–592.

9. Swain J., Hillis W.E. The phenolic constituents of Prunus domestica. I. The quantitative analysis of phenolic constituents // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1959. – Vol. 10. – № 1. – P. 63–68.

УДК 547.583.5 : 615.011.4 : 615.272.3

# КОРРЕЛЯЦИЯ КОНСТАНТ ИОНИЗАЦИИ С ГИПОГЛИКЕМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ В РЯДУ ЗАМЕЩЕННЫХ АМИДОВ N–АЦИЛ–5–БРОМ(5–ЙОД) АНТРАНИЛОВЫХ КИСЛОТ

**[1]Коркодинова Л.М., [1]Андрюков К.В., [1]Кремлёва О.Б., [2]Котегов В.П.**

*[1]ГБОУ ВПО «Пермская государственная фармацевтическая академия», Пермь, e-mail: k_andrukov@mail.ru;*

*[2]ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: viktor.cotegov@yandex.ru*

Определены значения констант ионизации (pKa и pKв) 9 соединений ряда замещенных амидов N–ацил–5–бром (5-йод) антраниловых кислот методом потенциалов полунейтрализации. Исследована гипогликемическая активность 9 веществ. Проведены квантово-химические расчёты зарядов на атомах азота, углерода и кислорода неэмпирическим методом Хартри – Фока. Выполнен регрессионный анализ и получено 16 корреляционных уравнений, связывающих pKa и pKв с экспериментально определенной гипогликемической активностью через 3 и 5 часов ($ГГА_{эксп}$), с использованием программы Statistica 6. Выбраны 4 наиболее значимых уравнения с коэффициентом корреляции от 0,716 до 0,942. С целью проверки пригодности составленных корреляционных уравнений для прогнозирования ГГА получены экспериментальные значения констант ионизации 2 новых соединений и рассчитаны значения прогнозируемой гипогликемической активности. Определены значения $ГГА_{эксп}$ исследуемых 2 соединений. Получены удовлетворительные результаты прогноза, которые позволяют сделать вывод о том, что найденные модели структура – гипогликемическая активность могут быть использованы при конструировании соединений с гипогликемической активностью в ряду амидов N-ацил-5-бром(йод) антраниловых кислот.

**Ключевые слова: N-ацилзамещенная антраниловая кислота, амиды, константа ионизации, гипогликемическая активность, структура – активность**

# THE CORRELATION OF IONIZATION CONSTANTS WITH HYPOGLYCEMIC ACTIVITY IN A SERIES OF SUBSTITUTED AMIDES OF N-ACYL-5-BROMO (5-IODO) ANTHRANILIC ACID

**[1]Korkodinova L.M., [1]Andryukov K.V., [1]Kremleva O.B., [2]Kotegov V.P.**

*[1]Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, e-mail: k_andrukov@mail.ru;*

*[2]Perm State National Research University, Perm, e-mail: viktor.cotegov@yandex.ru*

The values of ionization constants (pKa and pKв) of 9 substances of substituted amides of N-acyl-5-bromo (5-iodo) anthranilic acid by method of potential semi-neutralization are defined. Studied the hypoglycemic activity of the 9 substances. Carried out quantum-chemical calculations of the charges on the atoms of nitrogen, carbon and oxygen by ab initio method Hartree-Fock. It is transacted the analysis of regression and received 16 correlation equations connecting the pKa and pKв with experimentally defined hypoglycemic activity ($HGA_{exp}$), with the use by program of Statistica 6. Selected four most significant equations with coefficient of correlation from 0,716 to 0,942. The values pKa and pKв of 2 new substances are experimentally defined. Values of HGA action with use of the made equations are calculated. It is experimentally defined $HGA_{exp}$ of investigated 2 substances. Satisfactory results of the prediction are obtained. Following the results of an estimation of quality of the prediction it is possible to draw a conclusion, that the calculated equations can be used in the further researches for search of active substances with HGA among of amides of N-acyl-5-bromo (5-iodo) anthranilic acid.

**Keywords: N-acylsubstituted anthranilic acid, amides, ionization constant, hypoglycemic activity, structure-activity.**

Исследования корреляции структура – активность позволяют количественно охарактеризовать биологическую активность, на которую оказывают влияние факторы, связанные с физико-химическими свойствами, например, с константами ионизации [1, 3, 4]. Процессы ионизации веществ в значительной степени определяют особенности их всасывания и транспорта в желудочно-кишечном тракте, влияя на степень выраженности фармакологического действия [5, 6].

В работе [4] показана зависимость гипогликемической активности изучаемых соединений от констант кислотности и основности, коэффициент корреляции при этом находится в пределах (0,847–0,939) в ряду N'-ацилгидразидов N–ацил–5–бром(5–йод) антраниловых кислот. В продолжение этих исследований проведён корреляционный анализ количественной зависимости величины гипогликемической активности (ГГА) в ряду замещенных амидов N–ацил–5–бром(5–йод) антраниловых кислот (I–IX) от экспериментально определенных констант ионизации.

Гипогликемическую активность (табл. 1) изучали на самках белых нелинейных крыс

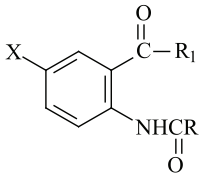
массой 190–220 г. Изучаемые 9 соединений вводили через рот в скрининговой дозе 25 мг/кг. Уровень гликемии характеризовали глюкозооксидазным методом. Содержание глюкозы в крови животных определяли до, а также через 3 и 5 часов после введения исследуемых соединений [2]. Для проведения расчётов использованы уровни ГГА без учета отклонений.

Значения ГГА 3 часа и ГГА 5 часов исследованных амидов лежат в интервале от + 5,30 до –23,91 % и от + 0,70 до –21,30 % соответственно. У соединений I–VII, IX со временем происходит значительное уменьшение ГГА. Исключением является амид VII, у которого через 5 часов наблюдается снижение сахара в крови с – 19,10 до – 21,30 %.

При анализе соединений I–VI, содержащих в NH-ацильном фрагменте 4-нитро (метил)бензоильный радикал, обнаружено, что наибольшую активность проявил амид III с аллильным заместителем в амидной группе (–23,91 и –15,24 %). Замена аллильного заместителя на алкилфенильный (соед. II) приводит к значительному снижению ГГА через 3 часа (ГГА 3 ч) до –11,60 и ГГА через 5 часов (ГГА 5 ч) до –1,61 %. Дальнейшее варьирование заместителями в амидной группе (соед. I, II, V) несколько снижает ГГА 3 ч и ГГА 5 ч по сравнению с амидом III. Среди адамантиламидов VII–IX выраженную гипогликемическую активность проявило соединение VII, содержащее NH-фураноильный фрагмент.

**Таблица 1**

Гипогликемическая активность соединений
из ряда замещенных амидов N–ацил–5–бром (5–йод) антраниловых кислот (I–IX)




| № п/п | X | R | $R_1$ | Изменение гликемии, % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ГГА 3 ч | ГГА 5 ч |
| I | Br | $C_6H_4(4–NO_2)$ | $NHCH_2CH_2OH$ | –19,90 ± 4,92* | –0,40 ± 4,08 |
| контроль | | | | –2,70 ± 1,97 | –4,90 ± 3,65 |
| II | Br | $C_6H_4(4–NO_2)$ | $NHCH_2C_6H_5$ | –11,60 ± 5,61 | –1,61 ± 4,81 |
| контроль | | | | –2,70 ± 1,97 | –4,90 ± 3,65 |
| III | Br | $C_6H_4(4–NO_2)$ | $NHCH_2CH = CH_2$ | –23,91 ± 4,13* | –15,24 ± 3,84* |
| контроль | | | | –4,92 ± 2,02 | –4,17 ± 1,13 |
| IV | Br | $C_6H_4(4–NO_2)$ | морфолил | –16,10 ± 10,11 | + 0,70 ± 5,36 |
| контроль | | | | –4,92 ± 2,02 | –4,17 ± 1,13 |
| V | I | $C_6H_4(4–CH_3)$ | морфолил | –19,40 ± 5,60* | –4,20 ± 5,28 |
| контроль | | | | –4,92 ± 2,02 | –4,17 ± 1,13 |
| VI | I | $C_6H_4(4–CH_3)$ | $NHCH_3$ | –12,50 ± 4,07 | –0,90 ± 2,10 |
| контроль | | | | –4,92 ± 2,02 | –4,17 ± 1,13 |
| VII | I | 2–фурил | NHАдамантил | –19,10 ± 4,18* | –21,30 ± 4,42* |
| контроль | | | | –6,50 ± 1,30 | –4,40 ± 2,00 |
| VIII | I | $C_6H_4(4–CH_3)$ | $CH_2C_6H_5$ | –12,00 ± 6,16 | –5,30 ± 5,02 |
| контроль | | | | –3,50 ± 2,30 | –6,40 ± 2,10 |
| IX | I | $C_6H_5$ | NHАдамантил | + 5,30 ± 16,80 | + 2,60 ± 10,30 |
| контроль | | | | –6,50 ± 1,30 | –4,40 ± 2,00 |
| Метформин | | | | + 4,30 ± 4,10 | + 5,30 ± 2,80 |
| Карбутамид | | | | –21,20 ± 2,0* | –21,90 ± 2,80** |

Примечание. Достоверность отличий по сравнению с контролем при $p \le 0,05$ – *, $p \le 0,01$ – **.

Амид VIII с заместителем бензиламин в амидной группе проявил слабую активность ГГА 3 ч – 12,00 %, ГГА 5 ч – 5,30 %.

Замещённые амиды N–ацил–5–бром(5–йод) антраниловых кислот (I–IX) содержат две азотсодержащие ионогенные группы: амидная и NH–ацильная, в зависимости от условий среды они проявляют как кислотные, так и основные свойства и характеризуются константами кислотности (рКа) и основности (рКв).

Для изучения количественной зависимости гипогликемической активности от физико-химических свойств соединений (I–IX) экспериментально определены константы кислотности ($рКа_{эксп}$) и основности ($рКв_{эксп}$) методом потенциометрического титрования в среде диметилсульфоксида (ДМСО) с помощью универсального иономера ЭВ–74 по методу потенциалов полунейтрализации [1, 4] (табл. 2). Концентрация определяемых соединений 0,005 М, концентрация титрантов – КОН и $HClO_4$ – 0,05 М.

Схемы ионизации молекул замещённых амидов N–ацил–5–бром(5–йод) антраниловых кислот (I–IX) в щелочной и кислой средах составлены с учётом величины зарядов на атомах азота, кислорода и водорода (в электронных единицах). Заряды (табл. 2) были рассчитаны неэмпирическим методом Хартри – Фока в базисе 3-21G с полной оптимизацией геометрии молекул в среде ДМСО, с использованием программы Gaussian 03. Эффект растворителя учитывали проводя расчёты на модели PCM (Polarizable Continuum Model).

В результате проведенных квантово-химических расчётов обнаружено, что наибольший отрицательный заряд на атоме азота в NH–ацильной группе (от –1,021 до –1,064). Зависимости в виде коэффициента корреляции, констант кислотности $R_{рКа}$ и основности $R_{рКв}$, от зарядов на атомах азота приведены в табл. 2. Наибольшие значения коэффициента корреляции найдены на атоме кислорода в NH–ацильной группе ($R_{рКа}$ = 0,476, $R_{рКв}$ = 0,510). Таким образом, можно сделать вывод об определяющем влиянии NH–ацильной группы и её заместителей на кислотные и основные свойства.

Кислотные свойства соединений (I–IX) обусловлены атомом водорода аминогруппы в NH-ацильном фрагменте, который по результатам расчёта в среде ДМСО связан с наиболее электроотрицательным атомом азота и является наиболее подвижным в сравнении атомом водорода в амидной группе. В процессе ионизации в щелочной среде (КОН) они теряют протон, превращаясь в сопряжённое основание (схема 1).

**Таблица 2**

Рассчитанные заряды на атомах кислорода, азота и водорода в амидной (CONH) и NH–ацильной (NHCO) группах (I–IX) и константы ионизации

| Номер соединения | Амидная (CONH) | | NH–ацильная (NHCO) | | | рКа | рКв |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | O | N | N | H | O | | |
| I | –0,666 | –0,909 | –1,021 | 0,394 | –0,651 | 10,27 | 9,66 |
| II | –0,654 | –0,906 | –1,024 | 0,399 | –0,645 | 10,95 | 9,79 |
| III | –0,677 | –0,911 | –1,047 | 0,399 | –0,648 | 9,20 | 8,76 |
| IV | –0,661 | –0,883 | –1,026 | 0,399 | –0,645 | 10,40 | 9,70 |
| V | –0,675 | –0,889 | –1,054 | 0,395 | –0,666 | 4,28 | 5,27 |
| VI | –0,661 | –0,905 | –1,026 | 0,391 | –0,663 | 9,24 | 8,05 |
| VII | –0,697 | –0,976 | –1,051 | 0,418 | –0,673 | 8,45 | 8,82 |
| VIII | –0,704 | –0,931 | –1,039 | 0,410 | –0,663 | 10,39 | 8,84 |
| IX | –0,696 | –0,991 | –1,064 | 0,400 | –0,663 | 10,84 | 9,40 |
| $R_{рКа}$ | 0,044 | 0,251 | 0,400 | 0,090 | 0,476 | | |
| $R_{рКв}$ | 0,072 | 0,262 | 0,400 | 0,197 | 0,510 | | |

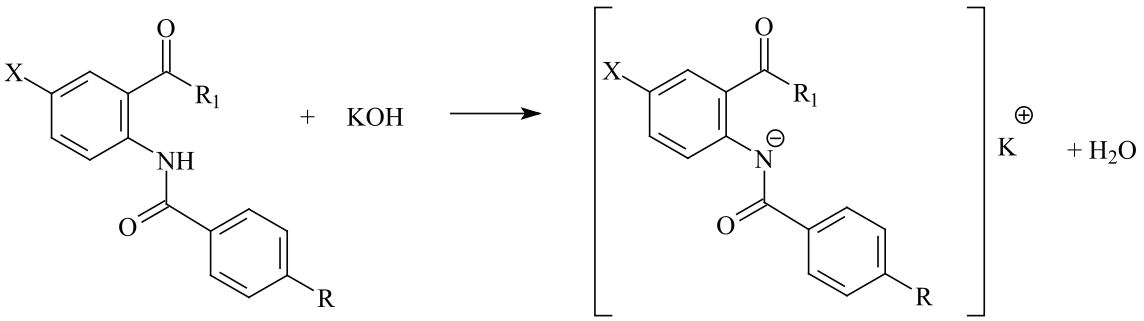



*Схема 1*

В кислой среде протонирование амидов (I–IX), содержащих две карбонильные группы, происходит по атому азота NH–ацильной группы, вследствие чего в кислой среде следует ожидать образование аммониевого катиона (схема 2).

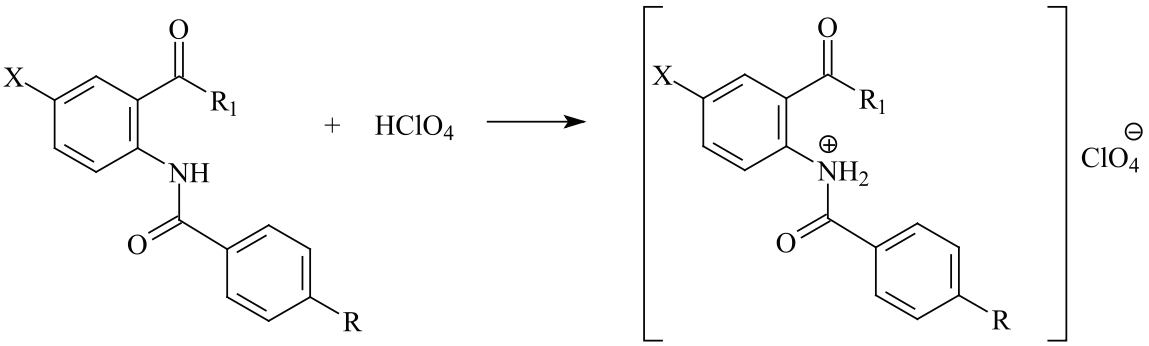



*Схема 2*

Соединения I–IV, содержащие в NH-ацильном фрагменте 4-нитробензоильный радикал, обладают слабыми кислотными свойствами, значения pKa от 9,20 до 10,95. Замена в 4-м положении ароильного фрагмента нитрогруппы на метильную (соед. V и VI) вызывает усиление кислотных свойств амидов (до pKa 4,28). Для соединения IX наблюдается некоторое ослабление кислотных свойств ((pKa 10,39). Основные свойства соединений I–IV выражены в большей степени, чем в соединениях V и VI.

Проведен линейный регрессионный анализ с использованием программы Statistica 6. Составлены однопараметровые уравнения зависимости ГГА от pKa и pKв (табл. 3): № 1 и 2 (ГГА 3 ч) и 9, 10 (ГГА 5 ч), коэффициент корреляции ($R$) при использовании констант кислотности выше ($R$ = 0,428 и 0,289), чем констант основности ($R$ = 0,261 и 0,123). Возведение в квадрат констант кислотности приводит к увеличению величины $R$ для ГГА 3 ч и ГГА 5 ч и находится в интервале 0,3–0,5.

С целью увеличения качественной оценки тесноты связи мы составили два полиномиальных уравнения второй степени, содержащие pKa и pKв (уравнения (7) и (15)). В результате коэффициент множественной корреляции увеличился до 0,813 и 0,947 для ГГА 3 ч и ГГА 5 ч соответственно. Для снижения количества переменных, с использованием опции пошагового включения параметров в программе Statistica 6, мы сократили число независимых переменных с четырех до двух. Оценка тесноты связи при этом уменьшилась до 0,716 (уравнение (8)) и 0,737 (уравнение (16)).

Проведена проверка наиболее значимых уравнений (7), (8), (15), (16) на прогнозирующую способность с использованием экспериментально определенных значений констант ионизации соединений X и XI (табл. 4).

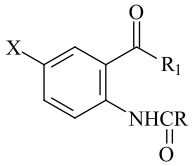
**Таблица 3**

Корреляционные уравнения связи значений ГГА с константами ионизации замещенных амидов N–ацил–5–бром(5–йод) антраниловых кислот (I–IX)

| № п/п | Корреляционное уравнение | R | S | N |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ГГА 3 ч = –30,737 + 1,754×рКа | 0,428 | 8,19 | 9 |
| 2 | ГГА 3 ч = –28,087 + 1,578×рКв | 0,261 | 8,75 | 9 |
| 3 | ГГА 3 ч = –26,086 + 0,128×рКа$^2$ | 0,482 | 7,94 | 9 |
| 4 | ГГА 3 ч = –22,540 + 0,105×рКв$^2$ | 0,264 | 8,74 | 9 |
| 5 | ГГА 3 ч = –5,331 + 7,919×рКа – 9,536×рКв | 0,644 | 7,49 | 9 |
| 6 | ГГА 3 ч = –14,637 + 0,472×рКа$^2$ – 0,552×рКв$^2$ | 0,698 | 7,01 | 9 |
| 7 | ГГА 3 ч = – 254,554 – 71,556×рКа + 128,854×рКв + 4,271×рКа$^2$ – 7,764×рКв$^2$ | 0,813 | 6,98 | 9 |
| 8 | ГГА 3 ч = 17,977 – 8,926×рКв + 0,498×рКа$^2$ | 0,716 | 6,83 | 9 |
| 9 | ГГА 5 ч = –15,490 + 1,116×рКа | 0,289 | 8,17 | 9 |
| 10 | ГГА 5 ч = –11,178 + 0,702×рКв | 0,123 | 8,47 | 9 |
| 11 | ГГА 5 ч = –13,665 + 0,094×рКа$^2$ | 0,375 | 7,91 | 9 |
| 12 | ГГА 5 ч = –9,848 + 0,061×рКв$^2$ | 0,164 | 8,42 | 9 |
| 13 | ГГА 5 ч = – 9,342 + 7,141×рКа – 9,321×рКв | 0,577 | 7,53 | 9 |
| 14 | ГГА 5 ч = –2,830 + 0,419×рКа$^2$ – 0,522×рКв$^2$ | 0,631 | 7,15 | 9 |
| 15 | ГГА 5 ч = 401,996 + 66,141×рКа – 169,512×рКв – 2,981×рКа$^2$ + 9,314×рКв$^2$ | 0,947 | 3,62 | 9 |
| 16 | ГГА 5 ч = 36,161 – 10,094×рКв + 0,512×рКа$^2$ | 0,737 | 6,23 | 9 |

**Таблица 4**

Экспериментальные значения констант ионизации соединений (X–XI)




| Номер соединения | X | R | $R_1$ | рКа | рКв |
|---|---|---|---|---|---|
| X | Br | $C_6H_4(4\text{-}NO_2)$ | $NHCH_2CH_2CH(CH_3)_2$ | 10,70 | 9,77 |
| XI | I | $C_6H_4$ (4–$CH_3$) | $NHCH_2CH_2CH(CH_3)_2$ | 9,71 | 9,04 |

**Таблица 5**

Результат прогноза ГГА, доверительный интервал среднего предсказанного значения ($\Delta_{инд}$, при p = 0,1), среднеквадратичная ошибка прогноза и экспериментальные значения ГГА

| № п/п | ГГА 3 ч, % (уравнение (7)) | | | ГГА 5 ч, % (уравнение (15)) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ГГА 3 ч$_{рассч}$ ($\Delta_{инд}$) | ГГА 3 ч$_{эксп}$ | $S_{1прогн}$ (ур-е (7)) | ГГА 5 ч$_{рассч}$ ($\Delta_{инд}$) | ГГА 5 ч$_{эксп}$ | $S_{3прогн}$ (ур-е (15)) |
| X | –13,47 (–22,21...–4,72) | –17,50 ± 1,19 | 5,39 | +1,38 (–3,16...+5,92) | –6,70 ± 5,58 | 4,47 |
| XI | –16,37 (–22,34...–10,39) | –9,90 ± 3,75 | | –8,02 (–11,13...–4,92) | –4,60 ± 3,94 | |
| | ГГА 3 ч, % (уравнение № 8) | | | ГГА 5 ч, % (уравнение № 16) | | |
| | ГГА 3 ч$_{рассч}$ ($\Delta_{инд}$) | ГГА 3 ч$_{эксп}$ | $S_{2прогн}$ (ур-е (8)) | ГГА 5 ч$_{рассч}$ ($\Delta_{инд}$) | ГГА 5 ч$_{эксп}$ | $S_{4прогн}$ (ур-е (16)) |
| X | –12,20 (–17,90...–6,49) | –17,50 ± 1,19 | 5,58 | –3,84 (–9,04...+1,35) | –6,70 ± 5,58 | 2,56 |
| XI | –15,75 (–20,59...–10,90) | –9,90 ± 3,75 | | –6,81 (–11,23...–2,40) | –4,60 ± 3,94 | |

Доверительный интервал прогноза ΔГГА 3 $ч_{рассч}$ (уравнения (7) и (8)) ΔГГА 5 $ч_{рассч}$ (уравнения (15) и (16)) по соединениям X и XI полностью включает в себя экспериментально определенные значения ГГА с учетом их отклонений (табл. 5).

Для проведения сравнительной оценки прогнозирования $ГГА_{рассч}$, с помощью полученных уравнений (7), (8), (15) и (16) и рассчитанных квантово-химических параметров вычислены значения средней квадратичной ошибки прогноза ($S_{прогн}$): $S_{1прогн} = 5{,}39$, $S_{2прогн} = 5{,}58$, $S_{3прогн} = 4{,}47$ и $S_{4прогн} = 2{,}56$ (табл. 5). Величина средней квадратичной ошибки свидетельствует о том, что использование уравнения (16) ($S_{4прогн.} = 2{,}56$) приводит к более точным результатам прогнозирования ГГА 5 ч. Сравнительная оценка найденных уравнений (7) и (8) при прогнозировании ГГА выявила, что меньшую ошибку прогноза дает уравнение (7) ($S_{1прогн} = 5{,}39$).

Приведенные в работе результаты позволяют сделать вывод о том, что найденные модели структура – гипогликемическая активность (уравнения (7) и (16)) могут быть использованы при конструировании соединений с гипогликемической активностью в ряду амидов N-ацил-5-бром(йод) антраниловых кислот.

**Список литературы**

1. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М., Кремлёва О.Б. Прогнозирование значений констант ионизации в ряду замещённых амидов и гидразидов N–ацил–5–бром(3,5– дибром) антраниловых кислот с использованием квантово-химических параметров // Хим.-фарм. журнал. – 2009. – Т. 43, № 4. – С. 3 – 6.

2. Курбатов Е.Р., Чупина Т.А., Коркодинова Л.М., Котегов В.П.. Гипогликемическая активность замещенных амидов галогенантраниловых кислот // Хим.-фарм. журнал. – 2014. – Т. 48, № 10. – С. 37–38.

3. Коркодинова Л.М., Кремлева О.Б., Ендальцева О.С. и др. Константы ионизации амидов N–замещенных антраниловых кислот в изучении связи структура-активность // Хим.– фарм. журнал. – 2005. – Т. 39, № 1. – С. 45–47.

4. Коркодинова Л.М., Андрюков К.В., Курбатов Е.Р., и др. Поиск зависимости гипогликемической активности от констант ионизации в ряду N'-ацилгидразидов N–ацил–5–бром(5–йод)антраниловых кислот // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5 (47). –Часть 5. – С. 177–180.

5. Ландау М.А. Молекулярный механизм действия физиологически активных соединений. – М., 1981. – С. 153–158.

6. Avdeef, A. Absorption and Drug Development, Wiley-Interscience, Hobroken. – NJ. 2003. – 287 p.

УДК [615.844.6+615.33]:54.08

# ЭКСПРЕССНЫЙ ВАРИАНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕФОПЕРАЗОНА В ТКАНЯХ ОПЕРАЦИОННОГО ПОЛЯ КАПИЛЛЯРНЫМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗОМ

**Крючков В.Б., Фомин А.Н., Смирнова А.В., Ларичев А.Б.**

*ГБОУ ВПО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль, e-mail: pharmchem.yma@yandex.ru*

Предложена экспрессная методика определения цефоперазона в ткани печени (вес образца 0,1 г) на базе системы капиллярного электрофореза («Капель-105М»). При этом проведена сравнительная оценка способов выделения цефоперазона из ткани печени с использованием ряда экстрагентов. Наибольшая степень экстракции наблюдается при использовании в качестве экстрагента водного раствора натрия гидроксида, pH 9,0. Разработанная методика является доступной и отвечает валидационным требованиям. При этом граница определения составляет 0,1 мкг антибиотика в 0,1 г печени. Показана возможность применения разработанной методики для проведения мониторинга уровней концентрации цефоперазона в тканях операционного поля у пациентов с хирургическим вмешательством через 40 и 60 минут после введения антибиотика. Отмечено наибольшее содержание цефоперазона в брюшине, апоневрозе и коже, значительно меньше определено в мышечной ткани и подкожной жировой клетчатке.

**Ключевые слова: цефоперазон, капиллярный электрофорез, мониторинг концентраций в тканях операционного поля**

# EXPRESS VERSION OF THE DEFINITION CEFOPERAZONE IN TISSUES OF THE SURGICAL FIELD OF CAPILLARY ELECTROPHORESIS

**Kryuchkov V.B., Fomin A.N., Smirnova A.V., Larichev A.B.**

*Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, e-mail: pharmchem.yma@yandex.ru*

We offered the express method of cefoperazone determination in the liver tissue (sample weight of 0,1 g) based on capillary electrophoresis system («Capel-105M»). We also made a comparative evaluation of methods of selection cefoperazone from liver tissue using some extractants. The highest degree of extraction is observed when using as the extractant an aqueous sodium hydroxide solution, pH 9,0. The developed method is affordable and meets the validated claims. The detection limit is 0,1 μg of antibiotic in 0,1 g of liver. We showed the possibility of the developed method for monitoring cefoperazone concentration levels in the tissues of the surgical field in patients, after 40 and 60 minutes after administration of the antibiotic. It was noted the highest content of cefoperazone in the peritoneum, aponeurosis and the skin, much less defined in the muscle tissue and subcutaneous fat.

**Keywords: cefoperazone, capillary electrophoresis, monitoring the concentration in the tissues of the surgical field**

Цефоперазон находит широкое применение при лечении заболеваний дыхательных путей, инфекций кожи, мягких тканей, костей, суставов, а также – для профилактики инфекционных послеоперационных осложнений [1, 3, 5]

Вместе с тем при определённых условиях (индивидуальная непереносимость, передозировка, патологии внутренних органов) антибиотик может вызывать острые отравления, вплоть до смертельного исхода. При этом решающими в диагностике отравлений являются результаты химико-токсикологического (судебно-химического) исследования биологического материала.

В процессе проведения эффективной антибиотикотерапии в хирургической практике возникает необходимость использования современных аналитических методов для контроля уровня содержания антибиотика в биосубстратах операционного поля пациентов, так как терапевтический эффект препарата в значительной степени зависит от концентрации в очаге микробного поражения [6].

В литературе имеются сведения об использовании для анализа цефоперазона в биологических жидкостях хроматографических методов (ТСХ, ВЭЖХ) [2, 7, 8]. Однако отсутствуют методики анализа цефоперазона в тканях органов, в том числе операционного поля. При этом к методикам анализа такого рода предъявляется ряд важных требований: использование минимального веса биосубстрата (не более 0,1 г), экспрессность пробоподготовки, хода анализа, высокая чувствительность (граница определения должна составлять менее 1 мкг антибиотика в исследуемой пробе.

Немаловажное значение имеет доступность аналитических систем для лаборатории. В плане решения вопроса по импортозамещению в настоящее время уделяют пристальное внимание при укомплектовании лабораторий современными отечественными приборами.

К новым эффективным физико-химическим методам относится капиллярный электрофорез, характеризующийся достаточно высокой экспрессностью, чувствительностью и разделительной способностью. Такие доступные сепарационные системы, не уступающие импортной продукции, производит отечественная научно-производственная фирма «Люмекс», г. Санкт-Петербург.

**Целью исследования** явилось изучение возможности определения цефоперазона в тканях органов методом капиллярного электрофореза с использованием отечественной системы – «Капель-105М».

При разработке методики определения цефоперазона в ткани печени (модельные смеси) было проведено сравнительное изучение влияния природы экстрагента на степень экстрагирования антибиотика (ацетонитрил, водный раствор натрия гидроксида, pH, 9,0; буферный раствор Бриттона – Робинсона, pH, 9,0). С этой целью к 0,1 г измельчённой печени, содержащей 20 мкг цефоперазона, добавляли 0,4 мл одного из вышеперечисленных экстрагентов. Перемешивали и оставляли в защищённом от света месте при периодическом встряхивании. Через 10 минут смесь центрифугировали (6000 об/мин, 5 мин). Надосадочную жидкость отделяли, добавляли 10 % раствор хлористоводородной кислоты до pH 2,0 (по универсальной индикаторной бумаге) и проводили экстракцию органической системой растворителей (хлороформ – изобутанол, 3:1), (1 мл×3) в течение 10 минут. Смесь центрифугировали (6000 об/мин, 10 мин). К объединённым экстрактам добавляли 1 мл раствора Бриттона – Робинсона, pH 9,0, разбавленного водой в 10 раз (РП), и проводили реэкстрагирование (10 минут). Смесь центрифугировали (6000 об/мин, 10 мин). Реэкстракт отделяли, дегазировали центрифугированием при 10000 об/мин в течение 5 минут (центрифуга Mini spin plus) и использовали для количественного определения методом капиллярного электрофореза («Капель-105М») согласно разработанной нами методике определения цефоперазона – стандарта при условиях электрофореза: рабочий электролит (РЭ) – буферный раствор Бриттона – Робинсона, pH 9,0, растворитель пробы (РП) – РЭ, разбавленный в 10 раз водой; ввод пробы – давлением (30 мбар×15 с); положительный электрод со стороны введения РЭ (напряжение: +20 кВ); детектирование в УФ области, 230 нм [4]. Результаты исследования, представленные в табл. 1, показали, что наибольшая степень экстракции цефоперазона наблюдается при использовании в качестве экстрагента водного раствора натрия гидроксида, pH 9,0 и составляет 62,30 % (при внесении 20 мкг антибиотика в 0,1 г печени).

Методика количественного определения цефоперазона в печени, с использованием в качестве экстрагента водного раствора натрия гидроксида, pH 9,0, была подвергнута валидации на трёх уровнях концентрации: 20,0, 10,0 и 0,1 мкг в 0,1 г печени, при пяти повторностях. Результаты валидационной оценки представлены в табл. 2.

Метрологическая характеристика полученных данных показывает, что количественное определение цефоперазона в модельных смесях тканей печени на трёх уровнях концентрации характеризуется удовлетворительной сходимостью результатов в пределах рекомендуемой аналитической области. Рассчитанное стандартное отклонение среднего результата находится в пределах критерия приемлемости. Граница определения составляет 0,1 мкг цефоперазона в ткани печени.

Идентификацию цефоперазона на электрофореграмме (ЭФГ) осуществляли по времени миграции аналита в мин ($t_m$). При этом исследования с контрольной пробой печени показали, что отсутствуют посторонние пики в интервале выхода цефоперазона (рис. 1).

**Таблица 1**

Влияние природы экстрагента на степень экстрагирования цефоперазона из печени

| № п/п | Экстрагент | Цефоперазон 20 мкг/0,1 г печени | |
|---|---|---|---|
| | | Определено цефоперазона ($\overline{x}$; $n$ = 3) | |
| | | мкг | % |
| 1. | Водный раствор натрия гидроксида, pH 9,0 | 12,46 | 62,30 |
| 2. | Буферный раствор Бриттона – Робинсона, pH 9,0 | 9,41 | 47,03 |
| 3. | Ацетонитрил | 9,33 | 46,65 |

**Таблица 2**

Валидационная оценка методики количественного определения цефоперазона в ткани печени (экстрагент – водный раствор натрия гидроксида, pH 9,0)

| № п/п | Цефоперазона в 0,1 г печени | Определено цефоперазона | | Метрологические характеристики |
|---|---|---|---|---|
| | | мкг | % | |
| 1. | 20,0 | 13,25 | 66,25 | $\bar{x} = 61{,}45$ |
| 2. | 20,0 | 12,82 | 64,10 | $S = 5{,}81$ |
| 3. | 20,0 | 11,31 | 56,60 | $S\bar{x} = 2{,}59$ |
| 4. | 20,0 | 13,28 | 66,40 | CV % = 9,46 |
| 5. | 20,0 | 10,78 | 53,90 | $\bar{x} \pm \Delta x = 61{,}45 \pm 7{,}23$ |
| 6. | Контрольный опыт | – | – | $\bar{\varepsilon}$ % = 11,76 |
| 7. | 10,0 | 4,216 | 42,16 | $\bar{x} = 45{,}24$ |
| 8. | 10,0 | 4,60 | 46,00 | $S = 3{,}63$ |
| 9. | 10,0 | 4,835 | 48,35 | $S\bar{x} = 1{,}63$ |
| 10. | 10,0 | 4,89 | 49,80 | CV % = 8,03 |
| 11. | 10,0 | 5,035 | 50,35 | $\bar{x} \pm \Delta x = 45{,}24 \pm 4{,}52$ |
| 12. | Контрольный опыт | – | – | $\bar{\varepsilon}$ % = 9,99 |
| 19. | 0,1 | 0,05261 | 52,61 | $\bar{x} = 52{,}10$ |
| 20. | 0,1 | 0,05070 | 50,70 | $S = 2{,}80$ |
| 21. | 0,1 | 0,04864 | 48,64 | $S\bar{x} = 1{,}25$ |
| 22. | 0,1 | 0,05625 | 56,25 | CV % = 5,38 |
| 23. | 0,1 | 0,05231 | 52,31 | $\bar{x} \pm \Delta x = 52{,}10 \pm 3{,}49$ |
| 24. | Контрольный опыт | – | – | $\bar{\varepsilon}$ % = 6,69 |

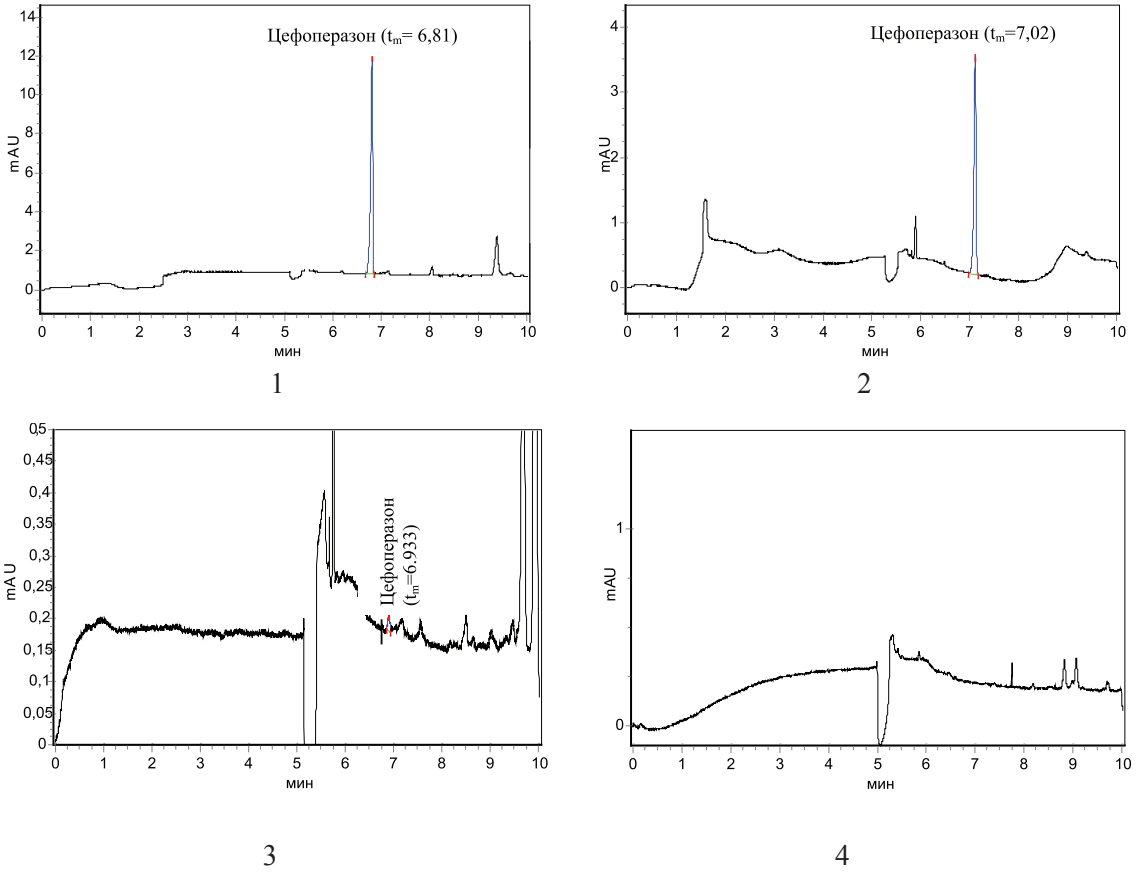



*Рис. 1. Время миграции ($t_m$) цефоперазона, выделенного из печени: 20 мкг/0,1 г печени (1), 10 мкг/0,1 г печени (2), 0,1 мкг/0,1 г печени (3), контрольная проба печени (4)*

Разработанная нами экспрессная методика определения цефоперазона в биологическом материале с использованием метода капиллярного электрофореза была применена для изучения уровня концентрации цефоперазона в тканях операционного поля, взятых от оперируемых больных. Исследования проводились с участием кафедры общей хирургии ГБОУ ВПО «Ярославского государственный медицинский университет» (заведующий кафедрой, д.м.н., профессор А.Б. Ларичев), находящейся на базе ГБКУЗ ЯО «Городская больница им. Н.А. Семашко», на группе оперируемых больных, которым однократно внутривенно вводили 1 г цефоперазона. Отбор проб субстанций с операционного поля проводили через определенные промежутки времени (навески не превышают 0,1 г исследуемой ткани). Последующую пробоподготовку объекта, определение цефоперазона проводили согласно разработанной методике на модельных смесях печени.

Результаты определения и идентификации цефоперазона в клинических объектах представлены в табл. 3 и на рис. 2, 3.

**Таблица 3**

Мониторинг уровней концентрации цефоперазона в тканях операционного поля

| Группа | Концентрация цефоперазона в тканях операционного поля, мкг/0,1 г | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Брюшина | Апоневроз | Кожа | Мышца | Подкожно-жировая клетчатка |
| 40 минут | | | | | |
| 1. | 18,47 | 6,75 | 5,60 | 1,89 | 0,81 |
| 2. | 18,83 | 7,37 | 5,56 | 2,11 | 0,60 |
| 3. | 19,95 | 4,31 | 6,03 | 2,23 | 0,95 |
| $\bar{x} \pm \Delta x$ | 19,08 ± 0,96 | 6,14 ± 2,01 | 6,73 ± 0,32 | 2,08 ± 0,21 | 0,79 ± 0,22 |
| 60 минут | | | | | |
| 1. | 10,94 | 29,00 | 16,25 | 3,90 | 3,23 |
| 2. | 15,49 | 25,16 | 10,22 | 4,55 | 3,29 |
| 3. | 15,16 | 33,17 | 13,63 | 3,76 | 3,69 |
| $\bar{x} \pm \Delta x$ | 13,86 ± 3,15 | 29,24 ± 5,23 | 13,37 ± 3,76 | 4,07 ± 0,52 | 3,41 ± 0,30 |

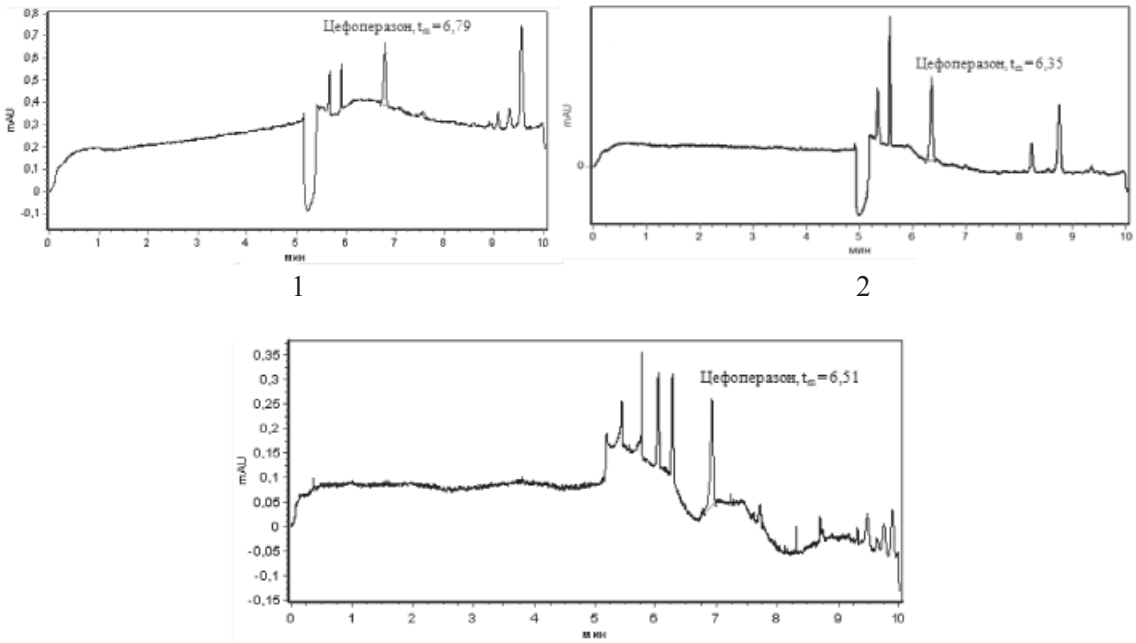



*Рис. 2. ЭФГ цефоперазона, выделенного из брюшины (1), апоневроза (2) и кожи (3) через 40 минут после введения антибиотика*

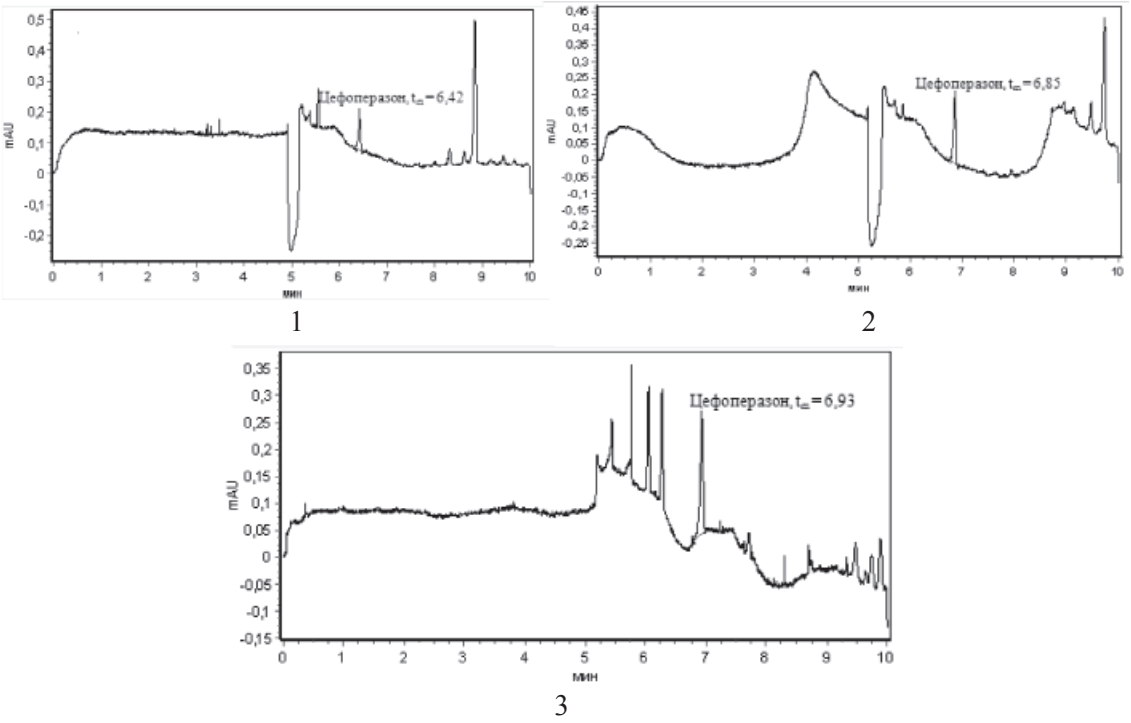



*Рис. 3. ЭФГ цефоперазона, выделенного из брюшины (1), апоневроза (2) и кожи (3) через 60 минут после введения антибиотика*

Результаты исследований показали, что наибольшее количество цефоперазона содержится в брюшине, апоневрозе и коже, значительно меньше определено в мышечной ткани и подкожной жировой клетчатке.

## Выводы

1. Проведена сравнительная характеристика методик выделения цефоперазона из ткани печени (модельные смеси). При этом наибольшая степень выделения наблюдается при использовании в качестве извлекателя водного раствора натрия гидроксида, pH 9,0 (65,60 % при внесении 20 мкг вещества в 0,1 г печени).

2. Разработанная методика количественного определения цефоперазона в ткани печени является доступной, экспрессной и валидной по критериям сходимости и правильности результатов измерений в пределах рекомендуемых аналитических областей. Граница определения исследуемого антибиотика в ткани печени составляет 0,1 мкг вещества 0,1 г печени.

3. Мониторинг уровней концентраций цефоперазона в тканях операционного поля у пациентов с хирургическим вмешательством через 40 и 60 минут после введения антибиотика показывает неравномерную локализацию цефоперазона в тканях операционного поля. Наибольшие количества цефоперазона обнаруживаются в тканях брюшины, апоневроза и коже.

## Список литературы

1. Арзамасцев А.П. Аверьянова Н.С., Зрелова Л.В. – XII Российский Национальный конгресс «Человек и лекарство»: Тезисы докладов / РЦ Фармединфо. – М., 2005. – 846 с.

2. Фармакопея США: USP 29; Национальный формуляр: NF 24: в 2 т: пер. в англ. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – Т. 2. – С. 2002–2004.

3. Шмидт А.В. Опыт применения цефоперазона у онкологических больных после трансплантации костного мозга / А.В. Шмидт, Т.С. Забелина, Б.В. Афанасьев // Антибиотики и химиотерапия. – 1997. – № 8. – Т. 37. – С. 14–15.

4. Экспрессный вариант определения цефоперазона в моче капиллярным электрофорезом / В.Б. Крючков, А.Н. Фомин, А.В. Смирнова, Л.В. Каджоян // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: 18http://www.science-education.ru/129-22952 (дата обращения: 05.11.2015).

5. Яковлев В.П. Анализ 10-летнего применения цефоперазона в России // Антибиотики и химиотерапия. – 1999. – № 4. – Т. 44. – С. 31–34.

6. Яковлев В.П. Клиническая фармакология комбинированного β-лактамного антибиотика – цефоперазона / сульбактама / В.П. Яковлев, Д.Л Щавелев // Клиническая фармакология и терапия. – 2003. – № 2. – С. 47–53.

7. Simultaneous Determination of Penicillin and Cefoperazone Antibiotic in Serum by Gradirnt Liquid Chromatography / T. Annesley, K. Wilkerson // Clin.Chem. – 1998. – № 6. – P. 908–910.

8. Srinivasan S. Comparative Pharmacokinetics of Cefoperazone and Cefamandole // Antimicrobial agents and chemoteraphy. – Feb. 1998. – P. 298–301.

УДК 54.08: 615.038

# ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ИМАТИНИБА

**[1]Леонов К.А., [2]Бакибаев А.А.**

*[1]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, e-mail: leonov_k90@mail.ru;*

*[2]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск*

Проведено исследование биоэквивалентности препаратов Гливек®, капсулы 100 мг (Novartis Pharma Stein AG, Швейцария) и IMB (кодовое название), капсулы 100 мг (Россия) после однократного приема с участием 24 здоровых добровольцев мужского пола в возрасте 18–45 лет по рандомизированной, открытой, перекрестной схеме. Количественное определение иматиниба в плазме крови проводили методом ВЭЖХ с УФ-детектированием на приборе Милихром А-02 (Новосибирск, Россия) с предварительной пробоподготовкой методом жидкостно-жидкостной экстракции по принципу QuEChERS. По результатам анализа образцов плазмы крови рассчитывали фармакокинетические параметры: $C_{max}$, $T_{max}$, $AUC_{0-t}$, $AUC_{\infty}$, $C_{max}/AUC_{0-t}$. Оценку биоэквивалентности проводили в соответствии с методическими указаниями «Проведение качественных исследований биоэквивалентности лекарственных средств» (Россия, 2008). На основании полученных результатов оценки относительной биодоступности ($80 < f'$ (104,8 %) $< 125$ и $75 < f''$ (104,3 %) $< 133$) и проведенного дисперсионного анализа значений $AUC_{0-72}$, $C_{max}$, и $C_{max}/AUC_{0-72}$ сделан вывод о биоэквивалентности изученных препаратов.

**Ключевые слова: иматиниб, биоэквивалентность, фармакокинетика, ВЭЖХ**

# BIOEQUIVALENCE STUDIES OF DRUGS ON THE BASIS OF IMATINIB

**[1]Leonov K.A., [2]Bakibaev A.A.**

*[1]National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: leonov_k90@mail.ru;*

*[2]National Research Tomsk State University, Tomsk*

A bioequivalence study of the Glivec® medicine in 100 mg capsules (Novartis Pharma Stein AG, Switzerland) and the IMB (a codename) in 100 mg capsules (Russia) after a single dose involving 24 healthy male volunteers aged 18–45 years by a randomized, open, crossover scheme. Quantitative determination of imatinib in blood plasma was performed by HPLC with UV detection at Milichrom device A-02 (Novosibirsk, Russia) with a preliminary sample preparation by liquid-liquid extraction according to the QuEChERS principle. Pharmacokinetic parameters: $C_{max}$, $T_{max}$, $AUC_{0-t}$, $AUC_{\infty}$, $C_{max}/AUC_{0-t}$ were calculated as a result of the analysis of plasma samples. The evaluation of bioequivalence was carried out according to the «Conducting qualitative studies of bioequivalence of drugs» guidelines (Russia, 2008). The conclusion of bioequivalence of the studied drugs was based on the results of the relative bioavailability of ($80 < f'$ (104,8 %) $< 125$ and $75 < f''$ (104,3 %) $< 133$) and the conducted analysis of variance values of $AUC_{0-72}$, $C_{max}$ and $C_{max}/AUC_{0-72}$.

**Keywords: imatinib, bioequivalence, pharmacokinetics, HPLC**

Иматиниб – противоопухолевый препарат нового класса таргетных цитостатиков, активно применяемый при лечении меланомы и миелоидного лейкоза. Иматиниб впервые был разработан швейцарской компанией Novartis и реализован под торговым наименованием Гливек®[4]. Для государственной регистрации дженерика, в частности и препарата на основе иматиниба, в Российской Федерации необходимо подтверждение его эффективности и безопасности оригинальному препарату, которое устанавливается путем исследования биоэквивалентности [7]. Исследование биоэквивалентности является сложным и многогранным, включающим в себя медицинскую составляющую, аналитическое сопровождение, расчет важнейших фармакокинетических параметров и статистическую обработку результатов.

**Целью настоящей работы** являлось исследование биоэквивалентности нового воспроизведенного лекарственного препарата IMB (кодовое название) и оригинального лекарственного препарата Гливек® (Novartis Pharma Stein AG, Швейцария) после однократного перорального приема здоровыми добровольцами.

## Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись тест-препарат (T) – IMB, капсулы 100 мг (Россия) и референс-препарат (R) – Гливек®, капсулы 100 мг (Novartis Pharma Stein AG, Швейцария).

Исследование препаратов выполнялось в соответствии с протоколом, Методическими указаниями Минздравсоцразвития «Проведение качественных исследований биоэквивалентности лекарственных средств» (Россия, 2008 г.) [5] и регламентировалось документами действующего законодательства РФ [1, 8]. В качестве добровольцев были привлечены 24 мужчины в возрасте от 18 до 45 лет, отобранные согласно критериям включения и невключения.

*Дизайн исследования*

Проведенное исследование являлось рандомизированным, открытым, перекрестным, сравнительным, с двумя периодами однократного введения препарата

добровольцам и периодом отмывки продолжительностью 14 суток.

В ходе исследования осуществляли динамическое наблюдение за добровольцами (измерение артериального давления, частоты сердечных сокращений, частоты дыхания). До приема препарата, утром, натощак путем внутривенного катетера отбирали пробу крови для оценки исходного статуса. Через 30 мин после окончания приема пищи добровольцы осуществли пероральный прием 4 капсул (400 мг) одного из препаратов, запивая 200 мл кипяченой воды комнатной температуры. В дальнейшем отбор проб крови проводили через 30 мин и 1, 1,5, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72 ч. Отбор крови через 24, 48 и 72 ч проводили путем венопункции. Второй период исследования проводили через 14 дней по идентичной схеме.

*Аналитическая методика*

Количественное определение иматиниба в плазме крови добровольцев проводили методом ВЭЖХ с УФ-детектированием на приборе Милихром А-02 (ЗАО «ЭкоНова», Новосибирск, Россия) по разработанной и валидированной аналитической методике [2–3].

В качестве пробоподготовки для извлечения иматиниба из биологической матрицы использовали метод жидкостно-жидкостной экстракции ацетонитрилом по принципу QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe). В центрифужную микропробирку вместимостью 2 мл помещали 500 мкл плазмы крови, содержащей иматиниб, прибавляли 1 мл ацетонитрила и тщательно перемешивали на встряхивателе Elmi V-3 при скорости 4000 об/мин в течение 10 мин. Затем к раствору прибавляли 0,1–0,2 г натрия хлорида и перемешивали в течение 5 мин. Полученный раствор центрифугировали в центрифуге Heraeus Biofuge pico (Германия) при 13000 об/мин в течение 10 мин. Водную фазу отбрасывали, а органическую упаривали на вакуумном концентраторе UniEquip Univapo 100 ECH (Германия) при температуре 45 °C в течение 80 мин. К сухому остатку прибавляли 500 мкл подвижной фазы А, перемешивали 5 мин и центрифугировали при 13000 об/мин в течение 5 мин. Надосадочную жидкость использовали для хроматографического анализа.

Разделение проводили на колонке размером 75×2 мм, заполненной сорбентом ProntoSIL C18, 5 мкм, при температуре 35 °C и скорости потока 0,1 мл/мин. Состав подвижной фазы: А – 0,5 % раствор калия фосфорнокислого однозамещенного – метанол – триэтиламин 74:25:1 с pH равным 3,3, доведенным ортофосфорной кислотой; Б – метанол с pH равным 3,3, доведенным ортофосфорной кислотой. Объем вводимой пробы – 20 мкл, длина волны УФ-детектирования – 260 нм. Условия градиентного режима элюирования представлены в табл. 1.

Нижний предел количественного определения иматиниба в плазме крови, согласно данной методике, составляет 0,042 мкг/мл.

Для подтверждения пригодности проведена валидация разработанной биоаналитической методики на основании «Руководства по экспертизе лекарственных средств. Том 1» (Россия, 2013) и согласно требованиям руководств по валидации биоаналитических методик «Guidance for Industry: Bioanalytical method validation» (FDA, США, 2001) и «Guideline on validation of bioanalytical methods» (EMA, Англия, 2009) по следующим характеристикам: селективность, линейность, правильность и прецизионность, перенос, стабильность.

*Фармакокинетический анализ*

Индивидуальные профили изменения концентраций ($C$) иматиниба в плазме крови добровольца во времени ($t$), зарегистрированные после приема препаратов IMB и Гливек®, характеризовали максимальной концентрацией лекарственного вещества ($C_{max}$) и временем достижения максимальной концентрации ($T_{max}$), а также площадью под кривой «концентрация – время» в пределах от нуля до момента последнего отбора пробы крови ($t$ = 72 ч), рассчитанной методом трапеций ($AUC_{0\text{-}72}$). Сопоставление значений $AUC_{0\text{-}72}$ с $AUC_{\infty}$, в случае $AUC_{0\text{-}72} \geq 0{,}8\ AUC_{\infty}$, свидетельствовало о том, что выбранный регламент фармакокинетического исследования обеспечивает необходимую надежность оценки биодоступности иматиниба. В качестве оценки относительной степени всасывания ($f$) лекарственного вещества использовали отношение $AUC_{0\text{-}\infty,T}/AUC_{0\text{-}\infty,R}$, а относительной биодоступности ($f'$) исследуемого препарата по отношению к препарату сравнения – $AUC^{T}_{0\text{-}72}/AUC^{R}_{0\text{-}72}$. Относительную степень всасывания ($f''$) исследуемого препарата по отношению к препарату сравнения определяли отношением $C^{T}_{max}/C^{R}_{max}$.

*Статистический анализ*

Статистическая обработка была выполнена в соответствии с Методическими указаниями «Оценка биоэквивалентности лекарственных средств» (Москва, 2008) с помощью статистического пакета Microsoft Excel 2013. Гипотеза о биоэквивалентности формулировалась в терминах отношения сравниваемых параметров:

– нулевая гипотеза об отсутствии эквивалентности $H_0$: $\mu T/\mu R < Q_1$ или $\mu T/\mu R > Q_2$;

– соответствующая альтернативная гипотеза о наличии биоэквивалентности НА: $Q_1 \leq \mu T/\mu R \leq Q_2$; где $Q_1$ и $Q_2$ – нижняя и верхняя принятые допустимые границы биоэквивалентности, а $\mu T$ и $\mu R$ – генеральные средние показатели сравнения для испытуемого лекарственного средства и препарата сравнения соответственно. Предполагалось, что $AUC_{0\text{-}t}$, $C_{max}$

**Таблица 1**

Условия градиентного режима элюирования

| Ступень градиента | Время, мин | Доля элюента А, % | Доля элюента Б, % |
|---|---|---|---|
| Кондиционирование | 15 | 95 | 5 |
| 0 | 0 | 95 | 5 |
| 1 | 10 | 30 | 70 |
| 2 | 20 | 30 | 70 |

и $C_{max}/AUC_{0-t}$ имеют логнормальное распределение. После проведения логарифмического преобразования эти показатели анализировались с помощью дисперсионного анализа (ANOVA). При этом учитывались следующие факторы, вносящие вклад в наблюдаемую вариацию данных:

– различия между испытуемыми (межиндивидуальные различия);

– различия между лекарственными средствами;

– последовательность приема лекарственных средств;

– периоды полувыведения.

Препараты признавались биоэквивалентными, если 90% доверительные интервалы для значений площади под фармакокинетической кривой $AUC_{0-t}$, максимальной концентрации $C_{max}$ и отношения $C_{max}/AUC_{0-t}$ находились в следующих диапазонах:

$$80 < AUC_{0-t} < 125,$$

$$75 < C_{max} < 133,$$

$$75 < C_{max}/AUC_{0-t} < 133.$$

Для всех статистических процедур в данном исследовании вероятность совершения ошибки первого рода α была принята равной 0,05.

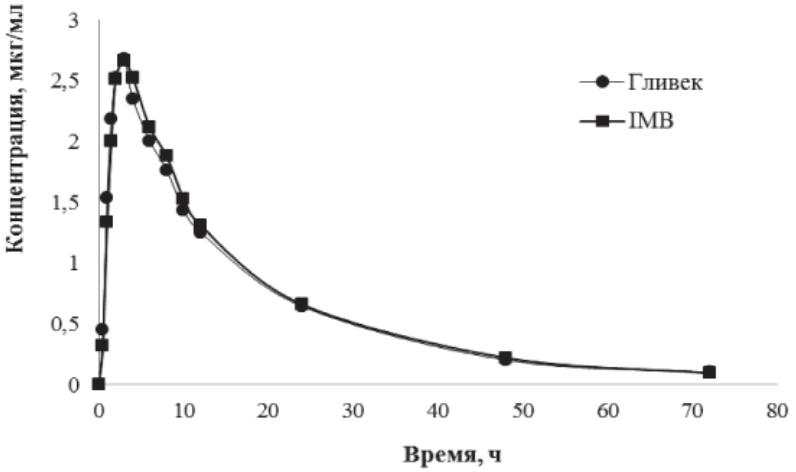
Статистическим критерием прекращения исследования биоэквивалентности являлось включение запланированного количества добровольцев – обеспечение требуемого уровня статистической мощности.

## Результаты исследования и их обсуждение

С помощью разработанной и валидированной методики количественного определения иматиниба в плазме крови методом ВЭЖХ [2–3] проведен анализ образцов плазмы крови добровольцев после приема тестируемого и референтного препаратов. Построенные по результатам анализа образцов фармакокинетические кривые иматиниба в плазме крови добровольцев после однократного перорального приема препаратов IMB и Гливек в дозе 400 мг представлены на рисунке.

Из рисунка видно, что усредненные фармакокинетические профили иматиниба после однократного приема 4 капсул препаратов IMB и Гливек® практически совпадают.

На основании полученных результатов анализа рассчитаны фармакокинетические параметры, представленные в табл. 2 и 3.




*Динамика усредненных концентраций иматиниба (нг/мл) после приема тестируемого и референтного препаратов в линейных координатах*

**Таблица 2**

Фармакокинетические параметры иматиниба после приема 4 капсул исследуемого препарата IMB

| Параметр | $C_{max}$, мкг/мл | $T_{max}$, ч | $AUC_{0-72}$ | $AUC_{0-\infty}$ | $K_{el}$, ч$^{-1}$ | $T_{1/2}$ | AUMC | MRT | $AUC_{0-72}/AUC_{0-\infty}$ | $C_{max}/AUC_{0-72}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Среднее арифметическое | 2,87 | 3,04 | 48,75 | 51,18 | 0,05 | 15,9 | 1089,6 | 22,3 | 95,32 | 0,06 |
| Среднее геометрическое | 2,75 | 2,91 | 47,10 | 49,43 | 0,04 | 13,9 | 1025,6 | 21,8 | 95,28 | 0,06 |
| Стандартное отклонение | 0,87 | 0,95 | 13,40 | 14,03 | 0,06 | 5,54 | 409,18 | 5,35 | 3,06 | 0,01 |
| Коэффициент вариации, % | 30,4 | 31,4 | 27,49 | 27,42 | 104,4 | 34,9 | 37,55 | 24,0 | 3,21 | 15,12 |

**Окончание табл. 2**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Медиана | 2,74 | 3,0 | 46,21 | 48,20 | 0,04 | 16,4 | 963,81 | 21,0 | 96,01 | 0,06 |
| Минимальное | 1,53 | 2,0 | 28,11 | 28,49 | 0,03 | 1,21 | 433,19 | 15,4 | 86,03 | 0,04 |
| Максимальное | 4,54 | 6,0 | 78,10 | 82,69 | 0,31 | 26,8 | 2240,4 | 39,8 | 100,0 | 0,08 |
| Первый квартиль | 2,25 | 2,0 | 42,17 | 43,86 | 0,04 | 14,5 | 824,0 | 18,3 | 93,49 | 0,05 |
| Третий квартиль | 3,34 | 3,25 | 52,10 | 57,86 | 0,05 | 18,7 | 1242,9 | 24,9 | 96,95 | 0,07 |
| Размах | 3,0 | 4,0 | 49,99 | 54,20 | 0,28 | 25,5 | 1807,2 | 24,4 | 13,97 | 0,03 |

**Таблица 3**

Фармакокинетические параметры иматиниба
после приема 4 капсул исследуемого препарата Гливек®

| Параметр | $C_{max}$, мкг/мл | $T_{max}$, ч | $AUC_{0-72}$ | $AUC_{0-\infty}$ | $K_{el}$, ч$^{-1}$ | $T_{1/2}$ | AUMC | MRT | $AUC_{0-72}/AUC_{0-\infty}$ | $C_{max}/AUC_{0-72}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Среднее арифметическое | 2,79 | 2,63 | 47,12 | 50,29 | 0,04 | 18,1 | 1150,2 | 23,9 | 94,17 | 0,06 |
| Среднее геометрическое | 2,69 | 2,49 | 45,60 | 48,49 | 0,04 | 17,3 | 1045,8 | 22,9 | 94,06 | 0,06 |
| Стандартное отклонение | 0,76 | 0,81 | 12,29 | 14,06 | 0,01 | 5,59 | 604,64 | 8,50 | 4,50 | 0,01 |
| Коэффициент вариации, % | 27,2 | 30,9 | 26,08 | 27,96 | 34,06 | 30,9 | 52,57 | 35,5 | 4,78 | 15,67 |
| Медиана | 2,69 | 3,0 | 45,15 | 48,36 | 0,04 | 17,9 | 1061,2 | 21,8 | 94,73 | 0,06 |
| Минимальное | 1,48 | 1,0 | 21,53 | 21,92 | 0,02 | 8,82 | 370,05 | 14,9 | 78,26 | 0,04 |
| Максимальное | 4,33 | 4,0 | 80,99 | 92,53 | 0,08 | 34,2 | 2969,8 | 56,6 | 100,0 | 0,08 |
| Первый квартиль | 2,19 | 2,0 | 39,51 | 42,21 | 0,03 | 14,8 | 833,93 | 19,6 | 92,50 | 0,05 |
| Третий квартиль | 3,32 | 3,0 | 50,49 | 54,17 | 0,05 | 20,4 | 1214,4 | 25,8 | 96,74 | 0,07 |
| Размах | 2,85 | 3,0 | 59,46 | 70,60 | 0,06 | 25,3 | 2599,8 | 41,7 | 21,74 | 0,04 |

**Таблица 4**

Относительная биодоступность и относительная степень всасывания иматиниба
после приема 400 мг (4 капсул) исследуемого препарата IMB
по сравнению с приемом препарата сравнения Гливек®

| Параметр | $f$, % | $f'$, % | $f''$, % |
|---|---|---|---|
| Среднее арифметическое | 103,42 | 104,75 | 104,34 |
| Среднее геометрическое | 101,95 | 103,28 | 102,20 |
| Стандартное отклонение | 18,87 | 19,03 | 21,75 |
| Коэффициент вариации, % | 18,25 | 18,17 | 20,85 |
| Медиана | 100,59 | 100,27 | 102,73 |
| Минимальное | 80,26 | 78,29 | 67,96 |
| Максимальное | 157,40 | 157,40 | 147,08 |
| Первый квартиль | 91,19 | 94,26 | 88,52 |
| Третий квартиль | 107,62 | 109,48 | 116,40 |
| Размах | 77,14 | 79,11 | 79,12 |

**Таблица 5**

Результаты дисперсионного анализа

| Источник вариации | SS | DF | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| **ln $AUC_{0\text{-}t}$** | | | | | |
| Препарат | 0,012471 | 1 | 0,012471 | 1,125507 | 0,300244 |
| Последовательность | 0,025728 | 1 | 0,025728 | 2,321972 | 0,141805 |
| Испытуемые | 2,924574 | 23 | 0,127155 | 11,475734 | $1{,}30\cdot10^{-7}$ |
| Период | 0,055402 | 1 | 0,055402 | 5,000056 | 0,035812 |
| Остаточная вариация | 0,243768 | 22 | 0,011080 | – | – |
| Общая вариация | 3,261944 | 47 | – | – | – |
| **ln $C_{max}$** | | | | | |
| Препарат | 0,005685 | 1 | 0,005685 | 0,298626 | 0,590245 |
| Последовательность | 0,013264 | 1 | 0,013264 | 0,696724 | 0,412859 |
| Испытуемые | 3,382733 | 23 | 0,147075 | 7,725251 | 0,000005 |
| Период | 0,067825 | 1 | 0,067825 | 3,562554 | 0,072360 |
| Остаточная вариация | 0,418842 | 22 | 0,019038 | – | – |
| Общая вариация | 3,888350 | 47 | – | – | – |
| **ln $C_{max}/AUC_{0\text{-}t}$** | | | | | |
| Препарат | 0,001316 | 1 | 0,001316 | 0,159529 | 0,693442 |
| Последовательность | 0,002046 | 1 | 0,002046 | 0,248038 | 0,623402 |
| Период | 0,925996 | 23 | 0,040261 | 4,881586 | 0,000210 |
| Испытуемые | 0,000628 | 1 | 0,000628 | 0,076113 | 0,785210 |
| Остаточная вариация | 0,181444 | 22 | 0,008247 | – | – |
| Общая вариация | 1,111429 | 47 | – | – | – |

Из табл. 2 и 3 следует, что значения отношений $AUC_{0\text{-}t}/AUC_{0\text{-}\infty}$ превышают 80 %, что говорит о достаточной длительности наблюдения, поэтому дальнейшие расчеты проводили с использованием показателя биодоступности $AUC_{0\text{-}t}$, результаты которых представлены в табл. 4.

Относительная степень всасывания иматиниба для препарата IMB и величина отношения максимальных концентраций после приема испытуемого препарата и препарата сравнения статистически отличались незначительно.

Для проверки гипотез о статистической значимости вклада каждого из выбранных факторов (различия между препаратами, между добровольцами, последовательность приема препаратов) в наблюдаемую вариабельность данных применялся дисперсионный анализ ANOVA, результаты которого представлены в табл. 5.

Достоверный вклад в наблюдавшуюся вариабельность сравниваемых параметров вносила разница между добровольцами для параметров $C_{max}$ и $AUC_{0\text{-}t}$. Вклад периода приема препаратов для параметров $C_{max}/AUC_{0\text{-}t}$ и $AUC_{0\text{-}t}$ также являлся достоверным. Вклад различий между препаратами и последовательностью их приема был недостоверным для всех трех параметров. Оценка биоэквивалентности по этим параметрам позволяет сделать вывод о биоэквивалентности изученных препаратов, как по полноте, так и по скорости всасывания.

## Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать вывод о биоэквивалентности препаратов IMB, капсулы 100 мг (Россия) и Гливек®, капсулы 100 мг (Novartis Pharma Stein AG, Швейцария) после однократного перорального приема здоровыми добровольцами и предположить сопоставимость клинической эффективности и безопасности этих препаратов у пациентов. Проблему обеспечения иматинибом больных в нашей стране позволит решить появление на российском рынке воспроизведенного лекарственного препарата на его основе.

Следует отметить, что полученные нами данные согласуются с результатами работ, в которых также была изучена биоэквивалентность препаратов иматиниба различных производителей [6, 9].

## Список литературы

1. ГОСТ Р 52379–2005. Надлежащая клиническая практика. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 39 с.

2. Леонов К.А. Определение иматиниба в плазме крови методом ВЭЖХ // МНСК-2016: тезисы докл. 54-й Межд. научн. студ. конференции (Новосибирск, 16–20 апреля 2016 г.). – Новосибирск, 2016. – С. 159.

3. Леонов К.А. Хроматографическое определение иматиниба в плазме крови человека // Ломоносов – 2016: материалы Межд. научн. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Москва, 11–13 апреля 2016 г.). – М.: МАКС Пресс, 2016. – С. 60.

4. Медведев Ю.В., Шохин Е.И., Савченко А.Ю., Ярушок Т.А. Разработка и валидация методики определения противоопухолевого препарата иматиниба в плазме крови // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2013. – № 1(2). – С. 74–77.

5. Оценка биоэквивалентности лекарственных средств: методические указания / Мин. здрав. и соц. развития РФ. – М., 2008. – 32 с.

6. Смирнов В.В., Таширова О.А., Хаитов М.Р. Сравнительная фармакокинетика и биоэквивалентность двух препаратов иматиниба 400 мг в лекарственной форме таблетки, покрытые оболочкой // Химико-фармацевтический журнал. – 2012. – Т. 46, № 10. – С. 45–48.

7. Соколов А.В. Правила исследования биоэквивалентности лекарств // Клиническая фармакокинетика. – 2004. – № 1. – С. 5–13.

8. Об обращении лекарственных средств: Федеральный закон от 12 апреля 2010 г. № 61-ФЗ // Совет Федерации Гос. Думы. – 2010. – С. 35–45.

9. Parrillo-Campiglia S., Ercoli M.C., Umpierrez O. Bioequivalence of two film-coated tablets of imatinib mesylate 400 mg: a randomized, open-label, single-dose, fasting, two-period, two-sequence crossover comparison in healthy male South American volunteers // Clin. Ther. – 2009. – Vol. 31. – P. 2224–2232.

УДК 547.022

# ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА

**[1]Мельникова О.А., [1]Самкова И.А., [1]Мельников М.Ю., [1]Петров А.Ю., [2]Ельцов О.С.**

*[1]ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, e-mail: newfarmacia@mail.ru;*

*[2]ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург*

В настоящее время несомненно важным фактором в процессе создания и разработки нового лекарственного препарата является изучение его биодоступности. Данное свойство характерно для любого лекарственного препарата и зависит от его способности к межмолекулярному взаимодействию, образованию внутрикомплексных связей между компонентами препарата. В данной работе проводится изучение комплекса веществ, входящих в состав лекарственного препарата поливинилпирролидон-йод-новокаина методом ИК-спектроскопии. Данное лекарственное средство обладает антибактериальным эффектом за счёт входящего в его структуру йода, обезболивающим за счёт новокаина. Сведения, полученные в результате проведенных исследований, позволили выполнить сопоставление спектров поглощения изучаемого лекарственного средства и модельных систем, определить типы колебаний. Провести сравнение интенсивности частот изучаемых систем и предложить структуры полимерных комплексов. Проанализировать сходства и различия изучаемых систем.

**Ключевые слова: водородная связь, интерполимерные комплексы, ИК-спектроскопия, медицинские полимеры, полимерные смеси**

# IR-SPEKTROSKOPIC STUDIES OF CHEMICAL STRUCTURE OF POLYMERIC COMPLEXES OF MEDICINAL SUBSTANCES ON THE BASIS OF POLLYVINILPIRROLIDON

**[1]Melnikova O.A., [1]Samkova I.A., [1]Melnikov M.Yu., [1]Petrov A.Yu., [2]Eltsov O.S.**

*[1]Ural State Medical University Russian Ministry of Health, Ekaterinburg, e-mail: newfarmacia@mail.ru;*

*[2]Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg*

Nowadays, undoubtedly an important factor in the process of creating and developing a new drug is studying of its bioavailability. This property is characteristic of any drug depends on its ability to intermolecular interaction, the formation of chelate bonds between the components of the preparation. In this paper, we study the complex substances that are part of the drug polyvinylpyrrolidone-iodine-procaine by IR spectroscopy. This drug has antibacterial effect due to the input of iodine in its structure, analgesic due to novocaine. Information obtained as a result of the research made it possible to perform a comparison of the absorption spectra of the studied drug and model systems that determine the types of vibrations. Make comparisons of the studied systems offer frequency intensity and structure of polymer complexes. Analyse the similarities and differences of the studied systems.

**Keywords: hydrogen communication, interpolimerny complexes, IR-spectroscopy, medical polymers, polymeric mixes**

В настоящее время важным фармакологическим аспектом любого лекарственного препарата является его биодоступность в организме человека. Биодоступность, или количество лекарственного вещества, достигшего плазмы крови, в сравнении с исходной дозой, в большой степени зависит от межмолекулярных сил в структуре лекарственного средства. Значение таких межмолекулярных сил очень велико, именно они определяют все структурные и физико-химические свойства молекулы, её активность в организме человека.

Силы межмолекулярного взаимодействия (ММВ), как и любые химические силы, имеют электромагнитную природу. С помощью электрических полей атомов в молекулах происходит взаимодействие. Все силы ММВ условно можно разделить на три вида: вандервальсовы (ориентационное, индукционное, дисперсионное взаимодействия), специфические (водородные), близкие к химическим (комплексообразующие).

Основными физическими методами, используемыми для изучения межмолекулярного взаимодействия, являются дифракционные методы и спектроскопические методы. Среди последних очень распространена ИК-спектроскопия, которая является одним из самых распространённых методов изучения межмолекулярного взаимодействия, строения веществ и подтверждения их структуры. Сведения, получаемые при анализе ИК-спектров, позволяют сделать важные заключения о строении и динамике

молекул лекарственных веществ. Полосы ИК спектров являются характеристичными и чувствительными к любым изменениям, происходящим в молекуле, особенностям образования комплексов и их поведению, изменению конформации макромолекул.

**Целью** данной работы являлось экспериментальное изучение межмолекулярного взаимодействия и комплексообразования компонентов в лекарственном средстве Новокомб на основе комплекса поливинилпирролидон (ПВП) – йод-новокаин. Данное лекарственное средство обладает антибактериальным эффектом за счёт входящего в его структуру йода, обезболивающим за счёт новокаина. Длительность лечебного эффекта и пролонгированность действия лекарственных веществ обеспечивает полимерная матрица на основе поливинилпирролидона [1, 5].

## Методика проведения эксперимента и полученные результаты

Для регистрации спектров полимерных комплексов ПВП был использован Инфракрасный Фурье спектрометр BrukerAlpha. Для анализа комплексов используют приставку однократного горизонтального наружного полного внутреннего отражения (Eco-ART) с кристаллом ZnSe (область прозрачности 0,5–20 мкм, показатель преломления $n = 2{,}42$). Параметры записи спектров: диапазон 4000–400 см$^{-1}$, разрешение 1 см$^{-1}$.

Управление прибором и обработку спектров осуществляли с помощью программы OPUS 7.2.139.1294. Интерпретацию спектров проводили с использованием литературных данных описанных в [2, 3, 4]. Получение спектров проводят по следующей процедуре: первоначально регистрируют эталонные ИК-спектры. Образец в виде порошка помещают на кристалл, прижимной винт приближают к зоне с кристаллом и медленно и равномерно опускают его для создания требуемого давления на образец. Затем снимают интерферограмму с пробой. Отношение их Фурье образов дает спектр пропускания пробы.

Для подтверждения образования комплексов между лекарственными веществами и поливинилпирролидоном проведено исследование ИК-спектроскопии. Для анализа лекарственных веществ использовали подход, связанный со сравнением спектра комплексов и стандартных, ИК-спектров эталонных образцов. ИК спектр лекарственного средства Новокомб (ПВП-йод-новокаин) представлен на рис. 1.

Для изучения возможности межмолекулярного взаимодействия в изучаемом лекарственном препарате ПВП-йод-новокаин (новокомб) были исследованы модельные системы ПВП-йод, ПВП-новокаин и ПВП-йод-калия йодид, ПВП представленные на рис. 2.

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что по форме все ИК-спектры очень похожи, что типично для полимерных систем. Экспериментально, полученные частоты ИК-спектров структурированы в табл. 1.

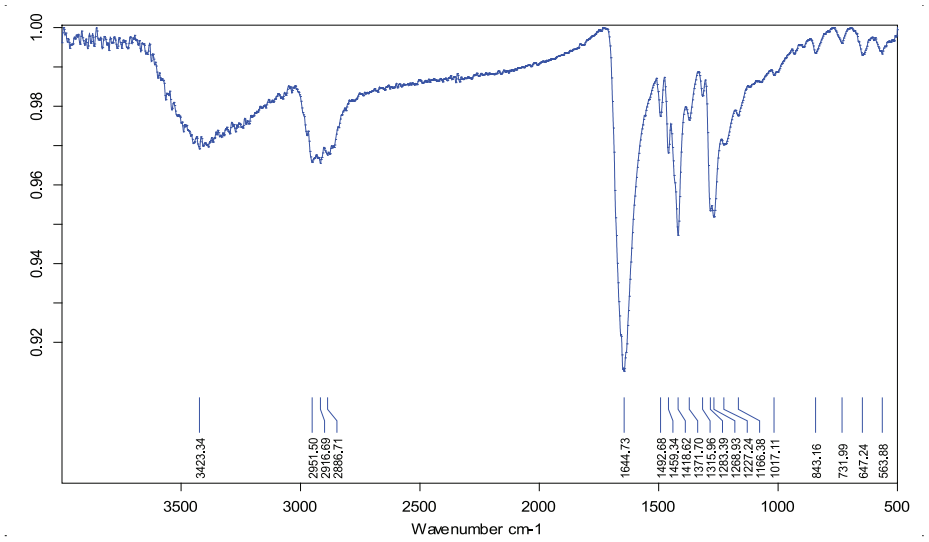
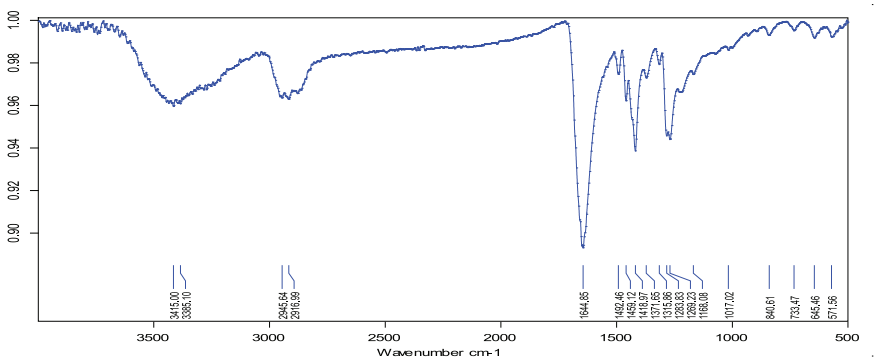
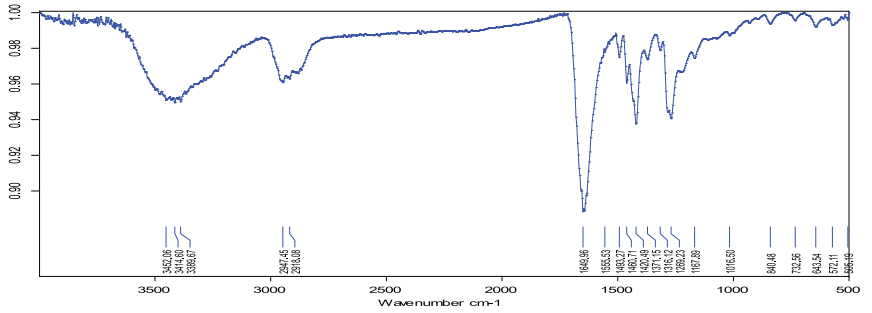


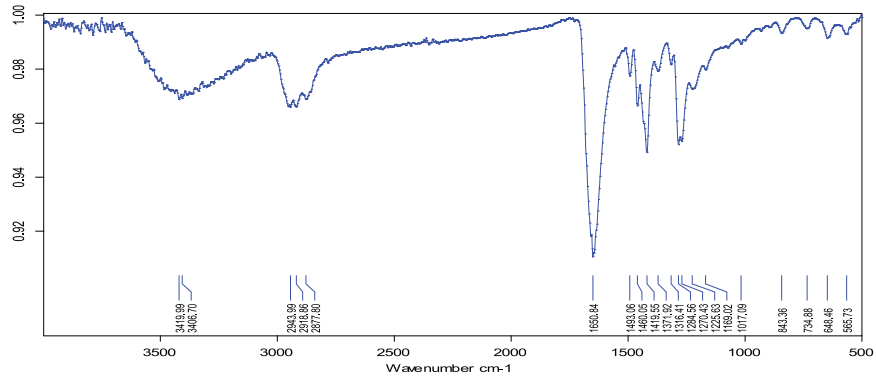

*Рис. 1. ИК-спектр комплекса поливинилпирролидон-йод-новокаин*



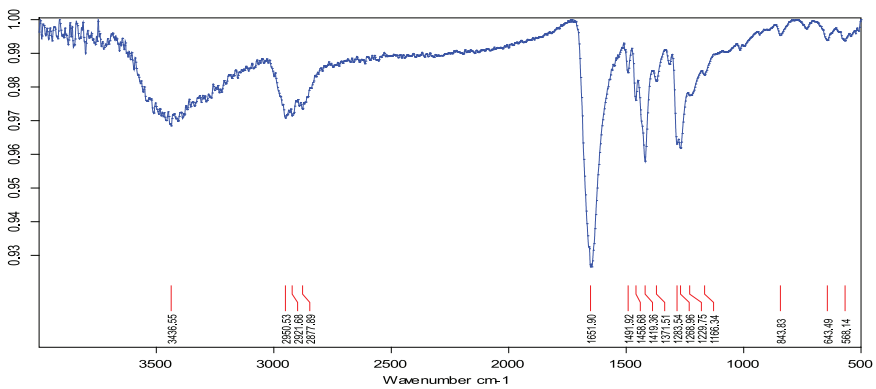

1




2




3




4

*Рис. 2. ИК-спектры комплексов йод-поливинилпирролидон (1), поливинилпирролидон-новокаин (2), поливинилпирролидон – йод – калия йодид (3), поливинилпирролидон (4)*

**Таблица 1**

Типы колебаний в изучаемых системах

| Система ПВП-йод-новокаин | ПВП-новокаин | ПВП-йод | ПВП-йод – калия йодид | ПВП | Типы колебаний | Комментарии |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Частота, $см^{-1}$ | Частота, $см^{-1}$ | Частота, $см^{-1}$ | Частота, $см^{-1}$ | Частота, $см^{-1}$ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 3452,06 ср. | | | | $\nu_{O–H}$ | ν Валентные колебания ОН-группы (водородные связи) |
| | | | | 3436,55 ср. | $\nu_{O–H}$ | ν Валентные колебания ОН-группы (водородные связи) |
| 3423,34 ср | | | | | $\nu_{O–H}$ | ν Валентные колебания ОН-группы (водородные связи) |
| | | | 3419,99 ср | | $\nu_{O–H}$ | ν Валентные колебания ОН-группы (водородные связи) |
| | | 3415,00 ср. | | | $\nu_{O–H}$ | ν Валентные колебания ОН-группы (водородные связи) |
| | 3414,60 ср. | | | | $\nu_{N^+=C}$ | Валентные колебания связи $N^+ = C$ в лактаме |
| | | | 3406,70 ср. | | $\nu_{N^+=C}$ | Валентные колебания связи $N^+ = C$ в лактаме |
| | 3389,67 ср. | | | | $\nu_{N^+=C}$ | Валентные колебания связи $N^+ = C$ в лактаме |
| | | 3385,10 ср. | | | $\nu_{N^+=C}$ | Валентные колебания связи $N^+ = C$ в лактаме |
| 2951,50 ср | | | | | $\nu_{st–C–H}$ | ν Валентные колебания алифатической $CH_2$-группы |
| | | | | 2950,53 ср. | $\nu_{st–C–H}$ | ν Валентные колебания алифатической $CH_2$-группы |
| | 2947,45 ср. | | | | $\nu_{st–C–H}$ | ν Валентные колебания алифатической $CH_2$-группы |
| | | 2945,64 ср. | | | $\nu_{st–C–H}$ | ν Валентные колебания алифатической $CH_2$-группы |
| | | | 2943,99 ср. | | $\nu_{st–C–H}$ | ν Валентные колебания алифатической $CH_2$-группы |
| | | | | 2921,68 ср. | $\nu_{C–C}$ | ν Валентные колебания связи С–С |
| | 2918,06 ср. | | 2918,86 ср | | $\nu_{C–C}$ | ν Валентные колебания связи С–С |
| 2916,69 ср | | 2916,69 ср. | | | $\nu_{C–C}$ | ν Валентные колебания связи С–С |
| 2886,71 ср | | | | | $\nu_{s\ CH_2}$ | ν Валентные симметричные колебания связи С–Н |
| | | | 2877,80 ср. | 2877,89 ср. | $\nu_{s\ CH_2}$ | ν Валентные симметричные колебания связи С–Н |
| | | | | 1651,90 с. | $\nu_{st\ C=O}$ | Валентные колебания карбонильной группы в лактаме |
| | | | 1650,84 с. | | $\nu_{st\ C=O}$ | Валентные колебания карбонильной группы в лактаме |
| | 1649,96 с. | | | | $\nu_{st\ C=O}$ | Валентные колебания карбонильной группы в лактаме |
| 1644,73 с. | | 1644,85 с. | | | $\nu_{st\ C=O}$ | Валентные колебания карбонильной группы в лактаме |
| 1560 ср. | 1556,53 ср. | | | | $\nu_{st\ C=N}$ | Валентные колебания связи C = N |

**Продолжение табл. 1**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1493,27 сл. | | 1493,06 сл. | | $\delta_{OH}$ | Деформационные колебания, связанной ОН группы |
| 1492,68 сл. | | 1492,46 сл. | | | $\delta_{OH}$ | Деформационные колебания, связанной ОН группы |
| | | | | 1491,92 сл. | $\delta_{OH}$ | Деформационные колебания, связанной ОН группы |
| 1459,34 ср. | 1460,71 ср. | 1459,12 ср. | 1460,05 ср. | 1458,68 ср. | $\gamma_{2C-C-C,}$ $\delta_{N-H}$ и C–N | Деформационные колебания гетероциклического кольца С–С–С, деформационные колебания NH и С–N в циклических амидах |
| | | | | | $\gamma_{2C-C-C,}$ $\delta_{N-H}$ и C–N | Деформационные колебания гетероциклического кольца С–С–С, деформационные колебания NH и С–N в циклических амидах. |
| | 1420,49 с. | | | | $\delta_{-CH_2-}$ | Деформационное колебание $CH_2$ связи ножничное |
| | | | 1419,55 с. | 1419,36 ср. | $\delta_{-CH_2-}$ | Деформационное колебание $CH_2$ связи ножничное |
| 1418,62 с. | | 1418,97 с. | | | $\delta_{-CH_2-}$ | Деформационное колебание $CH_2$ связи ножничное |
| | | | | | $\omega_{CH_2-CH}$ | Веерные колебания $CH_2$–CH |
| 1371,70 ср. | 1371,15 ср | 1371,65 ср. | 1371,92 ср. | 1371,51 сл. | $\omega_{CH_2-CH}$ | Веерные колебания $CH_2$–CH |
| | 1316,12 сл. | | 1316,41 ср. | | $\nu_{C-O}$ | Валентные колебания связи С–О |
| 1315,96 ср. | | 1315,86 ср. | | | $\nu_{C-O}$ | Валентные колебания связи С–О |
| | | | 1284,56 ср | | δсн | Плоскостные деформационные колебания связи С–Н |
| 1283,39 с. | | 1283,83 с. | | 1283,54 с. | δсн | Плоскостные деформационные колебания связи С–Н |
| | | | 1270,43 с. | | δсн | Плоскостные деформационные колебания связи С–Н |
| | 1269,23 с. | 1269,23 с. | | | $\delta_{NH}$ | Деформационные колебания СН |
| 1268,93 с. | | | | 1268,96 с. | $\delta_{NH}$ | Деформационные колебания СН |
| | | | | | $\delta_{NH}$ | Деформационные колебания СН |
| | | | | 1229,75 ср. | $\nu_{st\,C-N}$ | Валентные колебания связи С–N |
| 1227,24 ср. | | | | | $\nu_{st\,C-N}$ | Валентные колебания связи С–N |
| | | | 1225,63 ср. | | $\nu_{st\,C-N}$ | Валентные колебания связи С–N |
| | | | 1169,02 ср. | | $\delta_{s\,CH_2}$ | Ножничные деформационные колебания $CH_2$ |
| | | 1168,08 ср. | | | $\delta_{s\,CH_2}$ | Ножничные деформационные колебания $CH_2$ |
| | 1167,89 ср. | | | | $\delta_{s\,CH_2}$ | Ножничные деформационные колебания $CH_2$ |
| 1166,38 ср. | | | | 1166,34 ср. | $\delta_{s\,CH_2}$ | Ножничные деформационные колебания $CH_2$ |
| | | | | | $\gamma_{CCC}$ | Деформационные колебания угла ССС |
| 1017,11 сл | | 1017,02 сл. | 1017,09 сл | | $\gamma_{CCC}$ | Деформационные колебания угла ССС |

**Окончание табл. 1**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1016,50 сл. | | | | $\gamma_{CCC}$ | Деформационные колебания угла ССС |
| | | | | | δсн | Ножничные деформационные колебания связи СН |
| 843,16 сл | | | 843,36 сл | 843,83 сл. | δсн | Ножничные деформационные колебания связи СН |
| | 840,43 сл. | 840,61 сл. | | | δсн | Ножничные деформационные колебания связи СН |
| | | | 734,88 сл | | $\delta_{(CH_2)_x}$ | Маятниковое деформационное колебание $CH_2$ группы |
| | | 733,47 сл. | | | $\delta_{(CH_2)_x}$ | Маятниковое деформационное колебание $CH_2$ группы |
| | 732,56 сл. | | | | $\delta_{(CH_2)_x}$ | Маятниковое деформационное колебание $CH_2$ группы |
| 731,99 сл | | | | | $\delta_{(CH_2)_x}$ | Маятниковое деформационное колебание $CH_2$ группы |
| | | | 648,46 сл | | $\delta_{OH}$ | Внеплоскостные деформационные колебания группы ОН |
| 647,24 сл | | | | | $\delta_{OH}$ | Внеплоскостные деформационные колебания группы ОН |
| | | 645,46 сл. | | | $\delta_{OH}$ | Внеплоскостные деформационные колебания группы ОН |
| | 643,54 сл. | | | 643,49 сл. | $\delta_{OH}$ | Внеплоскостные деформационные колебания группы ОН |
| | 572,11 сл. | | | | $\nu_{C-I}$ | Валентные колебания связи С–I |
| | | 571,56 сл. | | | $\nu_{C-I}$ | Валентные колебания связи С–I |
| | | | | 568,14 сл. | $\nu_{C-I}$ | Валентные колебания связи С–I |
| | | | 565,73 сл. | | $\nu_{C-I}$ | Валентные колебания связи С–I |
| 563,88 сл | | | | | $\nu_{C-I}$ | Валентные колебания связи С–I |

Из данных, представленных на рис. 2 и табл. 1, видно, что ИК-спектр изучаемых систем содержит несколько характеристических полос. Это валентные колебания ОН-группы в диапазоне $\nu_{O-H} = 3400$ см$^{-1}$, валентные колебания алифатической СН-группы $\nu_{st\ CH_2} = 2951–2916$ см$^{-1}$, валентные симметрические колебания связи –$CH_2$– $\nu_{s\ CH_2} = 2880$ см$^{-1}$, деформационные ножничные колебания связи данной связи $\delta = 1420$ см$^{-1}$, маятниковое деформационное колебание связи –$CH_2$– $\delta_{(CH_2)_x} = 732$ см$^{-1}$ полимерной молекулы.

Циклическая амидная группа в структуре лактама гетероцикла поливинилпирролидона в ИК-спектре показывает валентные колебания $\nu_{C=O} = 1660–1680$ см$^{-1}$. В области 485–610 см$^{-1}$ наблюдаются слабые валентные колебания связи С–Н....I.

Однако, несмотря на кажущуюся похожесть получаемых спектров, что характерно для веществ, содержащих одинаковую полимерную структуру, полного соответствия с оригинальной структурой поливинилпирролидона не наблюдается.

В спектрах поливинилпирролидона с другими компонентами (йодом, новокаином, калия йодидом), валентные колебания ОН-группы в таутомерной форме лактамного цикла смещены в область меньших частот из области 3487,56 см$^{-1}$ в область 3415,00 см$^{-1}$. Данный факт можно считать

свидетельством того, что в комплексах ПВП с другими соединениями образуется более прочная водородная связь. Валентные колебания связи N-H в гетероциклическом кольце ПВП в комплексах его с другими веществами свидетельствуют о наличии донорно-акцепторной связи между компонентами. Причём справочные данные свидетельствуют о том, что обычно поглощение $\nu_{N\text{-}H}$ происходит в области 3280 см$^{-1}$, в то время как при возможном солеобразовании частота повышается до 3414 см$^{-1}$.

В комплексе ПВП-йод-новокаин несомненно важным отличием является отсутствие пика 1690 см$^{-1}$, отвечающего предположительно за поглощение карбонильной группы ($\nu_{C=O}$) прокаина гидрохлорида (новокаин). Это может быть связано с тем, что неподелённая пара кислорода новокаина взаимодействует с водородом молекулы ПВП по типу водородной связи: [ > C = O···$NH_2$–]. Также в ИК-спектре наблюдается смещение в коротковолновую область полосы поглощения 1706 см$^{-1}$, отвечающей предположительно за поглощение амидной группы, с образованием новой полосы при 1645 см$^{-1}$. Смещение на 61 см$^{-1}$ также говорит в пользу образования комплекса при возможном взаимодействии таутомерной формы лактамного цикла ПВП с ароматической аминогруппой новокаина и возникновением водородной связи.

ИК спектр комплекса йод-ПВП также имеет сходные черты с ИК-спектром самого повидона. Однако имеет и небольшие отличия от спектра комплекса йод-ПВП-новокаин. В ИК-спектре мы наблюдаем смещение в низкочастотную область полосы амидной полосы ПВП при 1706 см$^{-1}$с образованием полосы с максимумом при 1645 см$^{-1}$. Подобное поведение можно объяснить образованием межмолекулярных водородных связей между ионом йода и ПВП, например, следующим образом: C = O···I···H.

О наличии взаимодействия и образования межмолекулярных комплексов между ПВП и вышеперечисленными лекарственными веществами (йодом, новокаином) свидетельствует также зависимость интенсивности пиков от состава комбинаций лекарственное вещество – полимер, которая представлена в табл. 2.

**Таблица 2**

Интенсивность пиков в ИК-спектрах изучаемых систем

| Участок спектра см$^{-1}$ | Новокомб (ПВП-йод-новокаин) | ПВП-йод | ПВП-новокаин | Йодопирон |
|---|---|---|---|---|
| 2947 | 94,38 | 93,82 | 94,07 | 94,51 |
| 1644 | 80,89 | 77,05 | 77,03 | 80,91 |
| 1461 | 89,90 | 88,02 | 88,60 | 90,00 |
| 1420 | 84,92 | 83,18 | 83,14 | 85,87 |
| 1371 | 90,98 | 90,71 | 90,70 | 92,28 |
| 1269 | 84,05 | 81,67 | 81,67 | 85,10 |

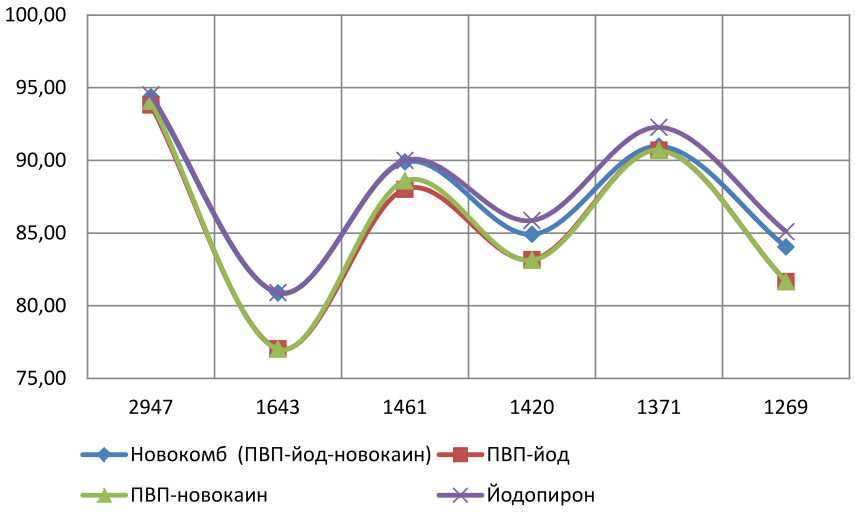



*Рис. 3. Сравнение интенсивности частот изучаемых систем*

**Таблица 3**

Структуры лекарственных комплексов межмолекулярного взаимодействия на основе поливинилпирролидона

| Состав комплекса | Структура комплекса |
|---|---|
| ПВП-йод-новокаин | |
| ПВП-йод | |
| ПВП-новокаин | |
| ПВП-йод-калия йодид | |

Исходя из полученных данных, можно говорить о том, что у соединений ПВП-йод и ПВП-новокаин пики расположены ниже. Данное явление может быть связано с тем, что в комплексах наблюдается недостаточно прочная связь, в отличие от комплексов Новокомб и ПВП-йод-калия йодид. Данные комплексы вследствие наличия солей йодидов и хлоридов можно назвать более реакционноспособными.

Таким образом, по результатам проведённого исследования можно предложить следующие структуры межмолекулярного взаимодействия (табл. 3).

## Заключение

Как видно из представленных результатов, в измеренных ИК-спектрах полимерных комплексов лекарственных веществ на основе поливинилпирролидона наблюдаются разные типы колебаний (колебания ОН-группы, колебания лактамной амидной группы, колебания углеродного скелета и другие). Все они позволяют провести сравнительный анализ межмолекулярного взаимодействия и предложить структуру полимерных комплексов, однако авторы не претендуют на окончательные модели структуры полимерных комплексов, поскольку отдают себе отчёт, что для окончательного вывода по данной проблеме необходимо всестороннее изучение данных моделей разными физико-химическими методами.

## Список литературы

1. Пат. 2519090 Российская Федерация, МПК A 61 K 33/18, A 61 P 17/02. Фармацевтическая композиция / Мельникова О.А., Петров А.Ю., Самкова И.А.; заявитель и патентообладатель ГБОУ ВПО УГМА Минздрава России. – № 2013112719/15; заявл. 21.03.13; опубл. 10.06.14, Бюл. № 16. – 4 с.

2. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data: пер. с англ. Б.Н. Тарасевича. – Бином. Лаборатория знаний, 2006. – С. 251–318.

3. Eugene S. Barabas, Harry G. Brittain, Povidone. – Iodine: Elsevier, 1998. – С. 341–462.

4. Hans-Uwe Schenck, Petr Simak, Erich Haedicke, Structure of Polyvinylpyrrolidone-Iodine (Povidone-Iodine) // Journal of Pharmaceutical Sciences. – 1979. – Т. 68. – № 12. – С. 1505–1509.

5. Polyvinylpyrrolidone, Bull. 2302-1 12, GAF Corp. – New York, 1980.

УДК 665.7.032.54:662.73

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БУРОГО УГЛЯ С АЛКИЛИРУЮЩИМИ СПИРТАМИ

**Носкова Л.П.**

*ФГБУН «Институт геологии и природопользования» ДВО РАН, Благовещенск, e-mail: noskova@ascnet.ru*

Проведена сравнительная обработка слабометаморфизованного бурого угля алифатическими спиртами в условиях экстракции и каталитического алкилирования. Показано, что источником растворимых продуктов в процессе экстракции является подвижная молекулярная фракция угольного вещества, а при алкилировании – его макромолекулярная фаза. Установлено, что дестабилизация надмолекулярной структуры угля в процессе алкилирования приводит к троекратному росту растворимости угля и более глубокому извлечению битумов. Методами химического анализа и хромато-масс-спектрометрии исследован групповой и индивидуальный состав продуктов, экстрагируемых из исходного и алкилированного угля. Установлен рост концентрации сложных эфиров и алифатических спиртов, свидетельствующий о химическом взаимодействии угольного вещества с молекулами спирта в условиях реакций этерификации и переэтерификации. Показано, что предварительная каталитическая обработка низкокалорийного угля спиртами способствует модификации его органических компонентов и получению высококачественных обессмоленных восков. Определены химико-технологические характеристики модифицированных восков и установлены оптимальные концентрации катализатора для их получения.

**Ключевые слова: бурый уголь, макромолекулярная матрица, подвижная молекулярная фаза, надмолекулярная структура, экстракция, воск, алкилирование, катализ, спирты, кислоты, сложные эфиры, этерификация, переэтерификация**

# INTERACTION OF BROWN COAL WITH ALKYLATING SPIRITS

**Noskova L.P.**

*Institute of Geology and Nature Management Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Blagoveschensk, e-mail: noskova@ascnet.ru*

A comparative treatment of slightly metamorphosed brown coal using aliphatic spirits under the conditions of extraction and catalytic alkylation has been carried out. It is demonstrated that the source of the soluble products in the process of extraction is a mobile molecular fraction of coal matter and at the alkylation it is its macromolecular phase. It is found that the destabilization of the supramolecular structure of coal during alkylation results in the thrice increase of coal solubility and deeper extraction of bitumen. The methods of chemical analysis and chromatographic-mass spectrometry were employed to investigate both group and individual composition of the products extracting from the initial and alkylated coals. The increase in concentration of the compound esters and aliphatic spirits was established indicating a chemical interaction between coal matter and spirits' molecules in the course of esterification and transesterification reactions. It was shown that the catalytic pre-treatment of low-calorie coal contributes to the modifications of its organic components and production of high quality resin free waxes. Defined are the chemical and technological characteristics of the modified waxes and the optimum concentrations of catalysts for their extraction were established.

**Keywords: brown coal, macromolecular matrix, mobile molecular phase, supramolecular structure, extraction, wax, alkylation, catalysis, spirits, acids, compound esters, esterification, transesterification**

Традиционно твердые горючие ископаемые (ТГИ) используются для получения тепловой энергии, а их химический потенциал не находит достойного применения. Во многом это обусловлено низкой степенью превращения органического вещества (ОВ) твердых топлив в углехимических технологиях, которые по данному показателю значительно уступают процессам нефтепереработки. Повышению эффективности извлечения химических продуктов из угля может способствовать предварительное алкилирование исходного сырья такими реагентами, как олефины, галоидные алкилы, низкомолекулярные спирты [2, 9]. Для алкилирования спиртами наибольший интерес представляют слабометаморфизованные топлива, которые содержат значительные количества кислородсодержащих функциональных групп, способных реагировать со спиртовыми гидроксилами в условиях кислотного катализа. Запасы углей данного типа только в Амурской области превышают 2,5 млрд т. Изучение их строения и реакционной способности на примере низкокалорийного бурого угля Сергеевского месторождения показало, что оптимальным способом переработки низкоуглефицированных топлив Приамурья является извлечение буроугольного (горного) воска и гуминовых веществ [3–5].

**Цель работы** – исследование процессов, протекающих в ОВ сергеевского угля при взаимодействии с низкомолекулярными алифатическими спиртами, установление влияния данных процессов на глубину экстракционной переработки и получение из угля высококачественных восков.

## Материалы и методы исследований

Объект исследования – бурый уголь Сергеевского месторождения содержит, %: $W^a$ 8,1; $A^d$ 22,3; $C^{daf}$ 66,1; $H^{daf}$ 5,5; $N^{daf}$ 0,7; $S^{daf}$ 0,4; $O^{daf}$ 27,3; H/C 1,0. Обработку угля алкилирующими спиртами осуществляли на водяной бане в течение 3 часов при температуре кипения реакционной смеси. Для катализа использовали серную кислоту – стандартный катализатор реакций этерификации в органической химии. Выявление оптимальной концентрации катализатора в алкилирующей смеси проводили в интервале от 1 до 9 %. Соотношение уголь: спирт составило 1:20. Охлажденные продукты реакции подвергали центрифугированию и вакуумному фильтрованию. В аналогичных условиях осуществляли сравнительную обработку угля спиртами без участия катализатора, получая исходный экстракт (битум) и остаточный уголь. От жидких продуктов экстракции исходного и алкилированного угля отгоняли растворитель, затем твердую и жидкую фракцию отмывали водой от остатков катализатора и высушивали в вакуумном шкафу при температуре 70 °C. Далее проводили раздельную экстракцию жидких и твердых продуктов алкилирования экстракционным бензином (темп. кипения 70 °C). Полученные битумы фракционировали серным эфиром на воски и смолы. Групповой состав восков исследовали методом щелочного гидролиза 5 %-ным спиртовым раствором гидроксида калия, разделяя продукты омыления аналогично [6]. Бензиновые битумы подвергали фракционированию на стеклянных пластинах АТСХ 5–20 мкм), применяя для элюирования смесь бензола и этилацетата (98:2). Эталонами для идентификации сложноэфирных фракций служили метилстеарат и изопропилмиристат.

Индивидуальный состав метиловых эфиров анализировали хромато-масс-спектрометрическим методом (ХМС) на приборе *Agilent* 6890N в интервале 15–500 атомных единиц массы. Разделение проводили на капиллярной колонке HP-5*MS* (30 м×0,25 мм×0,25 мкм) при программировании температуры: 100 °C (выдержка в течение 2 мин) со скоростью 9 °C/мин до 280 °C (выдержка 18 мин). Газ-носитель – гелий (1 мл/мин). Энергия ионизирующих электронов 70 эВ.

## Результаты исследований и их обсуждение

Основной структурной единицей угольного вещества является макромолекулярная матрица, представляющая собой трехмерный полимер нерегулярного строения, компоненты которого скреплены жесткими ковалентными связями. В микропористой структуре угля установлено присутствие менее полимеризованных молекул, составляющих подвижную молекулярную фазу угля [10]. Компоненты подвижной фазы связаны с угольной матрицей сетью водородных и слабых донорно-акцепторных взаимодействий, формирующих надмолекулярную структуру угля. При осуществлении экстракции угля мягкие условия процесса не позволяют молекулам растворителя разрушить прочные ковалентные связи между макрокомпонентами угля. Однако под воздействием температуры, ослабляющей стерические препятствия, растворитель способен внедряться в жидкоподвижную фазу угля и извлекать растворимые в нем соединения. В ходе настоящих исследований установлено, что при экстракции сергеевского угля метиловым и изопропиловым спиртами в растворимое состояние переходит соответственно 11 и 15 % его органического вещества (рис. 1). Повышенная экстракционная способность изопропанола связана с его более высокой температурой кипения по сравнению с метиловым спиртом.

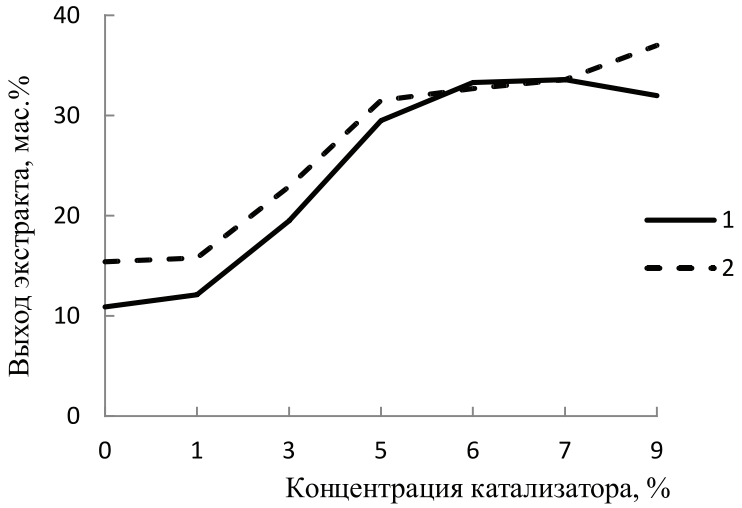



*Рис. 1. Зависимость выхода растворимых продуктов от концентрации катализатора при взаимодействии:*
*1 – с метиловым; 2 – изопропиловым спиртами*

Введение в процесс протонного катализатора, создающего условия для алкилирования угля, приводит к изменениям в составе угольного вещества. Данные изменения вызывают его модификацию и связаны с образованием сложноэфирных фракций, отсутствующих в исходном угле. В их составе методом ТСХ идентифицированы сложные эфиры, которые содержат изопропиловые и метиловые спиртовые радикалы. Рост концентрации сложных эфиров установлен также в компонентном составе восков, извлекаемых из алкилированного угля. При этом наблюдается уменьшение содержания кислот восков и их кислотного числа (табл. 1, 2). Это говорит о взаимодействии алкилирующих спиртов с кислыми гидроксильными группами угля, которые принадлежат, вероятно, содержащимся в нем свободным кислотам и кислотам, связанным в форме солей [7]. Освобождению последних из состава солей способствует присутствие в реакционной смеси серной кислоты, выполняющей на данном этапе деминерализующую функцию. Протекающая при этом деструкция органоминеральных связей приводит к деполимеризации угольного вещества и росту содержания углеводородов в составе восков (табл. 1).

Анализ приведенных экспериментальных данных показывает, что в основе взаимодействия угля с алкилирующими спиртами лежит катализируемая серной кислотой реакция этерификации, которая преобразует полярные кислые гидроксильные группы угля в сложноэфирные структуры, обладающие слабой полярностью. Снижение полярности образующихся продуктов по сравнению с исходным углем приводит к существенному нарушению его надмолекулярной структуры и внедрению молекул растворителя в макромолекулярную часть угольного вещества. В результате выход изопропанольного и метанольного экстрактов повышается соответственно до 37 и 33,6% (рис. 1) и растет извлечение битумов. Из табл. 1 и рис. 1 видно, что наибольшую эффективность процесса обеспечивает присутствие 6–7% катализатора. В данных условиях содержание смол в битумах снижается до минимума, а выход восков по сравнению с исходным углем возрастает в 2 раза.

**Таблица 1**

Характеристика продуктов экстракции

| Алкилирующий спирт | $H_2SO_4$, мас. % | Содержание, % на ОВ | | | Групповой состав восков, % | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Битумы | Воски | Смолы | УВ | Спирты | Кислоты | Сложные эфиры |
| Исходный уголь | | | | | | | | |
| – | – | 4,8 | 3,2 | 1,6 | 3,8 | 3,2 | 33,6 | 59,4 |
| Алкилированный уголь | | | | | | | | |
| Изопропанол | 1 | 4,9 | 3,4 | 1,5 | – | – | – | – |
| | 3 | 5,7 | 3,4 | 1,3 | – | – | – | – |
| | 5 | 7,6 | 7,3 | 0,3 | 5,0 | 6,3 | 12,0 | 70,3 |
| | 7 | 8,0 | 7,8 | 0,2 | 5,2 | 7,0 | 9,6 | 78,2 |
| | 9 | | | | | | | |
| Метанол | 6 | 8,9 | 8,7 | 0,2 | 9,0 | 15,2 | 4,2 | 71,7 |
| | 9 | 10,1 | 7,8 | 2,3 | 12,7 | 14,1 | 6,3 | 66,9 |

**Таблица 2**

Физико-химические показатели восков

| Наименование продукта | Содержание смол, % на ОВ | Кислотное число, мг КОН/г | Число омыления, мг КОН/г | Температура каплепадения, °С |
|---|---|---|---|---|
| Воск исходного угля | 3,0 | 38,6 | 79,1 | 79 |
| Воск, модифицированный метанолом | 0,2 | 2,1 | 65,5 | 83 |
| Воск, модифицированный изопропанолом | 0,2 | 25,3 | 128,3 | 83 |
| Карнаубский воск | нет | 2,2 | 77,5 | 87 |
| Этерифицированный воск марки Е фирмы *BASF*, Германия | нет | 21,2 | 128,0 | 82–84 |

Присутствие в угольном веществе кислот, связанных сложноэфирными группировками [7], предполагает возможность их переэтерификации испытуемыми спиртами:

$$R_1COOR_2 + CH_3OH \xrightleftharpoons{t,\ H_2S_4O} R_1COOCH_3 + R_2OH.$$

Согласно схеме переэтерификация угольного вещества является процессом замещения высокомолекулярных спиртовых радикалов, содержащихся в молекулах сложных эфиров исходного угля, на короткие радикалы алкилирующих спиртов. Концентрация сложных эфиров в реакционной смеси при этом не меняется, а образуется дополнительное количество спиртов. Это подтверждается ростом содержания спиртовых фракций в групповом составе восков, полученных из алкилированного угля (табл. 1). Таким образом, процессы переэтерификации угольного вещества благоприятствуют извлечению растворимых продуктов, но главным фактором, обеспечивающим получение модифицированных восков, является образование дополнительного количества сложных эфиров при этерификации карбоновых кислот, присутствующих в угле в свободном виде и в форме гидролитически неустойчивых солей.

Анализ результатов исследования индивидуального состава компонентов сырого воска, извлекаемого из алкилированного угля, показывает, что кислоты, связанные в составе восковых сложных эфиров, имеют алифатическую природу и содержат до 36 атомов углерода в молекуле (табл. 3). Среди них преобладают четные монокарбоновые кислоты $C_{24}$–$C_{30}$ (рис. 2), на долю которых приходится 75 % соединений данной фракции. Аналогичное молекулярно-массовое распределение омыляемых веществ было установлено в составе воска, прошедшего стадию удаления смолистых веществ [8]. Это говорит о том, что предварительная каталитическая обработка исследуемого угля спиртами способствует концентрированию высокомолекулярных сложноэфирных фракций в составе твердых продуктов алкилирования. Благодаря этому сырой воск, извлекаемый из модифицированного угля, практически не содержит смол и обладает физико-химическими показателями (табл. 2), сопоставимыми с аналогичными характеристиками растительного и этерифицированных восков [1]. В составе жидких продуктов алкилирования, содержащих смолистые вещества и низкомолекулярные восковые соединения, идентифицированы главным образом предельные ди- и монокарбоновые восковые кислоты, содержащие до 18 атомов углерода в молекуле.

**Таблица 3**

Групповой состав этерифицированных кислот, отн. %

| Кислоты | Продукты алкилирования | |
|---|---|---|
| | Экстракт | Уголь |
| Монокарбоновые | | |
| Насыщенные, в том числе | 44,12 | 97,82 |
| $^*C_9$–$C_{18}$ | 36,25 | 3,15 |
| $^*C_{20}$–$C_{25}$ | 7,87 | 23,87 |
| $^*C_{26}$–$C_{36}$ | – | 70,80 |
| Ненасыщенные | 3,55 | 1,15 |
| Дитерпеновые | 5,56 | – |
| Дикарбоновые | | |
| Алифатические $^*C_6$–$C_{13}$ | 40,77 | – |
| Ароматические | 4,30 | – |
| Неидентифицированные | | |
| | 1,70 | 1,03 |

Примечание. * Распределение кислот по количеству атомов углерода в молекуле.

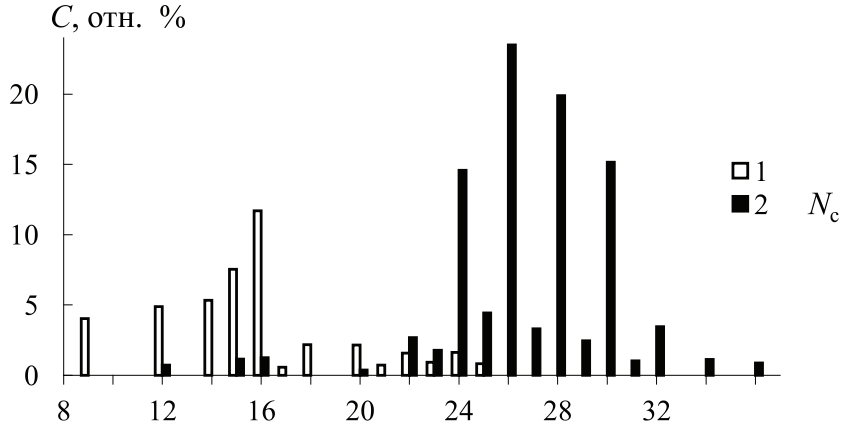



*Рис. 2. Зависимость концентрации монокарбоновых кислот от числа атомов углерода в молекуле ($N_c$): 1 – в алкилированном экстракте; 2 – в алкилированном угле*

## Заключение

Реакционная способность сергеевского бурого угля при взаимодействии с алкилирующими спиртами обусловлена существенным значением межмолекулярных связей, обеспечивающих лабильность угольной структуры. Процесс алкилирования угля представлен совокупностью последовательно-параллельных реакций, первостепенное значение среди которых имеет этерификация угольного вещества. Продукты этерификации – малополярные сложные эфиры – ослабляют надмолекулярную структуру угля, что приводит к росту его растворимости и обогащению угля высокомолекулярными восковыми фракциями. Процессы переэтерификации способствуют извлечению жидких фракций, но мало влияют на формирование модифицированных продуктов. При деминерализации угля освобождаются активные кислые группы, необходимые для взаимодействия со спиртами, протекает деполимеризация угольных молекул, растет выход растворимых веществ. Продуктами взаимодействия исследуемого угля с алифатическими спиртами являются модифицированные воски с низким содержанием смолистых веществ.

## Список литературы

1. Белькевич П.И., Голованов Н.И. Воск и его технические аналоги. – Минск: Наука и техника. – 1980 – 176 с.

2. Жеребцов С.И., Исмагилов З.Р. Алкилирование углей и торфа спиртами // Химия твердого топлива. – 2012.– № 4. – С. 39–53.

3. Носкова Л.П., Рохин А.В., Сорокин А.П. Получение восков и гуминовых кислот из бурого угля Сергеевского месторождения // Химия твердого топлива. – 2007. – № 3. – С. 9–15.

4. Носкова Л.П. Экстракционная переработка низкокалорийного угля // Вестник ИрГТУ. – 2012. – Т. 68. – № 9. – С. 195–201.

5. Носкова Л.П. Ступенчатая экстракция бурого угля Сергеевского месторождения // Химия твердого топлива. – 2014. – № 4. – С. 12–17.

6. Носкова Л.П. Компонентный состав обессмоленного воска // Химия твердого топлива. – 2008. – № 5. – С. 70–75.

7. Носкова Л.П. Состав и формы связи кислот, извлекаемых из битумоидов бурого угля // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – Т. 88. – № 5. – С. 148–153.

8. Носкова Л.П. Газохроматографический анализ алифатических фракций буроугольного воска // Химия твердого топлива. – 2010. – № 5. – С. 35–39.

9. Liotta R. Selective alkylation of acidic hydroxyl groups in coal // Fuel. – 1979. – Vol. 58. – № 10. – P. 724–728.

10. Jurkiewicz A., Marzec A., Pislewski N. Molecular structure of bituminous coal studied with pulse nuclear magnetic resonance // Fuel. – 1982. – Vol. 61, № 7. – P. 647–650.

УДК 547.836.3

# БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И АНАЛИЗ МАСС-СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПАДА ТРИФТОРМЕТИЛПИРРОЛОХИНОЛОНОВ

**Степаненко И.С., Ямашкин С.А., Котькин А.И.**

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: 19aleksey90@mail.ru*

Проводятся испытания по выявлению биологической активности трифторметил производных пирролохинолонового ряда. Получены предварительные результаты о противомикробном действии для некоторых трифторметилпирролохинолонов. Изученные нами фторпирролохинолоны обладают достаточно широким спектром действия как в отношении тест-штаммов, так и клинических штаммов микроорганизмов. В сообщении приводится анализ масс-спектрального распада ранее полученных нами различно сочлененных с разными заместителями соединений, для точного доказательства их структуры. Из анализа масс-спектрального распада различно сочлененных трифторпирролохинолонов следует, что они ведут себя как полиметилированные индолы. В случае наличия в молекуле метокси-группы, пери-заместителей в пирроло[3,2-h]хинолонах значительный вклад в схему масс-спектрального распада вносят эти заместители. Подробные масс-спектры трифторпирролохинолонов получены на масс-спектрометре FINNIGAN MAT. INCOS-50 с прямым вводом образца в ионный источник при энергии ионизации 70 эВ.

**Ключевые слова: трифторметилпирролохинолоны, масс-спектрометрический метод, антимикробная активность, пери-заместители, полиметилированные индолы**

# BIOLOGICAL ACTIVITY AND ANALYSIS MASS SPECTRAL DECAY TRIFLUOROMETHYL PYRROLOQUINOLONES

**Stepanenko I.S., Yamashkin S.A., Kotkin A.I.**

*Mordovian M.E. Yevseviev State Pedagocial Institute, Saransk, e-mail: 19aleksey90@mail.ru*

Tests have been conducted to the biological activity of trifluoromethyl derivatives of pyrrolo quinolones series. Preliminary results of the antimicrobial action of some trifluoromethyl pyrrolo quinolones. The studied fluoro pyrrolo quinolones have a sufficiently broad spectrum of activity as against test strains and clinical strains of microorganisms. The report provides analysis of the mass-spectral decay previously received by us different articulated with different substituents of the compounds for accurate evidence of their structure. From the analysis of the mass spectral decay variously articulated trifluoro pyrrolo quinolones it follows that they behave as polymethylated indoles. In the case of the presence in the molecule methoxy group, peri-substituents in the pyrrolo [3,2-h] quinolones a significant contribution to the scheme of mass-spectral decay make these substituents. Detailed mass-spectrums trifluoro pyrrolo quinolones received on the mass spectrometer FINNIGAN MAT. INCOS-50 with the direct input of the sample into the ion source when the ionization energy of 70 eV.

**Keywords: trifluoromethyl pyrroloquinolones, mass spectrometry, antimicrobial activity, peri-substituent, methylated poly indoles**

Мы, коллектив авторов, проводим исследование противогрибковой и противомикробной активности трифторметил производных индольного [3] и пирролохинолонового ряда [1, 2] в рамках реализации одного из фундаментальных принципов преодоления антибиотикорезистентности микроорганизмов – поиска новых соединений с противомикробной активностью и, возможно, с иным механизмом действия.

Получены предварительные результаты о противомикробном действии для некоторых трифторметилпирролохинолонов.

Определение чувствительности микроорганизмов к исследуемым препаратам проводили методом серийных разведений в бульоне (макрометодом «пробирочным») и диско-диффузионным методом.

В качестве тест-микроорганизмов использовали 14 музейных штаммов: *Staphylococcus aureus 29213, Escherichia coli 25922, Pseudomonas aeruginosa 27853, Streptococcus pyogenes 1238, Salmonella enteritidis 5765 AT*CC, *Shigella sonnei S-форма 20, Pseudomonas aeruginosa 453, Escherichia coli M17 штамм, Staphylococcus aureus 906, Enterococcus faecalis 2919 ATCC, Citrobacter freundii 101/57, Proteus vulgaris 222, Klebsiella pneumonia*e 9172, *Bacillus cereus 96.*

Музейные штаммы, используемые в работе, получены из коллекции музея живых культур ФГУН ГИСК им. Л.А. Тарасевича Роспотребнадзора. В качестве опытных исследовались штаммы микроорганизмов *Staphylococcus spp., Streptococcus spp., Enterococcus spp., Klebsiella spp., Salmonella spp., S. sonnei, E. coli, Enterobacter spp., Proteus spp., M. morganii, C. freundii, A. baumani, P. aeruginosa,* изолированных из материала, взятого от больных ГБУЗ РМ «РИКБ» с неспецифическими заболеваниями органов дыхания и мочевыводящих

путей. Источником выделения патогенов служила моча, мокрота, слизь из зева, носа и носоглотки.

Изучение спектра противомикробной активности соединений 8, 10, 16 в отношении тест-штаммов микроорганизмов показало, что они обладают различным спектром активности как относительно грамотрицательных микроорганизмов, так и грамположительных микроорганизмов.

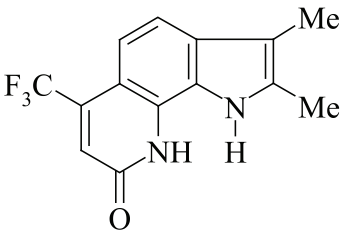
Чувствительность к исследуемому соединению **16** наблюдалась у клинических штаммов грамположительных микроорганизмов *S. aureus, S. pyogenes, S. salivarius, S. uberis, S. mitis, S. mutans, S. agalactia, B. cereus* и грамотрицательных микроорганизмов *E. coli, S. enteritidis, S. typhimurium, S. sonnei, C. freundii, E. cloaceae, E. aerogenes, M. morganii, A. baumani,*. Другие исследуемые микроорганизмы *E. faecalis, E. faecium, K. oxytoca, K. pneumonia*e, *P. vulgaris, P. mirabilis, P. aeruginosa* были малочувствительны к исследуемому соединению.

Исследование соединения **10** показали, что данное вещество обладает широким спектром активности. Оно проявляет противомикробный эффект как в отношении грамотрицательных, так и грамположительных микроорганизмов.

Соединение **8** обладает более узким спектром действия как в отношении тест-штаммов, так и клинических штаммов микроорганизмов. Оно проявляло противомикробную активность только в отношении представителей рода *Streptococcus spp.* и, в частности, было наиболее активно в отношении *S. pyogenes.*

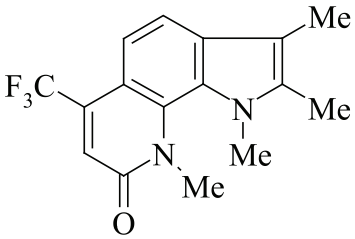
Таким образом, изученные нами фторпирролохинолоны обладают достаточно широким спектром действия и в отношении тест-штаммов и клинических штаммов микроорганизмов.

На основании, вышеприведенных данных можно предположить, что синтезируемые и исследуемые нами соединения могут являться новой группой противомикробных препаратов и требуют дальнейшего изучения.



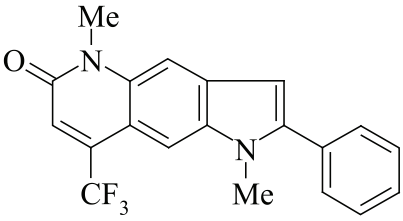

**8**

2,3-диметил-6-(трифторметил)-1,9-дигидро-8Н-пирроло[3,2-h] хинолин-8-он




**10**

1,2,3,9-тетраметил-6-(трифторметил)-1,9-дигидро-8Н-пирроло[3,2-h] хинолин-8-он




**16**

1,5-диметил-2-фенил-8-(трифторметил)-1,5-дигидро-6Н-пирроло[2,3-g] хинолин-6-он

В связи с вышеизложенным нами, для точного доказательства структуры исследуемых соединений использован масс-спектрометрический метод. Проведен анализ масс-спектрального распада ранее полученных нами серии различно сочлененных с разными заместителями соединений [4–16].

Масс-спектральный распад метилзамещенных трифторметилпирролохинолонов **1-9**, как и полиметилированных индолов [2], подчиняется схеме 1. Значения $J_{отн}$, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о высокой стабильности анализируемых пирролохинолонов.

Введенная по азоту пиридинового кольца метильная группа (соединение **10**), по-видимому, способствует элиминированию оксида углерода с образованием пирролоиндола из молекулярного иона пирролохинолона, а также иона пирролохинолона из иона пиридохинолона (схема 2).

Введенная в бензольное кольцо метоксигруппа (соединения **11, 12**) дестабилизирует пирролохинолоны к электронному удару. При этом изменяется схема масс-спектрального распада (схема 3).

Определяет при этом направление масс-спектрального распада О–Me группа. Молекулярный ион пирролохинолона **11** элиминирует метильный радикал с последующим отщеплением молекулы оксида углерода с максимальным пиком иона m/z 267. Аналогичная схема распада наблюдается и для пирролохинолона **12**. Соединение более устойчиво к действию электронного удара из-за наличия дополнительной метильной группы. Пик молекулярного иона m/z 324 является самым интенсивным.

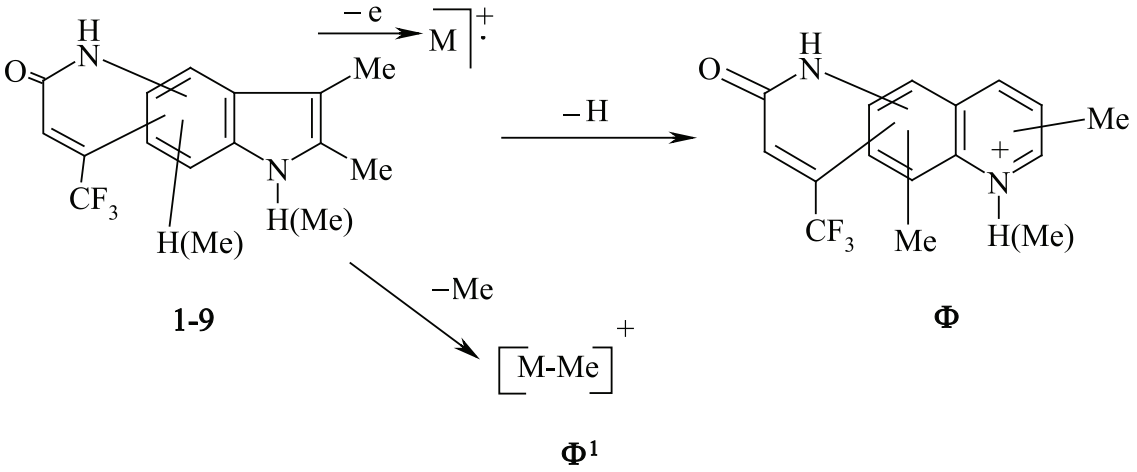
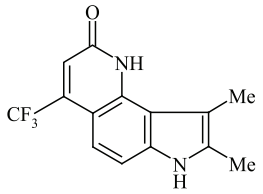
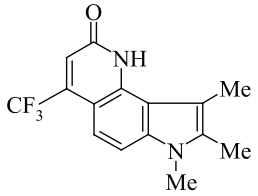
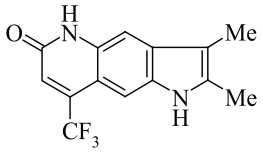
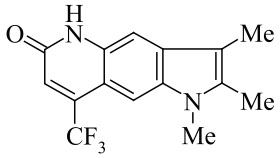
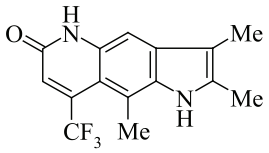


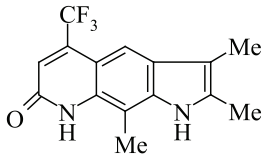
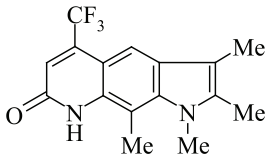
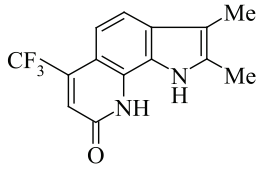
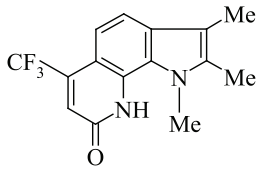

*Схема 1*

**Таблица 1**

Значения $J_{отн}$ в % для молекулярных и фрагментных ионов Ф, Ф[1] в масс-спектрах соединений 1-9

| № п/п | Соединения | Масс-спектр, m/z ($J_{отн}$, %) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | М | Ф | Ф[1] |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 |  | 290 (100) | 279 (83) | 265 (37) |
| 2 |  | 294 (100) | 293 (87) | 279 (48) |
| 3 |  | 280 (100) | 279 (73) | 265 (40) |
| 4 |  | 294 (100) | 293 (73) | 279 (38) |
| 5 |  | 294 (100) | 293 (67) | 279 (29) |

**Окончание табл. 1**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 6 |  | 294 (100) | 293 (61) | 279 (29) |
| 7 |  | 308 (100) | 307 (45) | 293 (59) |
| 8 |  | 280 (100) | 279 (96) | 265 (34) |
| 9 |  | 294 (100) | 293 (90) | 279 (50) |

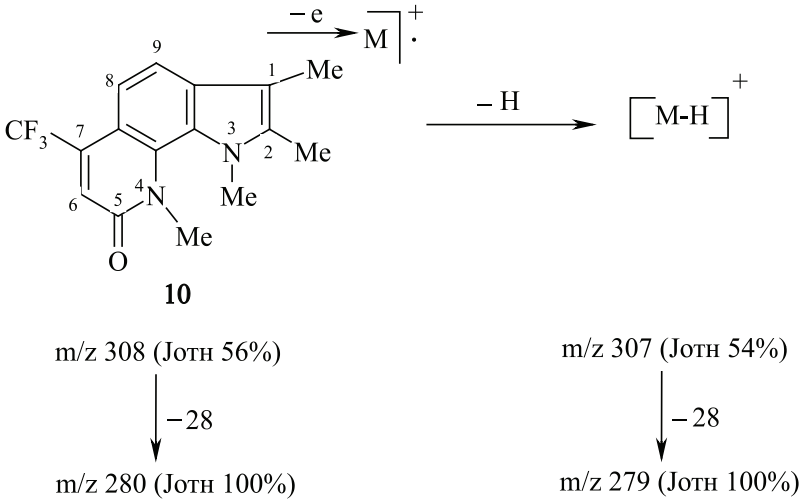



*Схема 2*

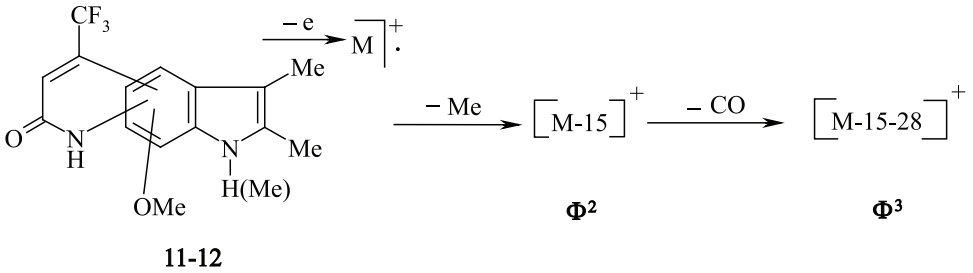
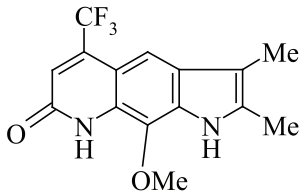
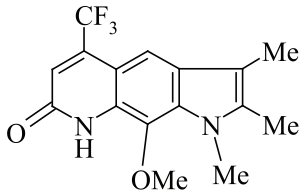



*Схема 3*

**Таблица 2**

Значения $J_{отн}$ в % для молекулярных
и фрагментных ионов $Ф^2$, $Ф^3$ в масс-спектрах соединений 11–12

| № п/п | Соединения | Масс-спектр, m/z ($J_{отн}$, %) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | M | $Ф^2$ | $Ф^3$ |
| 11 |  | 310 (74) | 295 (35) | 267 (100) |
| 12 |  | 324 (100) | 309 (33) | 291 (79) |

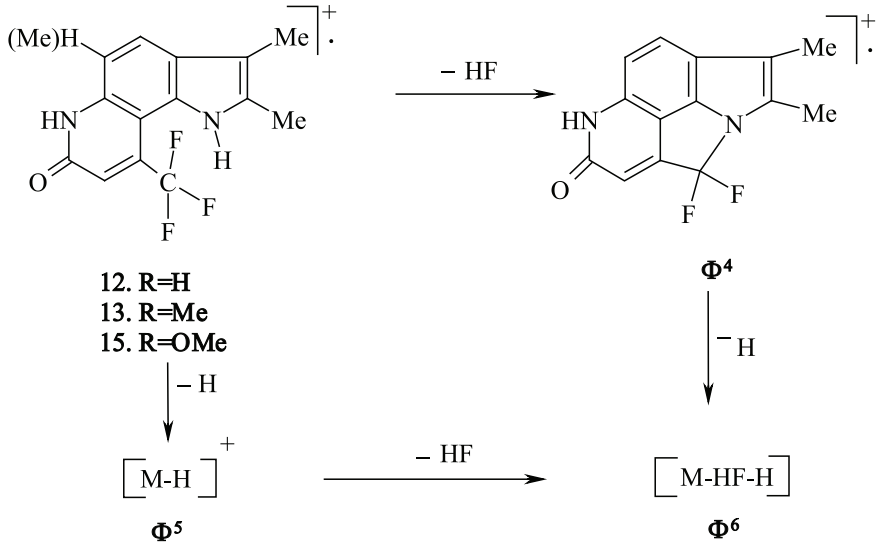
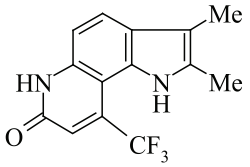
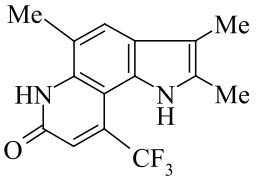



*Схема 4*

**Таблица 3**

Значения $J_{отн}$ в % для молекулярных
и фрагментных ионов $Ф^4$–$Ф^6$ в масс-спектрах соединений 13, 14

| № п/п | Соединения | Масс-спектр, m/z ($J_{отн}$, %) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | M | $Ф^4$ | $Ф^5$ | $Ф^6$ |
| 13 |  | 100 | 23 | 30 | 45 |
| 14 |  | 100 | 10 | – | 23 |

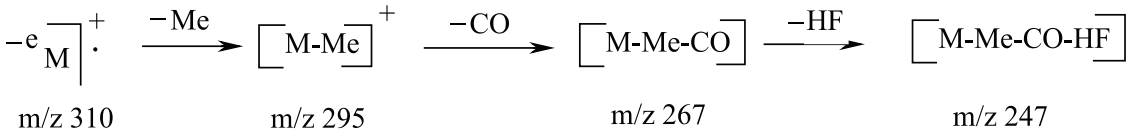



*Схема 5*

В масс-спектре пирролохинолонов **13, 14** кроме пиков молекулярного иона с максимальной интенсивностью имеются сигналы с m/z **[M-20]**$^+$ и **[M-1-20]**, обусловленные, по-видимому, элиминированием HF от взаимодействующих пери-заместителей ($CF_3$, N–H) и образованием иона полициклической структуры.

В рассмотренном масс-спектральном распаде пирролохинолона **15** помимо ионов $Ф^2$, $Ф^3$, обусловленных наличием метоксильной группы, имеется сигнал с m/z 247, по-видимому образующийся по следующей схеме (схема 5).

Таким образом, из анализа масс-спектрального распада различно сочлененных трифторпирролохинолонов следует, что они ведут себя как полиметилированные индолы и их метоксипроизводные. В случае наличия метоксильной группы первоначальное направление масс-спектрального распада определяет O–$CH_3$ группа.

При наличии в молекуле пери-расположенной к N–H пиррольного кольца трифторметильной группы под действием электронного удара происходит элиминирование молекулы фтористого водорода с образованием полициклической структуры с узловым атомом азота.

Резко изменяется схема распада трифтор[3,2-h]пирролохинолона **10** с пери-заместителями.

Подробные масс-спектры трифторпирролохинолонов получены на масс-спектрометре FINNIGAN MAT. INCOS-50 с прямым вводом образца в ионный источник при энергии ионизации 70 эВ и приведены в процитированных источниках без анализа.

Все масс-спектрально проанализированные трифторпирролохинолоны исследуются на антимикробную активность.

## Список литературы

1. Кадималиев Д.А. Влияние различно замещенных пирролохинолонов на физиолого-биохимические характеристики лигнолитического гриба Lentinus tigrinus / Д.А. Кадималиев, И.С. Степаненко, О.С. Надеждина, С.А. Ямашкин // Микология и фитопатология – 2014. – Т. 48. – Вып. 5. – С. 309–314.

2. Степаненко И.С. Пирролохинолины: перспективный класс соединений с противомикробной активностью / И.С. Степаненко, А.И. Котькин, С.А. Ямашкин // Проблемы медицинской микологии – 2015. – Т. 17. – № 3. – С. 135–136.

3. Хмельницкий В.А. Масс-спектрометрия индольных соединений // ХГС. – 1974. – № 3. – С. 291–293.

4. Ямашкин С.А. Синтез функционально замещенных пирроло[3,2-g] хинолинов из 6-амино-7-метокси-1,2,3-триметилиндола / С.А. Ямашкин, Е.А. Орешкина, И.С. Романова, М.А. Юровская // Химия гетероциклических соединений. – № 10. – С. 1529–1539.

5. Ямашкин С.А. Возможности использования 6-метил-, 1,6-диметил-2-фенил-5-аминоиндолов в синтезе трифторметилзамещенных пирролохинолинов / С.А. Ямашкин, Г.А. Романова // Реактив-2003: материалы XVI Международной конференции. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – М.-Уфа, Государственное изд-во научно-технической литературы «Реактив», 2003. – С. 45.

6. Ямашкин С.А. Использование результатов масс-спектрометрии при доказательстве строения продуктов первичной реакции аминоиндолов с β-кетоэфирами / С.А. Ямашкин, И.С. Степаненко, А.И. Котькин // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 2. – С. 76–79.

7. Ямашкин С.А. О возможности использования 2,3-диметл- и 1,2,3-триметил-5-метокси(метил)-6-аминоиндолов в синтезе трифторметипирроло[2,3-f]хинолинов / С.А. Ямашкин, Е.А. Орешкина, И.С. Романова // Реактив-2004: материалы XVII Международной конференции. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – Уфа: Государственное изд-во научно-технической литературы «Реактив», 2004. – С. 35–36.

8. Ямашкин С.А. О возможности использования 5-, 6-амино-2,3,7-триметил-, 1,2,3,7-тетраметилиндолов в синтезе трифторметилпирролохинолонов / С.А. Ямашкин, Е.А Орешкина, М.А. Юровская // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2005. – Т. 46. – № 6. – С. 382–387.

9. Ямашкин С.А. Синтез пирролохинолинов из 1,2,3-триметил-7-метокси-аминоиндола / С.А. Ямашкин, Е.А. Орешкина, И.С. Романова // Реактив-2003: материалы XVI Международной конференции. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – М.: Государственное изд-во научно-технической литературы «Реактив», 2003. – С. 46–47.

10. Ямашкин С.А. Синтез метил-, метокси-пирроло[3,2-f]хинолонов и их фторированных аналогов из 6-замещенных-5-аминоиндолов / С.А. Ямашкин, Г.А. Романова, М.А. Юровская // Вестник Московского университета. – сер. 2 Химия. – 2004. – Т. 45. – № 1. – С. 12–18.

11. Ямашкин С.А. Синтез пирролохинолинов из 2,3-диметил-, 1,2,3-триметил-6-аминоиндолов и 4,4,4-трифторацетоуксусного эфира / С.А. Ямашкин, Е.А. Орешкина, И.С. Романова // Сборник тезисов Международной конференции по химии гетероциклических соединений, посвященной 90-летию А.Н. Коста, Россия. – М., 2005. – С. 376.

12. Ямашкин С.А. Синтез пирролохинолинов из 5- и 7-аминоиндолов / С.А. Ямашкин, Г.А. Романова, О.В. Игнатьев // Реактив-2001: материалы XIV Международной конференции. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – Уфа: Государственное изд-во научно-технической литературы «Реактив», 2001. – С. 91.

13. Ямашкин С.А. Синтез трифторметилпирролохинолонов из 2-фенил-, 1-метил-2-фенил-5-аминоиндолов и 4,4,4-трифторацетоуксусного эфира / С.А. Ямашкин, Г.А. Романова // Реактив-2002: материалы XV Международной конференции. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – Уфа: Государственное изд-во научно-технической литературы «Реактив», 2002. – С. 20.

14. Ямашкин С.А. Синтез фторзамещенных пирролохинолинов / С.А. Ямашкин, И.С. Ямашкина, Г.А. Романова // 1-ая Всероссийская конференция по химии гетероциклов памяти А. Н. Коста. – Суздаль, 2000. – С. 432.

15. Ямашкин С.А. Синтез фторсодержащих пирроло[2,3-g] хинолинов / С.А. Ямашкин, Н.В. Артаева, Е.А. Орешкина, Г.А. Романова // Реактив-2001: материалы XIV Международной конференции. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – Уфа: Государственное изд-во научно-технической литературы «Реактив», 2001. – С. 89–90.

16. Ямашкин С.А. Синтез функционально замещенных пирроло[3,2-h]хинолинов из 2,3-диметил-, 1,2,3-триметил-7-аминоиндолов / С.А. Ямашкин, Г.А. Романова, И.С. Романова, М.А. Юровская // ХГС. – 2003. – № 8 – С. 1202–1211.

УДК 54-386

# СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ БИОЦИДНЫХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНОЙ СОЛИ ДИГЛИЦИНОБОРАТА МЕДИ (II)

**[1]Тютрина С.В., [1]Бурнашева Н.Н., [1]Хатькова А.Н., [2]Соловьева Т.Л.**

*[1]ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита, e-mail: mail@zabgu.ru;*
*[2]ГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия», Чита, e-mail: pochta@chitgma.ru*

Настоящая статья посвящена изучению нового экологически безопасного комплексного соединения на основе борной, аминоуксусной кислот и иона меди (II), относящегося к группе биоцидных препаратов. Рассматривается методика синтеза комплексного соединения, приводятся данные по строению и свойствам диглицинобората меди (II). Индивидуальность соединения подтверждена современными физико-химическими методами. На основании данных ИК-спектроскопии, термогравиметрии предложено строение комплексного соединения, приведены соответствующие уравнения химических реакций. Исследована избирательная биоцидная активность комплексного соединения в отношении патогенных микроорганизмов, определена максимальная подавляющая активность при минимальных концентрациях на *Escherichia coli* (кишечная палочка), *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк) и *Candida albicans* (дрожжеподобные грибы рода Кандида). Проведено сравнение физико-химических свойств, индивидуальных характеристик, минимальной подавляющей концентрации в отношении патогенных микроорганизмов нового комплексного соединения диглицинобората меди и ранее изученного вещества – диглицинборной кислоты. Рассмотрена предполагаемая область применения нового комплексного соединения в отношении патогенных микроорганизмов, определена максимальная подавляющая активность при минимальных концентрациях на *Escherichia coli* (кишечная палочка), Staphylococcus aureus (золотистый стафилококк) и *Candida albicans* (дрожжеподобные грибы рода Кандида). Рассмотрена предполагаемая область применения нового комплексного соединения.

**Ключевые слова: диглицинборная кислота, синтез, биоцидные свойства, электропроводность, ИК-спектроскопия, термогравиметрия**

# SYNTHESIS, STRUCTURE AND STUDY OF BIOCIDAL PROPERTIES OF COMPLEX SALTS OF COPPER DIGLYCINATE (II)

**[1]Tyutrina S.V., [1]Burnasheva N.N., [1]Khatkova A.N., [2]Soloveva T.L.**

*[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Zabaikalsky State University, Chita, e-mail: mail@zabgu.ru;*
*[2]State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Chita State Medical Academy, Chita, e-mail: pochta@chitgma.ru*

The present article is devoted to the study of new environmentally friendly complex compounds based on boron, aminouxusna acids and copper ion (II), belonging to the group of biocidal agents. The method of synthesis of complex compounds, the data on the structure and properties of diglycinenitrate copper (II). The individuality of the compounds confirmed by modern physical and chemical methods. On the basis of data of IR spectroscopy, thermogravimetry proposed structure of complex compounds, the corresponding equations of chemical reactions. Investigated selective biocidal activity of the compound against pathogenic microorganisms to determine the maximum suppressive activity at minimum concentrations of Escherichia coli (E. coli), Staphylococcus aureus (Staphylococcus aureus) and Candida albicans (yeast-like fungi of the genus Candida). A comparison of physicochemical properties, individual characteristics, minimal inhibitory concentration against pathogenic microorganisms of a new complex compound of copper and diglycinenitrate previously studied substances diglycolamine acid. Reviewed prospective area of application of the new complex compounds.complex compounds against pathogenic microorganisms to determine the maximum suppressive activity at minimum concentrations of Escherichia coli (E. coli), Staphylococcus aureus (Staphylococcus aureus) and Candida albicans (yeast-like fungi of the genus Candida).

**Keywords: diglinoborna acid, biocidal properties, conductivity, IK-spectroscopy, thermogravimetry**

Необходимость в создании препаратов, обладающих биоцидной активностью, является актуальной задачей современной науки. Учитывая требования, предъявляемые к данному классу соединений, на первый план выдвигается проблема их экологической безопасности. Синтез нового комплексного соединения – диглицинобората меди является продолжением работы по направлению создания комплексных соединений на основе бора. Полученное химическое соединение предлагается использовать в качестве антимикробного и противогрибкового средства, направленное на подавление жизнедеятельности возбудителей инфекционных заболеваний, таких как кишечная палочка, золотистый стафилококк и дрожжеподобные грибки. Предлагаемое нами комплексное соединение должно обладать достаточно выраженной биоцидной активностью и может использоваться в качестве альтернативного антимикробного средства. Особенностью полученного нами химического соединения является простота синтеза препарата и избирательная биоцидная активность при малых концентрациях комплексной соли.

Основными этапами получения нового комплексного соединения являются: синтез диглициноборной кислоты (ДГБК), реакция присоединения катиона меди (II) к ДГБК во внешнюю сферу, формирование и рост кристаллов нового комплексного соединения – диглицинобората меди (II). Методика синтеза диглициноборной кислоты (ДГБК) рассмотрена в [1]. Приведем схему этого процесса (рис. 1).

Второй этап получения соли данной кислоты с ионами меди (II) протекает по схеме (рис. 2). Подробно методика получения соединения описана в [5].

Соль ДГБК с ионами меди (II) представляет собой кристаллы голубого цвета, устойчивые на воздухе и хорошо растворимые в воде. Диглициноборная кислота имеет кристаллы белого цвета, так же устойчивые к воздействию воздушной среды и хорошо растворимые в воде (рис. 3). Для вывода эмпирической формулы полученного соединения диглицинобората меди нами проводился элементный анализ на содержание бора, углерода, водорода, азота, воды и меди. Бор определяли после сожжения вещества в присутствии карбоната натрия алкалиметрическим титрованием с маннитом с потенциометрическим окончанием. Углерод и водород определяли микросожжением, кристаллизационную воду – по методу Фишера, азот – методом Кьельдаля, ионы меди (II) – методом косвенного йодометрического титрования. Для изучения физико-химических свойств соединения использовали ИК-спектроскопический, кондуктометрический, термогравиметрический анализы, а также соединение проходило проверку на определение подавляющей концентрации соединения при воздействии на дрожжеподобные грибы рода Кандида, золотистый стафилококк и кишечную палочку. Подавляющую активность исследовали методом серийных разведений в мясопептонном бульоне. Данные получены в бактериологической лаборатории ГОУ ВО ЧГМА Минздравсоцразвития России.

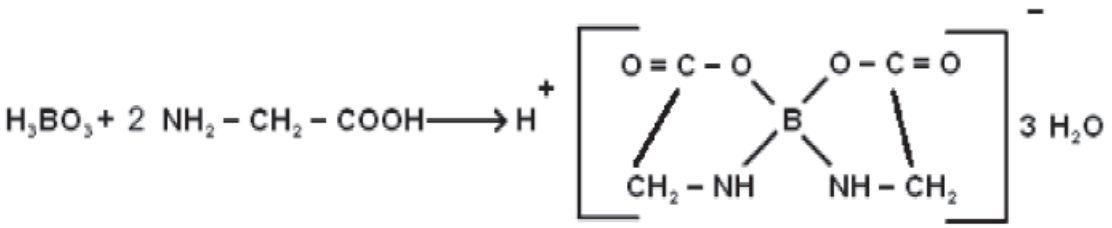



*Рис. 1. Схема синтеза диглициноборной кислоты*

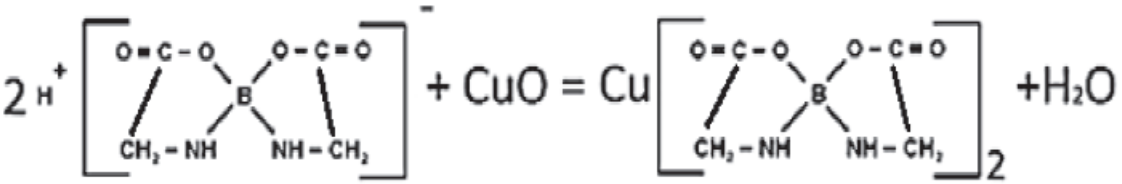



*Рис. 2. Схема получения соли ДГБК с ионами меди (II)*

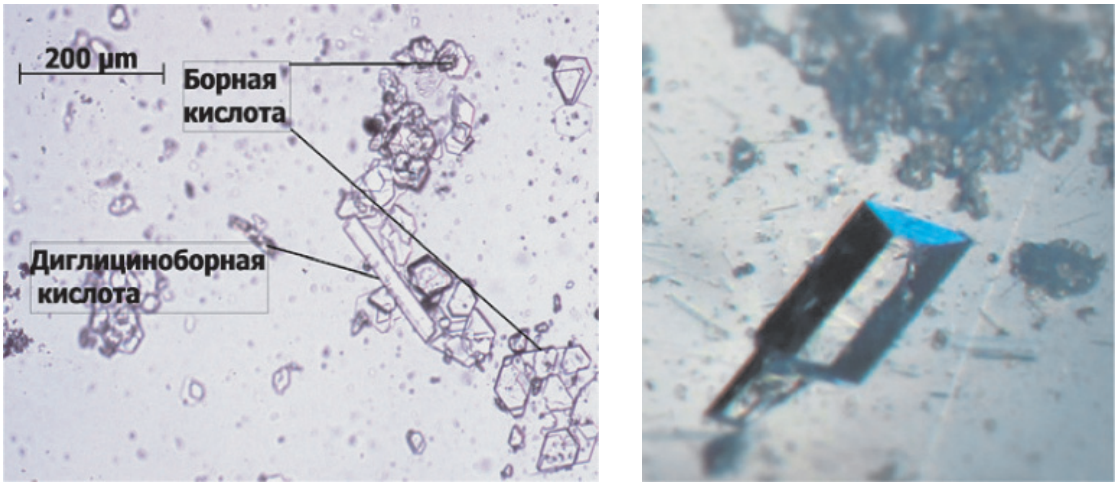



*Рис. 3. Кристаллы ДГБК и соли ДГБК с ионами меди (II)*

**Таблица 1**

Наборы индивидуальных пиков диглициноборной кислоты и диглицинобората меди

| Соединение / Группы | ДГБК | Соль ДГБК с ионами меди |
|---|---|---|
| OH-группа | 3176 см$^{-1}$ | 3173 см$^{-1}$ |
| CO-группа | 1500 см$^{-1}$ | 1442 см$^{-1}$<br>1411 см$^{-1}$ |
| B-N-связь | 1033 см$^{-1}$<br>1112 см$^{-1}$<br>1195 см$^{-1}$<br>1132 см$^{-1}$ | 1195 см$^{-1}$<br>1132 см$^{-1}$<br>1114 см$^{-1}$<br>1033 см$^{-1}$ |
| B-O-связь | 800 см$^{-1}$<br>910 см$^{-1}$ | 893 см$^{-1}$<br>910 см$^{-1}$ |
| $Cu^{2+}$ | – | 1610 см$^{-1}$ |

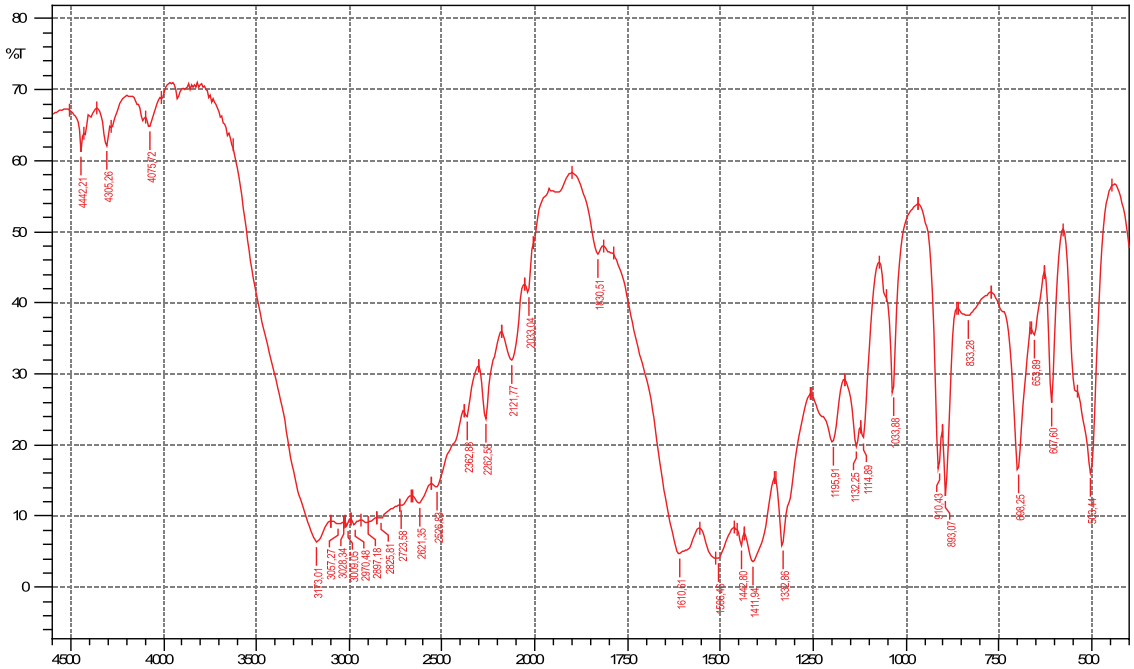



*Рис. 4. ИК-спектр диглицинобората меди*

Регистрация спектров выполнялась на ИК – Фурье спектрометре FTIR-8400S «Shimadzu» (интервал частот 420–4000 см$^{-1}$, в таблетках с бромидом калия). Данные представлены в табл. 1, ИК-спектры показаны на рис. 4. Расшифровка спектров проводилась согласно [4].

Электропроводность водных растворов изучали с помощью кондуктометра при рабочей частоте 1 кГц. Для проведения исследования готовили растворы ДГБК и ее соли с концентрациями 0,1000, 0,0500, 0,0250, 0,0125 и 0,0060 моль/л, рассчитали удельную и молярную электрическую проводимость полученных растворов по методике [2], данные приведены в табл. 2.

По полученным данным строим график, показывающий зависимость молярной электропроводности от концентрации веществ [3].

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что диглицинборат меди (II) (ДГБМ) ведет себя в растворе, как и диглициноборная кислота, и имеет свойства слабых электролитов. Интерполяция прямолинейного участка кривой зависимости молярной электропроводности ДГБМ от концентрации на бесконечное разбавление дает значение примерно равное 150 Ом$^{-1}$·см$^{2}$·моль$^{-1}$, что соответствует электропроводности электролита, диссоциирующего с образованием двух ионов: катиона меди (II) и комплексного аниона.

**Таблица 2**

Молярная и удельная электропроводность ДГБК и ее соли, полученной двумя способами

| Диглициноборная кислота | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *C*, моль/л | 0,1000 | 0,0500 | 0,0250 | 0,0125 | 0,0060 |
| *R*, Ом | 30000 | 41000 | 53000 | 52000 | 52000 |
| æ, См/см | 0,00163 | 0,00120 | 0,00092 | 0,00094 | 0,00094 |
| Λ, См·см²/моль | 16,3 | 24,0 | 36,8 | 75,2 | 156,7 |
| Соль ДГБК с ионами меди (II) | | | | | |
| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *C*, моль/л | 0,1000 | 0,0500 | 0,0250 | 0,0125 | 0,0060 |
| *R*, Ом | 470 | 470 | 440 | 570 | 240 |
| æ, См/см | 0,0012 | 0,0012 | 0,0013 | 0,0010 | 0,0024 |
| Λ, См·см²/моль | 12,0255 | 24,0511 | 51,3818 | 79,3263 | 392,5000 |

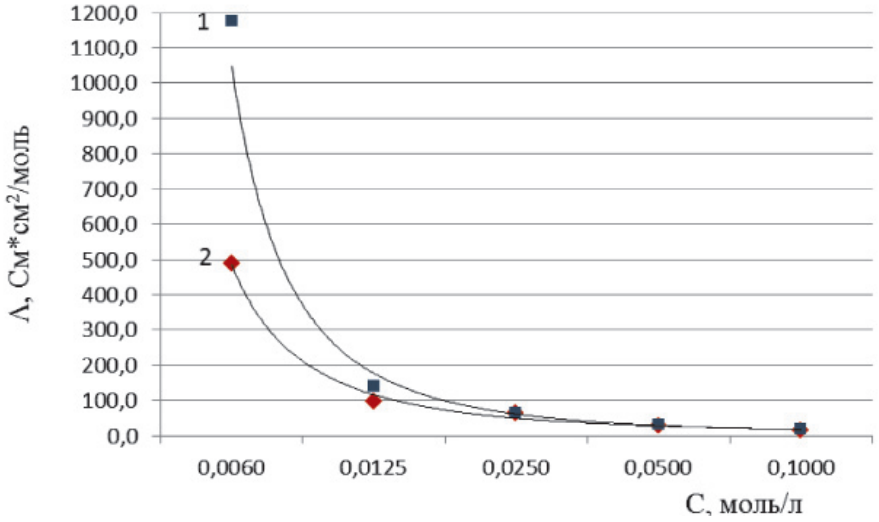



*Рис. 5. Зависимость молярной электропроводности раствора диглициноборной кислоты (1) и диглицинобората меди (2) от молярной концентрации*

Термогравиметрический анализ исследуемого соединения диглицинобората меди проводили на синхронном термоанализаторе STA 449 F1 Jupiter в лаборатории минералогии и геохимии ландшафта ИПРЭК СО РАН. На рисунке 6 приведены ТГ, ДТГ, ДСК результаты измерения исследуемого соединения в диапазоне температур от 0 до 500 °C в атмосфере аргона. Из графика видно, что синтезируемое соединение устойчиво к температурам до 100 °C. Далее наблюдаются пики в интервале от 100 до 200 °C, что свидетельствует о поэтапном отщеплении кристаллизационной воды, с потерей массы до 21,93 %. Затем при 200–275 °C происходит разложение лиганда, что на кривой ТГ проявляется в виде скачка. На кривой ДСК появляется эндотермический минимум при 244 °C, сопровождаемый потерей массы около 19 %. Выше 275 °C происходит горение оставшейся органической части молекулы, причем вся она улетучивается. На кривой ДСК видны несколько экзотермических пиков, что подтверждает протекание окислительных процессов в интервале 275–500 °C. Остаточная масса после сжигания 49,10 %. Летучие продукты реакции: CO, $CO_2$, $H_2O$ [5].

Исследуемое соединение хорошо растворимо в воде и термически устойчиво. Его можно применять как в сухом виде, так и в виде водного раствора. Диглицинборат меди относится к комплексным соединениям бора и предназначен для использования в качестве антимикробных и противогрибковых средств, направленных на подавление жизнедеятельности возбудителей инфекционных заболеваний, таких как кишечная

палочка, золотистый стафилококк и дрожжеподобные грибки. Согласно протоколу бактериологического исследования лаборатории ГБОУ ВО ЧГМА Минздравсоцразвития России антимикробную активность и минимальную подавляющую концентрацию диглицинобората меди (II) (ДГБМ) изучали в отношении Escherichia coli (кишечной палочки), *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк) и *Candida albicans* (дрожжеподобные грибы рода Кандида). Полученные данные сравнивались с ранее исследованными комплексными соединениями: ДЦБГ – дицитратоборат гуанидиния; ДЦБО – дицитратоборат оксихинолиния. Результаты исследования показаны в табл. 3.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что новое комплексное соединение ДГБМ проявляет избирательную активность в отношении патогенных микроорганизмов, показывая максимальную подавляющую активность при минимальных концентрациях на Staphylococcus aureus (золотистый стафилококк) и *Escherichia coli* (кишечная палочка) [6]. Прочерк в таблице означает, что данное вещество не оказывает никакого влияния на культуру микроорганизма. Предлагаемый спектр применения синтезированного соединения очень широк, само вещество экологически безопасно как для человека, так и для животных. Таким образом, на основе приведенного сравнительного анализа можно сделать выводы:

1. Новое синтезированное комплексное соединение имеет схожее строение и свойства с ранее изученным веществом – диглициноборной кислотой.

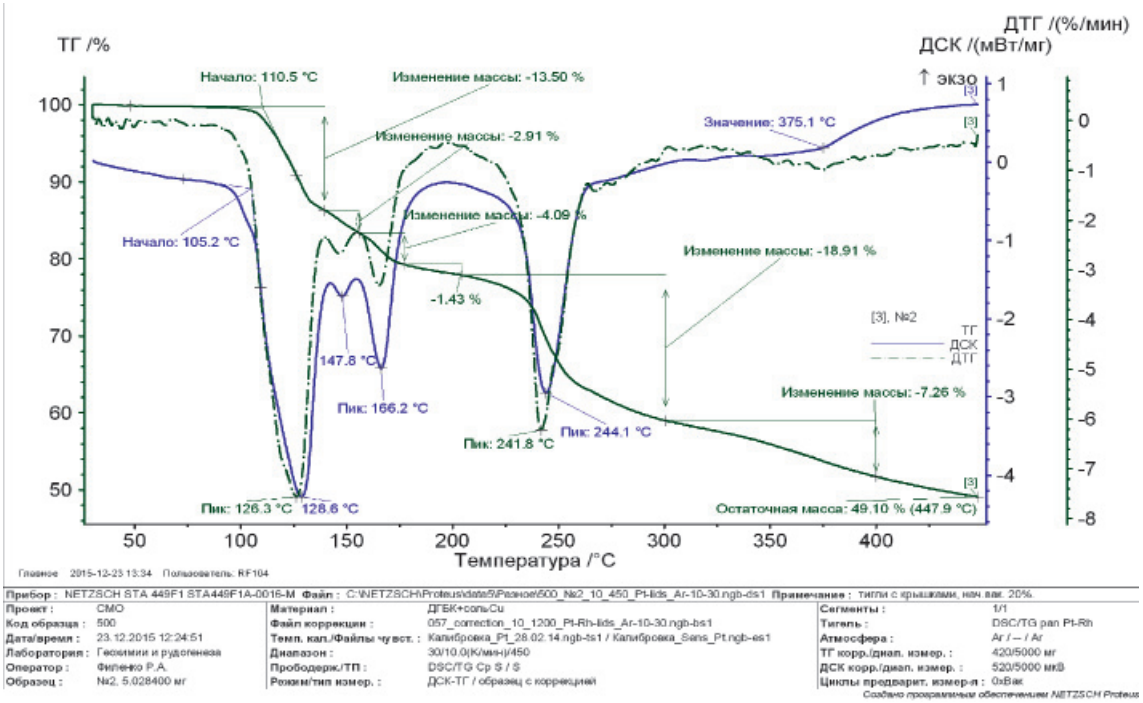



*Рис. 6. Термограмма диглицинобората меди*

**Таблица 3**

Минимальная подавляющая концентрация диглицинобората меди (II), дицитратобората гуанидиния и дицитратобората оксихинолиния на различные культуры микроорганизмов

| № п/п | Название культуры микроорганизма | МПК (мкг/мл) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ДГБМ | ДЦБГ | ДЦБО | Гуанидин гидрохлорид |
| 1 | Кишечная палочка (АТСС 25922) | 0,2 | 0,300 | 250 | – |
| 2 | Золотистый стафилококк (25923) | 0,002 | 0,030 | 250 | 0,090 |
| 3 | Дрожжеподобные грибы рода Кандида | 0,2 | 0,003 | – | 0,009 |

2. Изучены свойства диглицинобората меди (II) методами термического анализа и ИК-спектроскопии, а также поведение соединения в растворе методом кондуктометрии.

3. Отсутствие в строении агрессивных компонентов делает применение вещества доступным и безопасным как в области сельского хозяйства, так и для промышленного получения нового поколения биоцидных препаратов.

4. Наблюдается избирательная биоцидная активность даже при малых концентрациях диглицинобората меди на патогенные микроорганизмы по сравнению с имеющимися аналогами.

**Список литературы**

1. Бурнашова Н.Н., Хатькова А.Н., Тютрина С.В., Дабижа О.Н., Кузнецова Н.С. Дицитратоборат гуанидиния, проявляющий антимикробные свойства: патент № 2474584 РФ, МПК C07F 5/02 A61K 31/69. Патентообладатель ФГБОУ ВПО ЗабГУ.

2. Гельфман М.И. Практикум по физической химии: учеб. пособие. – М.: Из-во: Лань, 2004. – 256 с.

3. Кондуктометрический метод анализа. [Электронный ресурс] – Режим доступа:http://knowledge.allbest.ru/chemistry/2c0a65635b3ad78b5d53a89521316d36_0.html (дата обращения 23.08.2014).

4. Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: пер. с анг. – М.: Мир, 1991. – 536 с.

5. Тютрина С.В., Глазырина Г.И., Изучение влияния физико-химических воздействий на комплексные соединения на основе борной кислоты // XIV Международная научно-практ. конф.: сб. ст. [в 3 ч.] / Забайкал. гос. ун-т. – Чита, 2014. – Ч. 2. – С. 89–95.

6. Тютрина С.В., Глазырина Г.И. Использование в качестве биоцидных препаратов комплексных солей диглицинборной кислоты // Кулагинские чтения: XV Международная научно-практ. конф.: сб. ст.: [в 3 ч.] / Забайкал. гос. ун-т. – Чита, 2014. – Ч. 2. – С. 213–219.

УДК 633.51. + 631.6

# ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ВОДООБМЕН ПОЛЫНИ БЕЛОВАТОЙ

**Абзалов А.А.**

*Ташкентский фармацевтический институт, Ташкент, e-mail: akmal.38@yandex.ru*

Результатами проведённых нами исследований с полынью беловатой с применением минеральных удобрений установлено, что уровень оводнённости ассимиляционных стеблей находится в коррелятивной зависимости со степенью засухоустойчивости. Например, с применением азотных удобрений, особенно под воздействием мочевины и азотнокислотного аммония, наблюдается повышение оводнённости ассимиляционных стеблей по сравнению с растениями контрольного варианта. Выявлено, что с повышением температуры окружающей среды усиливается и интенсивность транспирации, а следовательно, расход свободной воды. В этом и заключается один из основных моментов губительного действия суховея на растения полыни беловатой, так как указанные изменения водного обмена приводят к усилению обезвоживания растений. В связи с этим можно сказать, что увеличение количества более прочносвязанной т.е. коллоидно связанной воды является одним из основных путей повышения устойчивости растения полыни беловатой к суховею. Увеличение количества коллоидно связанной воды привело к повышению водоудерживающей способности ассимиляционных стеблей, что способствовало сохранению более высокого содержания общей воды при засухе. Увеличение количества свободной воды способствовало интенсификации физиологических процессов. В результате урожай, т.е. биомасса этих растений, как при оптимальном водоснабжении, так и при засухе оказался выше урожая контрольных растений, находящихся в тех же условиях водоснабжения.

**Ключевые слова: азот, фосфор, калий, свободная вода, коллоидно связанная вода, осмотически связанная вода, число гидротации, гидрофильность, нуклеопротеиды**

# THE ROLE OF VARIOUS FORMS OF NITRIC FERTILIZERS IN WATER-EXCHANGE OF WHITE WORMWOOD

**Abzalov A.A.**

*Tashkent Pharmaceutical Institute, Tashkent, e-mail: akmal.38@yandex.ru*

The results of researches of white wormwood with the use of mineral fertilizers conducted by us have ascertained that the watering level of assimilation stems is in correlative dependence with degree of drought-resistance. For example, when using nitric fertilizers, particularly under the influence of urea and nitro-acidic ammonia the increase of watering of assimilation stems comparing with the plants of control group is observed. It has been revealed, that with the increasing of the environment's temperature the intensity of transpiration is also becoming stronger, and therefore the consumption of free water. This is the reason of one of the basic moments of destructive action of hot dry wind on white wormwood plant, since the indicated changes of water exchange lead to strengthening of plants' dehydration. In this connection it can be said that the increase of the amount of stronger- bound i.e. colloidal-bound water is one of the methods to increase the stability of white wormwood plant to hot dry wind. The increase of the amount of colloidal-bound water has led to the rise of water-keeping ability of assimilation stems that promoted the preservation of higher content of total water during the drought. The increase of free water amount promoted the intensification of physiological processes. In the result the crop, i.e. the biomass of these plants, both at optimal water supply and drought, was higher than the crop of control plants, being in the same conditions of water supply.

**Keywords: nitrogen, phosphorus, potassium, free water, colloidal bound water, osmotically bound water, hydration number, hydrophilic, nucleoproteins**

В научной литературе можно найти отрывочные сведения по водообмену некоторых видов полыни, которые были изучены в различных почвенно-климатических условиях стран Центральной Азии. Например, в работах некоторых ученых приводятся результаты исследований, касающиеся водообмена отдельных видов полыни беловатой [14, 15, 16].

Однако действие различных удобрений на рост, развитие и продуктивность такого лекарственного, овощного, декоративного и кормового растения, как полынь беловатая, до настоящего времени исследователями изучено недостаточно.

## Материалы и методы исследований

С целью изучения влияния различных форм азотных удобрений на водообмен полыни беловатой нами закладывались как полевые, так и вегетационные опыты. Полевые опыты проводили согласно «Методике полевых и вегетационных опытов с хлопчатником» (Ташкент, Издательство «СоюзНИХИ», 1977 г.) и по В.С. Журбицкому (Теория и практика вегетационного метода, Издательство «Наука», М.: 1983 г.).

Схема полевых опытов 2009 г.
1. Контроль (без удобрений)
2. P + K (фон)
3. $NH_4NO_3$ + фон
4. $(NH_4)_2SO_4$ + фон
5. $CO(NH_2)_2$ + фон

Дозы минеральных удобрений:
N = 100 кг/га; P = 70 кг/га
K = 50 кг/га

Схема полевых опытов 2010 и 2011 гг.
1. Контроль (без удобрений)
2. P + K (фон)
3. $(NH_4)_2SO_4$ + фон = 50 кг/га
4. $(NH_4)_2SO_4$ + фон = 75 кг/га
5. $(NH_4)_2SO_4$ +
6. фон = 100 кг/га

Растения размещались в каждом варианте 10-рядковой полосы, в которой четыре средних рядка использовались для фенологических наблюдений и биометрических измерений. По одному рядку с каждой стороны посева оставляли в качестве защитных линий, а на растениях оставшихся 4-х рядков осуществляли фитохимический контроль. Агротехника на опытном участке состояла из следующих операций: вспашка почв осенью с оборотом пласта, чизелевание, двукратное боронование вдоль и поперек участка, а также малование. Посев произведен по предварительно размаркированному полю. Азотные удобрения вносились дважды: в начале отрастания (10 апреля 2010 г.) и в период бурного роста (10 мая 2010 г.). Фосфор применяли в форме суперфосфата осенью перед вспашкой из расчета 70 и калий в форме хлористого калия из расчета 50 кг/га соответственно. В опытах, которые проводили в староорошаемом типичном сероземе, в течение вегетации было осуществлено 6 поливов: в фазу 3–4 настоящих листьев (1 полив), в начале бутонизации (1 полив), массовой бутонизации (3 полива) и цветения (1 полив). В вегетационных опытах годовая норма азотных и калийных удобрений составляла 5,0; 3,0 и 1,5 г/сосуд соответственно, 100, 75 и 50 кг/га в полевых опытах. В опытах применяли сульфат аммония, мочевину, аммоний азотнокислый, суперфосфат и хлористый калий. Вегетационные опыты проводились на вегетационных сосудах емкостью 10 кг почвы с песком в соотношении 3:1 по методике СоюзНИХИ [6]. В полевых условиях все агротехнические мероприятия осуществлялись в соответствии с рекомендациями МСВХ РУз, СоюзНИХИ и принятыми в хозяйствах, где ставились опыты. Влажность почвы в сосудах поддерживали на уровне 70% капиллярной емкости.

Схема вегетационных и полевых опытов приведена в табл. 1.

**Таблица 1**

Схема вегетационных и полевых опытов

| Номер варианта | Соотношение N:S | Годовая норма удобрений | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Вегетационные опыты г/сосуд | | | | Полевые опыты кг/га | | | |
| | | N | P | K | S | N | P | K | S |
| 1 | 1:0,00 | 6 | 5 | 3 | | 100 | 80 | 50 | |
| 2 | 1:0,10 | 6 | 5 | 3 | 0,6 | 100 | 80 | 50 | 10 |
| 3 | 1:0,15 | 6 | 5 | 3 | 0,9 | 100 | 80 | 50 | 15 |
| 4 | 1:0,20 | 6 | 5 | 3 | 1,2 | 100 | 80 | 50 | 20 |
| 5 | 1:0,25 | 6 | 5 | 3 | 1,5 | 100 | 80 | 50 | 25 |
| 6 | 1:0,30 | 6 | 5 | 3 | 1,8 | 100 | 80 | 50 | 30 |

Семена растений высевали в конце октября и начале ноября 2009 г. при температуре почвы 20–25°С. Норма высева семян для полыни беловатой 8–10 кг/га. Семена высевали с междурядьями 60 см, поверхностно, без заделки в бороздки глубиной 1,5–2 см. В опытах, которые проводили в типичном сероземе, осуществляли 10 поливов по схеме 2-6-2. Содержание общей воды определяли методом высушивания образцов до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 105°С, содержание свободной воды рефрактометрическим методом. Содержание общесвязанной воды – по разности между общей водой и свободной; Величину осмотического давления – по Н.А. Гусеву [3]; Содержание осмотически связанной воды – по уравнению Окермана [1]; Содержание коллоидно связанной воды – вычитанием осмотически связанной формы из общесвязанной. Все анализы проводились в 4-кратной повторности на 3–4 листьях сверху главного стебля растений. Перед анализом этикировались по 10 типичных растений в каждой делянке.

Анализы проводились, как правило, ежемесячно в течение вегетации. Повторность определений различная в разных анализах, однако в достаточном количестве для статистической обработки разностным методом [19].

## Результаты исследований и их обсуждение

Опыты с полынью беловатой путем применения различных форм азотных удобрений показали, что с повышением температуры и наступлением засушливого периода в летнее время наблюдается уменьшение количества воды в ассимиляционных стеблях растений во всех вариантах.

Результаты наших исследований утверждают, что высокий уровень оводненности тканей полыни беловатой во всех вариантах, отмечается в начале вегетации, в период интенсивного протекания ростовых процессов стеблей. В то же время известны работы, в которых исследователи, не отрицая снижения оводненности тканей растений в летний период, не находят возможным по количеству воды судить о степени жаро- и засухоустойчивости [8]. Они утверждают, что объяснение природы засухоустойчивости древесных растений, несмотря на более чем полувековое обсуждение, не имеет единого толкования. Динамика изменения содержания общей воды напоминает динамику содержания общесвязанной воды (табл. 4). Результаты исследования по изменению содержания общей воды в течение вегетации говорят о том, что с наступлением жаркого и засушливого

периода количество воды начинает снижаться и оно держится на этом уровне в фазах цветения и плодообразования. Начиная с фазы созревания семян наблюдается некоторое повышение количества данной формы воды.

Необходимо подчеркнуть, что применение минеральных, особенно азотных удобрений, способствовало увеличению как общей, так и свободной формы воды, а по отношению к общесвязанной воде и ее фракционному составу наблюдается обратная картина. Оценивая результаты анализов, проведённых с полынью беловатой с применением минеральных удобрений, следует отметить, что, по крайней мере, уровень оводнённости ассимиляционных стеблей находится в корреляционной зависимости со степенью засухоустойчивости. Например с применением азотных удобрений, особенно под воздействием мочевины и азотнокислотного аммония, наблюдается повышение оводнённости ассимиляционных стеблей по сравнению с растениями контрольного варианта.

Многочисленными исследователями отмечается, что повышенное содержание свободной воды способствует усилению процессов роста, обмена веществ и др., а повышенное содержание связанной воды создаёт благоприятные условия сохранению более высокой оводнённости растений при засухе, поскольку она труднее испаряется [13].

Резюмируя выше указанные соображения можно считать, что повышение содержания связанной воды может положительно влиять не только на устойчивость растений, но и на интенсивность некоторых физиологических процессов (табл. 4).

Под влиянием удобрений общее количество воды в ассимиляционных стеблях полыни беловатой во всех вариантах увеличилось, в начальный период было намного больше, нежели в другие периоды развития. В этот период самое большее содержание общей воды наблюдалось в варианте, где в почву вносили азотнокислый аммоний; а самое наименьшее общее количество воды было обнаружено в варианте, где в почву вносили азотные удобрения в форме сульфата аммония.

**Таблица 2**

Влияние различных форм азотных удобрений на содержание общей воды в ассимиляционных стеблях полыни беловатой. Полевые опыты 2011 г. в % к сырому весу

| № п/п | Вариант | Фазы развития | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3–4 настоящих листьев | Бутонизация | Цветение | Плодообразование | Созревание семян |
| 1 | Контроль (без удобрений) | 80,5 | 58,0 | 36,5 | 34,8 | 37,9 |
| 2 | P + K (фон) | 82,7 | 60,6 | 38,9 | 37,5 | 39,8 |
| 3 | $(NH_4)_2SO_4$ + фон | 83,6 | 63,9 | 41,3 | 40,4 | 42,6 |
| 4 | $CO(NH_2)_2$ + фон | 84,8 | 65,8 | 43,4 | 45,6 | 44,8 |
| 5 | $NH_2NO_3$ + фон | 85,5 | 67,5 | 40,8 | 39,7 | 41,6 |

**Таблица 3**

Влияние различных форм азотных удобрений на содержание свободной воды в ассимиляционных стеблях полыни беловатой. Полевые опыты 2011 г. в % к сырому весу

| № п/п | Вариант | Фазы развития | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3–4 настоящих листьев | Бутонизация | Цветение | Плодообразование | Созревание семян |
| 1 | Контроль (без удобрен.) | 41,8 | 27,6 | 17,4 | 18,9 | 20,5 |
| 2 | P + K (фон) | 47,6 | 31,3 | 22,6 | 24,5 | 26,7 |
| 3 | $(NH_4)_2SO_4$ + фон | 51,6 | 35,6 | 26,8 | 29,7 | 31,6 |
| 4 | $CO(NH_2)_2$ + фон | 50,3 | 37,7 | 29,9 | 31,8 | 34,2 |
| 5 | $NH_4NO_3$ + фон | 53,8 | 32,6 | 25,3 | 26,8 | 26,7 |

Полученные данные (табл. 3 и 4) свидетельствуют о том, что в засушливый период лета в ассимиляционных стеблях растений полыни беловатой во всех вариантах содержание как свободной, так и связанных форм воды уменьшается, а затем в конце вегетации наблюдается некоторое повышение содержания их. При этом довольно отчётливо обнаруживается сопряжение между содержанием свободной воды в ассимиляционных стеблях и их засухоустойчивостью.

Исследования водного режима растений в летний засушливый период, проведенные многочисленными исследователями [2, 7, 12], однозначно свидетельствуют об изменениях содержания связанной воды в сторону уменьшения этой формы по мере повышения температуры и уменьшения влажности окружающей среды (табл. 3). Такие же данные имеются и в работах многих других исследователей. В уменьшении у растений связанной воды летом многие исследователи усматривают как адаптированный процесс, способствующий засухо- и жароустойчивости [9, 10].

Во всех исследованных нами вариантах в ассимиляционных стеблях полыни беловатой с наступлением засушливого периода наблюдалось (табл. 4) уменьшение содержания как общесвязанной, так и осмотически связанной воды (табл. 5).

Таким образом, в наших исследованиях не обнаружено определенной корреляции между содержанием общесвязаной воды и жаро- и засухоустойчивостью полыни беловатой. Уменьшение содержания осмотически связанной воды в жаркий засушливый период лета можно объяснить тем, что она является лабильной частью общесвязанной воды, в связи с чем эта форма воды также в определенной степени принимала участие в протекании процесса транспирации.

Величина осмотического давления клеточного сока растений полыни беловатой во всех вариантах в летнее время была больше, чем весной и осенью (табл. 6).

**Таблица 4**

Влияние различных форм азотных удобрений на содержание общесвязанной воды в стеблях полыни беловатой. Полевые опыты 2011 г. в % к сырому весу

| № п/п | Варианты | Фазы развития | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3–4 настоящих листьев | Бутонизация | Цветение | Плодообразование | Созревание семян |
| 1 | Контроль (без удобрений) | 38,7 | 30,4 | 19,1 | 15,9 | 17,4 |
| 2 | P + K (фон) | 35,1 | 29,3 | 16,3 | 13,0 | 13,1 |
| 3 | $(NH_4)_2SO_4$ + фон | 32,0 | 28,3 | 14,5 | 10,7 | 11,0 |
| 4 | $CO(NH_2)_2$ + фон | 34,5 | 28,1 | 13,5 | 13,8 | 10,6 |
| 5 | $NH_4NO_3$ + фон | 31,7 | 34,9 | 15,5 | 12,9 | 14,9 |

**Таблица 5**

Влияние различных форм азотных удобрений на содержание осмотически связанной воды в стеблях полыни беловатой. Полевые опыты 2011 г. в % к сырому весу

| № п/п | Варианты | Фазы развития | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3–4 настоящих листьев | Бутонизация | Цветение | Плодообразование | Созревание семян |
| 1 | Контроль (без удобрений) | 29,9 | 20,8 | 8,3 | 5,5 | 6,9 |
| 2 | P + K (фон) | 27,1 | 20,1 | 5,5 | 2,8 | 3,4 |
| 3 | $(NH_4)_2SO_4$ + фон | 24,4 | 19,9 | 4,6 | 1,4 | 1,5 |
| 4 | $CO(NH_2)_2$ + фон | 26,6 | 19,8 | 3,9 | 4,7 | 1,2 |
| 5 | $NH_4NO_3$ + фон | 24,4 | 16,4 | 5,2 | 3,4 | 5,3 |

**Таблица 6**

Влияние различных форм азотных удобрений
на величину осмотического давления клеточного сока (в атм)
ассимиляционных стеблей полыни беловатой. Полевые опыты 2011 г.

| № п/п | Вариант | Фазы развития | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3–4 настоящих листьев | Бутонизация | Цветение | Плодообразование | Созревание семян |
| 1 | Контроль (без удобрений) | 11,3 | 16,4 | 23,5 | 24,6 | 15,8 |
| 2 | Р + К (фон) | 10,8 | 14,8 | 20,1 | 21,2 | 11,8 |
| 3 | $(NH_4)_2SO_4$ + фон | 9,4 | 14,2 | 18,8 | 18,1 | 10,3 |
| 4 | $CO(NH_2)_2$ + фон | 9,0 | 12,6 | 16,9 | 16,2 | 12,4 |
| 5 | $NH_4NO_3$ + фон | 8,3 | 10,9 | 18,1 | 19,8 | 10,6 |

Следует отметить, что во всех фазах развития растений изменения величины осмотического давления клеточного сока происходит под воздействием минеральных, особенно азотных удобрений, а уменьшение величины осмотического давления, т.е. снижения содержания осмотически связанной воды, способствовало ускорению протекания физиологических процессов в их тканях.

Как показывают результаты наших исследований (табл. 6), величина осмотического давления клеточного сока по мере роста и развития растения полыни беловатой повышается, что объясняется главным образом уменьшением степени оводненности тканей вследствие их старения.

Применение минеральных удобрений способствовало повышению величины осмотического давления клеточного сока растений.

В наших исследованиях применение минеральных удобрений в засушливых условиях в вышеуказанных дозах и соотношениях способствовало созданию благоприятных условий, которые по сравнению с другими вариантами дали возможность получить больше биомассы и семян. Это способствует усилению синтетических процессов, протекающих в клетках полыни беловатой, которые в конечном счете положительно сказываются в ускорении ростовых процессов и продуктивности данного растения.

## Выводы

1. Результаты анализов, проведённых с полынью беловатой с применением минеральных удобрений, показывают, что, по крайней мере, уровень оводнённости ассимиляционных стеблей находится в коррелятивной зависимости со степенью засухоустойчивости. Например, с применением азотных удобрений, особенно под воздействием мочевины и азотнокислотного аммония, наблюдается повышение оводнённости ассимиляционных стеблей по сравнению с растениями контрольного варианта.

2. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что в фазах цветения и созревания семян, т.е. в жаркие и засушливые периоды лета, в ассимиляционных стеблях общее количество воды резко уменьшилось по сравнению с предыдущими фазами развития растений. Уменьшение содержания общей воды происходит, во-первых, со старением растений, а во-вторых, объясняется падением водоудерживающей способности вышеуказанных стеблей.

3. Результатами исследований установлено, что с повышением температуры окружающей среды усиливается и интенсивность транспирации, а следовательно, расход свободной воды. В этом и заключается один из основных моментов губительного действия суховея на растения полыни беловатой, так как указанные изменения водного обмена приводят к усилению обезвоживания растений. Таким образом, можно сказать, что увеличение количества более прочносвязанной, т.е. коллоидно связанной воды является одним из основных путей повышения устойчивости растения полыни беловатой к суховею.

## Список литературы

1. Абзалов А.А., Туляганов Р.Т., Номозова З.Б., Шодманов М., Миррахимова Т.А. О зависимости интенсивности биосинтеза биологически активных веществ в тканях артишока колючего от обеспеченности его влагой и минеральным питанием // Фармацевтический журнал. – Ташкент, 2014. – № 3. – С. 16–19.

2. Альтергот С.С. Влияние температурного фактора на водообмен растений // Водный обмен в основных типах растительности СССР. Сибирское отделение Академия наук СССР. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1975. – С. 138–143.

3. Гусев Н.А. Некоторые методы исследования водного режима растений. – Л.: Изд-во Всесоюзн. Бот. общества, 1960. – С. 62.

4. Гусев Н.А. О некоторых параметрах и методах исследования водного режима растений // Водный режим растений и их продуктивность. – М.: Изд-во «Наука», 1968. – С. 22–37.

5. Жолкевич В.Н., Журавлева Н.А. Эколого-физиологическая характеристика степных растений и их засухоустойчивость // Водный обмен в основных типах растительности СССР. Сибирское отделение Академия наук СССР. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1975. – С. 160–164.

6. Белоусов М.А. Методичка полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условия. – Ташкент, 1977.

7. Козловский Т. Водный обмен растений. – М.: Изд-во «Колос», 1969. – С. 116.

8. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – С. 87–89.

9. Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых растений. – Кишинев: Изд-во «Штиница», 1975. – С. 114–147.

10. Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых растений. – Кишинев: Изд-во «Штиница», 1975. – С. 165–177.

11. Павлов А.Н. Влияние минеральных веществ на поглощение воды кукурузой // Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 125.

12. Петинов Н.С. Состояние воды и водный обмен у культурных растений. – М.: Наука, 1971. – С. 121.

13. Петинов Н.С. Физиология орошаемой пшеницы. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 85–96.

14. Рахимова Т., Мухитдинов Н. Водный режим вводимых в культуру кормовых растений. Эколого-биологические основы создания искусственных пастбищ и сенокосов на адырах Ферганской долины. – Ташкент ш., Фан, 1977. – С. 78–97.

15. Рахимова Т., Хасанов О.Х. Водный режим некоторых видов рода Artemisia. Пробл. осв. пустынь. – Ашхабад: Илым, 1980. – № 6. – С. 55–59.

16. Рахимова Т. Системные исследования адаптации растений к ксеротермическим условиям аридной зоны // Экология. – 1991. – № 3. – С. 40–47.

17. Самиев Х.С. Состояние воды в листьях хлопчатника в зависимости от условий минерального питания // Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 136.

18. Слухай С.И., Жабицкий П.Ф. Влияние условий питания и орошения на некоторые показатели водного режима растений кукурузы // Водный режим растений и их продуктивность. – М.: Изд-во «Наука», 1968. – С. 213–219.

19. Урбах В.Ю. Математическая статистика для биологов и медиков. – М.: Изд-во АНСССР, 1969.

20. Box T.W. Strategies and constraints in the use of arid rengelende // Advances in food-producing systems for arid and semiarid lande. – New York, London, Toronto, Sydney, Senfrencisoo. Academic prosn, 1981 – P. 543–556.

21. Wild K., Cameron R.C. Soil nitrogen and nitrate lonohing // Soils and Agriculture. – 1981. – № 2. – P. 35–70.

УДК 631.17:338.43

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ПОСЕВЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Галкин А.А., Пасин А.В., Кистанова Л.А., Пасин П.А.**

*ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», Нижний Новгород, e-mail: alek.apraksin@mail.ru*

Концепция инновационного развития растениеводства должна учитывать факторы, которые влияют на внедрение новых технологий возделывания зерновых в конкретных территориях России. Данная концепция должна составлять основу инновационной стратегии, направленной на применение инновационных технологий, снижающих себестоимость единицы получаемой продукции, а также сохраняющих и повышающих естественное плодородие почвы, что предполагает тщательное исследование каждой технологии непосредственно на месте внедрения. Авторы статьи уверены, что резкий переход на новую технологию без проведения должных исследований может привести не к снижению затрат и повышению плодородия, а наоборот, к росту себестоимости и истощению почвы. Именно поэтому авторами выполнены исследования по внедрению технологии нулевой и минимальной обработки почвы в течение 4 лет. В результате были выявлены плюсы и минусы каждой технологии, а также наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на внедрение инновационных технологий на территории юго-востока Нижегородской области. Предложена минимальная технология возделывания зерновых культур, которая по результатам испытаний показала наилучшие результаты по величине затрат на 1 кг произведенной продукции и оказала благоприятное влияние на восстановление естественного плодородия почвы.

**Ключевые слова: технологии возделывания зерновых культур, инновационные технологии, затраты, урожайность зерновых, плодородие почвы**

# IMPROVING GRAIN CROPS AT THE MINIMUM AND ZERO TILLAGE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHEAST NIZHNY NOVGOROD REGION

**Galkin A.A., Pasin A.V., Kistanova L.A., Pasin P.A.**

*Nizhegorodskaya State Agricultural Academy, Nizhnij Novgorod, e-mail: alek.apraksin@mail.ru*

The concept of innovative development of crop production should consider the factors that affect the introduction of new technologies of cultivation of crops in specific territories of Russia. This concept should form the basis of innovative strategy on the use of innovative technologies that reduce the cost per unit of produce, as well as preserving and enhancing natural soil fertility, which implies a careful study of each technology directly at the site of introduction. The authors believe that a sharp transition to the new technology without conducting proper research can lead to cost reduction and increase fertility, but rather to increased cost and depletion of the soil. That is why the authors performed the study on implementation of technology of minimum tillage for 4 years. The results have identified the pros and cons of each technology, as well as the most significant factors influencing the implementation of innovative technologies in the South-East of Nizhny Novgorod region. Proposed minimum technology of cultivation of grain crops, which according to the results of the tests showed better results at the cost of 1 kg of product produced and which have a beneficial effect on the recovery of natural soil fertility.

**Keywords: the technology of cultivation of grain crops, innovative technologies, costs, grain yield, soil fertility**

Одним из показателей экономического благополучия страны является состояние зернового производства, что определяет уровень продовольственной безопасности населения. В этой ситуации первоочередным условием развития зернового производства в России должно быть применение инновационных технологий и техники [5, 7]. В настоящее время широкое распространение получили ресурсосберегающие и влагосберегающие технологии – Mini-Till (минимальная) и No-Till (нулевая) [3]. Их суть сводится к минимизации операций по обработке почвы, как наиболее высокозатратных и энергоемких. Заметим, что эффективность сельскохозяйственного производства в первую очередь зависит от уровня материальных затрат. Большие затраты ресурсов в сельском хозяйстве можно объяснить многими причинами: низкое плодородие почв, большие потери продукции, непостоянный учет энергоресурсов, некачественная техника, несоблюдение агротехнологических требований, неоптимальное использование земельных ресурсов, нерациональная организация трудовых процессов, отсутствие альтернативных технологий и др. [4]. Данную проблему в сельском хозяйстве можно решить при помощи применения инновационных технологий, что позволит снизить затраты на производство продукции, в частности на производство зерна.

Во всем мире по нулевой технологии обрабатываются около 60 млн га посевных площадей, по минимальной – около 200 млн га, и этот объем площадей неуклонно возрастает. В России по технологиям сберегающего земледелия обрабатывается пока только 2–3 % пашни [1]. В основном такие технологии применяют крупные сельскохозяйственные организации.

Однако применение инновационных технологий в растениеводстве определяется не только экономическими проблемами, но и природно-климатическими условиями. В целом зоной рискованного земледелия является около 95 % площади России [8]. Нижегородская область также относится к зоне рискованного земледелия. Развитие растениеводства в области проходит в сложных условиях. Отмечается неуклонный рост себестоимости производимой продукции при недостатке финансовых и материально-технических ресурсов для реализации инновационных проектов развития растениеводства. Происходит прогрессирующее падение почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения, вызванного низким уровнем ведения полеводства, некомпенсируемыми потерями питательных веществ, высокими темпами минерализации гумуса, ухудшением агрохимических свойств, снижением восстановительных процессов в почвах. В последний период усилились темпы глобального и локального изменения климата.

В связи со сложившимися обстоятельствами экологического и экономического плана инновационные технологии, основанные на ресурсосбережении и почвозащитных приемах, выступают в настоящее время в качестве одного из приоритетных, наиболее важных направлений в структурной перестройке методов ведения растениеводства, залога стабильного развития всего сельскохозяйственного производства.

Рассмотрим достоинства и недостатки технологий возделывания зерновых. Результаты сравнения технологий «Традиционная», Mini-Till и No-Till представим в табл. 1.

На основании сравнения технологий (табл. 1) мы видим, что у технологии «Традиционная» только 2 пункта положительных качеств, а отрицательных – 8. Что касается Mini-Till и No-Till, то у данных технологий соответственно 10 и 12 положительных пунктов и 9 отрицательных. Однако часть недостатков, касающаяся гербицидов, всё чаще появляется и в традиционной системе земледелия. Самым значительным недостатком технологии Mini-Till и No-Till является повышение частоты появления фузариоза.

Но, несмотря на недостатки инновационных технологий, некоторые ученые предсказывают им хорошее будущее. Например, доктор биологии Георге Жигэу, который считает, что «переход на Mini-Till неотвратим, как изменение климата» [2]. Тем не менее в применении инновационных технологий на практике встречается много сложностей. Имеются они и при традиционной обработке почвы отвальным плугом, где зачастую необходимо применение гербицидов и все 4 пункта, которые многие считают минусами Mini-Till и No-Till, присущи также и отвальной обработке почвы.

Важной характеристикой технологии возделывания зерновых является количество проходов техники по полю. Проходы техники при обработке почвы по технологии «Традиционная» в течение вегетационного периода – это 8–10 проходов для пропашных, 6 проходов для зерновых культур в случае отсутствия опрыскиваний от вредителей и заболеваний.

В технологии Mini-Till вместо пахоты применяется малоразрушающее рыхление, в технологии No-Till вообще обходятся без вспашки. Количество проходов техники по полю составляет 5–6 проходов – для культур, высеваемых по глубокому рыхлению, и 4–5 проходов для культур сплошного посева, что означает уменьшение проходов техники на 20–40 % меньше по сравнению с технологией «Традиционная» [6].

Сокращение проходов техники достигается не только отказом от ряда операций в обработке почв, но и совершенствованием орудий обработки почвы, совмещающих 2–3 операции.

Количество проходов техники по полю в технологиях возделывания зерновых представлено в табл. 2.

Для выявления преимуществ и недостатков существующих инновационных технологий и определения наиболее оптимальной технологии возделывания зерновых культур сотрудниками Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии (НГСХА) были выполнены исследования, охватывающие период с 2012 по 2014 годы в природно-климатических условиях Нижегородской области. Базой для проведения полевых исследований послужили земли сельскохозяйственных предприятий Большеболдинского района.

**Таблица 1**

Сравнение технологий возделывания зерновых культур

| Технология | Плюсы технологии | Минусы технологии |
|---|---|---|
| «Традиционная» | 1) отсутствие или минимальное количество химических средств; обработки растений при борьбе с сорняками;<br>2) наличие хорошо разработанной технологии и стандартной техники для обработки почвы | 1) потеря гумуса почвы;<br>2) снижение плодородия почв с течением времени;<br>3) уплотнение почвы;<br>4) ухудшение фильтрационных свойств почвы с течением времени;<br>5) необходимость применять чёрный или занятой пар;<br>6) сильное влияние на урожайность количества осадков и их распределения в течение вегетационного периода;<br>7) образование «подплужной подошвы»;<br>8) большое количество проходов техники в течение вегетативного периода, особенно при выращивании пропашных культур. |
| Mini-Till | 1) уменьшение количества проходов техники по сравнению с технологией отвального плуга и широкое применение;<br>2) накопление органического вещества и собственно гумуса в почве за счёт сохранения в ней пожнивных остатков;<br>3) повышение плодородия почвы с течением времени – до 45 % в течение 5–7 лет;<br>4) улучшение фильтрационных свойств почвы, приближение к фильтрационной способности целинной почвы;<br>5) применение комбинированных приёмов обработки почвы, сокращающих количество проходов техники;<br>6) сохранение большего количества влаги в почве;<br>7) меньшая зависимость урожайности от количества осадков по сравнению с технологией отвального плуга;<br>8) снижение потребности в гербицидах с течением времени;<br>9) сокращение расхода минеральных удобрений с течением времени;<br>10) наличие задела перспективных технологий, которые смогли бы в дальнейшем свести применение гербицидов к минимуму при сохранении прочих положительных качеств | 1) отсутствие чётких рекомендаций по переходу на технологию Mini-Till;<br>2) необходимость ежегодного применения гербицидов (этот недостаток можно отнести в равной степени и к отвальной вспашке, так как всё чаще применяют гербициды и при отвальной обработке почвы);<br>3) привыкаемость сорняков к гербицидам;<br>4) высокая стоимость гербицидов;<br>5) необходимость применения гибридов, стойких к гербицидам;<br>6) необходимость измельчения соломы и других пожнивных остатков и их разбрасывания;<br>7) при применении комбинированных технологий – необходимость в новой более дорогой технике;<br>8) повышение частоты появления фузариоза;<br>9) необходимость применения сидератов |
| No-Till | 1) отсутствие уплотнения почвы и постепенное уменьшение её плотности при длительном применении No-Till;<br>2) отсутствие вспашки и предварительного рыхления в технологии No-Till;<br>3) пункты 2–10 **Mini-Till** | 1) пункты 1–9 **Mini-Till**. |

Для исследований были выбраны три поля. Условия для всех трех полей в начале экспериментов были следующие: площадь – 16,6 га; предшественник – овёс (убран); культура – ячмень; сорт – Бином; репродукция – Элита; pH в среднем 6,0; гумус – 1,7 % ; $P_2O_5$ – 110 мг/кг почвы; $K_2O$ – 144 мг/кг почвы. Поля до эксперимента обрабатывались по технологии «Традиционная».

С начала проведения эксперимента первое поле продолжали возделывать по технологии «Традиционная», второе поле возделывали по технологии No-Till, третье – по технологии Mini-Till. Затраты на возделывание зерновых культур в 2014 году согласно применяемым технологиям представлены в табл. 3.

**Таблица 2**

Количество проходов техники при обработке почвы во время посева зерновых культур

| Технология «Традиционная» | Технология No-Till | Технология Mini-Till |
|---|---|---|
| 1) вспашка;<br>2) боронование;<br>3) внесение минеральных удобрений;<br>4) предпосевная культивация;<br>5) сев;<br>6) для пропашных культур междурядная обработка – 2 прохода;<br>7) опрыскивание от вредителей и заболеваний – 2 прохода;<br>8) уборка урожая;<br>9) уборка соломы | 1) выравнивание почвы при первом переходе на No-Till;<br>2) опрыскивание – внесение пестицидов;<br>3) внесение гербицидов;<br>4) сев;<br>5) уборка с измельчением и разбрасыванием соломы | 1) выравнивание почвы при первом переходе на Mini-Till;<br>2) заделка соломы (возможно совмещение с внесением навоза или помёта с комплексом защитных микроорганизмов);<br>3) боронование; если оно необходимо;<br>4) опрыскивание – внесение пестицидов;<br>5) для культур с корневой системой – глубокое рыхление на глубину 30–32 см;<br>5) внесение гербицидов;<br>6) сев с внесением неорганических удобрений;<br>7) уборка с измельчением и разбрасыванием соломы |

**Таблица 3**

Затраты на возделывание зерновых культур в 2014 году, руб.

| Показатели | Технология «Традиционная» | Технология No-Till | Технология Mini-Till |
|---|---|---|---|
| Номер поля | 1 | 2 | 3 |
| Стоимость всего удобрений | 31201,00 | 21082,00 | 18973,80 |
| Стоимость всего пестицидов | 23044,00 | 35764,20 | 26308,20 |
| Стоимость всего топлива | 13976,20 | 4052,80 | 6376,70 |
| Затраты на заработную плату | 7021,80 | 5976,00 | 6540,40 |
| Затрат всего, руб. | 125043,00 | 116675,00 | 107999,10 |

Представленные данные подтвердили предположение, что самой затратной технологией является «Традиционная», затем идет технология No-Till и наименее затратная технология Mini-Till. При этом себестоимость зерновых культур, возделываемых по технологии «Традиционная», имеет тенденцию в динамике по годам повышаться. Себестоимость зерновых культур, возделываемых по технологии No-Till и Mini-Till, тоже на второй год эксперимента увеличилась, поскольку возросли затраты на пестициды, но на третий год эксперимента снижаются затраты на удобрения и себестоимость зерновых, возделываемых по инновационным технологиям, уменьшается, что отображено в табл. 4.

Важно заметить, что в течение трех лет происходит ежегодное изменение урожайности зерновых культур. В первый год урожайность зерновых по технологии No-Till снижается, так как нет вспашки и сорняки «глушат» урожай, но в дальнейшем ситуация меняется – сорняков становится меньше и урожайность зерновых по технологии No-Till повышается, также повышается урожайность зерновых по технологии Mini-Till, а урожайность зерновых по технологии «Традиционная» снижается. Урожайность зерновых, полученная в течение эксперимента, показана в табл. 5.

**Таблица 4**

Себестоимость зерновых культур в зависимости от технологии обработки почвы

| Технология обработки почвы | Себестоимость, руб/кг | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | средняя |
| «Традиционная» | 3,70 | 3,80 | 3,86 | 3,79 |
| No-Till | 3,20 | 3,50 | 3,34 | 3,35 |
| Mini-Till | 3,10 | 3,23 | 2,83 | 3,05 |

**Таблица 5**

Урожайность зерновых культур в зависимости от технологии обработки почвы

| Технология обработки почвы | Урожайность, ц/га | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | средняя |
| «Традиционная» | 20,0 | 20,0 | 19,5 | 19,8 |
| No-Till | 15,5 | 19,3 | 21,0 | 18,6 |
| Mini-Till | 20,0 | 21,0 | 23,0 | 21,3 |

Во время эксперимента было замечено следующее: почва на поле с технологией «Традиционная» гораздо раньше прогревается, чем на поле с технологией No-Till, что способствует более раннему севу. Поздние сроки посева могут привести как к снижению урожайности, так и недобору урожая. Это связано с тем, что на территории юго-востока Нижегородской области, по сравнению с югом России, из-за более холодного климата высокая стерня часто оказывается отрицательным фактором – затеняются и вытягиваются всходы. Оставшаяся на поверхности почвы измельчённая солома создаёт светлый мульчирующий слой – из-за этого почва прогревается медленнее.

В связи с этим было решено заделать солому на малую глубину, применяя лущение почвы 2 раза с небольшими интервалами или культивацию в 2 прохода с интервалом в 2 недели, т.е. применить технологию минимальной обработки почвы Mini-Till. В случае заделки соломы лущением либо культивацией поверхностный слой становится тёмным, улучшается прогрев почвы и разложение соломы, а также уничтожаются сорняки, что способствует снижению количества, применяемых гербицидов.

## Заключение

Таким образом, по результатам эксперимента можно сделать вывод, что если соблюдать все агротехнические требования, то в условиях Нижегородской области наиболее эффективной и менее затратной является технология возделывания зерновых культур Mini-Till, которая так же, как и технология No-Till, способствует восстановлению естественного плодородия почвы. К тому же при возделывании зерновых культур по технологии Mini-Till можно снизить затраты на гербициды, сделать фон поля более темным за счет способа мульчирующей обработки поверхностного слоя почвы, что будет способствовать лучшему прогреву почвы и не оттягивать сроки посева, как при технологии No-Till.

## Список литературы

1. Алтухов А.И. Развитие зернового хозяйства и рынка зерна в России: проблемы и пути решения // Научное обозрение: теория и практика. – 2014. – № 1. – С. 15–21.

2. Жигэу Г. Переход на Mini-Till неотвратим, как изменение климата // Экономическое обозрение. – 2010. – № 14 (846).

3. Инновационные технологии возделывания полевых культур в АПК Самарской области: учебное пособие / В.А. Корчагин, С.Н. Шевченко, С.Н. Зудилин, О.И. Горянин. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2014. – 192 с.

4. Пасин А.В. Анализ факторов, влияющих на инновационную стратегию развития зернового подкомплекса / А.В. Пасин, Л.А. Кистанова, П.А. Пасин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=16779.

5. Пасин А.В. Обоснование сезонного использования резервных технологических комплексов: моногр. / А.В. Пасин, А.Н. Важенин, А.И. Новожилов. – М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2009. – 167 с.

6. Рыбалко Т.С. Эффективные инновационные технологии производства продукции растениеводства в Орловской области // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 4; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=412 (дата обращения: 03.05.2016).

7. Сёмин А.Н., Формирование и функционирование организационно-экономического механизма воспроизводства технического потенциала зернового подкомплекса / А.Н. Сёмин, М.В. Лысенко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–1. – С. 151–155.

8. Сысуев, В.А. Управление процессами кормопроизводства на основе мониторинга агроэкосистем: Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук / В.А. Сысуев, Б.И. Горбунов // Научно-теоретический журнал – 2003. – № 6. – С. 47–49.

УДК 633.15:541.144

# ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ПОСЕВА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

**Иванова З.А., Нагудова Ф.Х.**

*ФГОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», Нальчик, e-mail: fnagudova@mail.ru*

В статье изучалась фотосинтетическая деятельность растений различных гибридов кукурузы при разной густоте. Результаты свидетельствуют о том, что повышение густоты стояния растений приводит к значительному увеличению площади листовой поверхности посевов и фотосинтетического потенциала. У гибрида РИК 301 МВ площадь листовой поверхности увеличилась на 17,1 при увеличении густоты от 50 до 70 тыс./га, у Кавказ 412 СВ разница составила 21,9 у КОС 600 АСВ 23,5 % разница соответственно. Такая же закономерность и при определении фотосинтетического потенциала. С увеличением густоты, этот показатель повышается у РИК 301 МВ с 1,96 млн м$^2$дн/га до 2,42; у Кавказ 412 СВ разница была 0,72; у КОС 600 АСВ 0,9 млн м$^2$дн/га. В то время чистая продуктивность фотосинтеза находилась в пределах 3,9–6,4 г/м$^2$ сутки, причем с тенденцией уменьшения загущенных посевов. Урожай зерна кукурузы на контрольном варианте опыта составил: среднеспелого гибрида РИК 301 МВ при густотах 50, 60 и 70 тыс. раст./га соответственно 48,4; 49,3; 48,5 ц/га; у среднепозднего гибрида Кавказ 412 СВ-51,6; 54,9; 57,1 ц/га и у позднеспелого гибрида КОС 600 АСВ-60,1; 58,9; 55,6 ц/га. Математическая обработка урожайных данных показала, что в контрольном варианте по гибриду РИК 301 МВ существенной разницы между показателями при различной густоте стояния растений не наблюдалось. По гибриду Кавказ 412 СВ при густоте 60 тыс. раст./га для растений создаются более благоприятные условия для роста и развития, о чем свидетельствуют урожайные данные. По гибриду КОС 600 АСВ не всегда отмечено существенное различие между густотой стояния растений 50 и 60 тыс. раст./га, несмотря на то, что абсолютные показатели урожая зерна в первом случае были несколько выше, чем во втором.

**Ключевые слова: гибрид кукурузы, густота стояния растений, фотосинтез, продуктивность**

# THE EFFECT OF PLANTING DENSITY ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS OF CORN HYBRIDS OF DIFFERENT RIPENESS GROUPS

**Ivanova Z.A., Nagudova F.Kh.**

*Kabardino-Balkarian State Agrarian University, named by V.M. Kokov, Nalchik, e-mail: fnagudova@mail.ru*

In article was studied the photosynthetic activity of plants of different hybrids of maize with different density. The results indicate that increasing plant density leads to a significant increase in leaf area of crops and photosynthetic capacity. The hybrid 301 MB RICK the leaf area increased by 17,1 while increasing the density from 50 to 70 thousand/ha, the Caucasus 412 ST. the difference was 21,9 at KOS 600 DIA of 23,5 % difference, respectively. The same pattern and in determining photosynthetic capacity. With increasing density, this indicator increased from RICK 301 MB from 1,96 million м$^2$дн/ha to 2,42; from the Caucasus 412 SV difference was 0,72; from KOS 600 DIA 0,9 million м$^2$дн/ha. while net photosynthetic productivity ranged from 3,9 to 6,4 g/m$^2$ day, with a decreasing trend in thickened crops. The grain yield of maize on the control option of the experience has made: mid-season hybrid 301 MB RICK when gustato 50, 60 and 70 thousand plants/ha, respectively 48,4; 49,3; 48,5 kg/ha; medium late hybrid from the Caucasus 412 SV-51,6; 54,9; 57,1 kg/ha and in late-maturing hybrid KOS 600 ASV-60,1; 58,9; 55,6 kg/ha. The mathematical processing of the harvest data showed that in the control variant on the hybrid 301 MB RICK significant difference between the indicators at different plant density was not observed. On the hybrid the Caucasus 412 SV at the density of 60 thousand plants/ha for plants are created more favorable conditions for growth and development, as evidenced by the harvest data. The hybrid CBS 600 ASV is not always a marked difference between plant density of 50 and 60 thousand plants/ha, despite the fact that the absolute values of grain yield in the first case were slightly higher than in the second.

**Keywords: corn hybrid, plant density, photosynthesis, productivity**

С широким внедрением в последние годы в сельскохозяйственное производство новых высокопродуктивных гибридов кукурузы, значительно отличающихся между собой биологическими и морфологическими особенностями, установление роли густоты стояния растений приобретает все большее значение в связи с активизацией посева к усвоению ФАР.

Филев и др. отмечают, что густоту стояния растений необходимо ежегодно регулировать в зависимости от влажности почвы, в период прореживания: чем выше процент влажности почвы, тем больше можно выращивать растений на единице площади, и чем ниже, тем меньше должна быть установлена густота стояния растений.

В литературе часто встречаются данные, показывающие влияние плотности посева на продолжительность вегетационного периода [1].

Так, исследованиями ВНИИ кормов установлено, что правильный подбор густоты стояния растений способствует ускоренному прохождению стадий развития. При этом загущение посевов кукурузы с 70 тыс. до 100 тыс. и 170 тыс. растений на гектаре удлиняло период всходы – цветения метелок у среднераннего гибрида соответственно на 1 и 3 дня, а период всходов – образования початков – на 3 и 6 дней.

При густоте стояния 70 тыс./га до молочно-восковой спелости созревало 17% растений, а при густоте свыше 70 тыс. этой фазы растения не достигали. У Г.В. Веретенникова, Т.Р. Талорая, проводивших опыты с зерновой кукурузой на минимальном (N60P60K60), среднем (N90P90K90) и повышенном (N120P120K120) фонах удобрений, по каждому из которых были предусмотрены густоты 55–70–85 тыс. растений на 1 гектар, увеличение густоты стояния растений удлиняло продолжительность межфазных периодов и в целом вегетацию на 1–2 дня.

Оптимальной густотой стояния они считают для исследуемых гибридов 70 тыс./га при норме минерального питания N120P120K120 [3].

По данным М.В. Михайлевского, на посевах с густотой 200 тыс./га и больше растений молочно-восковая спелость наступает позднее на 2–6 дней, чем при густотах 60–100 тыс./га, а также уменьшается высота растений кукурузы. Кроме того, при уборке кукурузы на загущенных посевах (33–500 тыс./га) количество листьев на растениях и их масса значительно меньше, чем при 60–100 тыс./га. Далее он указывает, что увеличение густоты растений с 60 до 500 тыс./га приводит к уменьшению урожая початков на контроле на 14,9%, а на фонах с удобрениями – на 8,5–9,9%.

По данным П.Ф. Ключко и др., для скороспелых форм кукурузы густота посева должна быть, как правило, на 20–30% больше, чем для среднеспелых, а для позднеспелых – на 19–20% меньше. Они также указывают, что разные сорта и гибриды даже одной группы спелости неодинаково реагируют на изменение площади питания.

Д.Ю. Папазов, В.И. Казанкова наблюдали, что с увеличением густоты стояния кукурузы сильнее проявляется эффективность повышенных доз минеральных удобрений (N90P90K90). Так, при густоте растений 40 тыс./га урожай у них в зависимости от доз удобрений повысился на 4,2–9,9%, при 60 тыс./га – на 10,8–12,6% [2].

Наиболее важный процесс жизнедеятельности растений – фотосинтез. От того, как он протекает, в первую очередь зависят рост и развитие растений, их урожай. Изменяя площади питания растений, можно повышать фотосинтетический потенциал посевов, размеры использования фотосинтетически активной радиации. Главными показателями, определяющими продуктивность фотосинтеза растений, являются суммарная площадь листьев и интенсивность фотосинтетических процессов на единицу площади листьев. Оба они зависят от площади питания растений.

Эффективность использования растениями кукурузы солнечной радиации обусловлена тем, как мы достигаем оптимальных площадей листьев в посевах, чтобы их фотосинтетический аппарат мог развиваться и работать на полную мощность. Нужно подобрать такую густоту стояния растений, чтобы площадь листьев быстрее достигла оптимальной величины и как можно дольше удерживалась в активном состоянии.

Густота стояния растений является важным звеном, влияющим на площадь листовой поверхности как одного растения, так и посевов в целом.

Но при этом следует учитывать, что увеличение урожаев не прямо пропорционально увеличению площади листьев [4, 5].

Кукуруза обладает огромным, неисчерпаемым потенциалом урожайности зерна.

К сожалению, современные технологии возделывания не обеспечивают максимальную реализацию биологического потенциала кукурузы в районах ее размещения.

В настоящее время средняя урожайность зерна этой культуры значительно отстает от ее потенциальных возможностей. Поэтому очень важно с максимальной эффективностью использовать все факторы интенсификации ее возделывания, в том числе биологические возможности высокопродуктивных, устойчивых к болезням и вредителям гибридов; более совершенные по структуре и фотосинтетической активности посевы; рациональный пищевой режим почвы и другие элементы технологии, способствующие более полному поглощению кукурузой ФАР при формировании максимума сухого вещества.

В связи с этим перед нами была поставлена задача изучить влияние густоты посева на фотосинтетическую деятельность растений гибридов кукурузы разных групп спелости.

Мы изучали варианты густоты стояния 60 тыс., 70 тыс., 80 тыс. растений на гектар.

Многими исследователями установлено, что темпы прироста растений в высоту как в абсолютных, так и в относительных показателях существенно изменяются в зависимости от внешних условий и в значительной степени зависят от температурного режима и влагообеспеченности, Так, Третьяков (1990) отмечает, что прирост растений в высоту является хорошим показателем для контроля за посевами кукурузы. Чем лучше погодные условия, тем больше прирост растений, указывает автор.

Аналогичные заключения описаны и в работах В.М. Сусидко и В.С. Цикова (2008), отметивших одновременно некоторые общие закономерности в росте и развитии кукурузы. Так, по сообщению авторов, в первые 15 дней после появления всходов среднесуточный прирост растений кукурузы в высоту довольно интенсивен (1,2–2,4 см), в следующие одну-две недели заметно уменьшается до 0,2 см в сутки, так как пластический материал расходуется в основном на формирование узловых корней. В дальнейшем темпы роста растений опять постепенно повышаются и достигают максимума, как правило, за 7–10 дней до выбрасывания метелок.

Кроме перечисленных выше факторов, следует также указать на немаловажное влияние на величину абсолютного прироста растений удобрений и густоты стояния растений.

Полученные нами результаты показали, что у гибридов кукурузы ростовые процессы находились в определенной зависимости от условий возделывания.

Метеорологические условия, сложившиеся в конкретный год проведения исследований, естественно, не могли не повлиять на показатели роста гибридов кукурузы.

Высота растений и уровень прикрепления початка был отмечен в опытах в 2015 году – 220,0–245,0 см и в 2014 году – 232,0–270,0 см.

Сходная закономерность зависимости показателей роста от погодных условий конкретного года была обнаружена по всем вариантам опыта и у остальных изучаемых гибридов.

Среди гибридов наиболее высокорослыми оказались растения КОС 600 АСВ – 240,0–350,0 см, затем РИК 301 МВ – 230,0–320,0 см и, наконец, Кавказ 412 СВ – 216,0–275,0 см.

**Таблица 1**

Показатели роста растений гибридов кукурузы
в зависимости от условий минерального питанияи густоты

| Варианты опыта | Густота посева, раст./га | Высота раст., см | Диаметр стебля, см | Уровень прикреп. початка, см | Длина мет., см |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| **РИКЗ 01 МВ** | | | | | |
| Контроль | | 254,9 | 2,7 | 82,4 | 35,5 |
| N60P60K40 | | 267,6 | 2,9 | 86,4 | 37,6 |
| N90P60K40 | 50 тыс. | 270,8 | 2,9 | 88,1 | 39,2 |
| N90P90K40 | | 275,1 | 2,9 | 89,2 | 39,7 |
| N120P90K40 | | 277,5 | 2,9 | 90,7 | 40,2 |
| N120P120K40 | | 277,6 | 2,9 | 90,9 | 40,4 |
| Контроль | | 258,6 | 2,7 | 82,6 | 37,1 |
| N60P60K40 | | 267,5 | 2,8 | 84,9 | 38,0 |
| N90P60K40 | 60 тыс. | 271,5 | 2,8 | 88,0 | 39,5 |
| N90P90K40 | | 275,1 | 2,9 | 89,2 | 39,7 |
| N120P90K40 | | 278,4 | 2,9 | 91,2 | 40,7 |
| N120P120K40 | | 278,6 | 2,9 | 91,4 | 41,1 |
| Контроль | | 274,2 | 2,6 | 89,9 | 39,2 |
| N60P60K40 | | 283,3 | 2,6 | 89,9 | 40,3 |
| N90P60K40 | 70 тыс. | 285,4 | 2,7 | 92,2 | 40,6 |
| N90P90K40 | | 289,7 | 2,7 | 93,1 | 41,1 |
| N120P90K40 | | 290,1 | 2,7 | 95,2 | 41,3 |
| N120P120K40 | | 290,9 | 2,7 | 95,5 | 41,6 |
| **КАВКАЗ 412 СВ** | | | | | |
| Контроль | . | 225,8 | 2,6 | 74,8 | 31,4 |
| N60P60K40 | | 239,3 | 2,6 | 79,1 | 32,9 |

**Окончание табл. 1**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| N90P60K40 | 50 тыс. | 243,2 | 2,7 | 79,6 | 34,2 |
| N90P90K40 | | 245,3 | 2,7 | 81,0 | 34,7 |
| N120P90K40 | | 250,1 | 2,8 | 82,7 | 35,5 |
| N120P120K40 | | 252,8 | 2,8 | 83,3 | 36,1 |
| Контроль | | 232,0 | 2,6 | 76,0 | 32,2 |
| N60P60K40 | | 245,1 | 2,6 | 80,2 | 34,5 |
| N90P60K40 | 60 тыс. | 248,5 | 2,7 | 81,5 | 35,3 |
| N90P90K40 | | 253,9 | 2,7 | 82,2 | 35,8 |
| N120P90K40 | | 258,9 | 2,7 | 83,5 | 36,3 |
| N120P120K40 | | 261,4 | 2,7 | 84,2 | 37,1 |
| Контроль | | 235,2 | 2,6 | 76,5 | 32,9 |
| N60P60K40 | | 242,7 | 2,6 | 81,5 | 35,1 |
| N90P60K40 | 70 тыс. | 258,9 | 2,6 | 83,8 | 35,7 |
| N90P90K40 | | 262,0 | 2,7 | 84,8 | 36,5 |
| N120P90K40 | | 267,4 | 2,7 | 88,3 | 38,2 |
| N120P120K40 | | 270,0 | 2,7 | 89,1 | 38,7 |
| **КОС 600 АСВ** | | | | | |
| Контроль | . | 269,2 | 3,0 | 84,8 | 38,3 |
| N60P60K40 | | 283,9 | 3,0 | 89,3 | 40,5 |
| N90P60K40 | 50 тыс. | 289,2 | 3,0 | 90,5 | 41,2 |
| N90P90K40 | | 292,3 | 3,1 | 91,2 | 41,3 |
| N120P90K40 | | 297,7 | 3,2 | 95,9 | 42,4 |
| N120P120K40 | | 301,1 | 3,2 | 96,2 | 42,6 |
| Контроль | | 278,5 | 2,9 | 88,0 | 39,6 |
| N60P60K40 | | 292,8 | 3,0 | 92,7 | 42,2 |
| N90P60K40 | 60 тыс. | 296,2 | 3,0 | 93,1 | 42,5 |
| N90P90K40 | | 299,1 | 3,1 | 93,9 | 42,9 |
| N120P90K40 | | 308,7 | 3,1 | 95,7 | 44,0 |
| N120P120K40 | | 312,4 | 3,1 | 97,0 | 44,5 |
| Контроль | | 287,6 | 2.8 | 85,3 | 41,3 |
| N60P60K40 | | 305,1 | 2,9 | 94,2 | 44,1 |
| N90P60K40 | 70 тыс. | 308,4 | 2,9 | 95,7 | 44,7 |
| N90P90K40 | | 314,4 | 3,0 | 96,9 | 44,9 |
| N120P90K40 | | 320,0 | 3,0 | 98,5 | 45,9 |
| N120P120K40 | | 323,4 | 3,1 | 99,7 | 46.6 |

Способность компенсировать изреженность увеличением листовой поверхности неодинаково развита у разных культур. В наименьшей степени такой способностью обладает, по-видимому, кукуруза. У нее суммарная площадь листьев почти прямо пропорциональна числу растений. Об этом свидетельствуют результаты наших исследований, где изучалась фотосинтетическая деятельность растений различных гибридов кукурузы при разной густоте. Они свидетельствуют о том, что повышение густоты стояния растений приводит к значительному увеличению площади листовой поверхности посевов и фотосинтетического потенциала.

У гибрида РИК 301 МВ площадь листовой поверхности увеличилась на 17,1 при увеличении густоты от 50 до 70 тыс./га, у Кавказ 412 СВ разница составила 21,9 у КОС 600 АСВ 23,5 % соответственно.

Такая же закономерность и при определении фотосинтетического потенциала. С увеличением густоты, этот показатель повышается у РИК 301 МВ с 1,96 млн м$^2$дн/га до 2,42; у Кавказ 412 СВ разница была 0,72; у КОС 600 АСВ 0,9 млн м$^2$дн/га. В то время чистая продуктивность фотосинтеза находилась в пределах 3,9–6,4 г/м$^2$ сутки, причем с тенденцией уменьшения загущенных посевов.

**Таблица 2**

| Варианты опыта | S, лист. поверх. тыс. м²/га | Накопление сухого вещества | ЧПФ, г/ **m²** | ФП, млн м.дн/га |
|---|---|---|---|---|
| **РИК 301 МВ** | | | | |
| 50 | 36,3 | 125 | 6,4 | 1,96 |
| 60 | 40,0 | 126 | 5,8 | 2,18 |
| 70 | 43,8 | 128 | 5,4 | 2,42 |
| **Кавказ 412 СВ** | | | | |
| 50 | 40,9 | 135 | 5,4 | 2,50 |
| 60 | 47,0 | 140 | 4,8 | 2,89 |
| 70 | 52,0 | 140 | 4,3 | 3,22 |
| **КОС 600 АСВ** | | | | |
| 50 | 43,7 | 152 | 5,4 | 2,8 |
| 60 | 51,2 | 149 | 4,5 | 3,3 |
| 70 | 57,1 | 146 | 3,9 | 3,7 |

По нашему мнению, это объясняется тем, что увеличение числа и общей площади листьев за счет количества растений на 1 га приводит к снижению эффективности фотосинтетической деятельности единицы листовой поверхности, вызванное большой затененностью верхними листьями нижних. Особенно наглядно это подтверждается на примере повышения густоты посева с 50 тыс. растений на гектаре до 60 тыс., а тем более до 70 тыс./га у гибрида РИК 301 МВ, когда чистая продуктивность фотосинтеза снизилась с 6,4 до 5,4 г/м² в сутки. Сходные данные получены и по другим гибридам.

Результаты наших исследований показали, что изучаемые гибриды кукурузы: РИК 301 МВ, Кавказ 412 СВ, КОС 600 АСВ в зависимости от густоты размещения их на площади различались между собой по урожайности зерна.

Урожай зерна кукурузы на контрольном варианте опыта составил: среднеспелого гибрида РИК 301 МВ при густотах 50, 60 и 70 тыс. раст./га соответственно 48,4; 49,3; 48,5 ц/га; у среднепозднего гибрида Кавказ 412 СВ – 51,6; 54,9; 57,1 ц/га и у позднеспелого гибрида КОС 600 АСВ – 60,1; 58,9; 55,6 ц/га.

Математическая обработка урожайных данных показала, что в контрольном варианте по гибриду РИК 301 МВ существенной разницы между показателями при различной густоте стояния растений не наблюдалось.

По гибриду Кавказ 412 СВ при густоте 60 тыс. раст./га для растений создаются более благоприятные условия для роста и развития, о чем свидетельствуют урожайные данные.

По гибриду КОС 600 АСВ не всегда отмечено существенное различие между густотой стояния растений 50 и 60 тыс. раст./га, несмотря на то, что абсолютные показатели урожая зерна в первом случае были несколько выше, чем во втором.

Густота стояния растений вызвала существенные колебания не только в величине урожайности, но также отразилась на ее структуре.

Среди признаков, характеризующих уровень и качество зерна, важное значение придают массе зерна с початка и массе 1000 зерен.

Элементы структуры урожая: зерна гибридов кукурузы в связи с различными условиями возделывания изменялись в той же закономерности, как и урожай зерна.

Независимо от уровня минерального питания, наилучшие показатели элементов структуры урожая по всем гибридам были получены при густоте 50 тыс. раст./га, что объясняется увеличением площади питания каждого отдельно взятого растения.

В связи с этим очень важно с учетом биологических особенностей каждого гибрида найти разумное сочетание густоты посева и показателей структурных элементов, когда в конечном счете полнее могут быть реализованы продуктивные свойства каждого гибрида. Поэтому показатели структурных признаков гибридов РИК 301 МВ и Кавказ 412 СВ при густоте посева 60 тыс. раст./га несколько уступая аналогичным данным, полученным в варианте 50 тыс. раст./га, благодаря большему числу растений на гектаре дают возможность получить максимальный урожай зерна кукурузы.

По гибриду КОС 600 АСВ при густоте 50 тыс. раст./га достигается более целесообразное сочетание площади питания каждого растения со структурными признаками, что позволило выделить данную густоту стояния растений как оптимальную для него.

В более благоприятном во влагообеспеченности году улучшение режима минерального питания позволило повысить показатели структуры урожая у гибрида РИК 301 МВ (при густоте 60 тыс. раст./га): длины початка с 23,0 до 25,0 см, число зерен с початка с 305 до 337 шт., массы 1000 зерен с 281 до 328 г.

## Выводы

Подводя итоги мы можем сделать вывод, что урожай кукурузы растет не всегда наравне с ростом площади листьев, а только при увеличении ее до определенных размеров, после чего рост урожая прекращается.

Вместе с тем понятие об оптимальной густоте стояния не является абсолютным и зависит от видовых и сортовых особенностей растений, в частности от типа фотосинтетической функции данного растения и его листьев.

## Список литературы

1. Акулов А.А. Теоретические и практические возможности возделывания кукурузы на фуражное зерно // Кормопроизводство. – 2010. – № 2. – С. 3–5.

2. Алтунин Д.А. Влияние удобрений на урожай и качество зеленой массы кукурузы в степной зоне Западной Сибири / Д.А. Алтунин, Л.Н. Салмин, Л.Г. Шушарина // Кукуруза и сорго. – 2001. – № 5. – С. 4–6.

3. Багринцева В.Н. Исследования по совершенствованию технологии возделывания кукурузы в Ставропольском крае // Кукуруза и сорго. – 2008. – № 1. – С. 16–20.

4. Волчатова И.В. Внесение окисленных каменных углей под кукурузу / И.В. Волчатова, С.А Медведева, М.В. Бутырин // Аграрная наука. – 2009. – № 5. – С. 17–18.

5. Гимбатов А.Ш. Продуктивность различных гибридов и сортов кукурузы в орошаемых условиях Дагестана / А.Ш. Гимбатов, Ш.М. Абдуразаков // Кукуруза и сорго. – 2004. № 6. – С. 10–11.

УДК 633.15: 631.52

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЛИМИТИРОВАННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ильин В.С., Логинова А.М., Губин С.В., Гетц Г.В.**

*Сибирский филиал ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы» РАСХН, Омск, e-mail: sibmais@rambler.ru*

Кукуруза является основой кормовой базы для большинства отраслей животноводства во всем мире. Отечественные и зарубежные селекционеры работают над созданием раннеспелых гибридов, пригодных для выращивания в северных регионах, в том числе в Западной Сибири. В Сибирском филиале ВНИИ кукурузы, расположенном в Омске, постоянно проводятся испытания гибридов кукурузы, рекомендуемых к выращиванию в 10 агроклиматической зоне Российской Федерации. В данной статье приводятся результаты испытания группы раннеспелых гибридов кукурузы, рекомендованных для выращивания в 10 агроклиматической зоне РФ. Дана характеристика основных климатических показателей региона. Определены наиболее приспособленные к данным условиям гибриды из представленной группы. Приведена характеристика нового раннеспелого гибрида кукурузы Сибирский 135.

**Ключевые слова: кукуруза, гибрид, продолжительность межфазного периода, сумма активных температур**

# COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGRONOMIC CHARACTERS OF EARLY MATURING MAIZE HYBRIDS IN CLIMATIC CONDITIONS, LIMITED RESOURCES IN THE OMSK REGION

**Ilin V.S., Loginova A.M., Gubin S.V., Getts G.V.**

*The Siberian branch of the of All-Russian Scientific Research Institute of Corn, Omsk, e-mail: sibmais@rambler.ru*

Corn is the basis of forage for most livestock industries worldwide. Domestic and foreign breeders are working to create early maturing hybrids suitable for cultivation in the Northern regions, including Western Siberia. In the Siberian branch of all-Russian research Institute of maize, located in Omsk, constantly being tested hybrids of maize recommended for cultivation in 10 agro-climatic zones of the Russian Federation. This article presents the results of testing of a group of early maturing maize hybrids recommended for cultivation in 10 agro-climatic zone of the Russian Federation. The characteristic of the basic climatic indicators of the region. The most adapted to these conditions, the hybrids of the presented group. The characteristics of new early maturing maize hybrid Sibirsky 135.

**Keywords: maize, hybrid, the duration of the interphase period, the sum of active temperatures**

Кукуруза – одна из важнейших культур в мире. Благодаря высокой потенциальной урожайности зерна и зеленой массы, при низких материальных затратах на единицу готовой продукции, эта культура стала основой кормовой базы для различных отраслей животноводства. В растениях кукурузы фотосинтез осуществляется по более эффективному С4 пути, поэтому посевам кукурузы необходимо меньше ресурсов для создания каждой тонны урожая, по сравнению с культурами, фотосинтез в которых проходит по С3 пути. Это физиологическое преимущество позволяет значительно повысить эффективность животноводства не только в странах с тёплым климатом, где кукурузу уже давно выращивают как пищевую, техническую и кормовую культуру. Посевы кукурузы все дальше продвигаются на север. Вслед за Канадой и странами северной Европы не стала исключением и Россия. Большую часть нашей страны занимает Сибирь. В Сибири расположены обширные площади пахотных земель, а климатические ресурсы могут быть достаточны для возделывания кукурузы на силос с початками молочно-восковой и восковой спелости.

Также активно разрабатываются и внедряются технологии заготовки концентрированных кормов из кукурузы с высоким содержанием обменной энергии. Это заготовка силоса только из початков с обертками или без них, заготовка консервированного сырого зерна, заготовка охлажденного сырого зерна, приготовление экструдированного корма без предварительной сушки. Преимуществом таких кормов является более высокая экономическая отдача благодаря снижению затрат на транспортировку, хранение, и, главное, они не требуют проводить дорогостоящую сушку зерна до физиологически сухого состояния. То есть

без преувеличения можно сказать, что кукуруза в Сибири – ключ к инновационному животноводству.

Однако для реализации потенциала этой изначально теплолюбивой культуры сельскохозяйственным товаропроизводителям необходимо предоставить ультраранние гибриды кукурузы, способные гарантировано достигать молочно-восковой и восковой спелости початков, используя лимитированные климатические ресурсы. Прежде всего они должны эффективно накапливать сухое вещество при сумме активных температур выше +10 °С, около 2000 °С.

Многие селекционные учреждения, как отечественные, так и зарубежные, работают над созданием раннеспелых гибридов кукурузы, пригодных для выращивания в Западной Сибири. В последние годы, в связи со значительным удорожанием импортного посевного материала отечественные селекционные достижения получили существенное конкурентное преимущество, в первую очередь по стоимости приобретения семян. Таким образом, в сложившейся экономической ситуации возник большой интерес со стороны науки и производства к выращиванию кукурузы по зерновой технологии в условиях Сибири. Особое внимание уделяется отечественным достижениям в создании раннеспелых гибридов кукурузы с ФАО 100–150. Такие гибриды в ограниченных по теплу условиях, при надлежащей агротехнике, способны достигать восковой спелости зерна, обеспечивая стабильные урожаи высокоценной силосной массы и зерна.

В Сибирском филиале ВНИИ кукурузы, расположенном в Омске, с пятидесятых годов прошлого века ведутся научные изыскания с целью создания исходного материала и гибридов кукурузы с ФАО 100–150. Кроме того, здесь постоянно проводятся испытания гибридов кукурузы, рекомендуемых к выращиванию в 10 агроклиматической зоне Российской Федерации, созданных различными, как отечественными, так и зарубежными селекционными учреждениями. [1, 3, 6]

В данной статье приводятся результаты испытания раннеспелых гибридов кукурузы, как уже включенных в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации или проходящих испытания в государственной комиссии, так и готовящихся к передаче на испытания. Для сравнительного анализа были взяты результаты испытаний за 2012–2015 годы следующих гибридов кукурузы: Катерина СВ, НУР, Машук 150 МВ, Машук 170 МВ, Обский 140 МВ, РОСС 140 СВ, Сибирский 135 и готовящийся к передаче на испытания в Госсорткомиссию с рабочим индексом RDT 7/05×Ом 136. Изучение этих гибридов проводилось по единой государственной методике на полях Сибирского филиала Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы, (г. Омск). Основная задача сравнительных испытаний – выделить наиболее раннеспелые, урожайные и технологичные образцы [4].

Для характеристики скороспелости гибридов можно использовать несколько параметров. В наших условиях, когда не всегда можно соблюсти точные сроки посева и провести уборку в фазе полной спелости зерна, мы использовали два основных показателя: продолжительность межфазного периода «всходы – цветение початка» и «сумма активных температур выше +10 °С», необходимых растениям для прохождения этого периода [1, 5, 6].

Главный показатель продуктивности – урожайность зерна при стандартной 14 %-ной влажности. Необходимо отметить, что уборка и полевой учет массы початков проводились при достижении ими поздней восковой спелости, при влажности зерна 36–40 %. После сушки и обмолота урожайность зерна приводилась к стандартной согласно принятой методике.

Основные объективные параметры приспособленности растений гибридов к механизированной уборке – высота растений и высота прикрепления верхнего початка.

Характеристика группы раннеспелых гибридов приведена в табл. 1.

За четыре года наблюдений по урожайности зерна существенно превзошли остальных два гибрида с участием местной линии Ом 136. Это гибриды Сибирский 135 и RDT 7/05×Ом 136, урожайность зерна стандартной влажности у них составила 6,07 т/га и 5,92 т/га соответственно. Другие гибриды из отобранной группы не имели по урожайности зерна существенных различий между собой.

По раннеспелости выделились гибриды Сибирский 135, НУР и RDT 7/05×Ом 136. Продолжительность межфазного периода «всходы – цветение початка» у них составляла от 48,5 до 49,8 суток. Соответственно, этим же гибридам для прохождения указанного межфазного периода требуется меньшая сумма активных температур: от 967,1 до 1001,8 °С.

Гибриды, выделившиеся по урожайности и раннеспелости, имеют средние значения высоты растения и высоты прикрепления верхнего початка.

**Таблица 1**

Характеристика группы раннеспелых гибридов, проходивших оценку в Сибирском филиале ВНИИК (средние данные за 2012–2015 гг.)

| Название гибрида | Урожайность зерна при стандартной влажности (14 %), т/га | Продолжительность межфазного периода «всходы» – «цветение початка», суток | Сумма активных температур выше +10 °C, °C | Высота растения, см | Высота прикрепления верхнего початка, см |
|---|---|---|---|---|---|
| Катерина СВ | 4,67 | 53,8 | 1080,0 | 224,6 | 82,0 |
| НУР | 5,00 | 49,8 | 1001,8 | 202,3 | 67,8 |
| Сибирский 135 | 6,07 | 48,5 | 980,7 | 224,0 | 81,0 |
| Машук 150 | 4,72 | 51,3 | 1012,6 | 186,0 | 56,8 |
| Машук 170 | 4,45 | 54,8 | 1104,2 | 212,2 | 70,0 |
| Обский 140 СВ | 4,50 | 54,3 | 1060,3 | 247,9 | 90,5 |
| Росс 140 | 4,87 | 52,8 | 1071,7 | 229,0 | 88,1 |
| RDT 7/05×Ом 136 | 5,92 | 48,5 | 967,1 | 212,3 | 74,5 |
| $НСР_{0,5}$ | 0,56 | | 38,0 | 16,6 | 11,0 |

Таким образом, данные сравнительного анализа группы раннеспелых гибридов, рекомендуемых для выращивания в 10 агроклиматической зоне Российской Федерации, указывают на то, что гибриды кукурузы, полученные с использованием линии омской селекции Ом 136, обеспечивают получение большего урожая зерна. Важную роль в этом играет более эффективное использование лимитированных климатических ресурсов, главным образом тепла [2].

**Таблица 2**

Зависимость скорости прохождения межфазных периодов от обеспеченности растений теплом и осадками в период вегетации по годам проведения исследований в сравнении со средним многолетним значением у группы изучаемых раннеспелых гибридов кукурузы за 2012–2015 гг.

| Годы наблюдений и среднее многолетние значения (при рекомендуемых сроках сева*) | Даты наступления фаз | | Средняя продолжительность межфазного периода «всходы» – «цветение початка», суток | Среднесуточная температура за период «всходы» – «цветение початка», °C | Среднее количество осадков, выпавших за период «всходы» – «цветение початка», мм | Сумма активных температур выше +10 °C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | «всходы» | «цветение початка» | | | | от фазы «всходы» до наступления фазы «цветение початка» | до 1 сентября | до 30 сентября |
| 2012 | 30 V | 16–19 VII | 48,6 | 21,3 | 54,9 | 1060,4 | 1936,9 | 2178,9 |
| 2013 | 4 VI | 25 VII – 4 VIII | 54,3 | 18,3 | 116,6 | 1003,8 | 1600,9 | 1794,7 |
| 2014 | 27 V | 24 VII – 1 VIII | 63,4 | 16,7 | 70,6 | 1017,9 | 1645,5 | 1768,7 |
| 2015 | 2 VI | 22–28 VII | 53,5 | 19,4 | 92,3 | 1057,0 | 1616,9 | 1761,9 |
| среднее многолетнее значение | 25 V | 17–24 VII | 56,5** | 18,4 | 80 | 1049,0 | 1728,6 | 1914,9*** |

Примечания:

* *при посеве* в оптимальные сроки (15 мая), предполагаемая дата появления всходов 25 мая*;*

***определялось по дате,* к которой будет набрана средняя необходимая сумма активных температур, от даты всходов 25 мая.

*** *по средним многолетним наблюдениям (за последние 10 лет*) дата перехода среднесуточных температур через отметку ниже +10 °C – *17* сентября, после этой даты прирост суммы активных температур выше +10 °C прекращается. Таким образом, значение 1914,9 °C – это сумма среднесуточных температур с *25* мая по 17 сентября по средним многолетним значениям.

Для получения более полного представления об условиях выращивания кукурузы в условиях лесостепи Западной Сибири, в которых проводятся испытания, рассмотрим табл. 2, в ней отражена зависимость скорости прохождения межфазных периодов от обеспеченности растений теплом и количества осадков в период вегетации за годы проведения исследований в сравнении со средним многолетним значением.

Данные, представленные в таблице, указывают на значительные различия в условиях вегетации за 2012–2015 годы. Так, в теплом и засушливом 2012 году на прохождение межфазного периода «всходы – цветение початка» группе раннеспелых гибридов в среднем понадобилось 48,6 суток, а в прохладном 2013 году – 54,3 суток. Прослеживается прямая зависимость количества выпавших осадков со временем наступления фазы «цветение початка». При этом среднесуточная температура воздуха за период «всходы – цветение початка» не влияет напрямую на его продолжительность.

Наиболее стабильный показатель – сумма активных температур за период «всходы – цветение початка», за годы изучения гибридов он изменялся в незначительных пределах: от 1003,8 до 1060,4 °С, причем наименьшим он был в прохладном и влажном 2013 году, а наибольшим – в жарком и засушливом 2012 году.

Известно, что суммы активных температур выше +10 °С, необходимая растениям кукурузы для прохождения межфазных периодов «всходы – цветение початка» и «цветение початка – полная восковая спелость» равны. Таким образом, гибриду RDT 7/05×Ом 136 для достижения полной восковой спелости в среднем потребуется сумма активных температур 1934,2 °С, гибриду Сибирский 135 – 1961,4, НУР – 2003,6, а более поздним Катерина СВ и Обский 140 СВ – 2160,0 и 2120,6 соответственно.

За годы испытаний сумма активных температур для кукурузы к 30 сентября, за исключением аномального 2012 года, в составляла от 1761,9 до 1794,7 °С, а по среднемноголетним данным прирост суммы активных среднесуточных температур выше +10 °С в Омске прекращается 17 сентября и составляет 1914,9 при оптимальных сроках сева.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что наиболее приспособленными для выращивания в зоне южной лесостепи Омской области по зерновой технологии из проходивших испытание в Сибирском филиале ВНИИ кукурузы являются гибриды кукурузы: Сибирский 135 и НУР. Отдельно стоит отметить новый гибрид RDT 7/05×Ом 136, готовящийся к передаче на государственные испытания.

Далее приведена краткая характеристика нового гибрида кукурузы «Сибирский 135».

Авторы: Всероссийский НИИ кукурузы и Сибирский филиал ВНИИ кукурузы.

Гибрид кукурузы Сибирский 135 (ФАО 140) – трехлинейный, раннеспелый универсального направления использования.

Создан с целью производства фуражного зерна и силоса для регионов с ограниченным периодом вегетации. Гибрид характеризуется ранним цветением. Период от всходов до цветения початков за 3 года изучения составил (50 дней), стандарт Омка 130–49 дней.

Урожай зерна за 3 года испытаний (2011–2013) составил 5,8 т/га, в сравнении со стандартом Омка 130 выше на 10–15 %.

Растение высотой 220–225 см, початок крупный (159–165 г), длина початка 17,5–18,5 см, зерно промежуточное. Масса 1000 зерен 268 г.

Рекомендуется к выращиванию в 4, 5, 7, 8, 9, 12 агроклиматических зонах РФ на зерно и в 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12 зонах – на силос.

**Список литературы**

1. Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы / под ред. П.Н. Рыбалкина, П.П. Васюкова, М.В. Чумака и др. – Майкоп: РИПО «Адыгея», 1999. – 374 с.

2. Герасенков Б.И. Биология и особенности культуры сибирского экотипа кукурузы: автор. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1964 – 42 с.

3. Кашеваров Н.И., Ильин В.С., Кашеварова Н.Н., Ильин И.В. Кукуруза в Сибири: монография. – Новосибирск, 2004. – С. 66–69.

4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / под ред. В.И. Головачёва, Е.В. Кирилевской. – М., 1989 – 194 с.

5. Сотченко В.С., Горбачева А.Г. и др., Сумма эффективных температур в период всходы-цветение родительских форм гибридов кукурузы в различных условиях выращивания // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 1. – С. 15–18.

6. Шпаар Д., Гинапп К., Дрегер Д., Захаренко С. и др. Кукуруза (Выращивание, уборка, консервирование и использование) / под общ. ред. Д. Шпаара. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2006 – 390 с.

УДК 631.8

# ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

**[1]Кабанова С.А., [2]Данченко А.М., [2]Данченко М.А.**

*[1]Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, e-mail: kabanova.05@mail.ru;*

*[2]Томский государственный университет, Томск*

Сосна обыкновенная является лесообразующей породой Казахского мелкосопочника. Для получения высококачественного посадочного материала требуется разработка способов предпосевной обработки семян с применением различных стимуляторов. Были испытаны ростовые вещества гумат и экстрасол с применением активатора и восстановителя почвы ЭридГроу в северном регионе Казахстана. Изучение лабораторной всхожести показало, что при замачивании семян в гумате и экстрасоле в течение 24 часов наблюдалась наилучшая энергия прорастания (соответственно 87,0 и 74%) и всхожесть (96%). Контроль имел самые низкие показатели – соответственно 48,0 и 84,5%. Наблюдения за полевой всхожестью и ростом однолетних сеянцев выявили, что первый ранг занимает вариант с обработкой семян гуматом (24 часа) и поливом активатором почвы ЭридГроу. Второй ранг имел вариант с обработкой семян Экстрасолом и поливом активатором почвы ЭридГроу, третий – обработка семян Экстрасолом и внесение восстановителя почвы ЭридГроу. Контрольный вариант занимал 8 ранг из 10.

**Ключевые слова: стимуляторы роста, предпосевная обработка семян, сосна обыкновенная, качество семян, всхожесть, энергия прорастания**

# THE EFFECT OF STIMULANTS ON SEED GERMINATION AND GROWTH OF SEEDLINGS OF PINUS SYLVTSTRIS IN NORTHERN KAZAKHSTAN

**[1]Kabanova S.A., [2]Danchenko A.M., [2]Danchenko M.A.**

*[1]Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Schuchinsk, e-mail: kabanova.05@mail.ru;*

*[2]National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: kabanova.05@mail.ru*

Pinus sylvestris is a forest forming species of the region of low hillocks and declivities in Kazakhstan. For receiving the planting stock of high quality it is necessary to develop the ways of presowing processing of seeds with the use of different stimulators. There were tested growth stimulants – humate and extrasol with the use of the activating and reducing agents of the soil «Arid Grow» in the northern region of Kazakhstan. The study of the laboratory germination has shown that the best energy of germination (correspondingly 87,0 and 74%) and viability (96%) were at steeping of seeds in humate and extrasol within 24 hours. «The control» had the lowest indices – correspondingly 48,0% and 84,5%. Observations of the field germination rate and the growth of yearlings have revealed that the variant with the processing of seeds by humate (24 hours) and watering by activator «Arid Grow» had the first rank. The variant with processing of seeds by extrasol and watering by the soil activator «Arid Grow» had the second rank. The variant with processing of seeds by extrasol and application of the reducing agent of the soil «Arid Grow» had the third rank. The control variant occupied the eighth rank of the ten.

**Keywords: growth factors, pre-treatment of seeds, pine, quality of seeds, germination, energy of germination**

Эффективность лесокультурных работ во многом зависит от качества посадочного материала, который может быть выращен только в оптимальных экологических условиях. Если агротехника не обеспечивает создания оптимальных условий на протяжении всего периода выращивания посадочного материала в питомнике и не позволяет получать хорошо развитые сеянцы, то такой посадочный материал будет хуже и дольше приживаться и расти в первые годы в лесных культурах. Поскольку в Казахстане выращивание сеянцев в лесных питомниках проводится по экстенсивной технологии, посадочный материал редко является стандартным и его выход с единицы площади не соответствует ГОСТ. Кроме того, имеющиеся рекомендации морально устарели с появлением новых средств механизации, различных биодобавок и способов выращивания сеянцев. Имеются научные исследования по применению стимуляторов роста и удобрений при выращивании сеянцев в различных регионах СНГ [2, 3, 5, 6].

**Целью данных исследований** являлось составление рекомендаций по выращиванию посадочного материала сосны обыкновенной в условиях Северного Казахстана. Актуальность данных исследований не вызывает сомнений – при нынешнем изменении климата, ухудшении экологической обстановки, появлении новых разнообразных видов биостимуляторов нужна научно обоснованная система выращивания стандартного посадочного материала.

## Материалы и методы исследований

Исследование влияния различных добавок на полевую всхожесть семян сосны обыкновенной и рост однолетних сеянцев проводилось в условиях Арыкбалыкского филиала государственного национального природного парка (ГНПП) «Кокшетау», гослесфонд которого относится к Казахскому мелкосопочнику. Предпосевная обработка семян сосны обыкновенной проводилась с применением стимуляторов роста экстрасола, гумата и с внесением в почву активатора и восстановителя ЭридГроу. Каждый вариант опыта закладывался в двухкратной повторности, контролем служил посев семенами без обработки.

Лабораторная энергия прорастания и всхожесть семян определялась согласно ГОСТ 13056.6-75 [1]. Семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге при температуре 20–24 °С. Энергию прорастания определяли на 7 день, всхожесть – на 15.

Посев производился по принятой в ГНПП «Кокшетау» агротехнике – посев по 5-строчной схеме, затем мульчирование перегноем. Учетной единицей полевой всхожести являлась посевная лента длиной 1 метр, в каждой строке которой посеяно в среднем 270 семян.

Однолетние сеянцы выкапывались в конце вегетационного периода, корни промывались и части растений измерялись и взвешивались. Определялся сырой и воздушно-сухой вес корней и стволиков по вариантам опыта [4].

Обработку экспериментального материала проводили методами вариационной статистики с помощью программы «Статистика».

## Результаты исследований и их обсуждение

При изучении качества семян сосны обыкновенной выявлено, что чистота семян составила 96,2 %, полнозернистость – 95,0 %, масса 1000 шт. – 6,45 г. Проведение исследований по лабораторной всхожести семян показало, что при замачивании семян в гумате и экстрасоле в течение 24 часов наблюдалась наилучшая энергия прорастания (соответственно 87,0 и 74 %) и всхожесть (96 %). Контроль имел самые низкие показатели – соответственно 48,0 и 84,5 %. В табл. 1 приведена полевая всхожесть семян сосны обыкновенной, обработанных различными стимуляторами.

Наилучшие показатели полевой всхожести наблюдались при обработке семян сосны обыкновенной гуматом в течение 24 часов с внесением восстановителя почвы ЭридГроу (44,7 %), несколько ниже при обработке Экстрасолом в течение 4 часов с внесением восстановителя и поливом активатором почвы ЭридГроу (41,3 %). Кроме того, у указанных вариантов массовые всходы появились раньше, чем у других вариантов. Наименьшая полевая всхожесть наблюдалась у варианта с обработкой семян экстрасолом в течение 2 часов и поливом активатором почвы ЭридГроу (25,9 %). На контрольном участке число всходов составило 72 шт. на 1 пог. м. (27,1 %).

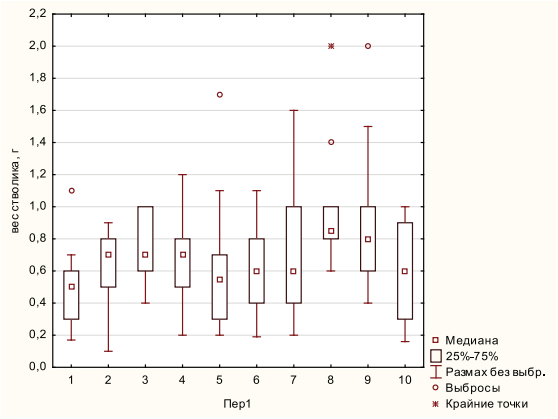
В табл. 2 приведены данные по основным показателям роста однолетних сеянцев сосны обыкновенной.

Масса корней и стволиков однолетних сеянцев сосны обыкновенной изменялась на очень высоком уровне – коэффициент вариации колебался от 30,7 до 69,7 %. На диаграммах (рис. 1) видно размах значений веса стволиков и корней по вариантам опытов.

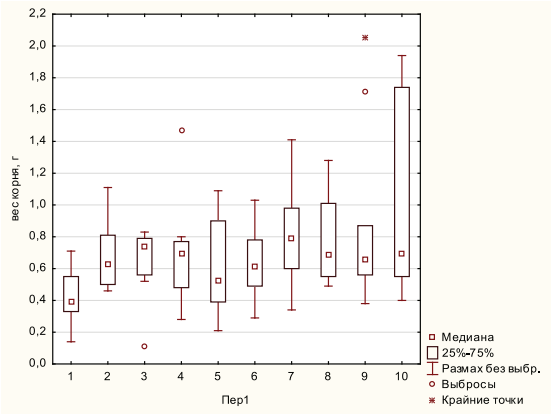
**Таблица 1**

Полевая всхожесть семян сосны обыкновенной по вариантам опытов

| Номер варианта | Стимулятор | Время выдержки, ч | Дата появления всходов | | Число шт. на пог. м | Полевая всхожесть, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | первых | массовых | | |
| 1 | Экстрасол (Э4) | 4 | 18.06 | 23.06 | 70 | 26,3 |
| 2 | Экстрасол (Э2) | 2 | 18.06 | 23.06 | 99 | 37,2 |
| 3 | Экстрасол, внесение восстановителя почвы ЭридГроу (Э2вЭГ) | 2 | 20.06 | 25.06 | 105 | 39,5 |
| 4 | Экстрасол и внесение восстановителя почвы ЭридГроу (Э4вЭГ) | 4 | 22.06 | 25.06 | 109 | 40,9 |
| 5 | Гумат и внесение восстановителя почвы ЭридГроу (Г24вЭГ) | 24 | 18.06 | 22.06 | 119 | 44,7 |
| 6 | Гумат (Г24) | 24 | 18.06 | 23.06 | 97 | 36,5 |
| 7 | Экстрасол, полив активатором почвы ЭридГроу (Э2аЭГ) | 2 | 18.06 | 23.06 | 69 | 25,9 |
| 8 | Экстрасол, полив активатором почвы ЭридГроу (Э4аЭГ) | 4 | 17.06 | 23.06 | 110 | 41,3 |
| 9 | Гумат, полив активатором почвы ЭридГроу (Г24аЭГ) | 24 | 18.06 | 25.06 | 93 | 34,9 |
| 10 | контроль (К) | | 20.06 | 25.06 | 72 | 27,1 |




1




2

*Рис. 1. Размах значений среднего веса стволиков (1) и корней (2) однолетних сеянцев сосны обыкновенной по вариантам опыта*

**Таблица 2**

Основные показатели однолетних сеянцев сосны обыкновенной

| Наименование варианта | Масса, г | | | | | | Протяженность, см | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | корня | | | стволика | | | корня | | стволика | | |
| | сырой | | сухой | сырой | | сухой | | | | | |
| | X ± m | *V*, % | | X ± m | *V*, % | | X ± m | *V*, % | X ± m | *V*, % | разница между подземной и надземной фитомассой |
| Э4 | 0,4 ± 0,1 | 37,7 | 0,02 | 0,5 ± 0,1 | 56,1 | 0,18 | 8,7 ± 0,3 | 12,2 | 6,8 ± 0,3 | 13,1 | 1,9 |
| Э2 | 0,7 ± 0,1 | 32,4 | 0,04 | 0,6 ± 0,1 | 38,9 | 0,24 | 10,5 ± 0,8 | 25,3 | 7,1 ± 0,8 | 25,3 | 3,4 |
| Э2вЭГ | 0,7 ± 0,1 | 33,1 | 0,04 | 0,7 ± 0,1 | 30,7 | 0,27 | 11,5 ± 0,9 | 23,5 | 7,5 ± 0,3 | 13,6 | 4 |
| Э4вЭГ | 0,7 ± 0,1 | 45,7 | 0,04 | 0,7 ± 0,1 | 45,7 | 0,23 | 11,5 ± 0,6 | 15,7 | 7,5 ± 0,4 | 18,9 | 4 |
| Г24вЭГ | 0,6 ± 0,1 | 50,4 | 0,03 | 0,7 ± 0,1 | 69,7 | 0,21 | 11,1 ± 0,5 | 15,0 | 7,3 ± 0,6 | 25,2 | 3,8 |
| Г24 | 0,6 ± 0,1 | 38,3 | 0,03 | 0,6 ± 0,1 | 47,9 | 0,19 | 10,3 ± 0,6 | 17,8 | 7,1 ± 0,4 | 18,1 | 3,2 |
| Э2аЭГ | 0,8 ± 0,1 | 38,1 | 0,04 | 0,7 ± 0,1 | 62,8 | 0,24 | 11,0 ± 0,8 | 25,1 | 7,7 ± 0,4 | 16,5 | 3,3 |
| Э4аЭГ | 0,8 ± 0,1 | 36,1 | 0,04 | 1,0 ± 0,1 | 41,9 | 0,29 | 11,8 ± 0,4 | 10,7 | 8,5 ± 0,4 | 15,4 | 3,3 |
| Г24аЭГ | 0,9 ± 0,2 | 63,8 | 0,05 | 0,9 ± 0,2 | 51,4 | 0,31 | 13,4 ± 1,5 | 34,5 | 7,3 ± 1,0 | 43,6 | 6,1 |
| К | 1,0 ± 0,2 | 60,1 | 0,05 | 0,6 ± 0,1 | 53,9 | 0,18 | 10,2 ± 0,6 | 17,5 | 6,4 ± 0,6 | 27,8 | 3,8 |

Примечание. Приведены сокращенные наименования вариантов (Э – эстрасол, Г – гумат, ЭГ – ЭридГроу, К – контроль, а – активатор, в – восстановитель почвы), время выдержки.

Наименьшей изменчивостью массы стволиков обладал вариант Э4аЭГ, а массы корней – вариант Г24аЭГ. Контрольные образцы имели большой разброс значений данных показателей.

Рассмотрим, каким образом кластеризуются варианты опытов по основным показателям: массе и протяженности корней и стволиков, полевой всхожести (рис. 2). Для этого используем кластерный анализ по методу полной связи, в качестве меры близости используем евклидово расстояние.

В результате все варианты опыта были разбиты на 3 кластера (табл. 3).

В первый кластер входят варианты с отстающими в росте сеянцами, во второй кластер – средние по показателям и в третьем кластере находятся варианты, имеющие наиболее высокие показатели роста сеянцев.

Дисперсионный анализ (табл. 4) показал, что значимость различий имеется у веса стволиков, длины корней и полевой всхожести ($p < 0,05$).

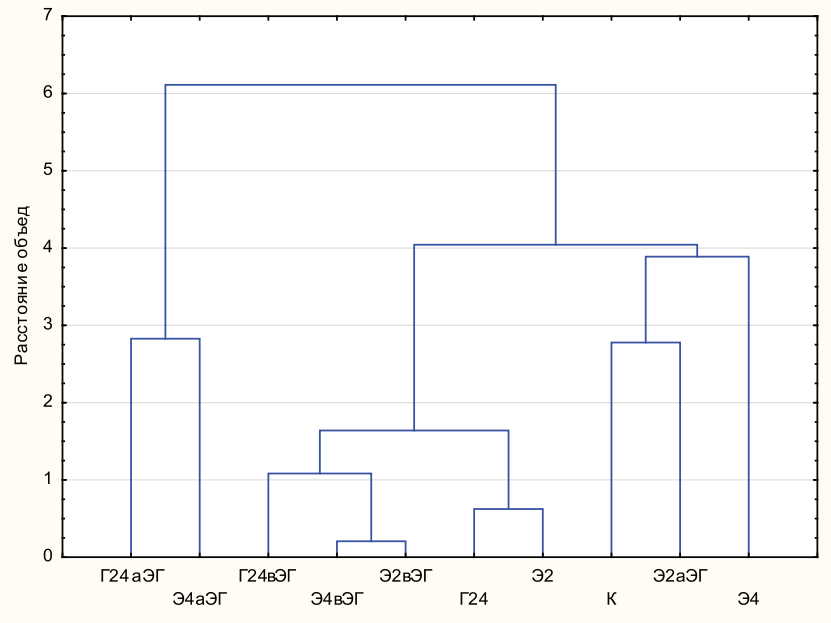



*Рис. 2. Дендрограмма распределения вариантов опыта по кластерам*

**Таблица 3**

Распределение вариантов опытов по кластерам и средние значения показателей

| Номер кластера | Элементы кластера | Расстояние до центра кластера | Средние значения | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | масса корней, г | масса стволиков, г | длина корней, см | длина стволика, см | полевая всхожесть, % |
| 1 | Э2вЭГ | 0,18 | 0,67 | 0,70 | 0,23 | 7,43 | 41,70 |
| | Э4вЭГ | 0,12 | | | | | |
| | Г24вЭГ | 0,30 | | | | | |
| 2 | Э4 | 1,05 | 0,70 | 0,60 | 0,86 | 7,02 | 30,60 |
| | Э2 | 0,45 | | | | | |
| | Г24 | 0,47 | | | | | |
| | Э2аЭГ | 0,80 | | | | | |
| | К | 0,96 | | | | | |
| 3 | Э4аЭГ | 0,63 | 0,85 | 0,95 | 1,13 | 7,90 | 38,1 |
| | Г24аЭГ | 0,63 | | | | | |
| | среднее | | 0,72 | 0,70 | 1,23 | 7,32 | 35,43 |

**Таблица 4**

Значимость различия между показателями роста и качества однолетних сеянцев сосны обыкновенной

| Показатели | Между – SS | сс | Внутри – SS | сс | F | Значим. – p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Масса корней, г | 1,558594 | 2 | 7,441406 | 7 | 0,73307 | 0,513977 |
| Масса стволиков, г | 7,875000 | 2 | 1,125000 | 7 | 24,50000 | 0,000691 |
| Длина корней, см | 6,111340 | 2 | 2,888660 | 7 | 7,40471 | 0,018732 |
| Длина стволика, см | 3,711648 | 2 | 5,288352 | 7 | 2,45649 | 0,155515 |
| Полевая всхожесть, % | 5,396539 | 2 | 3,603461 | 7 | 5,24160 | 0,040614 |

На рис. 3 наглядно представлены основные показатели роста и состояния однолетних сеянцев сосны обыкновенной по кластерам.

Ранговый анализ, проведенный по весовым и биометрическим показателям однолетних сеянцев, показал, что первый ранг занимает вариант с обработкой семян

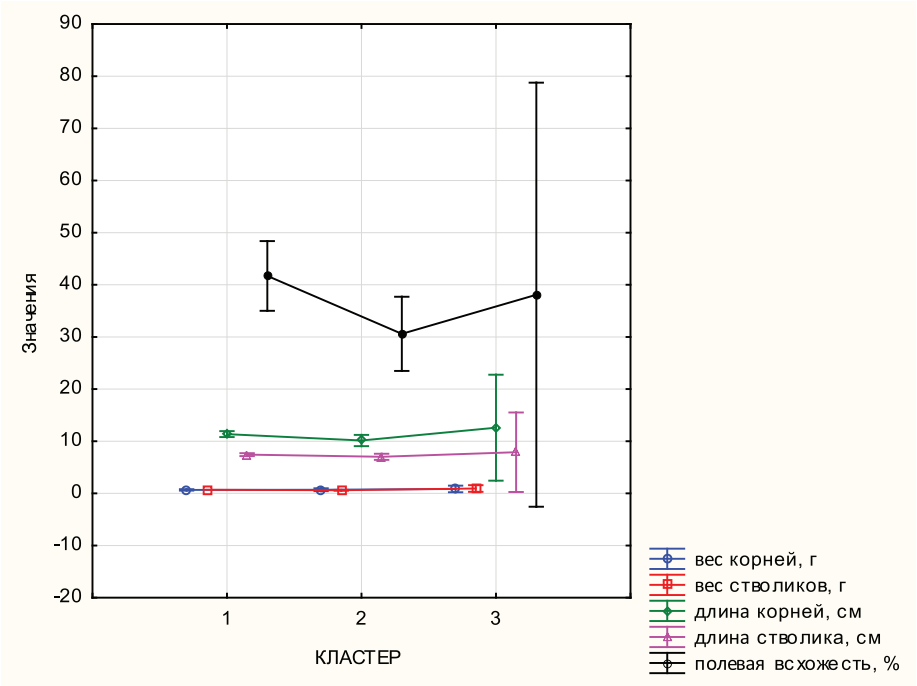



*Рис. 3. График средних значений и доверительных интервалов (95,0%) основных показателей однолетних сеянцев сосны обыкновенной*

гуматом (24 часа) и поливом активатором почвы ЭридГроу. Второй ранг имел вариант с обработкой семян Экстрасолом и поливом активатором почвы ЭридГроу, третий – обработка семян Экстрасолом и внесение восстановителя почвы ЭридГроу. Контрольный вариант занимал 8 ранг из 10. Ранговый анализ подтверждает ранее сделанные выводы по приоритетности предпосевной обработки семян сосны обыкновенной.

## Список литературы

1. ГОСТ 13056.6-75. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 38 с.

2. Пентелькина Н.В. Экологически безопасные стимуляторы роста для лесных питомников / Н.В. Пентелькина, С.К. Пентелькин // Лесохозяйственная информация. – 2002. – № 6. – С. 67–69.

3. Романов Е.М. Биоэкологические принципы разработки и применения интенсивных технологий выращивания лесопосадочного материала // Лес. хоз.-во. – 1997. – № 3. – С. 28–30.

4. Смирнов Н.А. Методическое руководство проведения опытных работ по выращиванию сеянцев в питомниках и лесных культур на вырубках: пособие для проведения полевых опытных работ. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2000. – 42 с.

5. Устинова Т.С. Биологические стимуляторы роста, применяемые в лесных питомниках // Лесоводство и экология: современные проблемы и пути их решения: матер. науч.–практ. конф. – Брянск, 1996. – С. 111–117.

6. Шугуров А.Г. Разработка способа выращивания сеянцев сосны обыкновенной из семян с улучшенными наследственными свойствами на почвах тяжелого механического состава: На примере Пензенской области: дис. ... канд. сельскохозяйст. наук: 06.03.01. – Саратов, 2003. – С. 15.

УДК 633:631

# НОВЫЕ СОРТА ЛЮЦЕРНЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЮГА КАЗАХСТАНА

**[1]Кулькеев Е.Е., [2]Тайчибеков А.У., [2]Аманова К.С., [2]Бейсембаев М.К.**

*[1]Жамбылский филиал ТОО «КазНИИЗиР», e-mail: erlankulkeev@mail.ru:*

*[2]Таразский государственный педагогический институт, Тараз, e-mail: tch_a_42@inbox.ru*

Среди многолетних кормовых трав наибольшую известность и распространение в мировом земледелии получила люцерна. Возделывается она более чем в 80 странах земного шара на площади, превышающей 35 млн га. Одним из основных условий дальнейшего развития люцерносеяния в условиях Жамбылской области является увеличение производства семян. Впервые возделываемые на лугово-сероземных почвах Жамбылской области новые сорта люцерны характеризуются широкой экологической пластичностью и быстрым отрастанием после первого укоса. По результатам исследований сравнительно высокий урожай зеленой массы и сена наблюдалось у сортов: Капчагайская 80 – 85,7 и 26,5 ц/га, Осимтал – 85,0 и 26,0 ц/га, Сарыагашская – 83,4 и 25,0 ц/га, Кокбалауса – 83,2 и 27,0 ц/га и Кокорай – 85,5 и 27,1 ц/га соответственно. Прибавка урожая по сравнению со стандартом варьировала по зеленной массе от 14,6 до 17,0% и по сухому сену от 12,0 до 18,8%. Тогда как на стандарте Семиреченская местная урожай зеленной массы и сено соответственно составили 71,0 и 22,0 ц/га. Изучаемые новые сорта превосходили стандарт по урожаю зеленой массы на 17,4% и сена на 17,5%.

**Ключевые слова: люцерна, сортогибриды, сорт, зеленая масса, способы посева, ширина междурядья, урожай сена**

# NEW VARIETY OF ALFALFA FOR THE SOUTH KAZAKHSTAN

**[1]Kulkeev E.E., [2]Taychibekov A.U., [2]Amanova K.S., [2]Beysembaev M.K.**

*[1]Zhambyl branch LLP «Kaz.SRIA and PC, e-mail: erlankulkeev@mail.ru:*

*[2]Taraz State Pedagogical Institute, Taraz, e-mail: tch_a_42@inbox.ru*

Among the perennial forage grasses is best known in the world and the spread of agriculture received alfalfa. It is cultivated in more than 80 countries around the globe on an area exceeding 35 million hectares. One of the main conditions for the further development of lyutsernoseyaniya under Zhambyl region is to increase seed production. The first cultivated in the meadow gray soils Zhambyl oblast new varieties of alfalfa are characterized by a broad ecological plasticity and quick regrowth after the first mowing. Studies show a relatively high yield of green mass and hay was observed in varieties, Kapchaga 80 – 85,7 and 26,5 c/ha, Osimtal – 85,0 and 26,0 c/ha, Saryagash – 83,4 and 25,0 c/ha, Kokbalausa – 83,2 and 27,0 t/ha and Kokoray – 85,5 and 27,1 kg/ha, respectively. The yield increase compared to the standards varied by green mass from 14.6 to 17.0% and the dry hay from 12,0 to 18,8%. Whereas, on the standard Semirechenskaya local yield of green mass and hay, respectively, was 71,0 and 22,0 kg/ha. Learn new varieties of superior standard for green mass yield of 17,4 and 17,5% in the hay.

**Keywords: alfalfa, varieties of hybrids, variety, green mass, sowing methods, aisle width, the hay harvest**

Производственная практика последних лет показывает, что на уровень урожайности и производства кормовых культур в республике оказывает влияние необеспеченность семенами собственного производства. Семеноводство многолетних трав в Жамбылской области – одна из острых проблем. Дефицит семян, особенно бобовых трав, достигает больших размеров, что приводит к несвоевременному залужению земель, коренного улучшения и сохранению старовозрастных малопродуктивных земель. Средняя урожайность семян многолетних трав в области колеблется от 0,6 до 1,8 ц/га, в том числе люцерны – от 0,5 до 1,0 ц/га.

Среди многолетних кормовых трав наибольшую известность и распространение в мировом земледелии получила люцерна. Возделывается она более чем в 80 странах земного шара на площади, превышающей 35 млн га [1]. Успешное выращивание люцерны невозможно без учета ее биологических особенностей. Эта бобовая культура среднетребовательна к плодородию почвы, но лучше растет и развивается при наличии достаточного количества основных элементов питания. Растения люцерны светолюбивы.

Наиболее чувствительны они к свету в период всходы – ветвление и в фазу цветения. Для травостоя люцерны важно общее количество поступающего солнечного света на поверхность посева и возможность освещения лучами листьев и стеблей нижнего яруса, что определяет общую продуктивность фотосинтеза. Люцерна – растение длинного дня. Поэтому при продвижении на север ее вегетационный период удлиняется, семенная продуктивность резко снижается. Рост и развитие растений из семян начинается при температуре 2...3°С, но для нормального их протекания требуется температура почвы не менее 10...15°С. Оптимальной температурой прорастания семян люцерны считается 15...20°С (А.М. Фоканов, 1974).

Однако в хозяйствующих субъектах, призванных для реализации указанных мероприятий, остро ощущается потребность в научно обоснованных рекомендациях, отсутствием новых сортов позволяющих увеличить объем производства конкурентоспособных семян люцерны.

Важная роль в увеличении производства кормовой базы принадлежит семеноводству, которое обеспечивает массовое тиражирование высококачественных семян, сохранение генетического потенциала сортов и реализацию достижений селекции. Выявление новых высокопродуктивных устойчивых к отрицательным факторам сортов люцерны, приспособленных к определенным экологическим зонам, является важнейшим необходимым условием дальнейшего роста урожайности и площадей посевов, особенно в контрастных условиях внешней среды.

Впервые для почвенно-климатических условий Жамбылского региона будут изучены новые сорта люцерны и выявлены адаптированные сорта с дальнейшей организацией первичного и элитного семеноводства.

В условиях рискованного земледелия особенно важен правильный подбор сортов кормовых трав для развития кормопроизводства, которое было отмечено в трудах многих ученых России [2–5].

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур тесно связана с биологическими особенностями сельскохозяйственных растений, прежде всего с их требованиями к основным факторам жизни – свету, пище, воде, воздуху, с одной стороны, и с возможностями их удовлетворения в конкретных почвенно-климатических, экологических и других условиях, с другой стороны.

Разные сорта обладают различной устойчивостью к засухе или переувлажнению, заморозкам, болезням, вредителям и сорнякам, уровню залегания грунтовых вод, кислотности или засоленности почвы и другим условиям окружающей среды. Изучение новых сортов и гибридов в конкретных почвенно-климатических условиях позволяет достаточно точно определять агроэкологические ареалы возделывания сельскохозяйственных культур, выбирать такие сорта и гибриды, которым наиболее соответствуют условия произрастания в данном регионе.

Опытами А.И. Ильиной показано, что начало заложения репродуктивных органов и дальнейшее их развитие у люцерны и эспарцета при летнем (июльском) посеве происходит гораздо быстрее, чем при весеннем посеве. Динамика развития отдельных участков стебля люцерны оказывается различной в первой и второй половине осени.

Проведенными исследованиями Г.Т. Мейирман, Р.С. Масончи – Шотунова [6] объясняют, что разреженное равномерное стояние растений в разных почвенно-климатических условиях обеспечивает формирование высокопродуктивного стеблестоя за счет улучшения воздушного и корневого питания, лучшую освещенность посевов, способность максимально формировать генеративные органы.

Климатические условия зоны исследования характеризуются резкой выраженной континентальностью. Большей части территории присущи довольно суровая и сравнительно короткая зима, продолжительное знойное и крайне сухое лето, обилие света в теплый период года, интенсивные процессы испарения, большие суточные и годовые колебания температуры воздуха.

По многолетним данным, сумма эффективных температур на территории зоны колеблется в пределах 3400–3800 °С, сумма осадков за год в районах развитого земледелия 280–450 мм, гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову изменяется от 0,5 до 0,7. Осадки теплого периода несколько превышают осадки холодного периода, наибольшая часть их (около 40 % годовой суммы) выпадает весной.

**Целью исследований является** изучение новых сортов люцерны и выявление адаптированных сортов с дальнейшей организацией первичного и элитного семеноводства в условиях южного региона Казахстана.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводились на Жамбылском филиале ТОО «КазНИИЗиР» в 2015–2016 годы. Основными почвами здесь являются сероземы, лугово-сероземные и луговые почвы.

Особого внимания заслуживают лугово-сероземные почвы, по гидрологическому режиму находящиеся в зоне выклинивания и приближения к поверхности грунтовых вод, образующих сазовую полосу и представляющих крупный орошаемый массив с интенсивным земледелием. Опыты заложены на лугово-сероземных почвах, ниже дается их характеристика. Уровень залегания грунтовых вод находится на глубине 75–120 см. Они характеризуются низкой минерализацией. Содержание физической глины колеблется от 36,8 до 45,2 %, а илистая фракция почвы составляет 11,40–16,20 %.

Из данных табл. 1 видно, что в опытном участке содержание гумуса в пахотном слое составляет 1,21–1,46 %, общего азота 0,106–0,127 %, а валового фосфора 0,135–0,153 %. Вниз по профилю идет уменьшение этих показателей. Содержание нитратов ($NO_3$) 7,3–10,2; подвижного фосфора ($P_2O_5$) 12,3–26,7 и обменного калия ($K_2O$) 250,0–360,0 мг/кг.

**Таблица 1**

Агрохимическая характеристика почв опытного участка (с. Бесагаш)

| Горизонт, см | Гумус, % | Азот общий, % | Валовый фосфор, % | Подвижные формы, мг/кг | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $NO_3$ | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| 0–10 | 1,46 | 0,127 | 0,153 | 8,0 | 21,6 | 250,0 |
| 10–20 | 1,32 | 0,127 | 0,140 | 10,2 | 26,7 | – |
| 20–30 | 1,21 | 0,106 | 0,135 | 7,3 | 12,3 | 360,0 |
| 30–40 | 0,95 | 0,082 | 0,125 | 5,0 | 11,2 | – |
| 40–50 | 0,89 | 0,055 | 0,095 | 3,9 | 3,1 | – |

Профиль среднесуглинистых почв характеризуется следующими показателями: объемная масса 1,30–1,55 г/см$^3$, удельная масса 2,53–2,75 г/см$^3$, предельная полевая влагоемкость (П.П.В) 18,6–19,2%. Реакция почвенного раствора слабощелочная, pH равна 7,2–7,3.

Исследования проводились с 2015 года путем постановки временных полевых опытов.

Опыт заложен на площади 1,0 га учетная – 0,7 га. Повторность трехкратная. Учетная площадь делянок 150 кв. м.

Чистые посевы люцерны проведены в первой декаде апреля с междурядьем 45 см, с нормой высева 7 кг на один гектар. Предшественник – зерновые. Основная обработка почвы состоит из зяблевой вспашки. Посев проведен по ранневесеннему двухкратному боронованию по диагонали направлению вспашки.

Для изучения взяты сорта:

1. Семиреченская местная (стандарт).
2. Капчагайская 80.
3. Осимтал.
4. Сарагашская.
5. Узгенская.
6. Кокбалауса.
7. Кокорай.
8. Надежда.

## Результаты исследований и их обсуждение

Наблюдениями, проведенными за ростом и развитием новых сортов люцерны, установлено, что во время наступления генеративной фазы развития больших различий не наблюдалось, но есть некоторые закономерности различия в переходе фенофаз.

Как показано в табл. 2, начало фазы всходов отмечено с 24 по 30 апреля и продлилось от 15 до 17 дней в зависимости от изучаемых сортов. Полная фаза отрастания всходов наступает 12–16 мая, полная фаза ветвления наступила соответственно – 2 и 4-го июня. Фаза бутонизации у всех изучаемых сортов люцерны первого года жизни наступает почти одновременно и разница в днях составляет от 2 до 5 дней.

2016 год по погодным условиям был благоприятным для роста и развития растений. Поэтому начало фазы всходов люцерны отмечено с 12–14 апреля и продлилось от 13 до 16 дней в зависимости от изучаемых сортов. Полная фаза всходов отмечена 26–28 апреля, полная фаза ветвления наступила в основном 16–17 мая (табл. 3).

Фаза бутонизации у всех изучаемых сортов люцерны первого года жизни наступает почти одновременно и разница в днях составляет от 2 до 5 дней.

Вегетационный период растений в 2015–2016 году от начала весенней вегетации до первого укоса составил 61–67 дней.

**Таблица 2**

Фенологические наблюдения до снятия первого укоса (2015 г.)

| Сорта | Фазы развития растений | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | всходы | | ветвление | | бутонизация | | начало цветения | дата уборки 1-го укоса |
| | начало | полн. | начало | полн. | начало | полн. | | |
| Семиреченская местная | 27.04 | 16.05 | 22.05 | 7.06 | 7.06 | 27.06 | 28.06 | 30.06 |
| Капчагайская 80 | 28.04 | 15.05 | 21.05 | 5.06 | 5.06 | 24.06 | 25.06 | 26.06 |
| Осимтал | 30.04 | 16.05 | 23.05 | 10.06 | 11.06 | 29.06 | 30.06 | 30.06 |
| Сары-Агашская | 28.04 | 15.05 | 21.05 | 5.06 | 5.06 | 27.06 | 29.06 | 30.06 |
| Узгенская | 27.04 | 15.05 | 22.05 | 7.06 | 7.06 | 27.06 | 29.06 | 30.06 |
| Кокбалауса | 25.04 | 14.05 | 20.05 | 4.06 | 5.06 | 23.06 | 27.06 | 28.06 |
| Кокорай | 24.04 | 12.05 | 18.05 | 2.06 | 3.06 | 20.06 | 25.06 | 25.06 |
| Надежда | 25.04 | 14.05 | 20.05 | 4.06 | 5.06 | 23.06 | 27.06 | 28.06 |

**Таблица 3**

Фенологические наблюдения до снятия первого укоса (2016 г.)

| Сорта | Фазы развития растений | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | всходы | | ветвление | | бутонизация | | начало цветения | дата уборки 1-го укоса |
| | начало | полн. | начало | полн. | начало | полн. | | |
| Семиреченская местная | 12.04 | 27.04 | 03.05 | 18.05 | 22.05 | 07.06 | 14.06 | 15.06 |
| Капчагайская 80 | 13.04 | 27.04 | 02.05 | 16.05 | 20.05 | 05.06 | 12.06 | 13.06 |
| Осимтал | 12.04 | 28.04 | 03.05 | 17.05 | 21.05 | 09.06 | 10.06 | 15.06 |
| Сары-Агашская | 12.04 | 27.04 | 03.05 | 17.05 | 20.05 | 08.06 | 09.06 | 15.06 |
| Узгенская | 13.04 | 26.04 | 02.05 | 16.05 | 20.05 | 07.06 | 09.06 | 15.06 |
| Кокбалауса | 12.04 | 26.04 | 03.05 | 17.05 | 19.05 | 06.06 | 07.06 | 14.06 |
| Кокорай | 14.04 | 27.04 | 03.05 | 17.05 | 17.05 | 05.06 | 06.06 | 13.06 |
| Надежда | 14.04 | 27.04 | 03.05 | 17.05 | 20.05 | 07.06 | 07.06 | 14.06 |

**Таблица 4**

Густота стояния растений и высота люцерны за 2015–2016 гг.

| Сорта | Густота стояния растений, тыс. шт./га | | | Высота растений, см | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | среднее за 2 года | 2015 | 2016 | среднее за 2 года |
| Семиреченская местная | 170 | 158 | 164,0 | 80,0 | 84,5 | 82,2 |
| Капчагайская 80 | 160 | 188 | 174,0 | 84,5 | 93,2 | 88,8 |
| Осимтал | 175 | 187 | 181,0 | 82,0 | 92,0 | 87,0 |
| Сарыагашская | 170 | 183 | 176,5 | 83,0 | 87.5 | 85,2 |
| Узгенская | 165 | 170 | 167,5 | 82,0 | 78,7 | 80,4 |
| Кокбалауса | 175 | 169 | 172,0 | 85,2 | 95,3 | 90,2 |
| Кокорай | 170 | 195 | 182.5 | 85,3 | 93,4 | 89,4 |
| Надежда | 160 | 170 | 165,0 | 78,0 | 81,5 | 79,8 |

Густота стояния растений в среднем за время вегетации в зависимости от изучаемых сортов варьировала от 160 до 190 тыс. шт./га. Согласно проведенным учетам, наибольшая высота растений в среднем за два года отмечена у 5 следующих сортов: Капчагайская – 88,8 см, Осимтал – 87,0 см, Сарыагашская – 85,2 см, Кокбалауса – 90,2 см и Кокорай – 89,4 см, при этом Семиреченская местная (стандарт) составила 80 см (табл. 4). Высота растений у сортов «Узгенская» и «Надежда» в среднем за два года была 80,4 и 79,8 см, что ниже стандарта.

По результатам учета урожая первого укоса в среднем за два года установлено, что по всем изучаемым сортообразцам, за исключением сорта «Надежда» и «Узгенская», отмечается повышение урожая зеленой массы и сена, по сравнению со стандартом (табл. 5).

**Таблица 5**

Урожай зеленой массы и сена в зависимости от изучаемых сортов за первый укос (среднее за 2 года, ц/га)

| Сорта | Урожай, ц/га | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | зеленая масса | | | | сено | | | |
| | 2015 | 2016 | среднее | прибавка | 2015 | 2016 | среднее | прибавка |
| Семиреченская местная | 71,0 | 83,3 | 77,2 | – | 22,0 | 26,1 | 24,1 | – |
| Капчагайская 80 | 85,7 | 93,5 | 89,6 | 12,4 | 26,5 | 27,9 | 27,2 | 3,1 |
| Осимтал | 85,0 | 98,7 | 91,8 | 14,6 | 26,0 | 29,4 | 27,7 | 3,6 |
| Сарыагашская | 83,4 | 97,3 | 90,4 | 13,2 | 25,0 | 29.1 | 27,0 | 2,9 |
| Узгенская | 82,3 | 84,8 | 83,6 | 6,4 | 25,0 | 25,2 | 25,1 | 1,0 |
| Кокбалауса | 83,2 | 94,9 | 89,1 | 11,9 | 27,0 | 28,2 | 27,6 | 3,5 |
| Кокорай | 85,5 | 98,6 | 92,1 | 14,9 | 27,1 | 29,4 | 28,2 | 4,1 |
| Надежда | 78,4 | 87,5 | 82,9 | 5,7 | 24,4 | 27,5 | 25,9 | 1,8 |

Сравнительно высокий урожай зеленой массы и сена в среднем наблюдалось у сортов, Капчагайская 89,6 и 27,2 ц/га; Осимтал 91,8 и 27,7 ц/га; Сарыагашская 90,4 и 27,0 ц/га; Кокбалауса 89,1 и 27,6 ц/га; Кокорай 92,1 и 28,2 ц/га. Тогда как, Семиреченская местная (стандарт) урожай зеленой массы и сена в среднем соответственно составил 77,2 и 24,1 ц/га. Прибавка урожая по сравнению со стандартом, у вышеназванных сортов варьировала по зеленой массе от 15,4 до 19,3 % и по сухому сену от 12,0 до 17,0 %

## Заключение

По результатам двухлетних исследований возделываемые на лугово-сероземных почвах Жамбылской области новые сорта люцерны характеризуются широкой экологической пластичностью и быстрым отрастанием после первого укоса.

Из изучаемых новых сортов люцерны предварительно выделились пять сортов: Капчагайская, Осимтал, Сарыагашская, Кокбалауса и Кокорай, которые превосходили стандарт по урожаю зеленой массы и сена предварительно соответственно в среднем за 2 года: на 15,4–19,3 и 12,0–17,0 %.

## Список литературы

1. Байтаракова К.Ж, Мейрман Г.Т. Мировая коллекция люцерны на юго-востоке Казахстана // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых учёных: сб.: IV Межд. научная конфер. молодых учёных. – Новосибирск, 2010. – С. 221–222.

2. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого- генетические основы): в 2-х т. – М., 2009. – С. 359–395.

3. Ильина А.И. Особенности биологии развития люцерны и эспарцета лет // Селекция и семеноводство. – 1951. – № 12.

4. Косолапов В.М. Стратегия развития селекции семеноводства кормовых культур // Адаптивное кормопроизводство. – М., 2011. – № 4. – С. 6–10.

5. Костенко С.И. Сорта многолетних трав для каждого региона // Вестник Россельхозцеентра. – М., 2010. – № 2. – С. 8–12.

6. Мейирман Г.Т., Масоничич-Шатунова Р.С. Состояние и проблемы кормовых культур // Состояние и перспективы развития семеноводства сельскохозяйственных культур в Казахстане: материалы Международного совещания. – Алмалыбак, 2012. – С. 80–84.

УДК 633.2

# СПОСОБ ПРОДЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ДОЛГОЛЕТИЯ ПОСЕВОВ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

**Курбанов Р.Ф., Саитов В.Е., Ходырев И.Н.**

*ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru*

В статье рассматривается актуальность увеличения производственного долголетия старосеянных травостоев, а также факторы, влияющие на этот процесс. В качестве решения проблемы предлагаются различные методы, в том числе методы поверхностного улучшения почвы и подсев трав. В статье рассматриваются некоторые способы посева семян трав, способствующие повышению производственного долголетия травостоев. Отталкиваясь от недостатков приведенных способов, приводится новый способ продления производственного долголетия посевов многолетних бобовых трав, при котором в последний год производственного долголетия после первого укоса в механически разрушенную дернину многолетних бобовых посевов полосным способом подсевают озимые злаковые зерновые культуры. Одновременно с посевом семян озимых злаковых зерновых культур в полосы механически разрушенной дернины многолетних бобовых трав вносят фосфорно-калийные минеральные удобрения. На следующий год обновленные посевы убирают на кормовые цели. Основной целью этого способа является продление еще на один год сроков производственного использования старосеянных посевов бобовых трав на пашне за счет подсева озимых зерновых культур. В производственных исследованиях по новому способу в старосеянный клевер высеяны семена озимой ржи сорта Фаленская 4. В статье представлены результаты полевых наблюдений за появлением всходов и укоса посевов при полосном посеве в условиях Кировской области Российской Федерации. Результаты производственных исследований дают право полагать, что основная цель по повышению производственного долголетия достигнута, поскольку урожайность травостоя в последний год производственного долголетия повышена, а биохимический анализ показал, что снижения кормовой ценности не произошло и травосмесь достаточно питательна.

**Ключевые слова: посевы бобовых трав, посевы озимых злаковых культур, период использования, способ полосного посева семян трав, чередование посевов, продление производственного долголетия трав, урожайность трав**

# METHOD TO EXTEND THE PRODUCTIVE LONGEVITY PERENNIAL LEGUMES

**Kurbanov R.F., Saitov V.E., Khodyrev I.N.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru*

The article discusses the relevance of increasing the longevity of the old production of herbage, and the factors influencing this process. As a solution offers a variety of methods, including methods for improving the surface of the soil and overseeding grasses. This article discusses various ways of sowing seeds of herbs that enhance longevity herbage production. Starting from the disadvantages of the following methods, provides a new way of extending the longevity of the production of perennial crops legumes in which in the last year of production longevity, after the first mowing in the mechanical breaking sod of perennial legume crops sow winter cereal crops band method. At the same time sowing the seeds of winter cereal crops in the strip mechanically damaged turf perennial legumes make a phosphorus-potassium fertilizers. The following year the updated crops harvested for feed purpose. The main purpose of this process is to extend for one year the terms of industrial use of the old crops of legumes on arable land by sowing winter crops. In industrial research on a new method for an old clover seeded winter rye varieties of seeds Falen 4. The article presents the results of field observations of germination and crop mowing with band sowing conditions in the Kirov region. The results of industrial research are entitled to believe that the main objective to improve the longevity of the production is achieved, as the yield of herbage production in the last year increased longevity, and biochemical analysis showed that reducing the nutritional value has not occurred and grass mixture proved to be quite nutritious.

**Keywords: cultivation of legumes, winter cereal crops, the period of use, the method of band sowing grass seed, the alternation of crops, extension of production longevity herbs, herbs yield.**

В условиях современного состояния кормопроизводства одним из направлений ресурсосбережения является увеличение производственного долголетия старосеянных травостоев. Одним из факторов, оказывающих на это отрицательное влияние, является естественный процесс старения растений, обусловленный их биологическими особенностями. Так, у люцерны продуктивность снижается начиная с 6…8-го года, лядвенец рогатый держится в травостое от 8 до 10 лет, а клевер луговой при самых благоприятных климатических условиях выпадает из травостоя на 3…4-й год жизни. Таким образом, с течением времени растения постепенно стареют, ослабевают и отмирают, что приводит к изменению видового состава травостоя, снижению продуктивности и ухудшению качества корма [1, 8–10].

Проблему продления производственного долголетия решают множеством приемов поверхностного улучшения почвы, таких как внесение удобрений, известкование, механическая обработка, подсев трав, проводимые отдельно и в комплексе [6, 7].

Использование одновидовых посевов имеет ряд недостатков. Например, эксплуатация угодий с бобовым травостоем в течение трех и более лет без улучшения видового состава приводит к снижению продуктивности кормов. Травостой становится изреженным, как правило, с высоким содержанием клетчатки и низким содержанием перевариваемого протеина, качество которого не соответствует нормам. Увеличить продуктивность угодий и сбалансированность получаемых кормов по белку возможно подсевом семян трав в дернину. Подсев семян трав не только повышает жизнеспособность травостоя за счет появления новых молодых растений, но и гарантирует надежность технологии улучшения фитоценоза, так как чем больше поврежденность и изреженность травостоя, тем эффективнее подсев.

Рассмотрим некоторые способы посева, способствующие повышению производственного долголетия травостоев.

Известен способ возделывания кормовых культур [3], включающий посев нескольких компонентов в несмешанном посеве параллельными чередующимися рядами в чистом виде, с использованием бобовых и злаковых культур и машинную уборку под углом к направлению посева. Недостатком данного способа является то, что происходит постепенное вырождение бобовых культур на третий, четвертый и пятый годы произрастания в силу агрессивности злаковых культур в многокомпонентной травосмеси. А также при уборке злаковых и бобовых компонентов коэффициент вариации компонентов смеси превышается, что недопустимо для создания полноценного корма по содержанию протеина и белка.

Существует способ возделывания многолетних трав [4], основанный на посеве бобовых культур чередующимися параллельными полосами и злаковых культур чередующимися рядками. Недостатком данного способа является то, что повторный посев семян клевера по тем же полосам не дает ожидаемого результата, так как наступает «клевероутомление».

Наиболее близким по техническому решению и достигаемому результату к предлагаемому способу продления производственного долголетия посевов многолетних бобовых трав относится способ возделывания трав [5], где в весеннее время осуществляется прямой полосной посев семян трав в механически разрушенную дернину, раздельно друг от друга заданной длиной с созданием последовательно чередующихся участков полосы. При этом семена трав с более высокой потенциальной урожайностью и малым сроком производственного долголетия высеваются на участках полос меньшей длины ($l_1$), а семена трав с менее высокой потенциальной урожайностью и большим сроком производственного долголетия – на участках полос большей длины ($l_2$).

Недостатком данного способа является низкая надежность чередования культур, дефицит ранневесенних зеленых кормов и необходимость в настройке соотношения длин полос каждой культуры, что приводит к повышенным трудозатратам.

Анализ результатов исследований отечественных и зарубежных ученых позволяет создать улучшенный способ по повышению производственного долголетия посевов трав. Соответственно, целью исследования является повышение производственного долголетия посевов многолетних бобовых трав на территории Кировской области Российской Федерации путем разработки способа полосного посева семян трав в механически разрушаемую дернину.

## Материалы и методы исследования

Для повышения производственного долголетия посевов многолетних бобовых трав нами предложен следующий способ [2], при котором в последний год производственного долголетия после первого укоса в механически разрушенную дернину многолетних бобовых посевов полосным способом подсевают озимые злаковые зерновые культуры. Одновременно с посевом семян озимых злаковых зерновых культур в полосы механически разрушенной дернины многолетних бобовых трав вносят фосфорно-калийные минеральные удобрения. На следующий год обновленные посевы убирают на кормовые цели (рис. 1).

Для изучения данного способа выбран участок, находящийся на территории Слободского района Кировской области. Для проведения экспериментов была взята разработанная в ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» сеялка СДК-2,8, общий вид которой приведен на рис. 2. Сеялка СДК-2,8 агрегатировалась с трактором МТЗ-82. Работы проводились на дернисто-подзолистой почве с влажностью от 13,5 до 15,9% в слое 0…10 см, твердостью 1,18…2,58 МПа и связностью дернины – 10,08 кН/м$^2$.

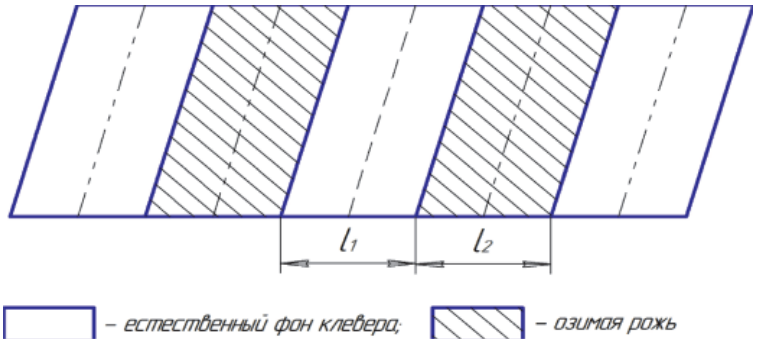



*Рис. 1. Способ продления производственного долголетия посевов многолетних бобовых трав*

*Рис. 2. Общий вид сеялки СДК-2,8 для полосного посева семян трав в дернину*

**Результаты исследований и их обсуждение**

В ходе проведения исследований был произведен укос старосеянного клевера в фазе бутонизации. После чего на данном участке были высеяны семена озимой ржи сорта Фаленская 4 с минеральным удобрением диаммофоска $N_{10}P_{26}K_{26}$ и без удобрений при помощи сеялки СДК-2,8.

Сеялка СДК-2,8 производила высев семян злаковых культур (озимой ржи) с нормой высева 4,8 кг/га и внесением минеральных удобрений от 49,5 кг/га. Неравномерность высева между отдельными аппаратами на высеве семян озимой ржи составила в пределах от 1,2 до 3,4 %. Глубина обработки фрезерными рабочими органами составила 0,055…0,065 м. Среднеквадратическое отклонение находилось в пределах от 0,5 до 0,8, которое соответствует ТЗ (не более 1,5). Глубина заделки семян озимой ржи составила 0,016…0,020 м. Ширина механически разрушаемых полос $l_2$ равна 110 мм, а ширина полос, оставшихся под клевером $l_1$, также равна 110 мм. Затем обработанные и засеянные полосы были уплотнены. При таком расположении полос засевается 50 % площади зерновыми культурами, остальная часть остается под клевером.

В ходе опытов изучали динамику появления всходов семян озимой ржи (рис. 3), посеянных в дернину клевера, и их всхожесть (рис. 4).

Первые всходы появились 26 сентября 2014 года, затем каждые четыре дня проверялось количество всхожих семян. Из анализа графиков следует, что основная масса посеянных семян всходит в течение месяца после посева, при этом всходы озимой ржи, посеянной с минеральными удобрениями, появляются интенсивнее, и полевая всхожесть ее семян оказались существенно выше, чем при посеве семян озимой ржи без минеральных удобрений. Появление всходов и общее их количество дает возможность сделать вывод, что урожайность культур будет выше.

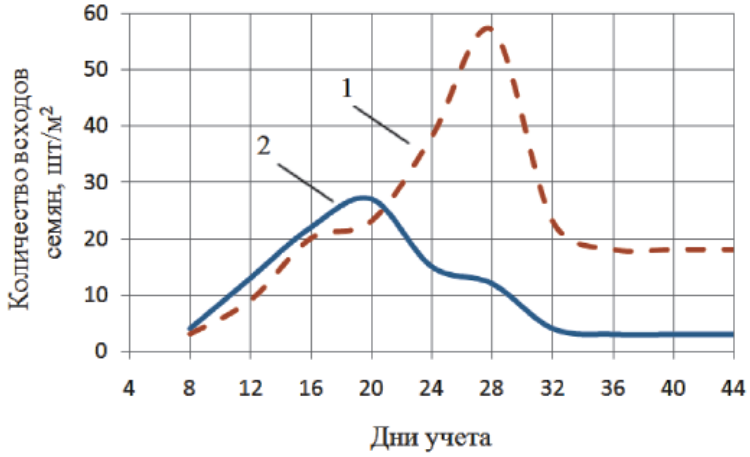



*Рис. 3. Динамика появления всходов озимой ржи:*
*1 – с минеральными удобрениями; 2 – без минеральных удобрений*

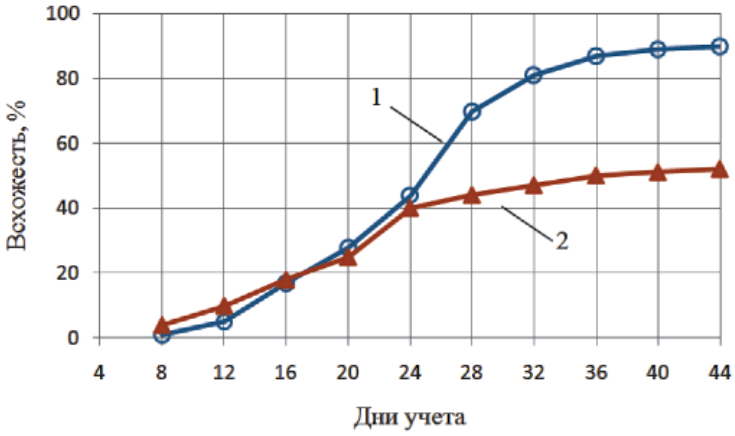



*Рис. 4. Всхожесть озимой ржи:*
*1 – с минеральными удобрениями; 2 – без минеральных удобрений*

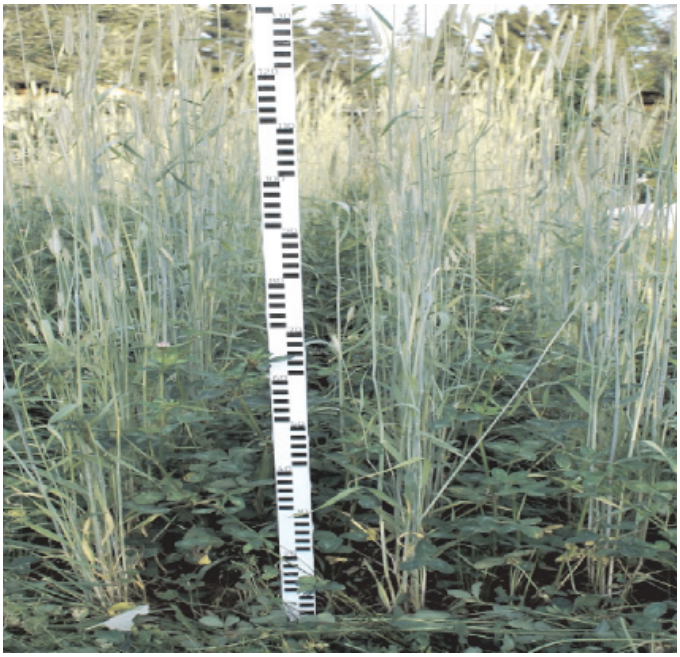


*Рис. 5. Травостой совместного посева клевера лугового и озимой ржи*

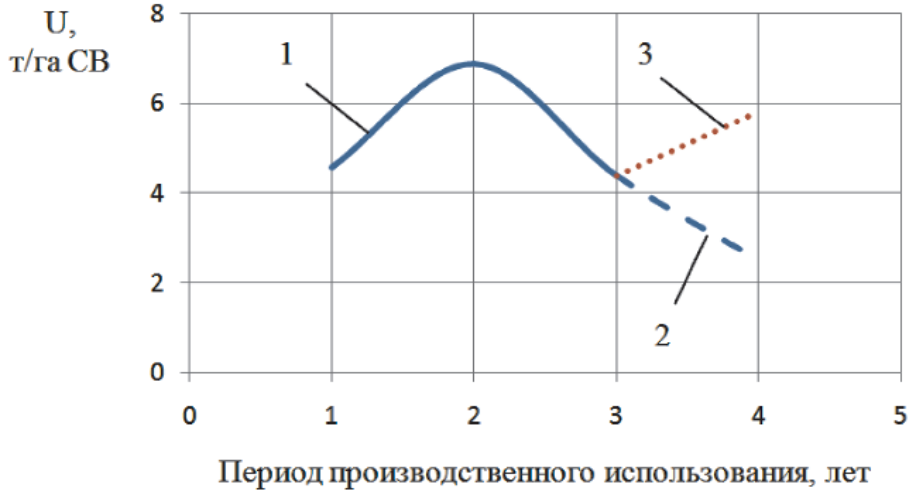



*Рис. 6. Урожайность улучшенного луга:*
*1 – клевера лугового в период 1…3 года;*
*2 – клевера лугового в период 3…4 года;*
*3 – клевера лугового с подсевом озимой ржи в период 4 года использования*

Результаты оценки качества зеленого корма
с улучшенного полосным посевом пастбища

| Фон | Влажность, % | Химический состав, на сухое вещество | | | | | | | Обменная энергия, МДж/кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Сырой протеин, % | Сырая клетчатка, % | Сырая зола, % | Кальций, % | Фосфор, % | Каротин, мг/кг | Нитраты, мг/кг | |
| Естественный фон клевера лугового | 71,7 | 10,1 | 31,5 | 6,6 | 0,81 | 0,30 | 104,3 | 729,3 | 8,78 |
| Улучшенный фон клевера лугового с подсевом озимой ржи | 78,8 | 18,6 | 22,3 | 10,0 | 2,07 | 0,31 | 121,0 | 823,3 | 10,09 |

На следующий год мы получили травостой совместного посева клевера лугового и озимой ржи (рис. 5).

После чего 20 июля 2015 г. был произведен сбор урожая и анализ на биохимический состав травосмеси. Средняя урожайность предложенным нами способом за 2012…2015 гг. составила 5,41 т/га сухого вещества (СВ), что выше средних значений урожайности при отдельном высеве клевера лугового на 18 % (рис. 6).

Результаты анализа на биохимический состав травосмеси, проведенные в ФГБУ ГЦАС «Кировский», показали достаточно высокий уровень содержания сырого протеина и относительно низкий уровень клетчатки (таблица).

Анализ полученных данных, представленных на рисунке 6 и в таблице, позволяет сделать заключение, что процедура полосного подсева озимой ржи проводилась на 4-й год использования клевера лугового, снижения кормовой ценности не произошло, показатели качества и питательность травосмеси высокие.

**Выводы**

Таким образом, предложенный способ продления производственного долголетия посевов многолетних бобовых трав путем полосного подсева озимых злаковых зерновых культур (в статье пример озимой ржи) с одновременным внесением

в полосы механически разрушенной дернины многолетних бобовых трав фосфорно-калийных минеральных удобрений позволяет повысить среднюю урожайность травостоя в последний год производственного долголетия на 18 %.

Способ полосного посева озимых зерновых культур в старосеянные посевы бобовых трав на пашне позволяет еще на 1 год продлить сроки производственного использования этих посевов с высокой продуктивностью.

### Список литературы

1. Адаптивное кормопроизводство: Проблемы и решения (к 80-летию Всероссийского института кормов имени В.Р. Вильямса). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 524 с.

2. Курбанов Р.Ф., Ходырев И.Н. Способ продления производственного долголетия посевов многолетних трав. Заявка на изобретение № 2014146154 от 19.11.2014. – 6 с.

3. Патент № 2083068 РФ, МПК[6]A01B079/00. Способ возделывания кормовых культур / И.П. Кружилин, Т.Н. Дронова, А.М. Салдаев (РФ). – № 94035248/13; заявл. 21.09.1994; опубл. 10.07.97, Бюл. № 13 – 6 с.

4. Патент № 2220524 РФ, МКИ[7] A01B 79/02, A01G 1/00. Способ возделывания трав / В.А. Сысуев, А.Д. Кормщиков, Р.Ф. Курбанов (РФ). – № 2002120264/12; заявл. 25.07.2002; опубл. 10.01.2004,Бюл. № 1. – 6 с.

5. Патент № 2388205 РФ, МПК[8] A01C 7/00. Способ возделывания трав / А.Д. Кормщиков, Р.Ф. Курбанов, В.А. Фигурин, А.В. Созонтов, Г.В. Широков (РФ). – № 2008115064/12; заявл. 16.04.2008; опубл. 10.05.2010, Бюл. № 13 – 6 с.

6. Саитов В.Е. Разработка машин для внесения удобрений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований // Новые технологии, инновации, изобретения: материалы Международ. науч. конф. – Пенза: Типография ИД «Академия Естествознания», 2013. – № 10 (часть 2). – С. 191.

7. Саитов В.Е. Машины для заготовки торфа на удобрение и приготовления компостов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований // Производственные технологии: материалы Международ. науч. конф. – Пенза: Типография ИД «Академия Естествознания», 2013. – № 10. – С. 98–99.

8. Agri – Holland. – 1988. – № 2. – P. 5–6.

9. Nene Getreidereinigungsmaschine «Primus A.R.». BauartHapple. Die MuheMischfuttertechnick. – BRD, 1981. – № 29. – P. 67.

10. Pilot study of spiral-screw fertilizer distributor performance / A.D. Kormshchikov, R.F. Kurbanov, S.L. Demshin, P.A. Shulakov // Ecological aspects of mechanization of plant production: X International symposium. – Warszawa, 2003. – P. 111–116.

УДК 633.2.03:636.083.314

# ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ПАСТБИЩ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

**[1]Магомедов К.Г., [2]Бербекова Н.В.**

*[1]ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский аграрный университет имени В.М. Кокова», Нальчик, e-mail: kbgau@ramler.ru;*

*[2]ФГБНУ «Кабардино-Балкарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» ФАНО России, Нальчик, e-mail: kbniish2007@yandex.ru*

Травоядные домашние животные формировались на использовании зеленых подножных кормов. В процессе эволюции, продолжавшейся миллионы лет, организм животных приобрел способность удовлетворять потребность во всех питательных веществах за счет элементов, содержащихся в зеленых растениях. Высокая эффективность пастбищного содержания скота обусловлена наличием в растениях необходимых организму питательных веществ в природном целесообразном сочетании – от сложных азотистых веществ до амидов, углеводов, стимуляторов, ростовых и физиологически активных веществ. У хозяйственников и пользователей летних пастбищ забота о пастбищном периоде ограничивается лишь использованием травостоев, они забывают о том, что летом на пастбище необходимо строго соблюдать правила рационального их использования и выдержать требования их эксплуатации. Для принятия своевременного решения о сроках и кратности использования пастбищ нужно учесть, что высококачественная продуктивность пастбищ длится 1–2 месяца в пастбищный сезон.

**Ключевые слова: Кабардино-Балкария, деградация пастбищ, рациональное использование, начало и конец выпаса животных на природных пастбищах, подсев**

# OPTIMIZING THE USE OF NATURAL PASTURES OF THE CENTRAL PART OF THE NORTH CAUCASUS

**[1]Magomedov K.G., [2]Berbekova N.B.**

*[1]Kabardino-Balkaria Agricultural University named after V.M. Kokov, Nalchik, e-mail: kbgau@ramler.ru;*

*[1]Kabardino-Balkarian Research Institute of Agriculture of FANO of Russia, Nalchik, e-mail: kbniish2007@yandex.ru*

Herbivores pets formed on the use of green pasture. In the process of evolution, which lasted millions of years, the body of animals acquired the ability to satisfy the need for all nutrients at the expense of the elements contained in green plants. The high efficiency of grazing livestock due to the presence in the plant body needs nutrients in a natural expedient combination – from complex nitrogenous substances to amides, carbohydrates, stimulants, growth and physiologically active substances, business executives and users of summer pastures, care of the grazing period, only limited use of herbage, oblivious to the fact that in the summer on pasture must be strictly observed rule-their rational use, and to withstand the demands of their operation. In order to make a timely decision on the timing and frequency of the use of pastures, we must note that a high-quality pasture productivity in the last 1–2 months of grazing season.

**Keywords: Kabardino-Balkaria, pasture degradation, sustainable use, the beginning and end of grazing on natural pasture reseeding**

Стравливание пастбищ животными – самый экономичный, совершенный и эффективный способ единого, поточного и непрерывного процесса превращения ресурсов растениеводства в продукты животного происхождения, незаменимые для человека, а также энергетического материала для поддержания жизнедеятельности животных [9, 20].

Чтобы получить оптимальный эффект от травостоя пастбищ при его использовании на выпас сельскохозяйственных животных, необходимо его скармливать в ранние фазы развития, так как в поздние фазы в траве накапливается больше клетчатки и соответственно уменьшается не только количество протеина, но и кормопротеиновых единиц. Кроме того, такие травостои быстро грубеют и плохо перерабатываются животными, поэтому оптимальная фаза начала выпаса КРС в злаковых травостоях – период кущения-стеблевания – это примерно совпадает с цветением одуванчика лекарственного, а заключительное стравливание травостоя следует проводить за 25–30 дней до окончания роста и развития трав. Необходимо чтобы к концу периода стравливания высота многолетних трав была менее 5 см.

Данные научных исследований и практики показывают, что для использования травостоев пастбищ и выгонов с максимальной отдачей необходимо строго соблюдать следующий порядок:

1. Необходимо систематически предоставить отдых травостою.
2. Оптимизировать пастбищеоборот.
3. Соблюдать сроки начала и конца выпаса.

4. Строго выполнять правила текущего ухода.

Как правило, почти весь скот в условиях предгорной и горной зоны и на присельских пастбищах и выгонах пасется бессистемно, иначе говоря животные передвигаются по своему усмотрению, не ограничивая передвижение по пастбищу. В результате чего всю молодую траву они съедают в первой половине лета, а старую – во второй половине. Вследствие поедания менее качественной травы надои во второй половине летнего сезона уменьшаются. При организации регулируемого выпаса скота пастбища делятся на определенные участки, которые меняются [3]. Такая система использования пастбищных угодий дает возможность травостоям пастбищ отрасти неоднократно за пастбищный сезон. Если учесть время роста травостоев, то с определенной точностью можно сделать вывод о том, что период перехода с одного участка на другой должен составлять 10–15 дней в начале сезона и 15–20 дней – в конце. К сожалению, в республике пастбища имеют очень низкую продуктивность и во многом в этом виноваты мы сами – ведь мы привыкли к представлению о том, что эти пастбища – дар благословенной природы, что они стабильны, т.е. неизменны и неизменяемы. Именно поэтому летняя трава пастбищ во многом характеризуется повышенным содержанием клетчатки и очень низким содержанием протеина, переваримость ее падает до 60 %, тогда как в начальный периода она стабильно держалась на уровне 80–85 %. В этом случае целесообразно из таких травостоев заготавливать сено или сенаж.

К сожалению, хозяйственники и пользователи летних пастбищ, заботясь о пастбищном периоде, ограничиваются лишь использованием травостоев, забывая о том, что летом на пастбище необходимо строго соблюдать правила рационального их использования и выдерживать требования их эксплуатации. Для принятия своевременного решения о сроках и кратности использования пастбищ нужно учесть, что высококачественная продуктивность пастбищ длится на протяжении 1–1,5 месяцев, средняя-2-х и низкая – 1,5–2 месяцев в пастбищный сезон. В республике присельские пастбища и выгоны в основном используются бессистемно, без учета кормоемкости пастбищ и при высокой нагрузке (более 7–8 гол./га). В результате чего зеленая масса с этих угодий в основном поступает весной, в начале пастбищного периода, и осенью – в виде отавы. Чтобы избежать этого циклического явления, т.е. чтобы зеленая масса пастбищ и выгонов удовлетворяла животных полноценным кормом в течение всего пастбищного периода, необходимо оптимизировать методы использования травостоя, которые должны содействовать достижению максимального соответствия между кормоемкостью пастбища и потребностью в кормах. В этом случае мы получаем интенсивные пастбища, характерной особенностью которых является долголетие, продуктивность и высокоценный ботанический состав.

Для повышения продуктивности животноводства необходимо подбирать варианты кормления и стравливания пастбищ, с учетом их полноценности, но нельзя забывать при этом об уходе и потребностях травостоев [8]. Добиться высоких показателей от пастбищного хозяйства достаточно сложно, но возможно. Для этого необходимо на государственном уровне обеспечить план использования и контроля за состоянием пастбищного травостоя. Перечень оптимальных приемов ухода за пастбищными травостоями достаточно широк: от весенней обработки и подсева высокоценными семенами кормовых трав до подкормки минеральными удобрениями. К сожалению, наиболее часто на практике встречаются такие моменты, когда боронуют травостои пастбищ боронами, вносят удобрения несбалансированно, т.е. без учета потребностей в них, отсутствует подсев ценных видов трав, что в конечном итоге ведет к деградации пастбищных травостоев. На животных при выпасе такие упущения отражаются отрицательно, так как поедаемость и переваримость зеленой массы с такой вырожденной дернины не высокая. Если речь идет о высокопродуктивных молочных животных, то пастбища оправдывают свое назначение только тогда, когда травостой их состоит из высокоценных по ботаническому составу видов трав, способствующих повышению молочной продуктивности. Поэтому необходимо ежегодно на деградированных пастбищных угодьях и выгонах подсевать траву с целью восстановления разрушенной дернины и обеспечения высокой плотности и оптимального набора ценных растений в травостое. Практика показывает, что с хозяйственной точки зрения, с учетом роста и развития, наиболее оптимальным является подсев многолетнего райграса, так как благодаря своему быстрому развитию он оказывает положительное влияние

на урожайность травостоя уже при первом стравливании [11, 21]. С учетом запаса влаги в почве подсев необходимо проводить в первой декаде марта, так как в это время растения хорошо используют запасы влаги в почве и имеют оптимальные условия произрастания. Многокомпонентная травосмесь особо ценна в годы с нестабильным урожаем, в ее состав должен быть включен клевер белый, так как без него не может быть эффективного пастбища. На оголенных участках, где выбит клевер, необходим ранний его подсев, так как чем больше клевера, тем продуктивнее пастбища. Эти участки необходимо прикатывать водоналивными катками, это способствует активному поступлению подвижной части почвенной влаги к корневой системе и оказывает влияние на быстрый рост пастбищной растительности. Во избежание конкуренции аборигенной растительности улучшенные луга следует в первую очередь использовать на выпас. Вместе с тем, практика показывает, что при обильном подсеве пастбищ бобовыми поедаемость травостоя, как правило, уменьшается по причине уменьшения содержания клетчатки, т.е. уменьшается потребление клетчатки до 13–14% от сухого вещества (при норме 18–20%).

В настоящее время в структуре сельскохозяйственного производства Кабардино-Балкарии особое место отводится различным направлениям животноводства, что предопределяет необходимость создания высокоэффективной кормовой базы. А с учетом высокой плотности и малоземельности особое значение для республики имеет эксплуатация природных кормовых угодий. Оптимизация приемов использования горных пастбищ является гарантией получения высококачественной продукции от животных с одновременным улучшением дернины. Как известно, до настоящего времени в горах не используется система пастбищеоборота, разработанная с учетом хозяйственно-биологических особенностей горного растительного покрова, по подсеву ценных травосмесей на деградированных участках, по внесению удобрений. С учетом того, что в последние годы актуальными стали вопросы борьбы с вредными и ядовитыми травами, которые быстро разрастаются с помощью ветра и птиц. Необходимо эффективно использовать в вертикальной зональности питательную ценность альпийских и субальпийских лугов, разрабатывать и внедрять в производство пастбищеобороты, практиковать выжигание сухих травостоев (старики), произвести интенсивный ранневесенний выпас травостоев, в которых преобладает овсяница пестрая. Это позволит полнее использовать травостой в период его лучшей поедаемости, усилить борьбу с ядовитой и вредной растительностью. Животноводам необходимо помнить, что после стравливания период восстановления запасных веществ у пастбищных растений меньше, чем у приземнооблиственных листьев, и, как правило, они меньше скусываются животными при выпасе. К таким пастбищным растениям, относятся такие низовые растения как мятлик луговой, полевица белая, овсяница красная, клевер белый, манжетка и другие. Более растянут этот период у растений с верховым расположением листьев, к этой группе относятся костер безостый, тимофеевка луговая, пырей ползучий, клевер красный, клевер луговой, люцерна посевная, эспарцет и др. [6, 19]. В связи с этим необходимо учитывать ботанический состав пастбищного травостоя при определении продолжительности выпаса и сроков возвращения на этот участок. При преобладании на данном участке низовых трав повторное стравливание допускается проводить через 15–19 дней.

Агротехнические приемы не будут эффективными, если культурные, высокоурожайные пастбища будут использоваться бессистемно, беспорядочно, так же как не может быть и эффективной, экономически оправданной строгой системы пастьбы на малопродуктивных естественных угодьях. Системная пастьба в современном понимании начала применяться в начале текущего века. За это время, подвергаясь дальнейшему совершенствованию, такая система использования пастбищ стала основной, ведущей во всех регионах с развитым животноводством. И, несмотря на это, часто возникает вопрос: летом животных надо кормить или пасти? Какое понятие вкладывается в термин «пасти»? Пасти – это значит присматривать за скотом во время выгона на подножный корм. Испокон веков животных пасли, так как для скота не создавали культурных высокоурожайных пастбищ, не вкладывали труд в изменение травостоя, не вносили удобрений и не вели борьбу против зарастания кустарниками. Довольствовались тем, что само собой произрастало. На этих «даровых» подножных кормах требовалось лишь следить, чтобы животные не отбивались от стада и не потравили посевы и многолетние насаждения, или не стали жертвой хищных зверей.

Организации КСХП и фермерских хозяйств с фермами сельскохозяйственных животных обусловила создание высокоурожайных пастбищных угодий с определенным ботаническим составом трав, равномерным поступлением массы за весь пастбищный период, а также оборудованием пастбищных участков, применением новых способов использования травостоя, осуществлением регулярного ухода за пастбищами и т.д. Поэтому применение термина «пасти» для таких кормовых угодий уже не соответствует фактическому положению вещей, так как здесь нельзя ограничиваться выгоном скота на подножный корм и присмотром за ним. В новых условиях на высокоурожайных пастбищах требуется не пасти животных, а кормить. Термин «кормить» означает «давать корм животным». Как же можно осуществлять это понятие на практике при пастбищном содержании скота? В животноводческой практике выражение «загонная система пастьбы скота» соответствует в основном термину «кормить» в его первоначальном понятии. Применение системной пастьбы на практике означало разделение пастбищного участка на отдельные загоны, секции, с учетом урожайности, возможности с последующим возвратом на один и тот же загон, числа и продуктивности животных, для которых предназначаются загоны и др. Здесь уже учитывалась потребность отдельного животного или стада в подножных зеленых кормах на сутки и на весь пастбищный период и удовлетворение этой потребности путем разбивки пастбищного массива на участки для стравливания их в определенное время. Все это означает кормление животных на пастбище, а не пастьбу. В последние годы на Западе и в нашей стране начали применять так называемую «порционную пастьбу», когда в расчете на каждое животное выделяется в сутки строго рассчитанная площадь пастбища. Появились также «ленточная», «поясная» и другие виды пастьбы, смысл которых сводится к наиболее эффективному и полному использованию травостоя, исключающего растаптывание, порчу и потерю подножного корма [1, 2, 15]. Таким образом, кормление животных на пастбище ничего общего не имеет с практикой пастьбы. Разница между кормлением скота на пастбище и кормлением его из кормушек в том, что подножное стравливание травостоя резко сокращает затраты труда и средств на скашивание и транспортировку зеленых кормов к местам стоянки животных, максимально снижает себестоимость продукции, позволяет полностью использовать травостой и т.д. В районах с высокоурожайными пастбищами животные на один и тот же участок для повторного стравливания возвращаются каждые 3–4 недели и на низкоурожайных пастбищах – через 1–2, но не более трех раз за пастбищный период. Понятие «пасти» в наше время соответствует практике вольной или бессистемной пастьбы скота, существующей в районах нашей республики. В чем вред беспорядочного выпаса скота? На наш взгляд, в том, что стадо вольно пасется на больших просторах, почти никем и ничем не удерживается, животные не чувствуют препятствий и преград и после некоторого насыщения устремляются вперед в поисках лакомых растений, быстрота и направление его движения не регулируются [4, 17]. А так как продолжительность пребывания стада на одном и том же массиве или участке пастбища не нормируется, то ценные растения стравливаются животными до основания и не восстанавливают свои надземные части. Это приводит к их постепенному ослаблению и, в конце концов, выпадению из травостоя. При вольной, бессистемной пастьбе скота не только природные выпасы, но и сеяные культурные пастбища за очень короткий период приходят в негодное состояние. Бессистемный выпас скота на избыточно увлажненных пастбищах, на пониженных элементах рельефа, а также пастьба по недостаточно просохшей почве и при близком стоянии грунтовых вод неизбежно приводят к разбивке дернины, образованию кочек, застаиванию воды и, как следствие, к заболачиванию. На этих типах пастбищ при вольной пастьбе и отсутствии систематического ухода за ними сильно разрастаются такие сорные растения, как конский щавель, лопух, нередко чемерица и др. Вольный выпас скота на пастбищах, расположенных в горах, на пересеченных местностях, на склонах, в оврагах и балках, ложбинах и др., приводит к образованию множества тропинок, усиливает ветровую эрозию и размыв почвы талыми водами и селевыми потоками. Хотя так называемый по степени слабый, умеренный, сильный и чрезвычайный выпас является субъективной оценкой и может варьировать в больших пределах, все же сильный и чрезмерный выпас губительно отражается на качестве травостоя [5, 10, 14]. Вместе с тем перетравливание не только сильно влияет на урожайность пастбищ, но и приводит к разбивке дернины и к деградации травостоев. Весной,

как правило, на всех типах пастбищ имеется избыток зеленой массы. Однако из-за несвоевременного использования пастбищ уже к началу лета ощущается острый недостаток подножных зеленых кормов, и скот, вышедший из зимовки, не успевает восстановиться, так как травостой пастбища становится почти непригодным к использованию, и удои резко падают. На пастбищах, где проводится нерегулируемый выпас, невозможно осуществлять правильный уход, так как в этом случае пришлось бы проводить такие мероприятия, как разравнивание оставляемого животными навоза, подкормка минеральными удобрениями по всей территории пастбищного массива, не говоря уже о подкашивании несъедобных трав. Ввиду того, что при вольной пастьбе не представляется возможным и экономически нецелесообразным регулярное проведение мероприятий по уходу за пастбищными угодьями, они зарастают кустарником, покрываются кочками, ботанический состав растений ухудшается, травостой вырождается и урожайность падает. Установлено, что системное стравливание пастбищ по сравнению с вольной пастьбой обеспечивает получение на 20–25 % больше зеленой массы с единицы площади. При этом травостой животными используется полнее на 10–15 %. Применение системного выпаса позволяет сократить потребность в пастбищной площади на 25–30 % без ущерба для продуктивности скота. Правильно организованная пастьба очищает территорию пастбищ от гельминтов и предохраняет животных от инвазионных заболеваний, дает возможность стравливать пастбище в несколько циклов без снижения урожая кормовых угодий в последующие годы.

Системное, правильное использование пастбищ основано на некоторых биологических особенностях луговых трав. Важным свойством луговых трав является их способность образовывать побеги после стравливания, причем регенерация – побегообразование продолжается у них в течение длительного времени. Однако способность восстанавливать побеги у различных растений проявляется по-разному, так как одни из них в течение многих лет возобновляются из почек, другие же из семян. Луговые травы стареют очень медленно, так как новые побеги при возобновлении заново обновляют весь организм, формируя не только надземные части, но и корневую систему. Как правило, вегетативное возобновление происходит из нижней части, стадийно более молодых побегов, благодаря чему луговые травы сохраняют долголетие, жизненность и высокую продуктивность. Однако, чтобы эти способности луговых трав проявились в полной мере, необходимо учитывать и ряд факторов, влияющих в той или иной мере на пастбищный травостой при стравливании [12, 13, 18]. У многолетних травянистых растений после плодоношения отмирают надземные органы, большая же часть корней и узел кущения, где расположены почки, продолжают жить и на следующий год дают начало новым побегам. В узлах кущения этих новых побегов заложены почки, которые дают жизнь последующему поколению побегов. Когда у растений рабочие органы целы, в результате текущего фотосинтеза происходит накопление запасного материала, который получает почка для нового побега. После стравливания или скашивания, когда растение лишается своих рабочих органов или их остается очень мало, оно не может обеспечить за счет текущего фотосинтеза потребность развивающихся почек. Тогда растение для вегетативного возобновления использует ранее накопленные запасные вещества. Однако запасные вещества многолетним травам нужны не только для образования новых побегов. Они расходуются растениями и при прохождении ими фенологических фаз. Известно, что у растений в начале вегетации, после схода снега, побеги находятся в укороченном состоянии, а листья слабо развиты. В это время количество запасных веществ заметно уменьшается вследствие расхода на образование новых листьев. В период колошения – бутонизации происходит наиболее интенсивный рост растения, и листья не обеспечивают потребность в строительном материале; в это время наблюдается некоторое уменьшение пластических материалов. В последующие фазы – цветения и плодоношения – количество запасных (пластических) веществ достигает своего максимума. За зимний период злаковые травы расходуют до 30 % запасных веществ, не считая весеннего периода до формирования новых листьев. Таким образом, за вегетационный период запас питательных веществ у многолетних луговых трав достигает максимума два раза перед интенсивным ростом во время стеблевания и в фазе цветения – плодоношения, что обеспечивает ежегодное вегетативное возобновление в течение долгих лет. При каждом стравливании запасы пластических веществ уменьшаются, затем идет их восстановление в течение 20–30 дней, иногда и дольше,

в зависимости от обеспеченности растений элементами питания и водой.

На продолжительность и долголетие луговых трав сильно влияют условия хозяйствования, то есть система, способ, частота и продолжительность использования травостоя. Растения, развивающиеся без стравливания до начала выхода в трубку, сохраняют больше запасных веществ. Больше того, периодическое представление растениям возможности расти без стравливания до фазы цветения – семенной спелости обеспечивает мощность подземных органов. В то же время систематическое раннее скашивание или стравливание ослабляет жизнестойкость растений, снижает урожайность, растения ослабевают и в конце концов гибнут. Эти отрицательные явления проявляются тем больше, чем чаще и ниже проводится скашивание или выпас трав. Усиленное использование растений в начале кущения лишает их возможности накопить запасные вещества и приводит к сильному их ослаблению. Все эти условия являются основными теоретическими положениями, служащими базой системного использования пастбищных угодий. Кроме того, весьма важным фактором, влияющим на продуктивность и долголетие луговых трав на пастбищах, является достаточное и своевременное снабжение растений основными элементами пищи и водой. Поэтому при учете указанных теоретических положений развития луговых трав, а также создавая благоприятные условия питания растениям, отрицательные стороны неоднократного стравливания более или менее сглаживаются. Особенно слабо проявляется влияние пастьбы на низовых растениях, и в первую очередь на злаковых, при регулярной подкормке травостоя азотными удобрениями. Резко увеличивает энергию кущения растений и повышает жизнедеятельность материнского побега нормальная водообеспеченность основного слоя корнеобитания. Возникающие в этих условиях дочерние побеги быстро укореняются и переходят на собственное корневое питание, а на материнских побегах энергичнее проходит новое побегообразование. Кроме того, систематическое низкое стравливание приводит к ослаблению и многократному снижению (до 6 раз) всасывающей силы корней. Поэтому следует учитывать и высоту стравливания, имея в виду, что в зависимости от типа пастбища и ботанического состава травостоя отчуждение (скусывание) основных растений ниже 4–6 см допускать нельзя во избежание отрицательных последствий.

При организации использования пастбищ необходимо тщательно и строго учитывать условия нормального прохождения процесса накопления растениями запасных питательных веществ и разумного, целесообразного их расходования в пастбищный период, что обеспечит поддержание высокой урожайности пастбищного угодья на длительный срок.

**Список литературы**

1. АльмазоАсфарова О.И., Бутов И.Г., Виноградов И.С. Улучшение горных сенокосов и пастбищ Кабардино-Балкарии. – Нальчик, Кабард-Балкар, кн.изд., 1965. – 70 с.

2. Беднягина Р.Ф. Сенокосы и пастбища Черекского района Кабардинской АССР // Труды Краснодарского ин-та пищевой промышлености / Краснодар, вып. 2. – 1947. – С. 159–167.

3. Бутов И.Г. Улучшение горных лугов Кабардино-Балкарии // Горное животноводство Северного Кавказа и Закавказья. – Орджоникидзе, Северо-Осетинское кн. изд., 1963. – С. 245–246.

4. Виноградов С.И. Горные пастбища / З.С.Чернецкая, С.И. Виноградов // Растительность Кабарды. – Воронеж, Изд обл. исл. комитета Кабард.-Балкар. авт.обл., 1926. – С. 35–48.

5. Галушко А.И. Растительность Эльбруса и его ближайших окрестностей // Тезисы докладов первой конференции по флоре, растительности и растительным ресурсам Северного Кавказа. – Нальчик, 1962. – С. 38–41.

6. Галушко А.И. Определитель растений сенокосов и пастбищ Северного Кавказа // Ученые записки КБГУ. Серия биолог. – Вып. 23. – Нальчик, 1964. – С. 3–372.

7. Галушко А.И. Пастбища верховьев Ингушли (северное Приэльбрусье) и их улучшение // Ученые записки КБГУ. Серия с. – Вып. 28. – Нальчик, 1966. – С. 464–474.

8. Галушко А.И. Принципы подбора и видовой состав трав подсева на горных лугах Северного Кавказа. // Ученые записки КБГУ. Серия с.-х. – Вып.28. – Нальчик, 1966. – С. 475–479.

9. Горошенко С.В. К вопросу характеристики и улучшения горных пастбищ Кабардино-Балкарии // Ученые записки Кабард.-Балкар. научн.-исслед. ин-та. Серия эконом. – Вып. 22. – Нальчик, 1964. – С. 125–144.

10. Ежкина А.Н. К изучению растительного покрова Зольских пастбищ КБАССР // Ученые записки КЬГУ. Серия биолог. – Вып. 10. – Нальчик, 1961. – С. 229–236.

11. Жеруков Б.Х., Магомедов К.Г. Улучшение травостоя деградированнных присельских угодий // Кормопроизводство. – 2001. – № 11. – С. 13–14.

12. Жеруков Б.Х., Магомедов К.Г. Формирование устойчивых травостоев // Земледелие. – 2002. – № 2. – С. 25.

13. Жеруков Б.Х., Магомедов К.Г. Улучшение деградированных пастбищ и выгонов биологическим азотом // Аграрная наука. – 2002. – № 4. – С. 20–21.

14. Магомедов К.Г. Улучшение присельских пастбищ в разных зонах КБР // Научные статьи ученых КБГСХА. – Нальчик, 1998. – С. 27–31.

15. Магомедов К.Г. Корма высокого качества. – Нальчик, 2000. – 4 с.

16. Магомедов К.Г. Эксплуатация присельских пастбищ и выгонов // Кормопроизводство. – 2001. – № 5. – С. 8–11.

17. Магомедов К.Г. Улучшение и использование присельских пастбищ и выгонов. м Нальчик, 2001. – 119 с.

18. Магомедов М.К., Гергокаев Д.А., Бербекова Н.В. Прогрессивная технология стравливания присельских пастбищ // Успехи современного естествознания. – М., 2003. – № 9. – С. 68.

19. Магомедов М.К., Бербекова Н.В. Разнопоспевающие пастбищные травостои в предгорной зоне центральной части Северного Кавказа // Современные наукоемкие технологии. – М.: Академия естествознания, 2005. – № 8. – С. 21–25.

20. Магомедов М.К., Бербекова Н.В. Продуктивность кормовых угодий в условиях вертикальной зональности // Земледелие. – 2012. – № 2. – С. 17–20.

УДК 633.63:631.51

# ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПО СРОКАМ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ

**[1]Моисеев В.В., [1]Моисеев А.В., [2]Логвинов А.В., [2]Мищенко В.Н., [2]Логвинов В.А., [2]Шевченко А.Г., [2]Шувалов А.А.**

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

*[2]ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы», Гулькевичи, e-mail: 1maybest@mail.ru*

Целью данной работы является рассмотрение влияния сроков уборки сахарной свеклы. В результате исследования определена продуктивность гибридов сахарной свеклы по срокам уборки на сахаристость и урожайность. В условиях производственных опытов изучались три срока уборки корнеплодов. Известно, что пищевой набор продуктов питания должен содержать: белков – 15% суточной калорийности, жиров – 30% и углеводов – 55%. По содержанию углеводов сахар не имеет себе равных, он содержит в 100 г сахара 95,5 г углеводов, тогда как мёд – только 78 г. Следовательно, это важный продовольственный продукт, имеющий исключительное значение в обеспечении продовольственной безопасности страны. Восстановление его производства должно осуществляться как за счет внешних, так и за счет внутренних факторов производства. К внешним факторам относятся факторы государственного регулирования производства сахара в стране, к внутренним – факторы организационно-экономического и технологического порядка, зависящие от организации и технологии выращивания и переработки сахарной свёклы.

**Ключевые слова: сахарная свекла, гибрид, сроки уборки, урожайность, сахаристость, сбор сахара, технология, корнеплоды, мероприятия, селекция, вегетация, критерии оценки**

# EFFICIENCY OF HYBRIDS OF PRODUCTION OF SUGAR BEET ON TERMS OF CLEANING OF ROOT CROPS

**[1]Moiseev V.V., [1]Moiseev A.V., [2]Logvinov A.V., [2]Mischenko V.N., [2]Logvinov V.A., [2]Shevchenko A.G., [2]Shuvalov A.A.**

*[1]Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: moiseew_a@rambler.ru;*

*[2]Pervomayskaya selection experimental station of sugar beet, Gulkevichi, e-mail: 1maybest@mail.ru*

The purpose of this work is consideration of influence of terms of cleaning of sugar beet. As a result of research efficiency of hybrids of sugar beet is determined by cleaning terms on sugar content and productivity. In the conditions of know-how three terms of cleaning of root crops were studied. It is known that the food set of food has to contain: proteins – 15%, daily caloric content, fats – 30% and carbohydrates – 55%. On the content of carbohydrates sugar hasn't equal, it contains 95,5 g of carbohydrates whereas honey – only 78 g in 100 g of sugar. Therefore, it is the important food product having exclusive value in ensuring food security of the country. Restoration of his production has to be carried out both at the expense of external, and at the expense of internal factors of production. Factors of state regulation of production of sugar in the country, to internal – the factors of an organizational economic and technological order depending on the organization and technology of cultivation and processing of sugar beet belong to external factors.

**Keywords: sugar beet, hybrid, cleaning terms, productivity, sugar content, collecting sugar, technology, root crops, actions, selection, vegetation, evaluation criteria**

Уборка сахарной свёклы завершает технологию по её возделыванию. Копка корнеплодов в Краснодарском крае начинается в августе, когда у большинства гибридов и урожайного генотипа (N, NE, E) сахаристость не достигает базисной 16%, оканчивается копка в первых числах ноября, когда начинаются похолодания с отрицательными температурами, что ведет к снижению технологических качеств корнеплодов и невозможности их длительного хранения.

По нашим рекомендациям доля сахаристых генотипов (Z) в посевах должна составлять не менее 30%, (NZ) также не менее 30%, применение урожайных генотипов (E) не оправдано. Сахаристые гибриды генотипов (Z) являются более скороспелыми и на начало уборки имеют сахаристость выше базисной больше 16% и хорошие технологические качества, поэтому копка должна начинаться с сахаристых гибридов.

Причинами ранней уборки являются:

– во-первых, диктат переработчиков условий сельхозтоваропроизводителям сдачи сырья на сахарные заводы и загрузки оборудования;

– во-вторых – ненастные погодные условия в середине и конце осени.

Увеличить объём производства сахара можно за счет роста урожайности и повышения уровня содержания сахара в свёкле.

Значительное влияние на урожайность и качество сахарной свёклы оказывает организация уборки: оптимизация сроков начала и темпов уборки, сокращение разрыва во времени между копкой и вывозкой свёклы, научная организация труда на уборке и вывозке свёклы.

Соблюдение технологии и правильная организация механизированной уборки и вывозки свёклы способствуют улучшению её физико-механических показателей (снижается общая загрязненность и содержание зеленой массы, количество механических повреждений и подвяленных корней). Нарушение научно обоснованной организации уборки в последние годы повлекло за собой увеличение потерь биомассы и снижение качества корнеплодов.

Значительному повышению продуктивности сахарной свеклы экономической эффективности свекловичного и сахарного производства способствуют оптимизация сроков и темпов уборки сахарной свёклы, ликвидация разрыва между ее копкой и вывозкой. При определении сроков и темпов уборки необходимо учитывать факторы, действующие в сельском хозяйстве и сахарной промышленности. Полная технологическая зрелость свеклы наступает в большинстве районов Краснодарского края в конце сентября – начале октября, однако свёкла продолжает расти, и в ней накапливается сахар даже в конце октября. В связи с этим понятно стремление свеклосеющих хозяйств начинать уборку свёклы по возможности позднее и провести её в сжатые сроки до наступления ненастной погоды, так как ранняя уборка неизбежно приводит к уменьшению валового сбора свёклы и сахаристости.

В связи с этим следует четко разграничить понятия «начало уборки» свёклы в количествах, которые должны перерабатываться сахарными заводами «с колес», без хранения (с учетом 2–3 сут страхового запаса) и «начало массовой уборки» с хранением (переход к темпам уборки и заготовки в сжатые сроки).

Такая система создания сырьевых зон и совершенствование организации и технологии производства призваны обеспечить рост эффективности производства свеклосахарного производства и вывести его из кризисного состояния.

Проведенный нами анализ структуры управления свеклосахарным подкомплексом Краснодарского края показал, что для повышения эффективности его работы в рыночных условиях требуется формирование новых отношений между всеми звеньями производства, начиная от производителей техники для выращивания сахарной свёклы и заканчивая её переработкой использованием отходов производства. Основой этих отношений должны стать научно обоснованные взаимоотношения, учитывающие интересы всех участников.

Установлены различия в продуктивности гибридов производства сахарной свеклы в зависимости от сроков уборки корнеплодов.

Урожайность корнеплодов по учетам на 1.08 (2012–2014 гг.) варьировала по годам исследований от 34 до 42 т/га, сахаристость от 14,9 до 16,4 %. В среднем за три года изучений по учетам на 1 августа урожайность составила 38,3 т/га, сахаристость 15,6 %.

В течение августа отмечен наибольший прирост урожайности 12,6 т/га (33 %), сахаристости – 0,4 % и сбора сахара – 2,1 т/га (35 %).

В сентябре прибавка была меньше и составила по урожайности 6,2 т/га, сахаристости – 0,7 % и сбору сахара 1,3 т/га.

В комплексе мероприятий, направленных на повышение продуктивности производства сахарной свеклы, особое внимание наряду с совершенствованием приемов агротехники и внедрением в производство новых высокопродуктивных гибридов должно уделяться оптимальным срокам уборки [2].

Следует учитывать, что реализация генетического потенциала гибридов отечественной и зарубежной селекции составляет 40–60 % и в большей степени зависит от почвенно-погодных условий организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий [1]. В немалой степени продуктивность сахарной свеклы определяется сроками уборки корнеплодов [15].

Учитывая перечисленные базовые элементы земледелия, на Первомайской селекционно-опытной станции совместно с Кубанским государственным аграрным университетом в течение трех лет (2012–2014 гг.) проводили производственные опыты по изучению сроков уборки гибридов отечественной и зарубежной селекции.

Почва опытных полей относится к черноземам типичным (слабовыщелоченным) малогумусным с содержанием гумуса в пахотном слое 3,4–3,7 %. Реакция почвенной среды составляет 5,5–6,0. Обеспеченность основными элементами почвенного питания средняя. Удобрения не применялись.

Ежегодно в исследования включались от 28 до 47 гибридов сахарной свеклы Кубанской селекции и селекции иностранных фирм (Сингента, Марибо, Штрубе и др.) сев проводили в первой декаде апреля сеялкой «Тана», с нормой высева 7 клубочков на погонном метре. Каждый гибрид занимал шестирядную делянку по длине поля.

Погодные условия в период вегетации отличались от средних многолетних показателей. Запасы влаги в двухметровом слое на период сева в 2012–2014 гг. были 274, 240 и 244 мм соответственно (норма 270 мм).

В период интенсивного роста и развития (май – сентябрь) сумма осадков в 2012–2014 гг. составляла 305, 296 и 274 мм соответственно при норме 281 мм.

В период вегетации в три срока, 1 августа, 1 сентября и 1 октября, учитывали:

– густоту насаждения растений;

– урожайность корнеплодов, сахаристость и сбор сахара с 1 га.

Биологическую урожайность определяли на учетных площадках сплошным способом при ручной копке. Учетные площадки размещались по диагонали делянок каждого гибрида. Повторность 3- и 4-кратная. После взвешивания корнеплодов отбирали пробы в количестве 20 корнеплодов в каждой повторности для определения сахаристости. Содержание сахара определяли способом холодной дигестии на поляризационной линии «Венема».

Дата первого учета определялась началом уборки сахарной свеклы на Кубани, которая приходится на 1 августа. В качестве критерия оценки целесообразности сроков уборки была принята средняя продуктивность всех гибридов, включенных в опыт. Продуктивность отдельных гибридов форматом данной статьи не предусматривалась.

Обобщенные результаты исследований по элементам продуктивности в динамике представлены в таблице.

Продуктивность гибридов сахарной свёклы в динамике
ФГБНУ «Первомайская селекционно-опытная станция сахарной свеклы»

| № п/п | Показатель, критерий оценки | Биологический урожай корнеплодов, т/га | | | Сахаристость, % | | | Сбор сахара, т/га | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 01.08 | 01.09 | 01.10 | 01.08 | 01.09 | 01.10 | 01.08 | 01.09 | 01.10 |
| **2012 год** | | | | | | | | | | |
| 1 | Среднее всех изучавшихся гибридов (гибридов 28, повторность 3-кратная каждого гибрида) | 34,0 | 55,0 | 66,0 | 15,6 | 12,9* | 14,7 | 5,3 | 7,1 | 9,7 |
| | В процентах к первому сроку уборки 01.08 | 100 | 161 | 194 | 100 | 83 | 94 | 100 | 134 | 183 |
| | Среднее за 2010–2012 годы | 38,3 | 50,9 | 57,1 | 15,6 | 16,0 | 16,7 | 6,0 | 8,0 | 9,4 |
| | В процентах к первому сроку уборки 01.08 за 2010–2012 годы | 100 | 133 | 149 | 100 | 103 | 107 | 100 | 133 | 157 |
| **2013 год** | | | | | | | | | | |
| 2 | Среднее всех изучавшихся гибридов (гибридов 40, повторность 4-кратная каждого гибрида) | 38,8 | 41,4 | 46,6 | 16,4 | 18,7 | 18,1 | 6,4 | 7,8 | 8,4 |
| | В процентах к первому сроку уборки 01.08 | 100 | 107 | 120 | 100 | 114 | ПО | 100 | 122 | 131 |
| **2014 год** | | | | | | | | | | |
| 3 | Среднее всех изучавшихся гибридов (гибридов 47, повторность 3-кратная каждого гибрида) | 42,1 | 56,3 | 58,8 | 14,9 | 16,4 | 17,2 | 6,3 | 9,2 | 10,1 |
| | В процентах к первому сроку уборки 01.08 за 2012–2014 годы | 100 | 134 | 140 | 100 | ПО | 115 | 100 | 146 | 160 |

Известно, что пищевой набор продуктов питания должен содержать: белков – 15% суточной калорийности, жиров – 30% и углеводов – 55%. По содержанию углеводов сахар не имеет себе равных, он содержит в 100 г сахара 95,5 г углеводов, тогда как мёд – только 78 г. Следовательно это важный продовольственный продукт, имеющий исключительное значение в обеспечении продовольственной безопасности страны. Восстановление его производства должно осуществляться как за счет внешних, так и за счет внутренних факторов производства. К внешним факторам относятся факторы государственного регулирования производства сахара в стране, к внутренним – факторы организационно-экономического и технологического порядка, зависящие от организации и технологии выращивания и переработки сахарной свёклы.

Как показывают исследования, увеличить сбор свеклы и сахара с каждого гектара посевов и сократить потери массы свекловичного сырья в процессе хранения можно, если начинать копку свёклы в объемах, которые могут быть немедленно переработаны сахарными заводами в более ранние сроки, до начала её массовой уборки. Широкое внедрение скороспелых сортов, районированных в крае, дает возможность начать уборку в ранние сроки (последняя декада августа) и удлинить период вегетации для основной массы свёклы, уменьшить количество подлежащего хранению сырья и сократить продолжительность его хранения, окончить уборку до наступления ненастной погоды.

Проведение таких исследований стало особенно актуально в связи с заполнением отечественного рынка семенами гибридов зарубежной селекции, загрузкой оборудования сахарных заводов и значительными потерями сырья в период временного хранения на сахарных заводах.

При ранней уборке удлиняется период хранения, корнеплоды быстро подвяливаются, сильно прорастают и легко загнивают. Прежде всего, теряется влага в головке и хвостовой части корнеплода, где весьма плотное размещение сосудисто-волокнистых пучков. Кроме того, головка корнеплода свеклы быстро теряет тургор в связи с удалением листьев и, как следствие, увеличением испаряющей поверхности. При запаздывании с уборкой корнеплоды могут быть повреждены заморозками. Подмороженные корнеплоды при хранении быстро загнивают.

Изучение проводилось по общепринятым методикам производственного и Государственного испытаний на фоне традиционно сложившейся основной обработки почвы.

Густота насаждения растений по вариантам отличалась несущественно и варьировала от 100 до 106 тыс. растений на 1 га.

Средние показатели элементов продуктивности первого срока учета (1 августа) при сравнительном анализе принимались за 100%.

По результатам исследований за 2 месяца активной вегетации с 1 августа по 1 октября (в среднем за 3 года) урожайность корнеплодов повысилась на 18,8 т/га, сахаристость – на 2,1% и сбор сахара на 3,4 т/га.

Начиная уборку сахарной свеклы в начале августа, свеклосеющие хозяйства и сахарные заводы должны принимать во внимание тот факт, что могут недополучить 30–40% потенциального возможного урожая.

**Список литературы**

1. Балков И.Я. Высокорентабельные гибриды – новый этап в свеклосахарном производстве // Сахарная свёкла. – 2011. – № 6. – С. 11–12.

2. Корниенко А.В. , Парфенов А.М. О выборе сортов и гибридов для сырьевой зоны сахарного завода // Сахарная свёкла. – 2006. – № 6. – С. 26–27.

3. Логвинов В.А., Дерюгин В.А., Имщенко В.И., Кудрявцева Н.В., Саквин Н.В., Логвинов А.В., Астахова Т.А. Перспективы внедрения отечественных гибридов сахарной свёклы // Сахарная свёкла. – 2005. м № 5. – С. 24–26.

4. Логвинов А.В., Логвинов В.А., Шевченко А.Г., Записоцкий Д.Н., Моисеев А.В., Моисеев В.В. Экономическая эффективность производства сахарной свеклы по вариантам основной обработки почвы //Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3–2. – С. 85–89.

5. Моисеев А.В. Методы повышения эффективности производства в отрасли АПК, используя объекты интеллектуальной собственности: монография. – Краснодар, 2015.

6. Моисеев А.В., Алиева А.Р. Использование территориального маркетинга как инструмента регионального управления (на примере Краснодарского края) // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8–1. – С. 189–192.

7. Моисеев В.В. Эффективная инвестиционно-инновационная деятельность – залог интенсивного развития растениеводства / В.В. Моисеев, М.С. Осмоловская // АПК: Экономика, управление. – 2015. – № 6. – С. 39–45.

8. Моисеев В.В., Путылин В.И., Моисеев А.В. Целевой ориентир инновационного развития конкурентноспособной экономики Краснодарского края // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2–2. – С. 402–405.

9. Моисеев В.В., Моисеев А.В., Осмоловская М.С. Оценка инвестиционных процессов в отраслях АПК Краснодарского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 111. – С. 1327–1340.

10. Моисеев В.В. Организационно-экономические аспекты повышения эффективности селекции и семеноводства зерновых культур (вопросы теории и практики): дис. ... д-ра эконом. наук / ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – Краснодар, 2008.

11. Моисеев В.В., Моисеев А.В. Агробизнес и защита интеллектуальной собственности // Экономика сельского хозяйства России. – 2007. – № 8. – С. 32–33.

12. Нечаев В.И., Моисеев В.В., Блинникова Е.А. Вопросы совершенствования законодательства по охране и использованию селекционных достижений // Актуальные проблемы экономического развития АПК в связи со вступлением в ВТО: сборник материалов научно-практической конференции. – 2007. – С. 130–137.

13. Суслов В.И. Теоретические и практические аспекты свекловодства в Краснодарском крае / В.И. Суслов, В.А. Логвинов, В.Н. Мищенко, А.В. Суслов, А.В. Логвинов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 5. – С. 62–67.

14. Суслов В.И. Производственное испытание гибридов сахарной свеклы / В.И. Суслов, В.А. Логвинов, В.Н. Мищенко, А.В. Стрельникова, А.В. Логвинов, А.В. Суслов, Н.Л. Филимонов // Сахарная свекла. – 2010. – № 7. – С. 6–9.

15. Шевченко А.Г., Селезнев А.М., Логвинов В.А., Мищенко В.Н., Логвинов А.В. Производственное испытание гибридов // Сахарная свёкла. – 2004. – № 4. – С. 26–28.

УДК 631.95 :631.52

# ВАРЬИРОВАНИЕ СУММАРНОГО СОДЕРЖАНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ЗЕРНЕ ОВСА И ЯЧМЕНЯ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН

**[1]Полонский В.И., [2]Сумина А.В., [2]Павлова Е.В., [3]Шалдаева Т.М.**

*[1]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск,, Россия, e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru;*

*[2]ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф.Катанова», Абакан, e-mail: alenasumina@list.ru;*

*[3]Центральный Сибирский ботанический сад, Новосибирск, e-mail: tshaldaeva@yandex.ru*

Красноярский край и Республика Хакасия – развитые сельскохозяйственные регионы Восточной Сибири, где часть территорий расположена в межгорных котловинах. Овес и ячмень на этой территории входят в число основных зернофуражных культур. Антиоксиданты, содержащиеся в зерне данных культур, являются основными составляющими функционального питания современного человека, а также показателем стрессоустойчивости растения. В результате исследования проведена оценка суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в зерне пленчатого и голозерного ячменя и овса, выращенного в трех географических точках, расположенных в межгорных котловинах. С помощью двухфакторного дисперсионного анализа установлено, что значение ССА варьировало как от генотипа сорта, так и от пункта выращивания. Выявлено, что средние значения ССА при экстрагировании бидистилированной горячей водой значительно выше, чем при использовании 70% этилового спирта. Сделано предположение о том, что показатель ССА может служить эффективным критерием при селекции ячменя и овса на высокое содержание антиоксидантов.

**Ключевые слова: Хакасия, Красноярский край, Южно-Минусинская котловина,зерно, овес, ячмень, антиоксиданты, генотип, котловинные условия выращивания**

# VARIATION IN THE TOTAL ANTIOXIDANT CONTENT IN OAT GRAINS AND BARLEY GROWN UNDER THE INTERMOUNTAIN BASIN

**[1]Polonskiy V.I., [2]Sumina A.V., [2]Pavlova E.V., [3]Shaldaeva T.M.**

*[1]Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, e-mail: vadim.polonskiy@mail.ru;*

*[2]Khakassia State University N.F. Katanov, Abakan, e-mail: alenasumina@list.ru;*

*[3]Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, e-mail: tshaldaeva@yandex.ru*

Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia – developed agricultural regions of Eastern Siberia, where part of the territory is located in the intermountain basins. Oats and barley in the area, are among the main forage kultur.Antioksidanty contained in the grain of these crops are the main components of functional food of modern man, as well as an indicator of stress plants. The study evaluated the total content of antioxidants (PAS) in the grain of filmy and naked barley and oats grown in three geographical areas located in the intermountain basins. With two-factor analysis of variance revealed that the value of CCA ranged from a genotype varieties, and the cultivation of the village. It was found that the average value of the PAS in the extraction bidistilirovannoy hot water is much higher than when using 70% ethanol. It is suggested that the CCA rate can serve as an effective criterion for the selection of barley and oats on the high content of antioxidants.

**Keywords: Khakassia, Krasnoyarsk territory, South Minusinsk basin,grain, oats, barley, antioxidants, genotype, growing conditions of the basin**

Климатические условия Сибири часто не соответствуют требованиям зерновых культур в период налива и созревания семян. Континентальный климат, а именно резкие отклонения в температурном режиме и количестве осадков, ведет к изменению химических показателей качества зерна [5]. По мнению А.И. Воейкова [4], «континентальность» является климатической особенностью межгорных котловин, которым присуща орографическая изолированность и образование барьерной тени.

Большая часть Республики Хакасия и Юга Красноярского края географически расположены на территории Минусинского межгорного прогиба, который ограничен Западным, Восточным Саянами и Кузнецким Алатау [6]. Основные черты орографии данного района связаны с её структурно-геологическими особенностями. По характеру рельефа, истории развития, структурному плану в пределах Минусинского межгорного прогиба выделены Назаровская, Северо-, Средне- и Южно-Минусинские котловины, расположенные на разных гипсометрических уровнях (от 400 до 600 м) и имеющие вид овалов, вытянутых в субширотном направлении [10]. Кроме того для них характерны эрозионно-аккумулятивный

и эрозионно-денудационный равнинные рельефы озерных котловин [7], что в совокупности выступает ограничивающим фактором при организации и ведении сельского хозяйства.

Как известно, в сельскохозяйственных районах, с резко изменяющимися климатическими условиями в период вегетации, очень важно владеть информацией о влиянии факторов окружающей среды и их взаимодействии на показатели качества зерна. Основные затруднения возникают при определении природы изменчивости признаков, так как они в большой степени подвержены модифицирующему влиянию условий среды. Доля наследуемого или генетического компонента, как и доля компонента, обусловленного средой, различна для любого изучаемого признака [8].

Взаимодействие генотип × среда определяется как доля фенотипической вариации, которая возникает из-за несоответствия генетических и негенетических эффектов. При этом чем ниже доля генотип-средового взаимодействия, тем стабильнее показатели качества зерна [2]. Наряду с этим, низкий вклад взаимодействия факторов дает основание утверждать, что изучаемые факторы в значительной степени не влияют на действие друг друга [8].

На сегодняшний день различные аспекты содержания антиокисдантов в растительном сырье интересуют многих исследователей [3, 11, 14–17]. Объяснить данный факт можно с двух точек зрения. Во-первых, это связано с потребительским интересом к контролю и профилактике хронических заболеваний путем улучшения рациона питания современного человека за счет включения в состав пищевых продуктов растительных антиокислителей [16]. Например, цельные зерна злаков содержат широкий спектр биологически активных компонентов с антиоксидантным действием [3]. Во-вторых, некоторые авторы утверждают о наличии прямой взаимосвязи содержания антиоксидантов в зерне с всхожестью и устойчивостью растений к различным заболеваниям [9, 12, 13, 18, 19]. Так, при изучении 11 сортов мягкой красной озимой пшеницы, выращенной в США, на общее содержание фенольных веществ установлено, что устойчивые к фузариозу сорта пшеницы имели высокую антирадикальную активность [3]. Кроме того, в литературе имеются данные по изучению различных сельскохозяйственных культур, где экспериментально доказано, что от уровня накопления низкомолекулярных антиоксидантов (аскорбиновая кислота и глутатион) зависит устойчивость растений к различным видам стрессоров, таким как загрязнение почвы тяжелыми металлами [15], радиация [13], засуха и засоление [12]. Наряду с этим АО обеспечивают качественность семян в процессе хранения и лучшую всхожесть, даже в условиях недостатка влаги [9]. Данный факт исследователи связывают с тем, что при повышении метаболических процессов в клетках прорастающих семян наблюдается образование активных форм кислорода, защита от которых осуществляется за счет использования высокоактивной системы в составе низко- и высокомолекулярных соединений.

С целью изучения влияния генотипа и условий выращивания на суммарное содержание антиоксидантов в зерне овса и ячменя были проведены исследования на территории Северо-Минусинской (Ширинский район Республики Хакасия), Южно-Минусинской (Бейский район Республики Хакасия) и Средне-Минусинской (Краснотуранский район Красноярского края) котловин.

## Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали 5 образцов ярового пленчатого и голозерного (Ача, Биом, Буян, Красноярский 91, Омский голозерный 1) ячменя (*Hordeumvulgare* L.) и 5 образцов (Аргумент, Голец, Саян, Сельма, Тубинский) овса (*Avenasativa* L.). Растения были выращены в 2015 году по паровому предшественнику на «Бейском» и «Ширинском» ГСУ Республики Хакасия и Краснотуранском ГСУ (Красноярский край). Семенной материал был любезно предоставлен сотрудниками учреждений.

Исходя из картографических данных, предоставленных Комитетом по земельным ресурсам и землеустройству Республики Хакасия, почва в районах исследования представлена черноземом обыкновенным.

Метеорологические условия пунктов исследования имели как общие черты, так и различия по обеспеченности осадками и режимам среднесуточных температур (рис. 1, 2).

Можно видеть, что значения средней температуры воздуха за вегетационный период 2015 года на территории Краснотуранского ГСУ были существенно выше, чем в других пунктах исследования. В Бейском и Ширинском районах вышеуказанный параметр имел практически равные значения.

Осадки в мае 2015 года равномерно распределились между II и III декадами по всем пунктам изучения. В Бейском и Ширинском ГСУ более половины июньских месячных осадков пришлось на I декаду, а Краснотуранском – вторую. Самым увлажненным месяцем во всех пунктах исследования был июль, при этом наибольшее количество осадков зарегистрировано на территории Бейского ГСУ. В августе основная часть осадков пришлась на II и III декаду.

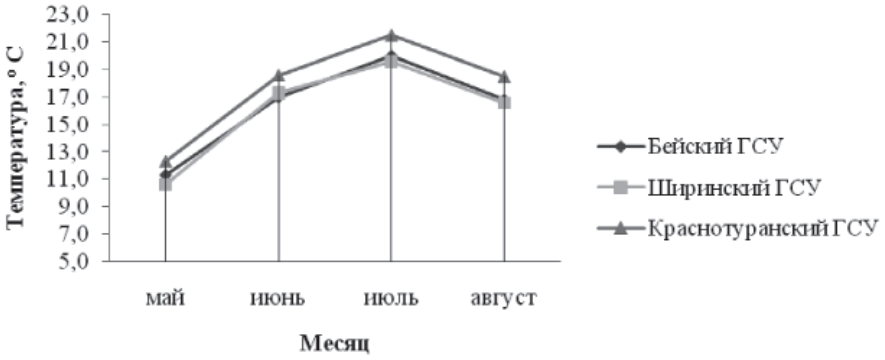



*Рис. 1. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2015 года по пунктам исследования (°С)*

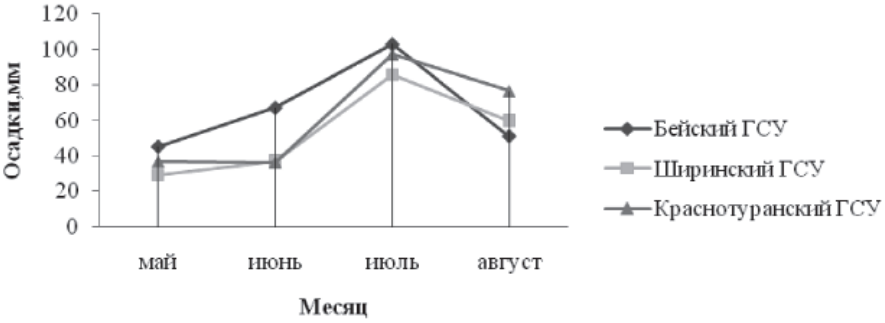



*Рис. 2. Сумма осадков за вегетационный период 2015 года по пунктам исследования (мм)*

Определение суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в пробах ячменя и овса проводилось с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА», который фиксирует изменение электрического тока, возникающего при окислении исследуемого вещества (или смеси веществ) на поверхности рабочего электрода при постоянном потенциале 1,3 В. При этом происходит окисление только –ОН природных антиоксидантов фенольного типа. Экстрагирование проб производили двумя элюентами – горячей бидистилированной водой и этиловым спиртом в концентрации 70%.

Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы обработки данных полевого опыта Field Expertv l.3 Pro[1] и Microsoft Excel 2003.

## Результаты исследования и их обсуждение

При изучении суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в зерне ячменя, выращенного в трех пунктах в 2015 году, было установлено, что значения данного показателя находились в интервале от 35,2 (Ача, Краснотуранский ГСУ) до 77,5 (Ача, Бейский ГСУ) мг/100 г. Средние значения ССА зерна ячменя при использовании в качестве растворителя бидистилированной воды для Бейского, Ширинского и Краснотуранского ГСУ имели значения 61,6; 65,3; 49,7 мг/100 г соответственно. При использовании элюентом 70% этиловый спирт для вышеуказанных участков значения соответсвовали 57,7; 62,1; 47,8 мг/100 г. Можно видеть, что максимальное содержание антиоксидантов в зерне ячменя (независимо от элюента) зарегистрировано в Ширинском районе, минимальное – Краснотуранском. Кроме того, средние значения ССА при экстрагировании бидистилированной горячей водой значительно выше, чем при использовании 70% этилового спирта (58,8 и 55,8 мг/100 г), что свидетельсвует о водорастворимой природе содержащихся антиоксидантов.

С помощью пакета анализа программ Field Expert v1.3 Pro, который служит для статистической обработки данных методами дисперсионного анализа, были проведены расчеты по выяснению доли влияния факторов среды и генотипа на ССА в зерне ячменя и овса (табл. 1).

Табл. 1 иллюстрирует данные генотип-средового влияния на значения ССА (элюент горячая бидистилированная вода) зерен ячменя, выращенного в течение исследуемого периода в трех пунктах. Можно отметить, что этот параметр практически равнозначно зависит от пункта (43,6%) и генотипа (41,3%). Взаимодействие вышеуказанных факторов составляет 15,2%.

**Таблица 1**

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния факторов (пункт×генотип) на показатель ССА (элюент горячая бидистиллированная вода) в зерне ячменя

| Дисперсия | Сумма квадрат. | Степени свободы | Средний квадрат | Вклад факторов в % | $F_ф$ | $F_{0,5}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Общая | 9172,2 | 59 | – | – | – | – |
| Повторений | 1,2 | 3 | – | – | – | – |
| Пункт | 2133,2 | 2 | 1066,6 | 43,6 | 1501,4 | 3,22 |
| Генотип | 4040,7 | 4 | 1010,2 | 41,3 | 1421,17 | 2,6 |
| Пункт и Генотип | 2967,3 | 8 | 370,9 | 15,2 | 522,1 | 2,17 |
| Остатка (ошибки) | 29,8 | 42 | 0,7 | – | – | – |

**Таблица 2**

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния факторов (пункт×генотип) на показатель ССА (элюент 70% этиловый спирт) в зерне ячменя

| Дисперсия | Сумма квадрат. | Степени свободы | Средний квадрат | Вклад факторов в % | $F_ф$ | $F_{0,5}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Общая | 8323,9 | 59 | – | – | – | – |
| Повторений | 0,7 | 3 | – | – | – | – |
| Пункт | 1629,8 | 2 | 814,9 | 40,6 | 1517,1 | 3,22 |
| Генотип | 2880,9 | 4 | 720,2 | 35,9 | 1340,8 | 2,6 |
| Пункт и Генотип | 3789,9 | 8 | 473,7 | 23,6 | 881,9 | 2,17 |
| Остатка (ошибки) | 22,6 | 42 | 0,5 | | | |

С помощью двухфакторного дисперсионного анализа, было установлено (табл. 2), что содержание антиоксидантов в зерне ячменя (элюент 70% этиловый спирт), выращенного в 2015 году, в большей степени (40,6%) определяется пунктом выращивания, далее по степени влияния располагаются «генотип» и взаимодействие «пункт × генотип», на долю которых приходится 35,9 и 23,6% соответственно. Из этого можно заключить, что при сопоставлении влияния факторов «генотип» и «пункт» на ССА в зерне оказывают практически равнозначное влияние.

Суммарное содержание антиоксидантов в зерне овса при употреблении в качестве растворителя горячей бидистиллированной воды имело среднее значение 41,6 мг/100 г, а при элюенте этиловом спирте – 40,8 мг/100 г. При этом средние значения ССА зерна овса при использовании первого элюента для Бейского, Ширинского и Краснотуранского ГСУ имели значения 41,3; 40,8; 42,7 мг/100 г соответственно. При применении 70% этилового спирта для вышеуказанных участков значения соответсвовали 41,1; 40,4; 40,8 мг/100 г. По всем образцам зерна овса значения данного показателя находились в интервале от 29,9 (Тубинский, Бейский ГСУ) до 52,8 (Саян, Ширинский ГСУ) мг/100 г. Можно видеть, что максимальное содержание антиоксидантов в зерне овса (в зависимости от элюента) зарегистрировано в Краснотуранском и Бейском районе, минимальное – в Ширинском. Кроме того, средние значения ССА при экстрагировании бидистиллированной горячей водой были немного выше, чем при использовании 70% этилового спирта.

**Таблица 3**

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния факторов (пункт×генотип) на показатель ССА (элюент горячая бидистиллированная вода) в зерне овса

| Дисперсия | Сумма квадрат. | Степени свободы | Средний квадрат | Вклад факторов в % | $F_ф$ | $F_{0,5}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Общая | 2564,9 | 59 | – | – | – | – |
| Повторений | 1 | 3 | – | – | – | – |
| Пункт | 40,1 | 2 | 20,0 | 3,8 | 31,2 | 3,22 |
| Генотип | 1508,1 | 4 | 377,0 | 72,4 | 587,7 | 2,6 |
| Пункт и Генотип | 988,8 | 8 | 123,6 | 23,7 | 192,6 | 2,17 |
| Остатка (ошибки) | 26,9 | 42 | 0,6 | | | |

**Таблица 4**

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния факторов (пункт×генотип) на показатель ССА (элюент 70 % этиловый спирт) в зерне овса

| Дисперсия | Сумма квадрат. | Степени свободы | Средний квадрат | Вклад факторов в % | $F_ф$ | $F_{0,5}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Общая | 2484,2 | 59 | – | – | – | – |
| Повторений | 4,5 | 3 | – | – | – | – |
| Пункт | 7,4 | 2 | 3,7 | 0,7 | 7,1 | 3,22 |
| Генотип | 1689,3 | 4 | 422,3 | 81 | 817,3 | 2,6 |
| Пункт и Генотип | 761,3 | 8 | 95,2 | 18,3 | 184,2 | 2,17 |
| Остатка (ошибки) | 21,7 | 42 | 0,5 | – | – | – |

При использовании двухфакторного дисперсионного анализа было установлено (табл. 3), что содержание антиоксидантов в зерне овса (элюент горячая бидистиллированная вода), выращенного в 2015 году, в большей степени (72,4 %) определяется генотипом, далее по степени влияния располагаются взаимодействие «пункт × генотип» и «пункт», на долю которых приходится 23,7 и 3,8 % соответственно. Из чего можно заключить, что для исследуемых образцов большое значение при определении образцов с высоким содержанием антиоксидантов в зерне имеет генотип.

Практически схожие результаты были получены при использовании в качестве растворителя 70 % этилового спирта (табл. 4). Основной вклад в формирование ССА внес генотип, что численно составляет 72,4 %. В наименьшей степени данный параметр зависел от территории выращивания (3,8 %). На долю взаимодействия «пункт × генотип» приходилось 23,7 %. Исходя из полученных данных, можно заключить, что основной вклад в формирование исследуемого показателя оказывает генотип овса.

Таким образом, можно заключить, что на суммарное содержание антиоксидантов в зерне овса и ячменя, выращенного в трех географических пунктах, объединенных расположенностью в межгорных котловинах, в большой степени оказывает влияние сорт, особенно для овса. В случае с ячменем вклад фактора «генотип» имеет практически равные значения с «пунктом». Величина признака ССА у исследуемых сортов овса имела значения от 29,9 до 52,8, ячменя от 35,2 до 77,5 мг/100 г, то есть генотипы различались более чем в 2 раза. Оценка сортов изученных нами сельскохозяйственных культур по признаку ССА позволяет выделить популяции, существенно различающиеся по антиоксидантной активности, а целенаправленная селекция по этому показателю – усилить антиокислительный потенциал у овса и ячменя и сделать данные зерновые культуры более стрессоустойчивыми и полезными для питания людей.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования и науки Республики Хакасия (грант № 6-44-190763).*

### Список литературы

1. Акимов Д.Н. Обработка экспериментальных данных полевого опыта с помощью пакета программ Field Expert // Фестиваль исследовательских и творческих работ учащихся «Портфолио» [Электронный ресурс]. – 2-й электрон.опт. диск (DVD). – Сист. требования: 8,7 ГБ. Данный электрон.ресурс – прилож. к кн.: Фестиваль исследовательских и творческих работ учащихся «Портфолио»: в 2 кн. Кн. 2: Сборник описаний работ. – 2006/2007 учебный год. – 719 с.

2. Аниськов Н.И. Технологическая адаптивность сортов голозерного и пленчатого ячменя в условиях Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 1. – С. 36–40.

3. Бординова В.П. Антиоксидантные свойства зерна ячменя, овса, сорго, риса и продуктов их переработки / В.П. Бординова, И.В. Макарова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2011. – № 5–6. – С. 5–7.

4. Воейков А.И. Климаты земного шара, в особенности России. – СПб., 1884. – 641 с.

5. Галачалова З.Н. Некоторые причины физиологической неполноценности семян зерновых культур в Западной

Сибири / З.Н. Галачалова, В.В. Кунгурцева, Т.М. Марусина, Г.А. Махоткина. – М.: Наука, 1967. – С. 49–51.

6. Градобоев Н.Д. Природные условия и почвенный покров левобережной части Минусинской впадины // Почвы Минусинской впадины. – М.: 1954. – С. 7–183.

7. Зятькова, Л.К. Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1977. – 214 с.

8. Кадычегов А.Н. Взаимодействие «генотип-среда»: учебное пособие для студентов. – Абакан: Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 1998. – 28 с.

9. Ковалёва О.Н. Экофизиологическое влияние на содержание низкомолекулярных антиоксидантов в сухих семенах ярового ячменя [электронный ресурс]. – URL: http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/14.pdf Дата обращения 20.06.16.

10. Лучицкий И.В. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского прогиба. – М.: АН СССР, 1960. – 276 с.

11. Broeck H.C. Profiling of Nutritional and Health-Related Compounds in Oat Varieties / H.C. Broeck, D.M. Londono, R. Timmer et al. // Foods. – 2016. – Vol. 5. – № 2. – P. 1–11.

12. Esfandiari E., Shakiba M.R., Mahboob S.A., Alyari H., Shahabivand S. The Effect of Water Stress on the Antioxidant Content, Protective Enzyme Activities, Proline Content and Lipid Peroxidation in Wheat Seedling // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2008. – Vol 11. – № 15. – P. 1916–1922.

13. Horemans, N. Transport and action of ascorbate at the plant plasma membrane / N. Horemans, C.H. Foyer, H. Asard // Trends in Plant Science. – 2000. – Vol. 5. – № 6. – P. 263–267.

14. Li W. An evaluation of theantioxidant properties and aroma quality of infant cereals/W. Li, J.Friel, T. Beta // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 121. – № 4. – P. 1095–1102.

15. Martinia D. Variation of total antioxidant activity and of phenolic acid, total phenolics and yellow coloured pigments in durum wheat (Triticumturgidum L. var. durum) as a function of genotype, crop year and growing area /D. Martinia, F. Taddei, R. Ciccorittiet al. //Journal of Cereal Science. – 2015. – Vol. 65. – № 1. – P.175–185.

16. Masisi K. Antioxidant properties of diverse cereal grains: A review on in vitro and in vivo studies / K. Masisi, T. Beta, M.H. Moghadasian // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 196. –№ 1. – P. 90–97.

17. Zilic S. Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants / S. Zilic, V.H. Sukalovic, D. Dodiget al. // Journal of Cereal Science. – 2011. – Vol. 54. – № 3. – P. 417–424.

18. Joseph B. Development of Salt Stress-tolerant Plants by GeneManipulation of Antioxidant Enzymes / B. Joseph, D. Jini // Asian Journal of Agricultural Research. – 2011. – Vol. 5. – № 1. – P. 17–27.

19. Smirnoff, N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi facetted molecule // Current Opinion in Plant Biology. – 2000. – Vol. 3. – P. 229–235.

УДК 630:551: 614.842

# ЛЕСОПОЖАРНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

**[1]Протопопова В.В., [1,2]Габышева Л.П.**

*[1]ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны» СО РАН, Якутск, e-mail: llp77@yandex.ru;*

*[2]ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск*

В данной статье приведены результаты исследований статистических данных лесного фонда и лесных пожаров на территории Республики Саха (Якутия), природные особенности которой – сочетание многолетней мерзлоты с недостатком атмосферного увлажнения и засушливым климатом – обусловили создание естественных причин для возникновения и распространения лесных пожаров. На их основе разработано уточненное лесопожарное районирование лесного фонда РС (Я), основанное на лесохозяйственном и лесорастительном районировании, а также на более современных данных, включая новое административное деление, данные спутникового мониторинга лесных пожаров. В статье выделены и описаны 4 лесопожарные области и 9 округов, 19 лесничеств лесного фонда республики Саха (Якутия) распределены по выделенным округам и областям. Составлена карта-схема лесопожарного районирования исследуемой территории.

**Ключевые слова: лесной фонд, лесопожарное районирование, лесной пожар, Республика Саха (Якутия)**

# FOREST FIRE ZONING OF FOREST FUND OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

**[1]Protopopova V.V., [1,2]Gabysheva L.P.**

*[1]Institute for biological problems of cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: llp77@yandex.ru;*

*[2]North-Eastern Federal University, Yakutsk*

This article presents the results of statistical studies of the datas of forest fund and forest fires on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia), which is the combination of natural features and permafrost with a lack of atmospheric humidity and dry climate, which leads to the creation of natural causes for the outbreak and spread of forest fires. On this basis, the refined forest fire zoning of the Republic of Sakha (Yakutia) forest fund is developed , based on the forestry and forest vegetation zone, and also on more recent datas, including new administrative division and the data of satellite monitoring of forest fires. In this article forest fire area 4 and 9 districts are identified and described as 19 forestries of the Republic of Sakha (Yakutia), are allocated to the selected districts and areas. The forest fire zoning map-scheme of the study area is compiled.

**Keywords: forest fund, forest fire zoning, forest fire, Republic of Sakha (Yakutia)**

Якутия является одним из наиболее пожароопасных субъектов России и в этой связи одна из важнейших задач ведения лесного хозяйства на территории Якутии – охрана лесов от пожаров. Пожары в лесах Якутии имеют как антропогенные, так и естественные причины возникновения. Природные особенности региона – сочетание многолетней мерзлоты с недостатком атмосферного увлажнения и засушливым климатом – обусловили создание естественных причин для возникновения и распространения лесных пожаров. Роль хозяйственной деятельности человека в возникновении и распространении лесных пожаров особенно усиливается в последние годы.

Общая площадь лесного фонда Республики Саха (Якутия) составляет 256102,7 тыс. га, или 82,5% её территории. Лесистость Республики Саха (Якутия) составляет 51,3%. По всей территории республики преобладают лиственничные леса – 90,5% площади основных лесообразующих пород и 77,6% от всей покрытой лесной растительностью площади республики. Преобладание лиственницы среди основных лесообразующих пород по площади в разрезе лесничеств колеблется от 100% в Жиганском лесничестве до 62% в Ленском лесничестве. Вторая по распространенности порода – сосна (7,3%), и в пределах лесничеств колеблется от 0% в Жиганском и Индигирском лесничествах до 26,4% в Ленском лесничестве.

Отличительная черта лесов Якутии – преобладание светлохвойных пород, которые особенно пожароопасны. Группы типов лесов распределены на территории Якутии довольно неравномерно, поэтому пожарная опасность при прочих равных условиях в отдельных ее частях различна. Экономически территория Якутии также освоена неравномерно. Наибольшее число населенных пунктов сосредоточено в центральных районах, вдоль крупных рек Лена, Вилюй, Алдан, Амга.

Леса Якутии отличаются чрезвычайно высокой горимостью, что определяется особенностью климата и природными условиями региона. Нередко лесные пожары приобретают катастрофический характер. За последние 12 лет на территории республики зарегистрировано более 10000 пожаров. Причины возникновения пожаров разнообразны: более половины от грозовых разрядов и по вине населения – сельхозпалов.

Одним из наиболее пожароопасных регионов является Центральная Якутия. Так, например, в 1955–2010 гг. площадь одного пожара на территории Якутского лесничества была равна 187,8 га, Хангаласского лесничества – 172,4 га, Таттинского – 354,5 га. В среднем за один год регистрировалось соответственно 26,7; 24,1; 14,1 возгорания [4–5].

Под лесопожарным районированием нами понимается разделение территории лесного фонда на однородные части по пирологическим, климатическим, геоморфологическим и лесорастительным условиям и требующим проведения одинаковых противопожарных мероприятий для охраны лесов от пожаров. Для различных регионов СНГ и России разными авторами были предложено лесопожарное районирование для конкретных районов [1, 3, 6, 8] и др.

По лесопожарному районированию гослесфонда России [6], на территории Республики Саха выделены три лесопожарные области – Центрально-Якутская равнинная, Алдано-Майская и Яно-Колымская горные. Более детальное районирование территории Якутии было проведено А.П Яковлевым в 1984 г. [8]. В этой статье, учитывая накопленный опыт, мы предлагаем уточненное лесопожарное районирование, основанное на лесохозяйственном [7] и лесорастительном районировании [2], а также на более современных данных, включая новое административное деление, данные о лесных пожарах за 1952–2015 гг., данные спутникового мониторинга лесных пожаров и т.д.

Для изучения динамики горимости лесов по числу возникающих пожаров и выгоревшей площади использованы материалы по всем лесничествам Республики Саха (Якутии) за последнее десятилетие. Для расчленения территории на отдельные сходные или близкие в пирологическом отношении части все лесничества каждой области по частоте пожаров были разделены на три категории: низкой, средней и высокой степени загораемости. Следующим компонентом лесопирологической характеристики территории является пирологическая оценка климатических особенностей (сезонного хода погоды, обуславливающий сезонное развитие растительности, время начала пожароопасного сезона, продолжительность пожароопасного сезона). При районировании территорий учитывали: различия по частоте возникновения пожаров, фактическую горимость, интенсивность лесопользования, преобладающие породы, рельеф, плотность населения, частоту дорожной сети, перспективы развития хозяйства. В один лесопожарный район относили лесничества, в которых большинство учитываемых признаков были одинаковыми и наоборот, некоторые лесничества имели признаки разных лесопожарных районов.

Мы выделяем 4 лесопожарные области с округами. На карте-схеме представлено лесопожарное районирование (рисунок).

Далее приводится характеристика выделенных лесопожарных областей и округов.

**I. Северо-Западная плоскогорная область**

1. К этой области относится Жиганское лесничество. Характеризуется полого-холмистым и грядово-холмистым рельефом, высота над уровнем моря 350–400 м. Климат холодный, влажный. Лесистость – 40%. Преобладают малопроизводительные (35 м$^3$/га) лиственничники ерниковые моховые, багульниковые моховые. Средний класс пожарной опасности – 3,7. Обнаружение лесных пожаров ведется космическим мониторингом, авиационный способ с применением самолетов не предусматривается. В области сосредоточено 1 пожарно-химическая станция (ПХС).

**II. Центрально-Якутская равнинная область**

Характеризуется равнинным и увалисто-равнинным рельефом, слабо засушливым и очень засушливым климатом, холодной продолжительной зимой. Господствует светлохвойная тайга из лиственницы даурской с незначительным участием сосны. Роль лиственных пород в лесном покрове низка. В качестве интразональной растительности встречаются ельники.

В таблице представлена характеристика пожароопасности лесных округов Республики Саха (Якутия).

*2. Западно-Вилюйский среднетаежный округ.* Относится Мирнинское лесничество. Занимает северо-западную (в пределах Якутии) окраину среднетаежной подзоны. Климат континентальный слабозасушливый. В лесном покрове преобладают малопроизводительные, 50–70 м$^3$/га, лиственничники сырых местопроизрастаний. Встречаются небольшие площади толокнянковых

сосняков и ели сибирской в виде самостоятельных ценозов по долинам рек. Лесистость – 82 %. Лиственничники; сосняки толокнянковые. В составе леса: лиственница Гмелина – 95 %, сосна обыкновенная – 2 %, ель сибирская, береза повислая – < 1 %. Площадь лесного фонда лесничества с четырьмя участковыми лесничествами (Айхальское, Чернышевское, Сюльдюкарское, Мирнинское) равна 16034,9 тыс га. Средний класс пожарной опасности – 3,0. Обнаружение лесных пожаров ведется авиационным способом с применением самолетов и космическим мониторингом. Тушение лесных пожаров осуществляется авиационным и наземным способом.

*Карта-схема лесопожарного районирования территории Республики Саха:*
*I – Северо-Западная плоскогорная область (Жиганское лесничество);*
*II – Центрально-Якутская равнинная область;*
*1 – Западно-Вилюйский среднетаежный округ (Мирнинское лесничество);*
*2 – Средне-Вилюйский среднетаежный округ (Сунтарское, Нюрбинское, Верхневилюйское, Вилюйское, Горное лесничества, юго-западная часть Томпонского лесничества);*
*3 – Центрально-Якутский среднетаежный округ (Якутское, Усть-Алданское, Хангаласское, Мегино-Кангаласское лесничества);*
*4 – Средне-Ленский среднетаежный округ (Алданское, Амгинское, Усть-Майское лесничества);*
*III – Южно-Якутская равнинно-горная область;*
*1 – Юго-Западный Приленский среднетаежный округ (Ленское, Олекминское лесничества);*
*2 – Южно-Алданский горный среднетаежный округ (Алданское, Олекминское, Нерюнгринское лесничества);*
*IV – Яно-Колымская горная область;*
*1 – Верхоянско-Черский горный северотаежный округ (Томпонское лесничество);*
*2 – Колымо-Индигирский плоскогорно-равнинный северотаежный округ. (Индигирское лесничество)*

Характеристика пожароопасности лесных округов РС (Я)

| Лесопожарный округ | Лесничества | Охраняемая площадь, тыс. га | Среднее кол-во пожаров | Средняя площадь пожаров | Загораемость | Относительная горимость на 1 тыс. га |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Западно-Вилюйский среднетаежный | Мирнинское | 16034 | 12,7 | 634 | 0,8 | 0,06 |
| 2. Средне-Вилюйский среднетаежный | Сунтарское | 5296,5 | 2 | 9 | 0,3 | 0 |
| | Нюрбинское | 4894,6 | 2,3 | 11 | 0,4 | 0 |
| | Верхневилюйское | 3803,5 | 9,3 | 18 | 2,4 | 0,06 |
| | Вилюйское | 5114,2 | 10,7 | 5 | 0,9 | 6,2 |
| | Горное | 4371,8 | 2,7 | 329 | 0,6 | 0,08 |
| 3. Центрально-Якутский среднетаежный | Якутское | 1196,0 | 20 | 679 | 1,6 | 0,06 |
| | Хангаласское | 2818,5 | 7 | 27 | 9,6 | 0,01 |
| | Мегино-Кангаласское | 3694,2 | 10,7 | 208 | 2,8 | 0,06 |
| | Усть-Алданское | 1616,8 | 10,3 | 106 | 6,3 | 0,07 |
| 4. Средне-Ленский среднетаежный | Алданское | 15565,9 | 5,7 | 192 | 0,3 | 0,01 |
| | Амгинское | 2811,8 | 6,7 | 59 | 20,9 | 0,02 |
| | Усть-Майское | 9331,9 | 15 | 882 | 0,7 | 0,01 |
| 5. Юго-Западный Приленский среднетаежный | Ленское | 7462,6 | 21,7 | 11323 | 2,9 | 1,6 |
| | Олекминское (юго-западная часть) | 12119,3 | 6 | 250 | 0,4 | 0,01 |
| 6. Южно-Алданский горный среднетаежный | Алданское | 15565,9 | 5,7 | 192 | 0,3 | 0,01 |
| | Олекминское (юго-восточная часть) | 12119,3 | 2 | 70 | 0,1 | 0,01 |
| | Нерюнгринское | 11687,3 | 8 | 56 | 0,6 | 0,01 |
| 7. Верхоянско-Черский горный северотаежный | Томпонское | 45405,1 | 14 | 14019 | 0,3 | 0,83 |
| 8. Колымо-Индигирский плоскогорно-равнинный северотаежный | Индигирское | 49021,9 | 8 | 136 | 0,1 | 0,01 |

*3. Средне-Вилюйский среднетаежный округ.* Относятся Сунтарское, Нюрбинское,

Верхневилюйское, Вилюйское, Горное лесничества. Располагается на аккумулятивной низменной равнине высотой до 200–250 м. Климат континентальный, слабозасушливый, осадков 200–300 мм в год. Лесистость – 85%. Преобладают лиственничники свежих и средневлажных местопроизрастаний; сосняки толокнянковые и брусничные. Леса среднетаежного типа из лиственницы Гмелина – 84%, сосны – 7%, и небольшого количества ели сибирской, березы повислой – < 1%. Средний запас 95 м$^3$/га. Площадь лесного фонда лесничества равна 23480,6 тыс га. Средний класс пожарной опасности – 1,8. Обнаружение лесных пожаров ведется авиационным способом с применением самолетов и космическим мониторингом. Тушение лесных пожаров осуществляется авиационным и наземным способом.

4. *Центрально-Якутский среднетаежный округ.* Относятся Якутское, Нам-

ское, Хангаласское, Мегино-Кангаласское, Амгинское лесничества. Располагается на Центральной-Якутской аккумулятивной низменной равнине с переходом на юге в невысокую пластовую равнину высотой 100–250 м. Климат резко континентальный, засушливый с осадками 190–220 мм в год. Лесистость – 72%. Леса среднетаежного типа из лиственницы Каяндера – 90%, сосны обыкновенная– 9,5%, с очень небольшой примесью ель сибирская, береза повислая – < 1%. Средний запас – 113 м$^3$/га. Преобладают лиственничники сухих и свежих местопроизрастаний (разнотравно-брусничный, лимнасово-брусничный, брусничный); сосняки лишайниковые и толокнянковые; березняки травяные с остепненным элементом (чараны). Средний класс пожарной опасности – 2,95. Обнаружение лесных пожаров ведется авиационным способом с применением самолетов и космическим мониторингом. Тушение лесных пожаров осуществляется авиационным и наземным способом.

5. *Средне-Ленский среднетаежный округ.* Относятся Олекминское, Алданское, Усть-Майское лесничества. Расположен на Среднеленском пластовом плато с переходом на север в невысокую пластовую равнину, высотой 200–400 м. Климат умеренный, влажный с осадками 240–400 мм в год. Лесистость – 85%. Преобладают лиственничники средневлажных, сыроватых и сырых местопроизрастаний; сосняки толокнянковые и брусничные. Средний запас – 121 м$^3$/га. Леса среднетаежного типа из лиственницы Гмелина и Каяндера – 82%, сосны обыкновенной – 10%, с незначительной примесью ели сибирской, березы повислой – < 1%. Площадь лесного фонда лесничества равна 27709,6,6 тыс га. Средний класс пожарной опасности – 2,7. Обнаружение лесных пожаров ведется авиационным способом с применением самолетов и космическим мониторингом. Тушение лесных пожаров осуществляется авиационным и наземным способом.

### III Южно-Якутская равнинно-горная область

*6. Юго-Западный Приленский среднетаежный округ.* Относятся Ленское и Олекминское лесничества. Юго-западная часть среднего течения р Лена. Расположен на пластовом плато высотой 300–500 м над уровнем моря. Климат умеренный, слабозасушливый с осадками 300–400 мм. Лесистость – 93%. Преобладают лиственничники с елью и кедром бруснично-зеленомошные; сосняки брусничные; ельники, кедровники и пихтарники зеленомошные. Средний запас – 131 м$^3$/га. Леса среднетаежного типа из лиственницы сибирской и Гмелина – 63%, сосны обыкновенной – 24%, ели сибирской, кедра сибирского и пихты сибирской – 10%. Площадь лесного фонда лесничества равна 19581,9 тыс га. Средний класс пожарной опасности – 1,8. Обнаружение лесных пожаров ведется авиационным способом с применением самолетов и космическим мониторингом. Тушение лесных пожаров осуществляется авиационным и наземным способом.

*7. Южно-Алданский горный среднетаежный округ.* Относятся Алданское, Олекминское, Нерюнгринское лесничества. Занимает бассейн Алдана в верхнем и среднем течении. Климат умеренный влажный, местами избыточно влажный. Лесистость – 80%. Преобладают горные лиственничники от сухих до влажных местопроизрастаний; сосняки брусничные и толокнянковые; ельники из ели сибирской и ели аянской бруснично-моховые, кедровостланики. Средний запас – 131 м$^3$/га. Леса среднетаежного типа из лиственницы Гмелина и Каяндера – 69%, сосны обыкновенной – 11%, кедровый стланик – 10%, небольшая часть ель сибирская и аянская, березы повислая и каменная – < 1%. Площадь лесного фонда лесничества равна 39372,5 тыс га. Средний класс пожарной опасности – 2,2. Обнаружение лесных пожаров ведется авиационным способом с применением самолетов и космическим мониторингом. Тушение лесных пожаров осуществляется авиационным и наземным способом.

### IV Яно-Колымская горная область

*8. Верхоянско-Черский горный северотаежный округ.* Относится Томпонское лесничество. Занимает северо-восточную горную часть республики, складчатые горы Верхоянского и Черского хребтов высотой до 1000–1500 м. Климат резко континентальный, влажный, засушливый с осадками 120–500 мм в год. Лесистость – 50%. Леса горные северотаежные образованы из лиственницы Каяндера – 90%, с незначительной примесью кедрового стланика – 5%, березы повислой – < 1%. Средний запас – 48 м$^3$/га.

Преобладают лиственничники горные от сухих до сырых местопроизрастаний; кедровостланики. Площадь лесного фонда лесничества равна 45405,1 тыс га. Средний класс пожарной опасности – 3,3. Обнаружение лесных пожаров ведется космическим мониторингом. Тушение лесных пожаров осуществляется авиационным способом.

*9. Колымо-Индигирский плоскогорно-равнинный северотаежный округ*. Относится Индигирское лесничество. Располагается на сильно заболоченной Колымской низменности, высота 100–200 м от уровня моря. Климат континентальный, влажный 150–300 мм в год. Лесистость – 50%. Преобладают лиственничники сырых местопроизрастаний, заболоченные. Леса северотаежные из лиственницы Каяндера – 100% с небольшой примесью березы повислой – < 1%. Площадь лесного фонда лесничества равна 49021,9 тыс. га. Средний класс пожарной опасности – 3,2. Обнаружение лесных пожаров ведется космическим мониторингом.

Таким образом, нами составлена карта-схема лесопожарного районирования исследуемой территории, выделены и описаны 4 лесопожарные области и 9 округов, 19 лесничеств лесного фонда Республики Саха (Якутия).

*Работа выполнена в рамках проектов VI.52.2.8 и II.2П/VI.52-3 программ фундаментальных исследований Президиума РАН.*

**Список литературы**

1. Архипов В.А. Лесопожарное районирование Алма-Атинской области // Горение и пожары в лесу – Красноярск: Институт леса и древесины СО АН СССР, 1984 – С. 30–31.

2. Исаев А.П. Естественная и антропогенная динамика лиственничных лесов криолитозоны (на примере Якутии): автореф. … д-ра биол. наук – Якутск: Якутский научный центр, 2011.

3. Курбатский Н.П., Архипов В.А. Принципы пожарного районирования лесного фонда // Тезисы Первого Всесоюзного совещания по проблеме районирования лесного фонда СССР – Красноярск: 1977 – 120 с.

4. Лыткина Л.П., Протопопова В.В. Лесные пожары как экологический фактор формирования лесов Центральной Якутии // Наука и образование – 2006 – № 2 – С. 50–56.

5. Протопопова В.В., Габышева Л.П. Возникновение лесных пожаров в Центральной Якутии в зависимости от условий погоды // Современные проблемы науки и образования – 2015 – № 4; URL:www.science-education.ru.127-20643.

6. Софронов М.А. Лесопожарное районирование Гослесфонда СССР // Горение и пожары в лесу. Тезисы доклада на Первом Всесоюзном совещании – Красноярск, 1978 – С. 108–109.

7. Щербаков И.П. Лесной покров Северо-Востока СССР – Новосибирск: Наука, 1975 – 344 с.

8. Яковлев А.П. Лесопожарное районирование Якутской АССР // Горение и пожары в лесу – Красноярск, 1984 – С. 28–30.

УДК 631/635:581.6

# КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ АДАПТИВНОГО ГЕНОФОНДА ИЛЬМОВЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВИДОВОГО СОСТАВА ДЕНДРОФЛОРЫ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ

**[1]Семенютина А.В., [2]Подковыров И.Ю., [1]Свинцов И.П.**

*[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации», Волгоград, e-mail: vnialmi@yandex.ru;*

*[2]ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград, e-mail: vnialmi@yandex.ru*

В статье представлены материалы по изучению адаптивного генофонда и видового разнообразия *Ulmus L.* Дано обоснование успешности введения в культуру формового разнообразия рода *Ulmus L.* семейства ильмовые на основе кластерного анализа. Приведены материалы комплексной оценки, выделен адаптивный генофонд, разработана методология повышения биоразнообразия урбоэкосистем засушливого климата. Выявлены закономерности роста и развития, толерантность, представлена совокупность эколого-биологических признаков, которые по группам критериев выделены в кластеры. Объединение качественных и количественных признаков в однородные группы (кластеры) базируется на теоретических предпосылках принадлежности к одной совокупности, выяснении отношений близости, особенности сравниваемых видов, в том числе типах используемых признаков (для качественных – ранги, баллы, для количественных – размеры, количество, доля, частота и др.). На их примере с учётом экологических условий произрастания приведена оценка генетического потенциала ильмовых для расширения их биоразнообразия в урбоэкосистемах засушливого климата.

**Ключевые слова: Ulmus L., интродукция, древесные виды, адаптивный генофонд, интегральная оценка, адаптация, деградированные ландшафты, дендрофлора, кластерный анализ**

# CLUSTER ANALYSIS ELM ADAPTIVE GENE POOL FOR OPTIMIZING THE SPECIES COMPOSITION DENDROFLORA DEGRADED LANDSCAPES

**[1]Semenyutina A.V., [2]Podkovyrov I.Yu., [1]Svintsov I.P.**

*[1]All-Russian Scientific Research Institute of agroforestry, Volgograd, e-mail: vnialmi@yandex.ru;*

*[2]Volgograd State Agricultural University, Volgograd, e-mail: vnialmi@yandex.ru*

In the article presents the results for the study of adaptive gene pool and species diversity of Ulmus L. The substantiation of the success of the introduction to the culture of form diversity genus Ulmus L. elm family, based on cluster analysis. Presents a comprehensive assessment of materials, selected adaptive gene pool, the methodology of enhancing biodiversity urboecosystems arid climate. Revealed patterns of growth and development, tolerance, presented a set of ecological and biological characteristics, which are groups of criteria are allocated into clusters. Combining qualitative and quantitative traits in homogeneous groups (clusters) based on theoretical premises belonging to one set, clarifying the relationship of intimacy, especially compared types, including types used features (for quality – grades, scores for quantitative – the size, the number of share frequency and al.). For example, taking into account their environmental growing conditions give an estimate of the genetic potential of elm to enhance their biodiversity in urban ecosystems arid climate.

**Keywords: Ulmus L., introduction, tree species gene pool of adaptive, integrated assessment, adaptation, degraded landscapes, Dendroflora, cluster analysis**

В крайне засушливых условиях степного Юго-Востока ильмовые насаждения преобладают в составе лесообразующих древесных видов, из которых 1,5 тыс. га занимает *Ulmus pumila* L. (около 78,8 %) [1, 8, 9]. Лесомелиоративный фонд деградированных земель этого региона имеет в основном сложные лесорастительные условия, низкую лесистость и бедный видовой состав естественной дендрофлоры [1, 12, 13]. В этих районах особенно велико значение искусственных ильмовых лесных и озеленительных насаждений [3, 11, 13]. Однако их устойчивость и долговечность, а следовательно, мелиоративная и экологическая эффективность, а также социальная значимость, недостаточно велики [11]. При анализе роста и состояния деревьев представителей этой систематической группы, как наиболее часто встречающихся в защитных насаждениях, было отмечено, что все они характеризуются быстрым ростом и развитием в молодом возрасте, очень ранним вступлением в стадию плодоношения (3–5 лет), быстрым старением [1, 2].

Предельный возраст большинства древесных видов на зональных почвах в сухой степи (южные черноземы, темно-каштановые, каштановые почвы) 30–40 лет. До 50 лет доживают единичные экземпляры

[8, 10, 13]. В полупустыне на светло-каштановых почвах долговечность этих же видов значительно снижается. Максимальный их возраст не превышает 20–30 лет. Даже при близком уровне грунтовых вод в возрасте 45–55 лет у всех видов наблюдается расстройство крон, суховершинность.

Научное обоснование и практическая разработка вопросов оптимизации дендрофлоры деградированных ландшафтов на основе кластерного анализа адаптированного генофонда видов и гибридов из семейства *Ulmaceae* является основой выращивания долговечных лесомелиоративных насаждений в условиях деградированных ландшафтов [6, 7, 11].

Устойчивость урбоэкосистем в засушливых регионах определяется комплексом абиотических факторов, из которых климатические являются наиболее важными [4, 5, 6, 7]. Климат района исследований характеризуется малым количеством осадков, высокими максимальными летними и низкими зимними температурами. Регион отличается холодной зимой, короткой сухой ветреной весной, продолжительным жарким сухим летом, теплой сухой осенью. Повторяемость засух средней и высокой интенсивности составляет 50 % [2, 3, 4, 8].

Важнейшим условием нормального существования, функционирования и продуктивности растений является их влагообеспеченность, которая влияет на ферментативную активность, интенсивность фотосинтеза и дыхания, рост и плодоношение [1, 4, 10, 12].

Для отбора адаптированного генофонда при интродукции растений в условиях почвенной и атмосферной засухи первостепенное значение имеет оценка отношения растений к неблагоприятным факторам среды [6, 7, 9, 10].

**Цель исследований** – разработка критериев кластеров на основе анализа интродукции родового комплекса *Ulmus* в насаждениях Нижнего Поволжья и обоснование перспективности видов для защитного лесоразведения в засушливых условиях.

## Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись различные виды *Ulmus*, произрастающие в составе естественных, искусственных лесных насаждений степного Юго-Востока (Самарская, Саратовская, Волгоградская и Астраханская области), а также дендрологических коллекциях ВНИАЛМИ и Богдинско-Баскунчакского заповедника. На этих объектах были заложены пробные площади с учётом состава, условий произрастания, возраста и модельного участка (табл. 1).

**Таблица 1**

Характеристика объектов исследований

| Шифр | Состав | Тип леса | Год посадки | Квартал/выдел | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Нехаевский межхозяйственный лесхоз, Волгоградская область | | | | | |
| $Н_1$ | 10Во | $Д_2$ | 1965 | 2/4 | Лесничество «Динамо» |
| $Н_2$ | 5Во5Я | $Д_2$ | 1975 | 3/33 | |
| $Н_3$ | 7Я3Во + Б | $Д_2$ | 1965 | 3/38 | |
| $Н_4$ | 8Я2Во | $Д_2$ | 1965 | 3/39 | |
| $Н_5$ | 4Во4Б1Кл1Яб | $Д_2$ | 1950 | 4/32 | |
| $Н_6$ | 5Д5Во | $Д_2$ | 1950 | 4/38 | |
| $Н_7$ | 5Д5Во | $Д_2$ | 1939 | 4/3 | |
| $Н_8$ | 8Вп2Р | $Д_2$ | 1975 | 3/2 | Лесничество «Новые Сормы» |
| $Н_9$ | 7Во1Кл2Гш | $Д_1$ | 1965 | 3/13 | |
| Нижневолжская станция по селекции древесных пород ВНИАЛМИ | | | | | |
| $К_1$ | 10В | $В_0$ | 1975 | | Лесная полоса |
| $К_2$ | 4Д3Во3Я | $В_1$ | 1970 | | Лесная полоса |
| $К_3$ | 9Вгиб1Вп | $А_0$ | 1984 | | Маточно-семенное насаждение |
| $К_4$ | 10Вгиб | $А_1$ | 1975 | | |
| $К_5$ | 5Кз5Я | $В_1$ | 1983 | | Приовражная лесная полоса |

**Окончание табл. 1**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Быковский лесхоз, Волгоградская область | | | | | |
| $Б_1$ | 9Вп1Во | $Д_0$ | 1968 | 14/9 | Приморское лесничество |
| $Б_2$ | 10Вп + Во | $Д_0$ | 1968 | 14/10 | |
| $Б_3$ | 10Я | $Д_0$ | 1981 | – | |
| Волгоградский лесхоз, Волгоградская область | | | | | |
| $В_1$ | 4Вп3Р3Я + Д | $Д_0$ | 1952 | | Государственная лесная полоса Камышин – Волгоград |
| $В_2$ | 9Вп1Гр + Д | $Д_0$ | 1960 | | |
| $В_3$ | 10Вп | $Д_0$ | 1978 | | Кировское лесничество |
| $В_4$ | 10Вгиб | $Д_0$ | 1978 | ЛСП | |
| $В_5$ | 10Вг | $Д_0$ | 2000 | ЛСП | |
| $В_6$ | 10Вгиб | $Д_0$ | 2000 | ЛСП | |
| $В_7$ | | $Д_0$ | 1997–2000 | Архив семей и клонов | |
| Октябрьский лесхоз, Волгоградская область | | | | | |
| $О_1$ | 10Вп | $Д_0$ | 1960 | | Абганеровское лесничество |
| Богдинско-Баскунчакский заповедник, Астраханская область (Бывш. Богдинская НИАГЛОС) | | | | | |
| $А_1$ | 10Вп | $В_0$ | 1952 | | Лесная полоса |
| $А_2$ | 10Бер | $В_0$ | 1976 | | Лесная полоса |
| $А_3$ | 6Во4Д | $В_0$ | 1976 | | Лесная полоса |
| $А_4$ | 10Вп | $В_0$ | 1958 | | Древесный зонт |

Методика исследований базировалась на анализе литературных и ведомственных источников, собственных данных экспериментальных и полевых наблюдений. Сравнительную оценку климатических ресурсов проводили по зонам. Район исследований располагается в пределах сухостепной, полупустынной и пустынной зон, где климатические условия далеко не равноценны [1, 6, 8]. Сбор материалов проводился по выделенным результативным признакам с составлением матриц сходства для каждой пары сравниваемых объектов (виды, формы, гибриды). Качественные (засухоустойчивость, зимостойкость и др.) и количественные (рост, развитие) типы признаков определялись по типовым методикам с учётом элементов биологического потенциала видов [4, 5, 7, 12]. Математическая обработка результатов осуществлялась в прикладных программах MS Exel и Statistica с использованием малых массивов данных наблюдений, которые объединялись в однородные кластеры [11, 13].

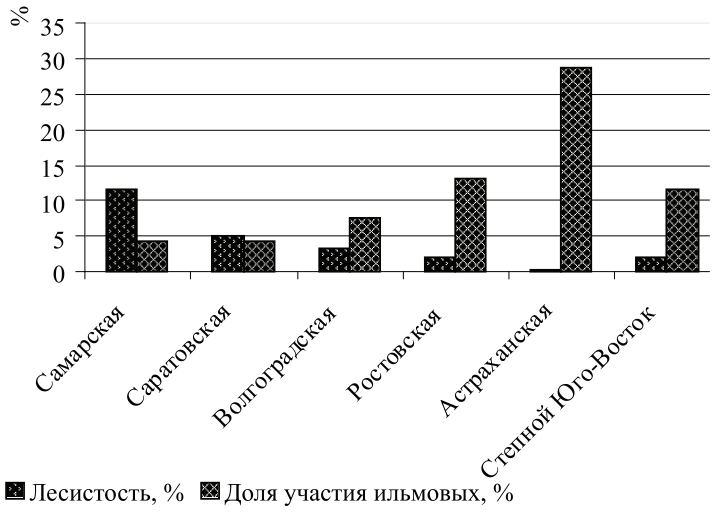



*Рис. 1. Соотношение площадей по лесистости и доли участия ильмовых (%)*

## Результаты исследования и их обсуждение

Агроклиматические ресурсы районов введения растений в культуру значительно отличаются от ареалов естественного распространения видов. Необходимо отметить, что чем больше сходство климата, тем успешнее происходит адаптация растений в новых условиях. Кластерный анализ на основании расчёта евклидовых расстояний позволяет провести сравнение пунктов интродукции с ареалами естественного произрастания исследуемых видов по сходству климатических характеристик [6, 11, 13].

Соотношение площадей по лесистости и доли участия ильмовых дает полное представление о наличии и распространении ильмовых в лесах степного Юго-Востока ЕТР.

Микрорельеф местности и комплексность почвенного покрова привели к формированию неоднородного продольного профиля лесных полос (табл. 2).

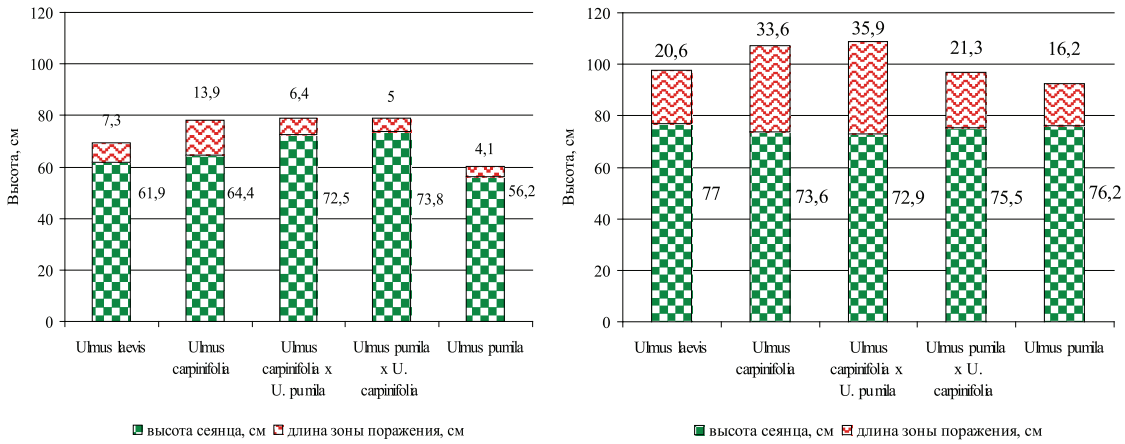
Таксационные показатели и состояние всех видов с ухудшением лесорастительных условий снижаются. Лучшими показателями роста отличались гибриды вяза. Сохранились посадки вяза гладкого и береста. Вяз гладкий сохранился только на лучших участках, а берест и в худших условиях. Эти виды вяза можно рекомендовать для широкого применения в производстве. Вяз приземистый подмерз в 1971/72 годах, а его порослевое поколение в возрасте 28 лет суховершинит.

**Таблица 2**

Таксационные показатели ильмовых в различных экологических условиях (Астраханская обл., почвы бурые полупустынно-степные супесчаные)

| Виды *Ulmus* на объектах исследования | I группа лесопригодности* | | | III группа лесопригодности | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Высота, м | Диаметр, см | Состояние, балл | Высота, м | Диаметр, см | Состояние, балл |
| *Ulmus pumila* (год посадки 1956 г.) | 4,4 | 9,5 | 2,5 | 4,2 | 8,4 | 2,5 |
| *Ulmus pumila×U. carpinifolia* (год посадки 1956 г.) | 10,3 | 26,6 | 4,7 | 7,3 | 22,7 | 3,3 |
| *Ulmus carpinifolia* (год посадки 1925 г.) | 7,3 | 23,2 | 4,4 | 7,0 | 20,4 | 4,1 |
| *Ulmus laevis* (год посадки 1925 г.) | 7,8 | 24,0 | 3,5 | – | – | – |

Примечание. * – группы лесопригодности почв выделены по классификации В.М. Кретинина [2].




а б

*Рис. 2. Развитие графиоза у сеянцев ильмовых при влажности почвы 40% от НВ (а) и 60% от НВ (б)*

Ильмовые обладают достаточно широкой нормой реакции к факторам среды, что позволяет им произрастать в суровых почвенно-климатических условиях. Устойчивость видов определяют лимитирующие факторы: засуха, морозы, засоление почв, графиоз. Отношение ильмовых к этим факторам определялось в вегетационных опытах и полевых исследованиях (наименьшая существенная разность для 5%-ного уровня значимости составила 3,4–11,5%). Развитие графиоза определялось в разных условиях увлажнения. На первом варианте влажность почвы поддерживалась на уровне 40% от НВ, во втором – 60% от НВ. Заражение производилось культурой гриба. Результаты опыта приведены на рис. 2.

Наиболее устойчивыми оказались *Ulmus pumila* и *Ulmus pumila×U. carpinifolia* с преобладанием его признаков по сравнению с *U. carpinifolia* и *U. laevis*. Во влажных условиях болезнь развивается интенсивнее. При полевых обследованиях ильмовых насаждений в сухих условиях степи графиоз не обнаружен. Интегральная оценка позволила ранжировать виды по устойчивости (табл. 3).

Наивысший средний балл имеет вяз гибридный. Менее устойчив *U. carpinifolia* из-за чувствительности к графиозу. Чувствительность к графиозу и сравнительно низкая засухоустойчивость отодвинули *U. laevis* на третье место. *Ulmus pumila* получил низший ранг из-за недостаточной морозоустойчивости. Успешное выращивание видов возможно там, где соответствуют биологические требования видов, гибридов и форм условиям среды.

С целью оценки перспективности генофонда необходимо использовать матрицы первоначальных данных для объединения видов в однородные группы. Выбор переменных в кластерном анализе является важным шагом в процессе исследования родового комплекса растений, но, к сожалению, наименее разработанным. Основная проблема состоит в том, чтобы найти ту совокупность признаков, которая наилучшим образом отражает понятие сходства выбранных для изучения таксономических единиц. Теоретическим базисом для выбора признаков являются следующие положения:

– анализ климатических факторов пунктов в пределах ареала и культивирования видов;

– сравнительная оценка видов по таксационным показателям кроны и ствола на основании экспериментальных и литературных данных;

– комплексная эколого-физиологическая оценка устойчивости и адаптивности, позволяющая выявить уровень экологической пластичности изучаемой группы растений;

– оценка хозяйственной пригодности видов, гибридов, форм для защитного лесоразведения и озеленения в условиях деградированных земель.

Два объекта идентичны, если описывающие их переменные принимают одинаковые значения. В этом случае расстояние между ними равно нулю. Меры расстояния обычно не ограничены сверху и зависят от выбора шкалы (масштаба) измерений. Одним из наиболее известных расстояний является евклидово расстояние (табл. 4).

**Таблица 3**

Интегральная оценка видов и гибридов ильмовых

| Систематическая группа | Устойчивость, баллы | | | | Ранг |
|---|---|---|---|---|---|
| | к засухе | к засолению | к морозу | к графиозу | |
| Ulmus *pumila* | 3,0 ± 0,13 | 3,2 ± 0,14 | 0,9 ± 0,02 | 4,8 ± 0,21 | 4 |
| *Ulmus pumila×U. carpinifolia* | 3,5 ± 0,14 | 3,3 ± 0,12 | 3,0 ± 0,14 | 4,3 ± 0,19 | 1 |
| *Ulmus carpinifolia* | 3,8 ± 0,13 | 3,5 ± 0,15 | 3,0 ± 0,13 | 3,4 ± 0,14 | 2 |
| *Ulmus laevis* | 3,0 ± 0,14 | 3,9 ± 0,17 | нет данных | 3,1 ± 0,13 | 3 |

**Таблица 4**

Степень морфологического сходства у видов *Ulmus* L.
на основе расчета евклидовых расстояний

| Виды *Ulmus* L. | *U. laevis* | *U. pumila* | *U. androssowii* | *U. carpinifolia* |
|---|---|---|---|---|
| *U. laevis* | 3,74 | | | |
| *U. pumila* | 4,65 | 3,42 | | |
| *U. androssowii* | 3,83 | 3,35 | 1,73 | |
| *U. carpinifolia* | 3,79 | 3,32 | 2,18 | 2,88 |

**Таблица 5**

Границы классов с минимальными и максимальными значениями критериев

| Индекс критерия | Критерии кластеров | Градации значений признаков и границы классов | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| *Эколого-физиологические особенности* | | | | | | | | | | | |
| ВД | водный дефицит листьев в период засухи, % | < 5 | 6–10 | 11–15 | 16–20 | 21–25 | 26–30 | 31–35 | 36–40 | 41–45 | > 46 |
| ВЭ | состояние коллоидно-осмотических свойств протоплазмы по относительному выходу электролитов | < 0,5 | 0,6–0,1 | 0,11–0,15 | 0,16–0,20 | 0,21–0,25 | 0,26–0,30 | 0,31–0,35 | 0,36–0,40 | 0,41–0,45 | > 0,46 |
| *Таксационная характеристика* | | | | | | | | | | | |
| Н | высота ствола, м | < 1 | 1,1–3,5 | 3,6–6,0 | 6,1–8,5 | 8,6–11,0 | 11,1–13,5 | 13,6–16,0 | 16,1–18,5 | 18,6–21,0 | > 21,1 |
| D | диаметр ствола, см | < 10 | 10,1–14,0 | 14,1–18,0 | 18,1–22,0 | 22,1–26,0 | 26,1–30,0 | 30,1–34,0 | 34,1–38,0 | 38,1–42,0 | > 42,1 |
| DK | диаметр кроны, м | < 1 | 1,1–3,5 | 3,6–6,0 | 6,1–8,5 | 8,6–11,0 | 11,1–13,5 | 13,6–16,0 | 16,1–18,5 | 18,6–21,0 | > 21,1 |
| П | прирост побегов, см | < 10 | 11–30 | 31–50 | 51–70 | 71–90 | 91–110 | 111–130 | 131–150 | 151–170 | > 171 |
| *Репродуктивная способность* | | | | | | | | | | | |
| Ц | число цветов (соцветий) на метр-ветку | < 10 | 11–35 | 36–60 | 61–85 | 86–110 | 111–135 | 136–160 | 161–185 | 186–210 | > 211 |
| ЧП | число плодов (соплодий) на метр-ветку | < 10 | 11–35 | 36–60 | 61–85 | 86–110 | 111–135 | 136–160 | 161–185 | 186–210 | > 211 |
| У | урожайность семян (плодов) с растения, г | < 100 | 101–600 | 601–1100 | 1101–1600 | 1601–2101 | 2101–2600 | 3101–3600 | 3601–4100 | 4101–4600 | > 4601 |
| Д | доброкачественность семян, % | < 10 | 11–20 | 21–30 | 31–40 | 41–50 | 51–60 | 61–70 | 71–80 | 81–90 | > 91 |
| *Декоративность растений (по методике ВНИАЛМИ)* | | | | | | | | | | | |
| ФК | форма кроны | < 8,4 | 8,5–16,9 | 17,0–25,4 | 25,5–33,9 | 34,0–42,4 | 42,5–50,9 | 51,0–59,4 | 59,5–67,9 | 68,0–76,4 | > 76,5 |
| ОЛ | окраска листвы в течение вегетационного периода | < 1 | 1,1–6,0 | 6,1–12,0 | 12,1–18,0 | 18,1–24,0 | 24,1–30,0 | 30,1–36,0 | 36,1–42,0 | 42,1–48,0 | > 48,1 |
| ПЦ | продолжительность цветения | < 1 | 1,1–6,0 | 6,1–12,0 | 12,1–18,0 | 18,1–24,0 | 24,1–30,0 | 30,1–36,0 | 36,1–42,0 | 42,1–48,0 | > 48,1 |
| ОЦ | окраска цветов | < 1 | 1,1–6,0 | 6,1–12,0 | 12,1–18,0 | 18,1–24,0 | 24,1–30,0 | 30,1–36,0 | 36,1–42,0 | 42,1–48,0 | > 48,1 |
| ОП | окраска плодов | < 1 | 1,1–8,2 | 8,3–15,4 | 15,5–22,6 | 22,7–29,8 | 29,9–37,0 | 37,1–44,2 | 44,3–51,4 | 51,5–58,6 | > 58,7 |
| ООЛ | осенняя окраска листьев | < 1 | 1,1–4,6 | 4,7–8,2 | 8,3–11,8 | 11,9–15,4 | 15,5–19,0 | 19,1–22,6 | 22,7–26,2 | 26,3–29,8 | > 29,9 |

Для обоснования критериев кластеров использовались их нормированные значения (шкалы, масштаб, измерение). Градация значений признаков определена в пределах 0…1. Размер класса по каждому критерию рассчитывался по формуле

$$R = (X_{max} - X_{min})/10 - 0{,}1,$$

где $X_{max}$ и $X_{min}$ – максимальное и минимальное значения по каждому критерию.

Границы классов выявлены минимальными и максимальными значениями каждого критерия (табл. 5).

Комплексная оценка кластеров по критериям даёт возможность анализа и выявления биологического потенциала растений в новых для них условиях существования (табл. 6).

Юго-Восток ЕТР отличается тяжёлыми почвенно-климатическими условиями: частое повторение засух, суховеев, морозных зим, недостаточное количество осадков, засоление и солонцеватость почв. Эти факторы являются причиной неудовлетворительного современного состояния древесных видов, их плохого роста и низкой долговечности. Исследованиями выявлены резервы повышения устойчивости и долговечности искусственных насаждений в регионе. Важнейшим из них является дифференцированное использование ассортимента деревьев и кустарников в зависимости от природных зон и лесорастительных условий региона и оценки биологического потенциала на основе кластерного метода.

**Таблица 6**

Комплексная оценка видов рода *Ulmus* L. по критериям кластеров

| Индекс критерия | Виды родового комплекса *Ulmus* L. и их показатели по критериям кластеров | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *laevis* | *pumila* | *androssowii* | *carpinifolia* | *carp.* var. argenteo variegata | *carp.* var. suberosa |
| *Эколого-физиологические особенности* | | | | | | |
| ВД | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| ВЭ | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| *Таксационная характеристика* | | | | | | |
| Н | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 |
| D | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| DК | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| П | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |
| *Репродуктивная способность* | | | | | | |
| Ц | 0,8 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 0,5 |
| ЧП | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,3 |
| У | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,3 |
| Д | 0,9 | 0,8 | 0,1 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| *Декоративность растений* | | | | | | |
| ФК | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,8 |
| ОЛ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,1 |
| ПЦ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ОЦ | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ОП | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| ООЛ | 0,6 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,3 |

Таким образом, объединение качественных и количественных признаков в однородные группы (кластеры) базируется на теоретических предпосылках принадлежности к одной совокупности, выяснении отношений близости, особенности сравниваемых видов, в том числе типах используемых признаков (для качественных – ранги, баллы, для количественных – размеры, количество, доля, частота и др.). На их примере, с учётом экологических условий произрастания необходимо проводить оценку и подбор генофонда древесных растений для расширения их биоразнообразия в агро- и урбоэкосистемах аридных регионов России.

### Список литературы

1. Дендрофлора лесомелиоративных комплексов / А.В. Семенютина; под ред. И.П. Свинцова. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – 266 с.

2. Кретинин В.М. Лесопригодность почв агролесомелиоративных районов // Лесомелиорация и ландшафт: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. – Вып. 1(105). – С. 50–59.

3. Кулик К.Н., Свинцов И.П., Семенютина А.В. Эколого-экспериментальная интродукция хозяйственно-ценных растений для агролесомелиорации // Доклады РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 19–23.

4. Методические указания по семеноведению древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны / А.В. Семенютина и др. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 56 с.

5. Свинцов И.П. Научные основы и технологии мелиорации песчаных пустынь // Опустынивание и деградация почв: материалы междунар. науч. конф. – М., 1999. – С. 452–462.

6. Свинцов И.П., Семенютина В.А. Методологические основы изучения растительных организмов в условиях интродукции // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки. – 2014. – № 9–10. – С. 42–47.

7. Свинцов И.П., Семенютина В.А. Оценка влияния комплекса экологических факторов на интродукционную устойчивость древесных растений // Наука. Мысль. – 2014. – № 1. – Ч. 2. – С. 9–13.

8. Семенютина А.В. Лесомелиорация и обогащение дендрофлоры аридных регионов России: диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук // Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН. – Волгоград, 2005.

9. Семенютина А.В. Стратегия сохранения и непрерывного использования дендрологических ресурсов в Нижнем Поволжье // Hortus botanicus. – 2001. – № 1. – С. 110–111.

10. Семенютина А.В. Эколого-биологические особенности интродуцированных видов рода Crataegus L. и перспективы их использования в Нижнем Поволжье: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук // Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН. – Волгоград, 1980.

11. Семенютина А.В., Подковыров И.Ю., Таран С.С. Эффективность использования кластерного метода при анализе декоративных достоинств озеленительных насаждений // Глобальный научный потенциал. – 2014. – № 7 (40). – С. 48–51.

12. Bioecological justification assortment of shrubs for landscaping urban landscapes / A.V. Semenyutina, S.M. Kostyukov. – Accent graphics communications. – Montreal, QC, Canada, 2013. – 164 p.

13. Semenyutina A.V. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects decorative advantages / A.V. Semenyutina, I.U. Podkovyrov, V.A. Semenyutina / Life Science Journal. – 2014. – 11(12s). – P. 699–702.

УДК 633.112.9: 631.53.04

# РАЗРАБОТКА НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

**Султанов Ф.С., Габдрахимов О.Б.**

*ФГБНУ «Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Пивовариха, e-mail: gnu_iniish@mail.ru*

Нормы высева, сроки посева и дозы минеральных удобрений оказывают значительное влияние на рост и развитие растений, сроки созревания и урожайность озимой тритикале. С повышением нормы высева с 4,0 до 8,0 млн всхожих семян на гектар увеличивается количество продуктивных стеблей, но снижается коэффициент кущения, длина и продуктивность колоса, масса 1000 зёрен. При посеве в третьей декаде августа всходы её появляются через 7–8 дней, а 5, 10 и 15 сентября – на 2, 6, 8 дней позже соответственно. В посевах, проведённых 10 и 15 сентября, растения уходят в зиму в фазе всходов, их кущение происходит весной, они отстают в росте и развитии, формируют более низкий урожай по сравнению с ранними сроками. Применение минеральных удобрений способствует увеличению сохранности растений во время перезимовки, их более интенсивному росту и развитию в период вегетации. С повышением доз удобрений увеличивается количество продуктивных стеблей, число зёрен в колосе, их масса и урожайность. Из-за дороговизны туков растёт себестоимость зерна, снижается рентабельность, но в связи с повышением урожайности увеличивается чистая прибыль. Более высокую урожайность и лучшие экономические показатели обеспечивают посевы, проведённые 20–25 августа с нормой высева 6 млн всхожих семян на гектар и при применении минеральных удобрений в дозе $N_{75}P_{30}K_{45}$.

**Ключевые слова: норма высева, срок посева, доза минеральных удобрений, полевая всхожесть, структура урожайности, качество зерна и семян, урожайность, экономическая эффективность**

# ELABORATION OF SOME TECHNOLOGICAL ELEMENTS OF WINTER TRITICALE CULTIVATION UNDER CONDITIONS OF PRE-BAIKAL REGION

**Sultanov F.S., Gabdrakhimov O.B.**

*Irkutsk Scientific Research Institute of Agriculture, Pivovarikha, e-mail: gnu_iniish@mail.ru*

Seeding rates, sowing terms and doses of mineral fertilizers make a significant effect on growth and development of plants, ripening periods and yields of winter triticale. With the rise of seeding rate from 4,0 to 8,0 mln. germinal seeds per hectare the number of productive stems increases, but the tillering coefficient, length and productivity of kernel and weight of 1000 grains reduce. When sown in the third decade of August, the seedlings of triticale emerge in 7–8 days, and on 5, 10 and 15, September – by 2, 6, 8 days later, correspondingly. In sowings made on 10 and 15, September the plants come into winter in the phase of seedlings, their tillering takes place in spring, they delay in growth and development and give lower yield in comparison to earlier terms. The application of mineral fertilizers promotes to better preservation of plants during winter period, their more intensive growth and development throughout vegetation period. Increasing doses of fertilizers raise the amount of productive stems, the number of grains in a kernel, their weight and yields. Due to expensiveness of fertilizers, prime cost of grain grows up, profitability reduces, but, in connection to yield rise, pure income enlarges. Higher yields and the best economic values are provided with sowings made on 20–25, August using seeding rate 6 mln. germinal seeds per hectare and applying mineral fertilizers in the dose $N_{75}P_{30}K_{45}$.

**Keywords: seeding rate, sowing term, dose of mineral fertilizers, field germination, yield structure, quality of grain and seeds, yielding capacity, economic efficiency**

Озимая тритикале – довольно новая, но перспективная сельскохозяйственная культура в связи с тем, что она обладает многими полезными биологическими и хозяйственными свойствами, такими как зимостойкость, слабая восприимчивость к грибковым заболеваниям, высокая продуктивность, качество зерна и зелёной массы [3, 7]. Современные сорта её обеспечивают 7–10 т/га зерна и 35–50 т/га зелёной массы. Некоторые из них по содержанию белка и незаменимых аминокислот превосходят пшеницу [2, 8].

Результаты исследований, проведённых в разных регионах страны, показывают, что продуктивность тритикале в значительной степени зависит от элементов технологии возделывания, прежде всего от норм высева, сроков посева и доз минеральных удобрений [5, 9, 10]. По этим вопросам нет единого мнения. Одни исследователи рекомендуют проводить посев в ранние сроки с повышенными нормами высева, другие, наоборот, в более поздние сроки [1, 6].

Относительно применяемых доз минеральных удобрений большинство исследователей отмечают, что на почвах с высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия экономически целесообразно вносить только азотные удобрения в дозах 30–60 кг д. в. на гектар в весеннюю подкормку. На почвах с низким содержанием

подвижных форм фосфора и калия следует применять полное минеральное удобрение в дозе $N_{60}P_{30}K_{60}$ перед посевом плюс $N_{30}$ весной [1, 4].

В условиях Прибайкалья эти вопросы изучены недостаточно. Отсутствие технологии возделывания сдерживает распространение в регионе этой ценной культуры.

**Цель исследований** – установить оптимальные нормы высева, сроки посева и дозы минеральных удобрений для разработки ресурсосберегающей технологии возделывания озимой тритикале в условиях Прибайкалья.

В **задачи** исследований входило изучение влияния норм высева, сроков посева и доз минеральных удобрений на рост и развитие растений, структуру урожайности, качество зерна и семян, урожайность и экономическую эффективность.

## Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводились на опытном поле Иркутского НИИСХ в 2011–2014 годах. В опыте по изучению норм высева посев озимой тритикале проводился 20 августа с нормами высева от 4,0 до 8,0 млн/га всхожих семян с интервалом 0,5 млн/га. В опыте по исследованию оптимальных сроков посева тритикале высевали с 20 августа по 15 сентября с интервалом 5 дней. В опыте с минеральными удобрениями посев осуществляли 20 августа с нормой высева 6,0 млн/га. Для закладки опытов использовался сорт Алтайская 5.

Почва опытного участка серая лесная, тяжелосуглинистая; в пахотном слое (0–20 см) содержание гумуса составляет 4,2–4,8 %, $P_2O_5$ – 9,0–11,8 и $K_2O$ – 8,3–9,7 мг/100 г почвы по Кирсанову, pHсол – 4,4–5,0, сумма поглощённых оснований 21,4–24,0 мг – экв./100 г, степень насыщенности основаниями – 69,5–76,2 %.

Предшественник – пар. Система обработки почвы общепринятая для лесостепной зоны. Площадь делянок 75 м$^2$, повторность 4-кратная.

Осенью определялась полевая всхожесть семян, высота растений и фаза развития тритикале; зимой – сохранность растений, высота снежного покрова, температура почвы в зоне узла кущения; весной – количество сохранившихся растений. В течение вегетации велись фенологические наблюдения. Перед уборкой определялась структура урожайности. Учёты урожая зерна проводились в фазе полной спелости комбайном «Сампо 500».

Погодные условия за годы проведения исследований были неодинаковыми. Вегетационные периоды 2011–2012 гг. по теплообеспеченности и запасам продуктивной влаги в почве оказались близки к среднемноголетним показателям, а в 2013–2014 гг. май и июнь были засушливыми.

## Результаты исследований и их обсуждение

В посевах, проведённых с 20 по 31 августа, всходы тритикале появились через 7–8 дней после посева, а при посеве 5, 10, 15 сентября – на 3, 6, 8 дней позже соответственно. В августовских посевах полевая всхожесть семян составила 68,0–72,0 %, в более поздних сроках – 61,7–63,4 %. С повышением нормы высева с 4,0 до 8,0 млн шт./га количество растений в 1 м$^2$ увеличилось на 251 шт., или на 84,9 %. В посевах ранних сроков перед уходом в зиму высота растений достигала 15–17 см, они находились в фазе кущения. В посевах, выполненных 10 и 15 сентября, растения не успели раскуститься и ушли в зиму в фазе всходов.

Агроклиматические условия осени и зимы за годы проведения исследований оказались благоприятными для перезимовки озимых культур. Температура почвы в зоне узла кущения не опускалась ниже –13 °С. Высота снежного покрова составила 38,5–63,0 см. В зимне-весенний периоды гибель растений составила 12,8–16,0 %.

При перезимовке внесённые минеральные удобрения способствуют увеличению сохранности растений на 4,9–9,2 %.

Весеннее отрастание растений началось в третьей декаде апреля, наибольшее их количество (538 шт./м$^2$) оказалось в посевах с нормой высева 8,0 млн всхожих семян на гектар.

Нормы высева, сроки посева и дозы минеральных удобрений оказывают значительное влияние на рост и развитие растений и сроки созревания тритикале. Различия этих показателей начинают проявляться в фазе выхода в трубку. В посевах с увеличением нормы высева снижается высота растений на 6,5–14,3 см и сокращаются сроки созревания на 1–3 дня.

В посевах, проведённых 10 и 15 сентября, кущение растений происходит весной, они отстают в росте и развитии по сравнению с растениями ранних сроков посева. При посеве 20–30 августа их вегетационный период составляет 343–348 дней, а 10 и 15 сентября – на 10–12 дней дольше.

С увеличением доз минеральных удобрений в посевах растения становятся выше на 3,6–13,8 см, но при этом удлиняются сроки их созревания на 2–4 дня.

По результатам определения структуры урожайности установлено, что с повышением нормы высева увеличивается количество продуктивных стеблей, но снижаются такие показатели, как продуктивная кустистость, длина стебля, продуктивность колоса и масса 1000 зёрен. Так, с повышением нормы высева с 4,0 до 8,0 млн шт./га уменьшилась длина соломины на 14,3 см, число зёрен в колосе – на 7 шт., масса 1000 зёрен – на 4,8 г.

В посевах 1-го и 2-го сроков количество продуктивных стеблей было больше на 121–13 шт./м$^2$, чем в посевах 6-го срока, к тому же в них выше продуктивность колоса на 14,2–17,3 % и масса 1000 зёрен – на 4,1–4,6 г.

При внесении минеральных удобрений возрастает количество продуктивных стеблей на 7–21 шт./м$^2$, число зёрен с каждого колоса – на 2–5 шт., а масса 1000 зёрен – на 1,3–4,1 г.

В посевах с увеличением нормы высева с 4,0 до 6,0 млн. шт./га урожайность повышается на 0,9 т/га, или на 29,0 % (табл. 1). Дальнейшее повышение нормы высева не обеспечивает достоверного роста урожайности, но при этом несколько повышается содержание сырого протеина в зерне и всхожесть семян.

Результаты экономических расчётов показывают, что повышение норм высева ведёт к увеличению затрат на производство зерна озимой тритикале, но рост урожайности покрывает эти затраты и способствует получению большей чистой прибыли. Более высокая чистая прибыль, рентабельность и низкая себестоимость зерна получена в посевах с нормой высева 6,0 млн шт./га.

Сроки посева оказывают существенное влияние на урожайность, качество зерна и семян озимой тритикале, а также на экономические показатели (табл. 2). Наиболее высокая урожайность получена в посевах, проведённых 25 августа, чуть ниже – 20 августа. Самая низкая урожайность выявлена в посевах последнего срока (15 сентября).

**Таблица 1**

Влияние норм высева озимой тритикале на урожайность, качество зерна и семян и экономические показатели (среднее за 2012–2014 гг.)

| Норма высева семян, млн шт./га | Урожайность, т/га | Содержание сырого протеина, % | Всхожесть семян, % | Себестоимость зерна, ₽/т | Условно чистая прибыль, ₽/га | Рентабельность, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,0 | 3,10 | 15,1 | 93 | 3309,3 | 8341,5 | 81,3 |
| 4,5 | 3,28 | 15,2 | 94 | 3297,5 | 8864,2 | 81,9 |
| 5,0 | 3,49 | 15,5 | 94 | 3141,1 | 10006,5 | 91,0 |
| 5,5 | 3,79 | 15,5 | 95 | 3044,8 | 10960,1 | 95,0 |
| 6,0 | 4,00 | 15,9 | 96 | 2974,5 | 12102,4 | 101,7 |
| 6,5 | 4,01 | 16,0 | 96 | 3072,5 | 11739,0 | 95,3 |
| 7,0 | 3,98 | 15,8 | 97 | 3187,4 | 11222,3 | 88,3 |
| 7,5 | 3,99 | 15,6 | 97 | 3294,7 | 10767,1 | 82,1 |
| 8,0 | 3,89 | 15,5 | 98 | 3472,0 | 9834,0 | 72,8 |

Примечание. $НСР_{05}$ 0,26.

**Таблица 2**

Влияние сроков посева озимой тритикале на урожайность, качество зерна и семян и экономические показатели (среднее за 2012–2014 гг.)

| Срок посева | Урожайность, т/га | Содержание сырого протеина, % | Всхожесть семян, % | Себестоимость зерна, ₽/т | Условно чистая прибыль, ₽/га | Рентабельность, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 августа | 4,15 | 16,2 | 98,1 | 2785,3 | 13341,3 | 115,4 |
| 25 августа | 4,31 | 16,1 | 97,3 | 2745,2 | 14028,0 | 118,5 |
| 30 августа | 3,40 | 15,4 | 95,2 | 3520,9 | 8429,4 | 70,4 |
| 5 сентября | 3,13 | 15,2 | 91,4 | 3792,9 | 6908,1 | 58,2 |
| 10 сентября | 2,75 | 14,6 | 86,1 | 4300,3 | 4674,0 | 39,5 |
| 15 сентября | 2,34 | 14,5 | 84,5 | 5067,9 | 2181,4 | 18,4 |

Примечание. $НСР_{05}$ 0,23.

**Таблица 3**

Действие минеральных удобрений на урожайность, качество зерна и семян озимой тритикале и экономические показатели (среднее за 2012–2014 гг.)

| Вариант | Урожайность, т/га | Содержание сырого протеина, % | Всхожесть семян, % | Себестоимость зерна, ₽/т | Условно чистая прибыль, ₽/га | Рентабельность, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Без удобрений (контроль) | 2,74 | 14,3 | 97,1 | 3557,7 | 6691,9 | 68,6 |
| $N_{30}$ | 3,02 | 15,4 | 96,2 | 3626,8 | 7166,9 | 65,4 |
| $N_{45}$ | 3,16 | 15,8 | 96,0 | 3662,9 | 7385,0 | 63,8 |
| $N_{60}$ | 3,32 | 16,3 | 95,1 | 3672,8 | 7726,3 | 63,4 |
| $N_{60}P_{30}$ | 3,41 | 16,2 | 97,5 | 4075,1 | 6564,0 | 47,2 |
| $N_{60}P_{30}K_{45}$ | 3,66 | 16,5 | 97,8 | 4087,8 | 6998,6 | 46,8 |
| $N_{60}P_{30}K_{45} + N_{30}$ весной | 3,86 | 16,9 | 95,8 | 4178,2 | 7032,0 | 43,6 |
| $N_{75}P_{30}K_{45}$ | 3,88 | 16,7 | 96,0 | 3991,0 | 7794,7 | 50,3 |
| На планируемый урожай 3,5 т/га | 3,72 | 16,4 | 96,7 | 4093,1 | 7093,8 | 46,6 |

Примечание. $НСР_{05}$ 0,23.

В поздних сроках посева снижается не только урожайность, но и качество зерна и семян. Зерно, полученное из ранних сроков посева, было крупнее, содержание протеина в нем на 1,6–1,7 % выше, чем в последних сроках посева. Семена, полученные из августовских посевов, имели высокую энергию прорастания и всхожесть, а из поздних сроков они не соответствовали посевному стандарту.

Применение минеральных удобрений способствует повышению урожайности и увеличению количества сырого протеина в зерне (табл. 3). Даже при внесении азотных удобрений в дозе $N_{30}$ прибавка урожая составляет 0,28 т/га, или 10,2 % к контролю. При повышении дозы азота до 60 кг д. в. на 1 гектар урожайность возрастает на 21,2 %.

Добавление к азотным удобрениям фосфорных в дозе $P_{30}$ не обеспечивает существенного роста урожая. Внесение калийных туков в дозе $K_{45}$ даёт 0,25 т/га достоверной прибавки зерна. Предпосевное внесение $N_{75}P_{30}K_{45}$ и проведение весенней подкормки $N_{30}$ позволило поднять урожайность на 1,2 т/га, или на 40 %. Наиболее высокая урожайность зерна получена при использовании $N_{75}P_{30}K_{45}$.

Увеличение доз азотных удобрений приводит к некоторому снижению всхожести семян, а добавление к ним фосфорных и калийных туков обеспечивает рост этого показателя.

Результаты расчётов экономической эффективности показывают, что возделывание озимой тритикале в условиях Прибайкалья рентабельно даже без удобрений (табл. 3). При внесении минеральных удобрений из-за их дороговизны значительно возрастают затраты на производство зерна, происходит рост себестоимости продукции и снижение рентабельности.

Из разных вариантов применения туков самая низкая себестоимость зерна и наиболее высокая рентабельность получена при внесении $N_{30}$. Дальнейшее повышение доз минеральных удобрений приводит к удорожанию продукции и снижению рентабельности. Но при этом в связи с ростом урожайности происходит увеличение чистой прибыли. Более высокая чистая прибыль получена при внесении $N_{75}P_{30}K_{45}$.

Таким образом, более высокую урожайность, качество зерна и семян и чистую прибыль обеспечивают посевы, проведённые 20–25 августа, с нормой высева 6 млн всхожих семян на гектар и внесением минеральных удобрений в дозе $N_{75}P_{30}K_{45}$.

## Выводы

1. Нормы высева, сроки посева и дозы минеральных удобрений оказывают значительное влияние на рост и развитие растений, сроки созревания, урожайность и качество зерна и семян озимой тритикале.

2. Для озимой тритикале оптимальными элементами технологии возделывания являются: срок посева – 20–25 августа, норма высева – 6 млн всхожих семян на гектар, доза минеральных удобрений – $N_{75}P_{30}K_{45}$.

## Список литературы

1. Бирюков К.Н., Крахмаль А.В., Грабовец А.И., Ляшков И.В. Сроки посева – важная составляющая технологии возделывания тритикале на зелёный корм // Кормопроизводство. – 2011. – № 8. – С. 19–21.

2. Горбунов В.Н., Шевченко В.Е. Селекционные достижения по тритикале в научных центрах России и ближайшего зарубежья // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 4. – С. 24–27.

3. Грабовец А.И., Крахмаль А.В. Перспективы возделывания озимой тритикале в центральном регионе России // Владимирский земледелец. – 2012. – № 1. – С. 16–19.

4. Каргин И.Ф., Петров А.Н., Максута М.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность тритикале на чернозёме выщелоченном // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 4. – С. 36–38.

5. Лапшин Ю.А. Основные факторы продуктивности озимой тритикале // Земледелие. – 2005. – № 4. – С. 20–21.

6. Магомедов К.Г., Назранов Х.М., Кумаков Т.Р. Возделывание озимого тритикале на зелёную массу // Земледелие. – 2005. – № 2. – С. 30.

7. Сечняк Л.К., Сулима Ю.К. Тритикале. – М.: Колос, 1984. – 317 с.

8. Степочкин П.И., Филатов В.И. Характеристика и питательная ценность зерна озимой тритикале Цекад 90 // Сиб. Вестник с.-х. наук. – 2008. – № 2. – С. 47–53.

9. Султанов Ф.С., Габдрахимов О.Б. Сроки посева озимой тритикале в Центральных агроландшафтных районах Иркутской области // Вестник ИрГСХА. – 2014. – Вып. 61. – С. 25–29.

10. Султанов Ф.С., Габдрахимов О.Б. Оптимальная норма высева озимой тритикале в условиях лесостепной зоны Прибайкалья // Вестник ИрГСХА. – 2015. – Вып. 70. – С. 32–37.

УДК 631.41

# ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ БАЗИСНЫХ ПИТОМНИКОВ КАРЕЛИИ

**Федорец Н.Г., Солодовников А.Н., Ткаченко Ю.Н.**

*ФГБУН «Институт леса» Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, e-mail: fedorets@krc.karelia.ru*

В Республике Карелия впервые за последнее десятилетие проведено обследование почв базисных питомников, где выращивают сеянцы хвойных пород с открытой корневой системой. Определена таксономическая принадлежность почв, гранулометрический состав, водно-физические и агрохимические свойства. Показано изменение показателей почвенного плодородия после последнего агрохимического обследования питомников. Выявлена необходимость выравнивания уровня обеспеченности почв полей элементами питания и показателям кислотности. В целом в результате проводимых агротехнических мероприятий величина кислотности, а также содержание подвижного фосфора в почвах питомников Карелии благоприятны для выращивания сеянцев сосны и ели. Гумусом почвы различных питомников обеспечены в разной степени от слабой до средней. Установлено, что почвы всех питомников крайне бедны подвижными соединениями азота и калия.

**Ключевые слова: Республика Карелия, сеянцы сосны и ели, гранулометрический состав почвы, водно-физические свойства, кислотность, элементы минерального питания, содержание гумуса**

# HYDROPHYSICAL AND AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IN PERMANENT NURSERIES IN KARELIA

**Fedorets N.G., Solodovnikov A.N., Tkachenko Yu.N.**

*Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, e-mail: fedorets@krc.karelia.ru*

Soils in large permanent nurseries with bare-root cultivation of coniferous seedlings in the Republic of Karelia were surveyed for the first time in the past decade. Taxonomic classes of the soils, their particle size composition, hydrophysical and agrochemical properties were determined. Changes in soil fertility since the previous agrochemical survey of the nurseries are demonstrated. It was found that nutrient availability levels and acidity parameters in the fields need to be equalized. Generally speaking, the treatments carried out in the nurseries have resulted in soil acidity and labile phosphorus levels favourable for cultivation of pine and spruce seedlings. Humus levels in different nurseries vary from low to medium. Soils in all the nurseries were found to be very poor in labile nitrogen and potassium compounds.

**Keywords: Republic of Karelia, pine and spruce seedlings, soil particle size composition, hydrophysical properties, acidity, mineral nutrients, humus content**

Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий – основная задача лесоводства на Севере на ближайшую перспективу. В настоящее время в Карелии существует проблема восстановления лесов, для решения которой необходима посадка сеянцев хвойных пород на вырубках. Для обеспечения лесовосстановительных работ требуется большое количество посадочного материала. Рост лесных культур до фазы смыкания существенно зависит от посадочного материала, способа подготовки почвы и метода создания лесных культур, причем качество посадочного материала играет ведущую роль. За последние 10 лет в Республике Карелия стабильно выращивается достаточное количество саженцев и,в основном обеспечиваются потребности в них. Функционируют 9 базисных питомников, в которых производится выращивание сеянцев хвойных пород с открытой (ОКС) и закрытой корневой системой (ЗКС). Известно, что высокое плодородие почв в лесных питомниках – залог получения качественных саженцев. При выращивании сеянцев на почвах, имеющих высокое плодородие, только за счет сокращения числа лесоводственных уходов и повышения выхода посадочного материала может быть достигнут значительный экономический эффект. При этом следует учитывать влияние повышения почвенного плодородия на стоимость последующих поколений выращиваемого материала.

В соответствии с Лесным планом на территории РК в 2014 году необходимо было выполнить лесовосстановление на площади 15542 га, в том числе искусственное – 6982 га. По итогам года выполнение составило 107,4 и 101 % соответственно [4].

Для разработки мер по повышению плодородия почв проведено обследование

четырех базисных питомников в Кондопожском, Прионежском, Олонецком и Суоярвском районах Карелии, где выращиваются сеянцы хвойных пород с ОКС. На основании проведенных почвенно-агрохимических обследований лесных питомников составлены почвенно-агрохимические очерки, включающие почвенные карты, агрохимические картограммы кислотности, содержания гумуса и элементов питания в почвах и даны рекомендации по повышению плодородия почв и агротехнике выращивания посадочного материала.

## Материалы и методы исследования

Все обследованные питомники располагаются в южной климатической зоне [8]. Пестрота форм рельефа обусловливает климатическую неоднородность этой зоны. Вегетационный период со среднесуточной температурой выше 5° длится 100–150 дней, с общей суммой температур воздуха 1400–1450°. Количество дней с температурой воздуха выше 10° составляет 100–106, а общая сумма температур воздуха за это время 1400–1450°. Первые морозы начинаются во второй половине сентября. Последние морозы кончаются во второй половине мая. Безморозный период длится 115–140 дней. Средняя месячная температура самого холодного месяца – февраля – от –10 до 11,8°, а июля от +17,6 до +18,7. Число дней со снежным покровом составляет 160. Господствующие летние ветры северные и северо-восточные, зимние – западные и юго-западные.

Площади питомников составляют от 13 до 24 га и включают 11–19 полей. Почвы в основном песчаные подзолы иллювиально-железистые и илювиально-гумусово-железистые, сформировавшиеся на водно-ледниковых отложениях. Рельеф территорий питомников в основном равнинный, УГВ 10–1,5 м. В понижениях рельефа формируются перегнойно-подзолистые грунтово-глееватые песчаные почвы.

Обследование почв питомников проведено в июне 2015 года, предыдущее проводили в 2006 году. Почвы исследовали в посевных отделениях и на паровых полях. Для агрохимической характеристики почв с каждого поля по диагонали площади из пахотного горизонта отбирали по 10 индивидуальных образцов [5]. В них определяли агрохимические показатели: pH солевой вытяжки потенциометрически, подвижные соединения фосфора и калия по Кирсанову, гумус – по Тюрину, нитраты – по Грандваль-Ляжу, аммоний – колориметрически с реактивом Несслера [2], гранулометрический состав методом Качинского. Для характеристики водно-физических свойств почв питомника на каждом поле из пахотного горизонта были отобраны по три индивидуальных образца и определены плотность, плотность твердой фазы и рассчитана порозность [1].

## Результаты исследования и их обсуждение

*Водно-физические свойства*

Мощность пахотного горизонта, гранулометрический состав, влажность, плотность, плотность твердой фазы и порозность относятся к важным водно-физическим свойствам почв питомников. Мощность обрабатываемого слоя – это объем почвы, в котором развивается корневая система растений. Глубокий пахотный слой (25–30 см) обеспечивает более благоприятные водно-воздушный и тепловой режимы почвы. Осадки быстро поглощаются почвой, аккумулируются в ней и затем потребляются растениями по мере их роста и развития. Глубокий пахотный слой – своеобразный регулятор влажности почвы как при недостатке, так и при избытке выпадающих осадков. Лучшие условия увлажнения почвы обеспечивают благоприятный питательный режим почвы, обусловленный, в свою очередь, нормально протекающими процессами разрушения – синтеза органического вещества. Установлено, что глубокий пахотный слой обеспечивает благоприятную минерализацию органического вещества при одновременной эффективной его гумификации и при благоприятном качественном состоянии. Обычно мощность пахотного слоя в питомниках в зависимости от типа почвы колеблется от 18–20 до 25–30 см [9]. Мощность пахотного слоя почв всех обследованных нами питомников составляет 20–25 см.

Известно, что от гранулометрического состава почв зависят их тепловой, воздушный и пищевой режимы. Лучшими по гранулометрическому составу при выращивании посадочного материала являются супесчаные, легко- и среднесуглинистые почвы. Посевы на питомниках необходимо размещать с учетом биологических особенностей древесных пород и гранулометрического состава почв, от которого зависят дозы внесения минеральных и органических удобрений. Определение гранулометрического состава почв полей питомников показало, что все почвы рыхло- либо связнопесчаные крупно-пылеватые, что в значительной степени определило их физические и агрохимические свойства. Наибольшее содержание в почвах всех питомников фракции крупного и среднего, затем – мелкого песка. Самое низкое содержание ила в почве питомника в Прионежском районе, а наибольшее – в почве питомника, расположенного в Олонецком районе, что, вероятно, должно свидетельствовать о ее более высоком плодородии (табл. 1).

**Таблица 1**

Гранулометрический состав почв питомников

| Район | Стат. показатели | 0,25–1,0 | 0,05–0,25 | 0,01–0,05 | 0,005–0,01 | 0,001–0,005 | < 0,001 | < 0,01 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Кондопожский | среднее* | 40,8 ± 11,7 | 39,2 ± 12,2 | 11,2 ± 3,7 | 1,6 ± 1,1 | 1,4 ± 0,8 | 2,1 ± 0,8 | 5,0 ± 2,4 |
| | мин-макс | 27,3–59,3 | 23,1–57,8 | 3,9–16,9 | 1,0–4,3 | 0,58–3,3 | 0,67–2,9 | 2,1–10,3 |
| Прионежский | среднее | 74,1 ± 7,7 | 19,4 ± 7,7 | 4,1 ± 1,1 | 1,3 ± 0,5 | 0,7 ± 0,4 | 0,5 ± 0,2 | 2,5 ± 0,5 |
| | мин-макс | 64,0–88,4 | 6,3–30,2 | 2,3–5,9 | 0,53–2,4 | 0,12–1,4 | 0,04–0,88 | 1,6–3,5 |
| Олонецкий | среднее | 48,0 ± 11,6 | 42,8 ± 10,7 | 3,9 ± 2,5 | 1,2 ± 0,9 | 0,65 ± 0,5 | 3,3 ± 0,9 | 5,1 ± 1,3 |
| | мин-макс | 20,3–63,4 | 29,6–65,3 | 1,0–9,5 | 0,12–3,0 | 0,04–1,96 | 0,84–5,0 | 3,2–8,5 |
| Суоярвский | среднее | 42,7 ± 11,7 | 39,2 ± 12,2 | 11,2 ± 3,7 | 1,6 ± 1,1 | 1,4 ± 0,9 | 2,1 ± 0,8 | 5,1 ± 2,3 |
| | мин-макс | 27,3–59,3 | 23,1–57,8 | 3,9–16,9 | 0,16–4,3 | 0,58–3,3 | 0,7–2,9 | 2,1–10,3 |

Примечание. * ± стандартное отклонение.

Плотность твердой фазы (удельный вес) почвы слагается из истинных удельных весов составляющих ее минеральных и органических частиц. Величина удельного веса почвы – величина довольно стабильная и в большинстве минеральных почв составляет 2,4–2,7 г/см$^3$, а в торфяных почвах – 1,4–4,8. Удельный вес пахотного горизонта среднегумусовых почв колеблется в пределах 2,5–2,65; если удельный вес почвы больше 2,7, то она имеет более тяжелый гранулометрический состав, богата железистыми соединениями и тяжелыми минералами. Чем больше в почве гумуса, тем ниже ее удельный вес.

Величина плотности почвы коррелирует с удельным весом (плотностью твердой фазы) и зависит от сложения почвы, гранулометрического состава и от многих других обстоятельств. Если объемный вес меньше 1, то почва богата органическим веществом и рыхлая, а больше – почва уплотнена. Оптимальная плотность составляет 1,0–1,15. При объемной массе почвы менее 1,0 г/см$^3$ наблюдается снижение размеров сеянцев. Это вызвано в основном недостаточной влажностью почвы. В то же время в данных условиях у растений более сильно развивается корневая система, с образованием большого количества тонких физиологически активных корней [6]. В табл. 2 приводятся данные о водно-физических свойствах почв каждого из обследованных питомников.

Средние показатели плотности твердой фазы почвы на всех питомниках близки между собой и составляют в среднем 2,5, что соответствует удельному весу среднегумусовых пахотных почв. По величине плотности почвы питомников несколько различаются, наиболее уплотненная почва на полях питомника в Прионежском районе, что подтверждают наименьшие показатели порозности. Однако следует отметить, что в целом плотности почв питомников близки к оптимальным показателям для пахотных почв.

*Агрохимические свойства почв питомников*

Одним из важнейших показателей окультуренности почв питомников является величина pH солевой вытяжки. Для оценки агрохимических показателей почв использовали градации, разработанные в Ленинградском НИИ лесного хозяйства [10], а также изложенные в работе [9], откуда следует, что оптимальный показатель pH для легких почв питомников при выращивании сеянцев хвойных пород составляет 5,0–5,5 (табл. 3).

**Таблица 2**

Водно-физические свойства почв питомников

| Район | Стат. показатели | Плотность твердой фазы | Плотность, г/см$^3$ | Порозность, % |
|---|---|---|---|---|
| Кондопожский | среднее* | 2,5 ± 0,08 | 1,1 ± 0,14 | 54 ± 5,1 |
| | мин-макс | 2,4–2,65 | 0,85–1,2 | 48,0–64,0 |
| Прионежский | среднее | 2,5 ± 0,08 | 1,3 ± 0,06 | 48 ± 2,1 |
| | мин-макс | 2,37–2,69 | 1,20–1,44 | 45,0–52,0 |
| Олонецкий | среднее | 2,5 ± 0,18 | 1,2 ± 0,2 | 52,5 ± 5,8 |
| | мин-макс | 2,04–2,72 | 0,56–1,4 | 44,0–73,0 |
| Суоярвский | среднее | 2,5 ± 0,08 | 1,1 ± 0,13 | 54,5 ± 5,1 |
| | мин-макс | 2,40–2,65 | 0,85–1,3 | 48,0–64,0 |

Примечание. * ± стандартное отклонение.

**Таблица 3**

Показатели агрохимических свойств почв питомников

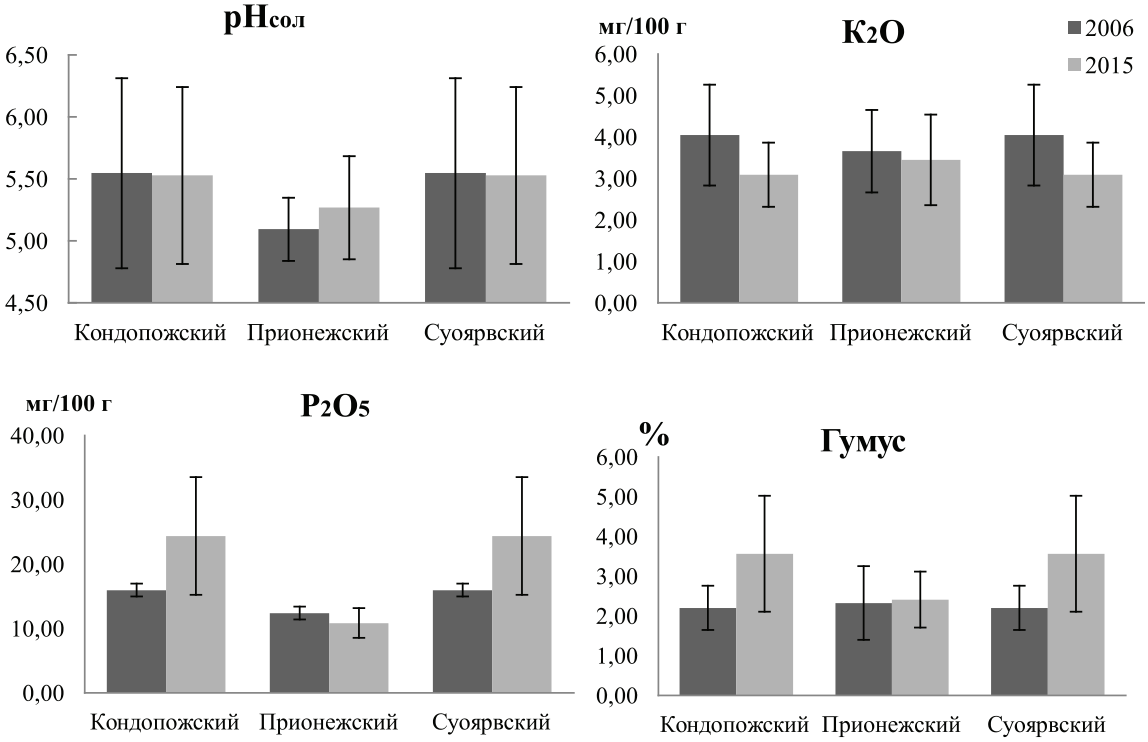
| Район | | pH сол. | $P_2O_5$ | $K_2O$ | $NO_3$+$NH_4$ | Гумус, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Кондопожский | среднее* | 5,6 ± 0,72 | 25,2 ± 9,6 | 3,0 ± 0,8 | 0,16 ± 0,09 | 3,4 ± 1,6 |
| | макс-мин | 4,3–6,5 | 12,8–42,1 | 2,1–4,4 | 0,04–0,24 | 1,5–6,3 |
| | оценка | слабокислый | высокий | оч. низкий | оч. низкий | средний |
| Прионежский | среднее | 5,1 ± 0,46 | 10,8 ± 2,2 | 3,1 ± 1,1 | 0,15 ± 0,13 | 2,4 ± 0,7 |
| | макс-мин | 5,4–5,9 | 6,3–14,4 | 2,3–5,7 | 0,03–0,37 | 1,3–4,0 |
| | оценка | слабокислый | сред. обесп. | низкий | оч. низкий | недост. обесп. |
| Олонецкий | среднее | 4,6 ± 0,7 | 29,9 ± 13,1 | 2,9 ± 2,7 | 0,06 ± 0,03 | 2,7 ± 0,96 |
| | макс-мин | 4,0–6,6 | 14,7–12,5 | 1,1–13,1 | 0,01–0,15 | 1,2–5,6 |
| | оценка | сред. кислый | высокий | оч. низкий | оч. низкий | недост. обесп. |
| Суоярвский | среднее | 5,6 ± 0,7 | 25,2 ± 9,6 | 3,0 ± 0,8 | 0,16 ± 0,09 | 3,4 ± 1,6 |
| | макс-мин | 4,3–6,5 | 12,8–42,1 | 2,1–4,4 | 0,04–0,35 | 1,5–5,1 |
| | оценка | слабокислый | высокий | оч. низкий | оч. низкий | средний |

Примечание. * ± стандартное отклонение.

Величина кислотности почв питомников в Кондопожском и Прионежском районах на полях различается и показатель pH солевой вытяжки колеблется соответственно от 4,5 до 6,5 и от 5,4 до 5,9. В целом почвы питомников обладают благоприятной кислотностью для выращивания сеянцев основных лесообразующих пород (сосна, ель).

На этих питомниках регулярно вносятся известковые удобрения, в связи с чем по сравнению с предыдущим обследованием (2006 г.) изменения кислотности почвы на полях питомников практически не произошло, а в отдельных случаях отмечается ее снижение (рисунок).

Кислотность почвы на полях питомника в Олонецком районе сильно различается: так на некоторых из них почвы слабокислые, на остальных средне- и сильнокислые, а на одном из полей реакция близкая к нейтральной (pH 6,6). Благоприятные для произрастания сеянцев показатели кислотности отмечены лишь на двух полях, большинство почв на территории питомника нуждается в известковании.




*Изменение агрохимических свойств почв питомников Карелии за последнее десятилетие*

В питомнике Суоярвского района почвы характеризуются как слабокислые, на отдельных полях среднекислые или близкие к нейтральным (4,3–6,5). Лишь на одном из полей выявлена сильнокислая реакция почвы. В целом почвы питомника обладают благоприятной кислотностью для произрастания сеянцев, лишь на трех полях почвы требуют известкования. По сравнению с предыдущим обследованием (2006 г.) отмечено незначительное подкисление почв.

Уровень обеспеченности почв лесных питомников гумусом имеет большое значение и определяет многие почвенные свойства: кислотность, содержание макро- и микроэлементов, водно-физические свойства, тепловой режим. Оптимальным считается содержание гумуса, определенное методом Тюрина, в пределах 2,5–3 % и более [10].

Почвы питомника в Кондопожском районе по содержанию гумуса характеризуются как среднеобеспеченные (3,4 %), при этом на различных полях (посевное отделение и пар) наблюдается значительный уровень колебания его содержания (1,5–6,3 %).

Почвы на значительной части полей характеризуются недостаточной обеспеченностью гумусом, откуда следует, что вносить органические удобрения следует дифференцированно по полям. В результате агротехнических мероприятий количество гумуса в почвах по сравнению с прошлым туром обследования увеличилось.

Почвы питомника в Прионежском районе по содержанию гумуса характеризуются как недостаточно обеспеченные (2,4 %). Лишь на отдельных полях как в посевном отделении, так и на полях под паром – среднеобеспеченные [3, 1]. Уровень содержания гумуса в пахотном слое почв значительно колеблется на различных полях от слабо- до среднеобеспеченного (1,3–4,0).

Почвы на многих полях характеризуются низкой обеспеченностью гумусом и нуждаются во внесении органических удобрений. По сравнению с прошлым туром обследования количество гумуса в почвах осталось практически на прежнем уровне.

Поля (посевное отделение и пар) питомника «Олонецкий» сильно различаются по содержанию гумуса в почве, которое характеризуется уровнем обеспеченности от бедных до хорошо обеспеченных (1,2–5,6), средний показатель соответствует градации «недостаточная обеспеченность» (2,7 %). Таким образом, необходимо внесение органических удобрений на большинство полей питомника.

Почвы питомника Суоярвского района по содержанию гумуса сильно различаются (1,5–5,1). По среднему показателю обеспеченность гумусом почв можно оценить как среднюю (3,4), однако на значительной части полей почвы бедны гумусом. Следует отметить, что на питомнике органические удобрения вносят регулярно, т.к. по сравнению с прошлым туром обследования содержание гумуса в почвах возросло.

Азот – один из основных элементов питания растений. Недостаток азота в почве приводит к замедлению роста. Что касается обеспеченности почв питомника минеральным азотом, то оптимальным считается содержание в пахотном слое 8–10 мг/100 г [7]. На всех полях обследованных питомников содержание минерального азота в почвах полей < 1 %, т.е. крайне низкое (табл. 3), что свидетельствует о необходимости применения азотных удобрений.

Как видно из табл. 3, степень обеспеченности почв подвижными соединениями фосфора обследованных лесных питомников находится в основном на высоком уровне. Средняя степень обеспеченности почв фосфором отмечается в питомнике Прионежского района. На этом же питомнике на отдельных полях отмечается пониженная степень обеспеченности фосфором, что свидетельствует о необходимости регулярного слежения за содержанием элементов питания в почве. По сравнению с предыдущим туром обследования питомников, содержание фосфора в почвах питомников Кондопожского и Суоярвского районов увеличилось, в то время как в почвах питомника Прионежского района снизилось.

Крайне низкая степень обеспеченности почв обменным калием характерна для всех питомников, что указывает на снижение актуального плодородия почвы, вызванное недостаточным внесением калийных удобрений.

Для оценки уровня окультуренности почв используют комплекс агрохимических показателей: мощность пахотного горизонта, показатель кислотности (pHсол.), содержание гумуса и подвижных соединений фосфора и калия. По нашим данным степень окультуренности полей обследованных питомников крайне неравномерна и колеблется между слабой и средней.

## Выводы

Почвы всех обследованных лесных базисных питомников Карелии в целом обладают благоприятным уровнем кислотности для выращивания сеянцев хвойных пород, кроме питомника в Олонецком районе, где преобладающая часть полей нуждается в известковании. Вполне достаточным является содержание в почвах всех питомников подвижного фосфора. Гумусом поля питомников обеспечены в различной степени – от слабой до средней. Крайне низким является уровень содержания в почвах подвижных соединений азота и калия, что свидетельствует о недостаточном количестве вносимых азотных и калийных удобрений. Одной из главных задач по повышению плодородия почв питомников является выравнивание степени окультуренности полей по основным агрохимическим показателям.

## Список литературы

1. Агрофизические методы исследования почв / под ред. С.И. Долгова. – М.: Изд-во «Наука», 1966. – 258 с.

2. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. – М.: Изд-во «Наука», 1975. – 488 с.

3. Гавренков Г.И. Почвы лесных питомников Приморского края и пути повышения их плодородия (практические рекомендации). – Хабаровск: Изд-во ФГУ «ДальНИИЛХ», 2004. – 104 с.

4. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2014 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия / редкол.: А.Н. Громцев (гл. ред.) и др. – Петрозаводск, 2015. – 272 с.

5. Ефимов В.Н., Калиниченко В.Г., Горлова М.Л. Пособие к учебной практике по агрохимии. – Л.: Колос, 1979. – 134 с.

6. Мочалов Б.А. Научное обоснование и разработка интенсивной технологии выращивания посадочного материала хвойных пород для лесовосстановления на европейском севере россии.: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Архангельск, 2009. – 49 с.

7. Окультуривание и повышение плодородия почв лесных питомников Европейской части России. Федеральная служба лесного хозяйства России. – М., 1994.

8. Романов А.А. О климате Карелии. – Петрозаводск: Изд-во КНЦ РАН, 1961. – 140 с.

9. Технология выращивания посадочного материала в лесных питомниках таежной зоны: Практические рекомендации для районов Европейской части РСФСР / А.П. Яковлев и др. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. – 57 с.

10. Яковлев А.П., Костылева Е.В., Куликова В.К., Маркова И.А. и др. Система удобрения в севооборотах лесных питомников: практические рекомендации. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. – 48 с.

УДК 622

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ НА СРЕЗ МЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОБРАЗЦАХ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА

**Алькова Е.Л., Панишев С.В., Козлов Д.С., Максимов М.С.**

*Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, Якутск, e-mail: NeleAlc12@rambler.ru*

В статье обоснована необходимость проведения экспериментальных исследований прочности вскрышных горных пород на срез на образцах большого размера однородной структуры. Необходимые размеры образца, предусматривающие геометрическое подобие образца и натуры, геометрическое подобие гранулометрических составов (на примере вскрышных пород Кангаласского буроугольного месторождения) составили: диаметр образца 350 мм, при высоте 175 мм. При объемном весе 1,6 г/см$^3$ вес такого образца составляет 26,9 кг. Изложен порядок исследований прочности на сдвиг при прямом срезе смерзшихся пород на больших образцах. Для испытания таких образцов в Институте горного дела Севера СО РАН разработана методика исследований и сконструирован специальный стенд. Представлены результаты испытаний на срез образцов однородного гранулометрического состава, имеющие научное и практическое значение для правильного выбора выемочного оборудования.

**Ключевые слова: прочность смерзания, гранулометрический состав, прочность на срез, вскрышные породы, кусковатость, образцы породы, трудность экскавации**

# EXPERIMENTAL RESEARCH ON SHEAR STRENGTH OF FROZEN ROCKS ON LARGE SAMPLES

**Alcova E.L., Panishev S.V., Kozlov D.S., Maksimov M.S.**

*Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: NeleAlc12@rambler.ru*

In the article the necessity of experimental research strength of overburden rock shear on homogeneous samples of large size. The required sample size, providing the geometric similarity of the sample and the nature, the geometric similarity of particle size distribution (for example, overburden Kangalassky lignite deposits) were as follows: sample diameter of 350 mm, a height of 175 mm. When bulk density of 1,6 g/cm$^3$, the weight of the sample was 26,9 kg. The paper presents the procedure of research strength in direct shear slice of frozen rocks in large homogeneous samples. To test such samples, the Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences developed a method of research and designed a special stand. The results of tests on samples cut of a uniform particle size distribution, having scientific and practical importance for the proper selection of the excavation equipment.

**Keywords: freezing strength, grading, particle size, shear strength, overburden, lumpiness, rock samples, the difficulty of excavation**

В условиях месторождений криолитозоны после буровзрывной подготовки происходит смерзание горной массы в развале. Процесс смерзания протекает с различной интенсивностью в зависимости от периода года и соответствующих температурно-влажностных условий. Смерзание взорванных мерзлых пород сказывается на всех физических свойствах породы, при этом формируется особая скальная порода, имеющая в качестве цементирующего вещества лед, со своеобразной ледовой (криогенной) текстурой [1]. Прочность вторично смерзающихся взорванных пород значительно возрастает, что приводит к невозможности ее экскавации по силовым характеристикам оборудования, особенно для экскаваторов-драглайнов. При этом осложняется ведение горных работ вплоть до остановки, вследствие невозможности повторной буровзрывной подготовки.

В качестве физико-технической основы сопоставления пород по экскавируемости, зависящей от свойств и состояния пород, используется относительный показатель трудности экскавации породы $П_Э$ [7], позволяющий правильно обосновать тип выемочного оборудования.

Свойства взорванного многолетнемерзлого массива значительно изменяются в течение вскрышного сезона и зависят от периода ведения горных работ. В весенне-летний период порода в забое и поверхностном слое развала взорванной породы склонна к дезинтеграции, разрушается под воздействием инсоляции и рабочих органов выемочных машин, приобретая свойства мягких, плотных или полускальных грунтов. При этом взорванные мерзлые породы обладают как свойствами скального грунта, обладающего определенной кусковатостью, коэффициентом разрыхления,

так и свойствами плотного ненарушенного массива, прочность которого в значительной степени зависит от температурно-влажностного режима в нем.

Все горные породы подразделяют на сыпучие, мягкие, плотные, скальные, полускальные и на разрушенные, характеризующиеся различными физико-технологическими свойствами. Ряд этих свойств используется для расчета или определения различных параметров и показателей [9].

Методики определения показателя трудности экскавации смерзающейся взорванной горной массы не существует. Поэтому с учетом того, что значительный объем подготовки горных пород к выемке в северных регионах осуществляется путем взрывного рыхления, определение относительного показателя трудности экскавации смерзающихся взорванных вскрышных пород, характеризующихся соответствующими физико-техническим характеристикам, является важной и актуальной задачей.

Одной из составляющей показателя трудности экскавации является предел прочности на сдвиг. Достоверная оценка прочностных характеристик позволяет правильно выбрать выемочное оборудование и режимы его работы. В натурных условиях не предоставляется возможности получить сдвиговые характеристики смерзшихся взорванных вскрышных пород.

Деформация сдвига связана с перекашиванием некоторого объема. Но при увеличении касательных напряжений до некоторого предельного значения эта деформация завершается разрывом сплошности материала. Часто под сдвигом понимается прямой срез и эти понятия в горном деле отождествляются.

Лабораторные испытания грунтов на сдвиг при прямом срезе производятся в односрезных (а иногда и двухсрезных) приборах [8, 2, 3, 5]. В таких приборах происходит срез грунта по грунту (по поверхности смерзания) или пластины из того или иного материала по грунту. В натурных условиях для испытания на сдвиг монолитов грунтов применяют крупногабаритные установки типа СУ-2 и МСУ-1. Они дополняются лопастными испытаниями грунтов крыльчатками типа ЛСГ-2, СК-10 и др. [6].

Существующие методики и оборудование не позволяют оценить предел прочности смерзшегося массива на сдвиг. Для этого была разработана специальная методика исследований и разработан и сконструирован специальный стенд [1]. Методикой исследований предусматривается установление зависимости изменения прочности смерзшихся вскрышных пород на срез от гранулометрического состава, влажности, температуры и плотности упаковки, как на образцах однородного гранулометрического состава, так и на образцах, имитирующих смерзшийся массив взорванной горной массы, т.е. в образец добавляются включения в виде замороженных кубиков различного размера.

С точки зрения материаловедения образец, состоящий из песчаника средне- и мелкозернистого, можно назвать матрицей, состоящей из сплошной среды, а образец с включением – композиционный материал, состоящий из матрицы (или связующего) и включенных в нее элементов (или наполнитель).

В методике описан процесс изготовления смерзающегося образца с включениями, который состоит из двух этапов. Первый этап – приготовление включений кубической формы различного размера, в соответствии с заданием на эксперимент. Второй этап – изготовление самого образца для испытания на срез (сдвиг) путем перемешивания включений со связующим, т.е. песчаником. Включения и связующее состоят из взорванных вскрышных пород Кангаласского буроугольного месторождения, представляющих собой средне- и мелкозернистые песчаники.

В данной статье представлены результаты испытаний на сдвиг при прямом срезе образцов однородного гранулометрического состава. Принцип испытаний грунтов на сдвиг на разработанном стенде аналогичен испытаниям на других сдвиговых приборах. Характерной особенностью стенда является возможность проведения экспериментов на больших образцах, представляющих собой цилиндр диаметром 350 мм и высотой 175 мм.

Для оценки точности полученных показаний была выполнена калибровка гидросистемы стенда и манометра на сертифицированной машине UTS-250. Калибровка производилась по заданным значениям давления: 50, 100, 150, 200, 250 и 300 Бар, которые фиксировались по манометру стенда. Данные калибровки по двум сериям испытаний представлены в таблице.

Данные калибровки гидросистемы на UTS-250

| Значение давления по манометру, Бар | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Значение давления в МПа | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| Нагрузка на UTS-250, – 1 эксперимент, кН | 38,52 | 78,71 | 118,05 | 156,56 | 196,26 | 234,79 |
| Нагрузка на UTS-250, – 2 эксперимент, кН | 39,12 | 77,97 | 117,54 | 156,68 | 196,03 | 235,05 |
| Расчетная нагрузка, кН. | 39,3 | 78,5 | 117,8 | 157,1 | 196,3 | 235,6 |
| Погрешность экспериментальной нагрузки к расчетной, % | 2,0/1,5 | 0,2/0,7 | 0,2/0,3 | 0,3/0,3 | 0,1/0,2 | 0,3/0,2 |

Расчетная нагрузка, развиваемая системой, определялась как

$$F = P \cdot S,$$

где $P$ – давление в гидросистеме, МПа; $S$ – площадь поперечного сечения поршня домкрата, мм$^2$.

$$S = \frac{\pi D^2}{4},$$

где $D$ – диаметр поршня, равный 100 мм (рис. 1).

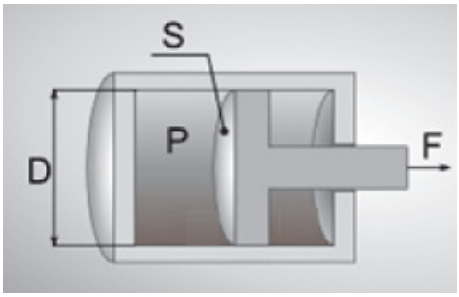



*Рис. 1. Схема к определению расчетной нагрузки в гидросистеме*

Тогда, например, при давлении в системе 5 МПа и площади поршня 7850 мм$^2$ расчетная нагрузка составила $F = 5 \cdot 7850 = 39250$ Н, что соответствует 39,3 кН.

На рис. 2 представлен поверочный график зависимости изменения расчетной нагрузки и нагрузки полученной при двух испытаниях, от давления в системе.

Полученные результаты имеют хорошую сходимость. Погрешность в расхождении расчетной нагрузки и полученной при испытании на UTS-250 составляет в среднем, 0,5 %, что является достаточной точностью для проведения эксперимента.

После проверки работы стенда проводились эксперименты с образцами однородного гранулометрического состава. Образцы с влажностью 5, 10, 15 % замораживались при температуре от –5 до –15 °С. Температура замораживания образца была выбрана в соответствии с колебаниями температуры массива многолетнемерзлых пород в течение года на Кангаласском буроугольном месторождении.

После замораживания разъемная гильза разбиралась, и подготовленный образец подвергался испытанию на сконструированном стенде. Уплотнение образцов обеспечивалось специальным устройством, состоящим из реечного пресса и динамометра.

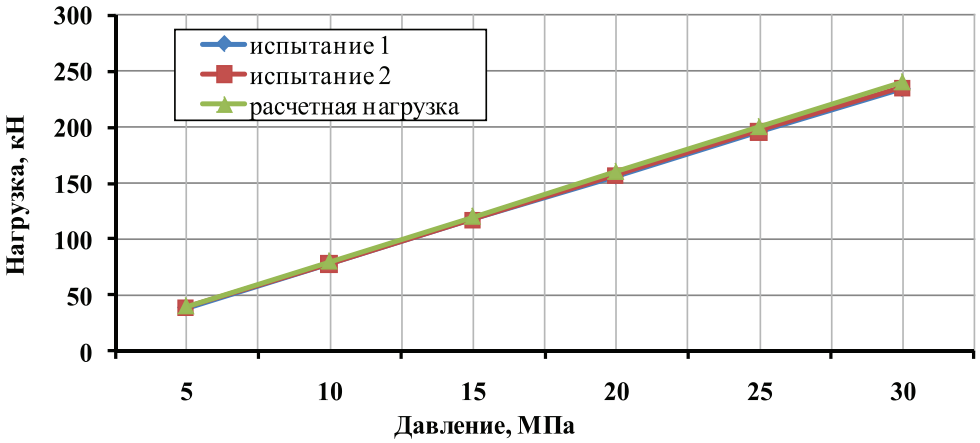



*Рис. 2. Изменение нагрузки при задаваемом давлении в гидросистеме*

В соответствии с методикой исследований были выполнены две серии испытаний на образцах однородного гранулометрического состава различного уплотнения, состоящих из песчаника:

– неуплотненного средне- и мелкозернистого;

– средне- и мелкозернистого с уплотнением нагрузкой 1,6 МПа.

Перед испытанием образца вычисляли плотность скелета исследуемого грунта, для этого взвешивали породу в образце и вычисляли объем образца. Плотность скелета исследуемого грунта составляла 1,5 г/см$^3$. При увеличении влажности с 5 до 15% плотность изменялась от 1,6 до 1,7 г/см$^3$. При уплотнении образца нагрузкой 1,6 МПа плотность увеличивалась с 1,72 до 1,89 г/см$^3$ в тех же диапазонах влажности.

Испытание образцов проводилось путем плавного увеличения сдвигающей нагрузки гидравлическим домкратом и считалось законченным, когда происходил мгновенный срыв части пород, находящейся в верхней кассете, по отношению к нижней, или когда общая деформация среза превышала 5 мм [4]. Величина разрушающей нагрузки регистрировалась по максимальному значению давления, зафиксированному с помощью измерительного комплекса «Мера». Поверхность среза нижней и верхней частей образца по окончании испытания тщательно обследовалась, фотографировалась, и производилось описание ее характерных особенностей (рис. 3).

Результаты лабораторных исследований прочности на срез показали, что неуплотненные образцы при влажности менее 5% даже при воздействии температуры –15°С не смерзаются. При увеличении влажности с 10 до 15% в диапазоне температур –5–15°С прочность изменяется от 0,07 до 0,32 МПа.

*Рис. 3. Поверхность среза после испытания образца однородного гранулометрического состава*

Для уплотненных образцов в этих же диапазонах температуры и влажности прочность на срез увеличивается в 4,7 раза с 0,35 до 1,65 МПа (рис. 4). По отношению к неуплотненным образцам прочность увеличивается в 5 раз.

В ходе проведения испытаний на срез образцов однородного гранулометрического состава, уплотненных нагрузкой 1,6 МПа, было отмечено что, разрушающее напряжение растет равномерно, и при достижении максимума происходит мгновенный отрыв верхней части породы, находящейся в подвижной обойме, с характерным хлопком (рис. 5). Отмеченные особенности наблюдались на всех интервалах температуры и влажности.

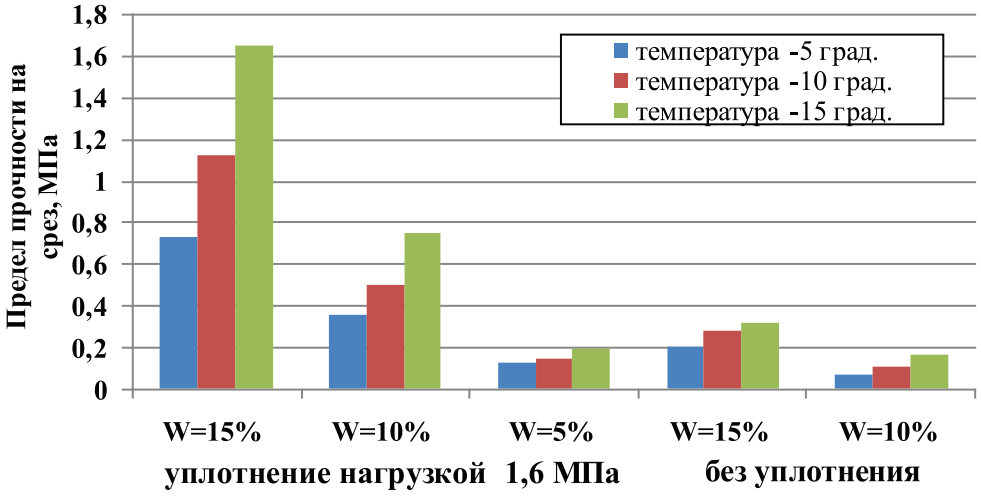



*Рис. 4. Изменение прочности на срез образцов горных пород от влияющих факторов*

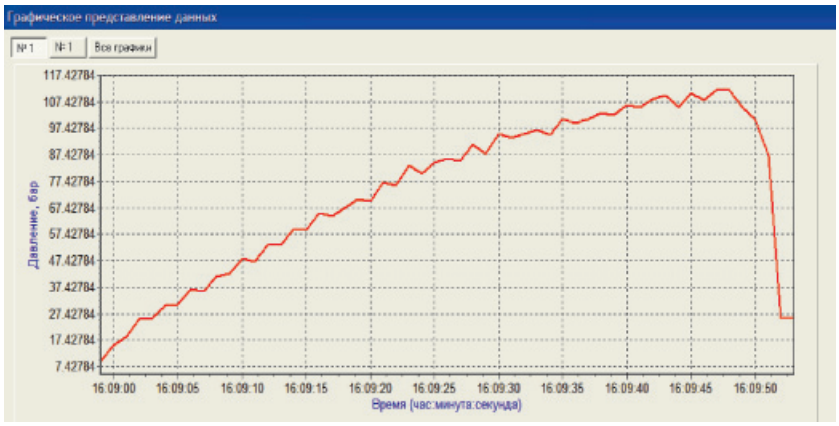



*Рис. 5. Изменение давления в гидросистеме стенда при испытании уплотненного образца однородного гранулометрического состава*

## Выводы

Экспериментальными исследованиями на больших образцах диаметром 350 мм и высотой 175 мм установлены закономерности изменения прочности смерзшихся вскрышных пород на срез от температуры, влажности и плотности.

Отмечено, что неуплотненные образцы при влажности менее 5 % не смерзаются.

При увеличении влажности образца от 5 до 15% и понижении его температуры от –5 до –15°С прочность возрастает в 4,6 раза и достигает 0,32 МПа. С увеличением плотности до 1,89 г/см$^3$ прочность на срез увеличивается в 5 раз и достигает значения 1,65 МПа.

Полученные данные имеют научное и практическое значение для оценки сдвиговых характеристик смерзшихся взорванных вскрышных пород, что является основой правильного выбора выемочного оборудования и режимов его работы.

## Список литературы

1. Алькова Е.Л., Панишев С.В. Методический подход к исследованию прочности смерзшихся вскрышных горных пород на сдвиг // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5; URL: http://www.science-education.ru/119-14576 (дата обращения: 21.09.2014).

2. ГОСТ 12248-2010 Межгосударственный стандарт (Грунты, методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости).

3. ГОСТ 21153.5-88 Породы горные. Метод определения предела прочности при срезе со сжатием.

4. ГОСТ 30416-96 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.

5. Ильницкая Е.И. Свойства горных пород и методы их определения: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1969. – 110 с.

6. Королев В.А. Полевые методы гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических, инженерно-геофизических и эколого-геологических исследований. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 352 с.

7. Ржевский В.В. Процессы горных работ: учебник. – М.: Недра, 1978. – 541 с.

8. Руководство по эксплуатации сдвигового прибора ВСВ-25М. Угличский экспериментальный ремонтно-механический завод.

9. Суриков В.В. Механика разрушения мерзлых грунтов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1978. – 128 с.

УДК 624.01

# ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ БУРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИНЫ С БОКОВЫМ СТВОЛОМ НА ЮЖНО-ОХТЕУРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

**[1]Апасов Т.К., [1]Апасов Г.Т., [2]Мухаметшин В.Г., [3]Максютов А.М.**

*[1]ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: apasov-timur@mail.ru, apasov_gaydar@inbox.ru;*
*[2]ОАО «НижневартовскНИПИнефть», Нижневартовск;*
*[3]ООО «Южно-Охтеурское», Стрежевой*

Одним из основных способов разработки трудноизвлекаемых запасов нефти, содержащихся в низкопродуктивных коллекторах Южно-Охтеурского месторождения, является технология забурки и эксплуатации скважин с боковыми стволами с вертикальным, пологим и горизонтальным окончанием. В данной работе проведен анализ эффективности зарезки второго ствола по пласту ЮВ1(1) в скважине № 3 с вертикальным окончанием. Начиная с августа 2015 г. в скважине предварительно проведены подготовительные работы к зарезке бокового ствола. Далее проведены зарезка окна, бурение, спуск хвостовика, цементирование и перфорация. В начале марта проведено ГРП, освоение свабированием, гидродинамические исследования и запуск скважины в работу. Результаты внедрения бокового ствола по скважине № 3Б показали высокую эффективность мероприятия и необходимость дальнейшего его применения на месторождении.

**Ключевые слова: боковой ствол скважины, зарезка окна, клиновой отклонитель, хвостовик, гидроразрыв пласта, свабирование, освоение, исследование скважины**

# PILOT TESTING OF DRILLING AND OPERATION OF WELLS WITH SIDETRACKS TO SOUTH FIELD OHTEURSKOM

**[1]Apasov T.K., [1]Apasov G.T., [2]Mukhametshin V.G., [3]Maksyutov A.M.**

*[1]Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: apasov-timur@mail.ru, apasov_gaydar@inbox.ru;*
*[2]NizhnevartovskNIPIneft, Nizhnevartovsk;*
*[3]South-Oxteurskoe, Strezhevoy*

One of the main ways of development of difficult oil reserves contained in low productive reservoirs South Ohteurskogo field is drilled technology and operation of wells with sidetracks with vertical, horizontal and sloping end. The analysis of the effectiveness of sidetracking through the formation JV1(1) in the well number 3 with vertical end was carried out in this work. Since August, 2015, the preparatory works for branching was previously carried out in a cased hole. Further kickoff of a window, drilling, descent of a shaft, cementation and perforation had been carried out. At the beginning of March , hydraulic fracturing, development of swabbing, hydrodynamic studies and the launch well in work were conducted. The results of the sidetrack well on the introduction of number 3B had shown high efficiency of activities and the need for its further application in the field.

**Keywords: lateral wellbore, kickoff window, the wedgedeflector, shank, hydraulic fracturing, swabbing, development, research of well**

Одним из основных способов разработки трудноизвлекаемых запасов нефти, содержащихся в низкопродуктивных коллекторах Южно-Охтеурского месторождения, согласно проектным документам является технология забурки и эксплуатации скважин с боковыми стволами (БС) с вертикальным, пологим и горизонтальным окончанием [1, 2, 3]. При решении задачи извлечения остаточных запасов нефти на месторождении значительная роль отводится бурению дополнительных стволов в бездействующих обводненных и аварийных скважинах. В данной работе проведен анализ эффективности зарезки второго ствола по пласту ЮВ1(1) в скважине № 3, куста № 1. Институтом «НижневартовскНИПИнефть» в рамках научного сопровождения, действующего проектного документа, проведено гидродинамическое моделирование и расчеты по пласту ЮВ1(1) на базе проектной модели Южно-Охтеурского месторождения. Планируемое расположение и профиль второго ствола по скважине № 3Б на рис. 1.

Планируемые гидродинамические расчеты ожидаемых дебитов на рис. 2.

Для зарезки бокового ствола в скважине использованы усовершенствованные технические средства, состоящие из однорейсового комплекса БС-146 с гидравлическим клиновым отклонителем без опоры на забой и двойного фреза типа ФД, разработанного в ООО «Башгеопроект» [4]. В августе 2015 г. в скважине предварительно проведены подготовительные работы к зарезке бокового ствола. Произвели подъем воронки на НКТ – 73 мм – 175 шт., скреперование и шаблонирование с шаблоном

диаметром 124 мм длиной 10 м до глубины 1755 м. Геофизической партией установили взрыв пакера (ВП – 118 мм) на глубине 1750 м, сверху закрепили цементным мостом в интервале 1750–1747 м, опрессовали на давление 10 МПа (герметично). Спустили в скважину сборку фрезов на СБТ 89 мм. Проработали интервал 1703–1726 м, собрали компоновку (КНБК № 1) для установки клин-отклонителя и вырезания «окна», проверили готовность на устье скважины, соединили клин с фрезером с помощью срезного винта. Проверили проходимость гидросистемы путем пропуска через нее технической воды, соединили клиновой отклонитель с якорем. Спустили КНБК в скважину до глубины 1708–1711 м, произвели расхаживание бурильного инструмента вверх-вниз на 10–12 м с целью устранения реактивного момента. Спустили ориентирующий геофизический прибор, предварительно проверив корректность его работы на устье скважины. Сориентировали желоб клинового отклонителя в положение +30°...+50° (I четверть). Установили голову клина на глубине 1713 м, зафиксировали собственный вес бурового инструмента. Навернули ведущую бурильную трубу, буровым насосом с регулируемым приводом создавали давление жидкости в колонне бурильных труб в последовательности от 3 до 12 МПа с выдержкой в течение 5 мин. Затем осуществили разгрузку колонны бурильных труб на 5…15 кН (0,5–1,5 т) и подняли давление до 15 МПа; выдержали в течение 10–15 мин и сбросили до 0. Натянув колонну бурильных труб с расчетной силой, превышающей вес инструмента, произвели срез транспортного винта, соединяющего фрезер с клиновым отклонителем. Расчетное усилие среза транспортного винта составляло 80–100 кН (8–10 т), срез винта фиксировался показаниями ГИВ, на котором должен восстановиться собственный вес инструмента. Приподняли компоновку так, чтобы фрезер был на 0,5 м над «головой» клина. Замерили и записали вес на «вира» и «майна», момент при вращении над забоем и давление на насосе. В желобе вибросита установили необходимое количество магнитов для сбора металлической стружки. Однорейсовым комплексом БС-146, вырезали «окно» в интервале 1713–1716 м на рис. 3.

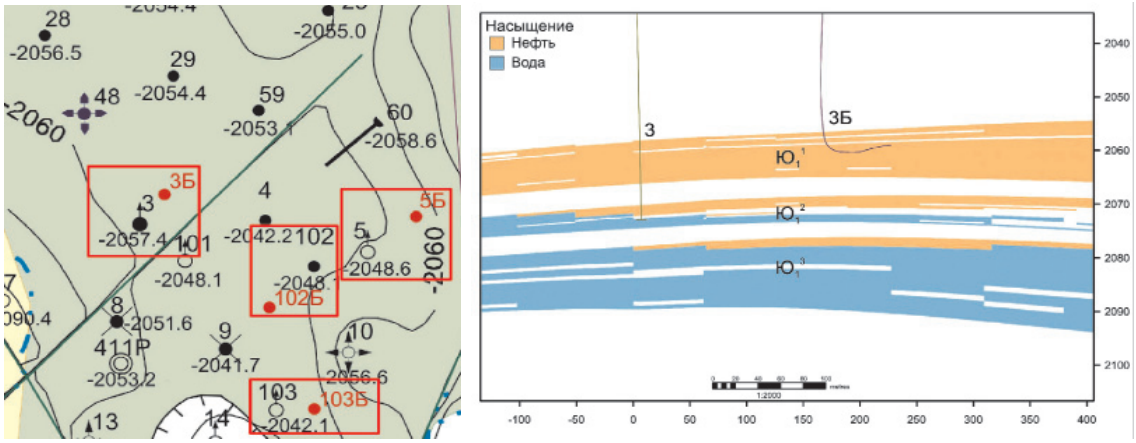



*Рис. 1. Схема и профиль расположения скважины № 3Б*

*Рис. 2. Планируемые гидродинамические расчеты по скважине № 3Б*

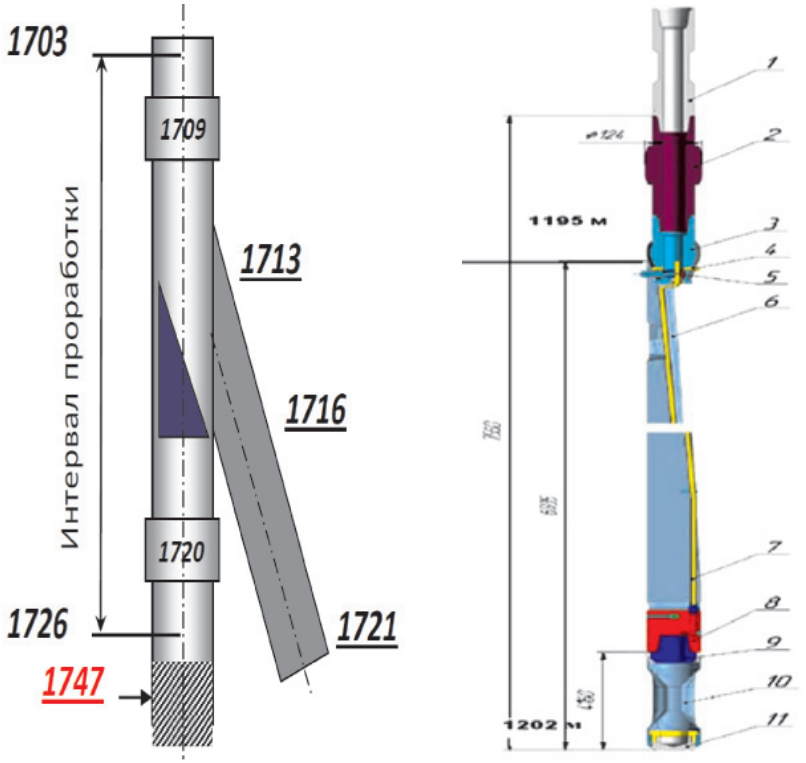



*Рис. 3. Схема интервала вырезки окна с БС-146 в стволе скважины № 3:*
*1 – труба; одиночка СБТ-73; 2 – фрезер расширяющий; 3 – фрезер оконный;*
*4 – пробка; 5 – винт срезной; 6 – клин-отклонитель; 7 – гидросистема;*
*8 – переводник шарнирный; 9 – переводник; 10 – якорь; 11 – башмак*

Фрезерование обсадной колонны на «голове» клина начинали с навеса при оборотах ротора не менее 50–60 мин. Во время фрезерования обработали раствор полимером до необходимых параметров. Опрессовали цементное кольцо на P = 2,5 МПа после выхода фрезов в открытый ствол. Продолжили углубление на 5 м в горной породе до глубины 1721 м. Проработали интервал вырезки «окна» до свободного прохождения фрезеров-райберов в режимах: вращение с промывкой; без вращения с промывкой; без вращения и без промывки. Подняли КНБК. Замерили диаметр комбинированной фрезы. Собрали новую компоновку КНБК № 2 на бурение и начали бурение с одновременным утяжелением бурового раствора до 1,06 ± 0,03 г/см$^3$, пробурили скважину до проектного забоя (2378 м по стволу скважины, 2125,28 м а.о.) согласно траектории, указанной в программе бурения. Подняли КНБК из скважины, произвели ГИС и подготовку к спуску «хвостовика». Проработали ствол специальной компоновкой и спустили «хвостовик» 102 мм, произвели его цементирование. Спустили для проработки внутри хвостовика ДТФ-85 + БВ-60 (с перекрытием хвостовика на 30 м) + СБТ-89 остальное. Прошаблонировали «хвостовик» до стоп-кольца, перевели скважину на техническую воду. Опрессовали «хвостовик» совместно с эксплуатационной колонной на 10 МПа на технической воде [5]. По согласованию с Заказчиком записали комплекс ГИС (АКЦ, ГК, МЛМ в хвостовике). После окончания строительства скважины 03.03.2016 г. проведен гидроразрыв пласта (ГРП) с закачкой проппанта Carbo/BoroProp в следующей последовательности: закачан тип 20/40 – 1 т, 16/20 – 10 т, 12/18 – 4 т. Геометрия трещины по дизайну на рис. 4.

Отчет о проведенной операции по ГРП показан в табл. 1.

С 6 по 10 марта 2016 г. в скважине № 3Б после ГРП проведено освоение со свабированием с последующим закрытием на КВД. На рис. 5 представлены данные исследования по результатам записи глубинным прибором на глубине 2150 м.

Для интерпретации было использовано КВД от 09.03.2016 г. с 12:46 до 15:26 ч, давление с глубины замера пересчитано на глубину верхних перфорационных отверстий по плотности 0,878 г/см$^2$, рассчитанной

с учетом обводненности. В результате интерпретации КВД в скважине № 3Б получены данные о пластовом давлении, фильтрационные параметры пласта и призабойной зоны и оценочные данные по скин-фактору, в табл. 2.

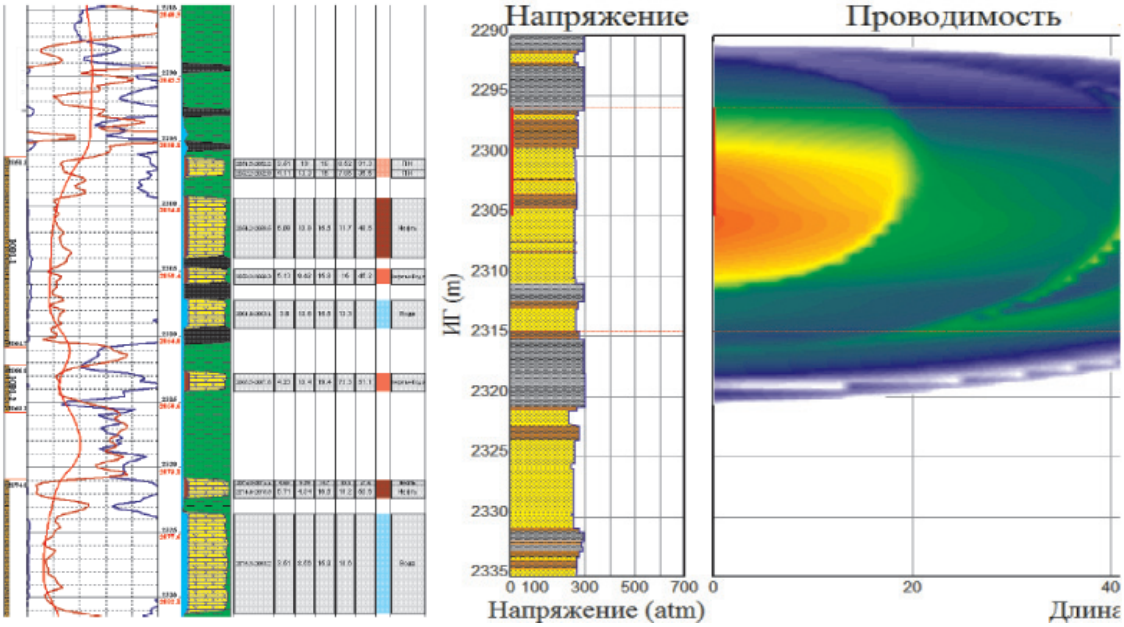



*Рис. 4. Геометрия трещины по дизайну скважины № 3Б*

**Таблица 1**

Отчет о проведенной операции по ГРП по скважине № 3Б

**Отчёт о проведённой операции по ГРП**

Накладная № 05893-S Дата: 3.03.16

| Месторождение: | Южно-Охтеурское | ООО "Южно-Охтеурское" | Скважина: | 3_2 | Куст: | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Прибытие на куст | 3.03.16 | 0:00 | Убытие с куста | 3.03.16 | 14:00 |
| Начало миниГРП | 3.03.16 | 6:10 | Окончание миниГРП | 3.03.16 | 6:20 |
| Начало ГРП | 3.03.16 | 12:20 | Окончание ГРП | 3.03.16 | 12:40 |

| | | |
|---|---|---|
| Пласт: | Ю1(1) | |
| Перфорация(верх и низ): | 2296 | 2305 |
| Реперфорация (верх и низ): | 2296 | 2305 |
| Интервал реперфорации, м | 9 | |
| Тип зарядов/плотность | экпо-пп-16гп | 20*20 |
| Дата реперфорации: | 25.02.16-29.02.16 | |
| Глубина забоя до ГРП, м | 2356.6 | |
| Типоразмер э/к, мм | 102 | |
| Толщина стенки э/к, мм | 6.5 | |
| Наружный диаметр НКТ, мм | 88,9(Р-110) | 73(Р-110) |
| Внутренний диаметр НКТ, мм | 74.22 | 58.98 |
| Тип пакера | ПРО-ЯМОЗ-ЯГ3(ф)-122 | |
| Глубина спуска пакера, м | 1613.00 | |
| Глубина спуска НКТ, м | 1613.00 | 1631.0 |
| Ожидаемый забой после ГРП, м | 2306 | |
| Объем проппанта в скважине, м³ | 0.3 | |

| Давления | Замещение | Мини ГРП 1 | Мини ГРП 2 | ГРП |
|---|---|---|---|---|
| Pmax, атм | 234 | 153 | | 150 |
| Среднее, атм | 187 | 134 | | 119 |
| Конечное, атм | 141 | 136 | | 157 |
| ISIP, атм | 74 | 75 | | 80 |

| | |
|---|---|
| Объем НКТ, м³ | 7.04 |
| Объем з/к под пакером, м³ | 4.30 |
| Объем поверх. оборудования, м³ | 0.3 |
| Объем полной "продавки", м³ | 11.6 |

| | Мини ГРП 1 | | Мини ГРП 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | План | Факт | План | Факт |
| Объем миниГРП | 23.7 | 23.7 | 0.0 | 0.0 |
| Темп закачки, м³/мин | 2.4 | 2.4 | 0.0 | 0.0 |
| "пробка" на миниГРП,м | 750 | 750 | 0 | 0 |
| Жидкость "продавки" | линейный гель | | линейный гель | |
| Объем "продавки", м³ | 15.5 | 15.5 | 0.0 | 0.0 |

| Проппант | Фракция | Масса, т | Завод |
|---|---|---|---|
| Проппант: | 20/40 | 1.0 | BorgoProp |
| Проппант: | 16/20 | 10.0 | BorgoProp |
| Проппант: | 12/18 | 4.0 | BorRCP |
| Проппант: | | | |
| Всего закачано: | | 15.0 | тонн |
| В пласте: | | 14.5 | тонн |
| В скважине: | | 0.5 | тонн |

| ГРП | | Факт |
|---|---|---|
| В емкостях перед началом работ, м³ | 89.8 | 89.8 |
| Темп закачки, м³/мин | 2.4 | 2.4 |
| "пробка" на ГРП, кг | | |
| Подушка (с поверх.), м³ | 7 | 7 |
| ТОНН проппанта для ГРП | 15.0 | 15.0 |
| Жидкость с проппантом, м³ | 24.6 | 24.6 |
| Жидкость "продавки" | линейный гель | |
| Объем "продавки", м³ | 11.0 | 11.0 |
| Доп. мини ГРП / SDT / SRT | 0.0 | 0.0 |
| Доп. мини ГРП / SDT / SRT | 0.0 | 0.0 |
| Опрессовка + долив скважины.Линейный гель м3 | 5.0 | |
| Всего закачано, м³ | 86.8 | 86.8 |
| Остаток, м3 | 3.0 | 3.0 |
| Остаток воды, м³ | | 0.0 |

| Химреагенты | Линейный гель | В поток | Всего |
|---|---|---|---|
| геллант, кг WG-111D | 3.0 | - | 282.40 |
| кросслинкер, л WXB-7 | - | 3.00 | 135.10 |
| кросслинкер, л WXB-11 | - | - | 0.00 |
| брейкер 1 (средн конц)л DRA-2 | - | | 0.00 |
| ПАВ/деэмульгатор, л S-14 | 2.0 | - | 185.00 |
| стабилизатор глин, л CC-1 | 2.0 | - | 185.00 |
| брейкер 1 (средн конц)кг Encap HP | - | 0,25-0,5 | 20.20 |
| брейкер 2,(сред. конц.) кг WBO-2 | - | 0.50 | 5.70 |
| бактерицид, кг | 0.02 | - | 1.80 |
| Муравьиная кислота | 0.042 | - | 3.80 |
| Encap LP | - | - | 0.00 |
| WG-1 | - | - | 0.00 |
| Дип.топливо на замес | 1.5 | - | 423.60 |
| Использовано сшитого геля м3 с конц. | 3.0 кг/м3 | | 43.3 |
| Использовано линейного геля м3 с конц. | 3.0 кг/м3 | | 38.5 |
| | | | |
| | | | |
| Линейный гель м3 | 5.0 | Всего закачено м3 | 86.8 |

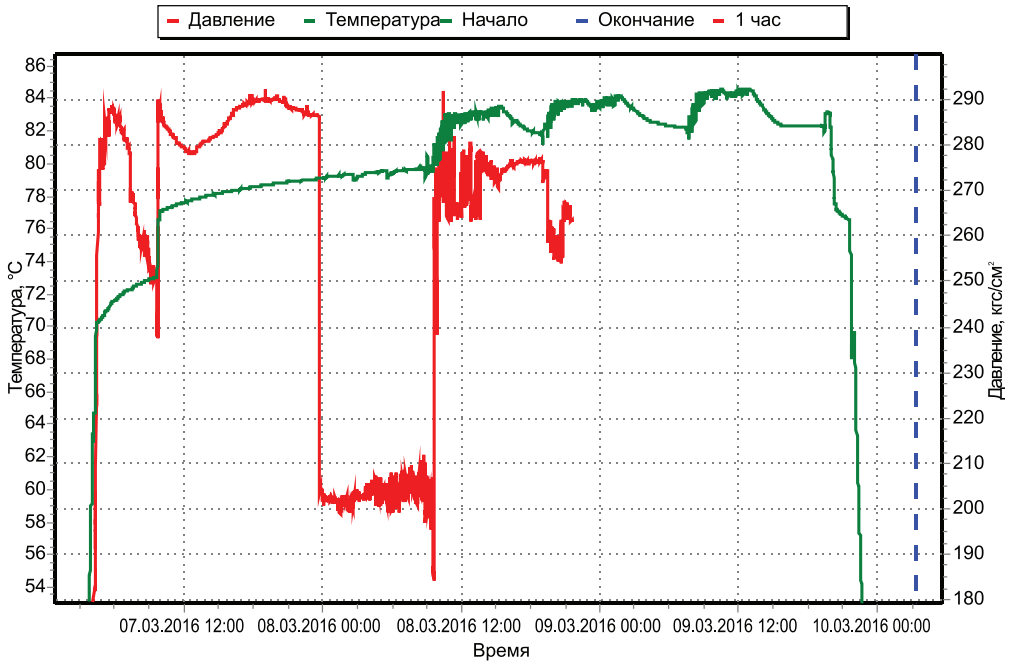



*Рис. 5. Результаты записи глубинным манометром САМТ на глубине 2150 м*

**Таблица 2**

Результаты интерпретации КВД по скважине № 3Б

| | | |
|---|---|---|
| Коэффициент влияния ствола скважины | м³/(кг/см²) | 0,01 |
| kh | мД·м | 24 |
| Радиальная проницаемость | мД | 3,58 |
| Скин-фактор | | –3,1 |
| Забойное давление на ВДП | кг/см² | 199,08 |
| Пластовое давление на последнюю точку замера на ВДП | кг/см² | 208,929 |
| Экстраполированное пластовое давление на ВДП | кг/см² | 213,81 |
| Коэффициент продуктивности по замерам | (м³/сут)/(кгс/см²) | 0,40 |
| Гидропроводность | (мД×м)/(мПа×с) | 23,30 |
| Пьезопроводность | м²/с | 0,012 |

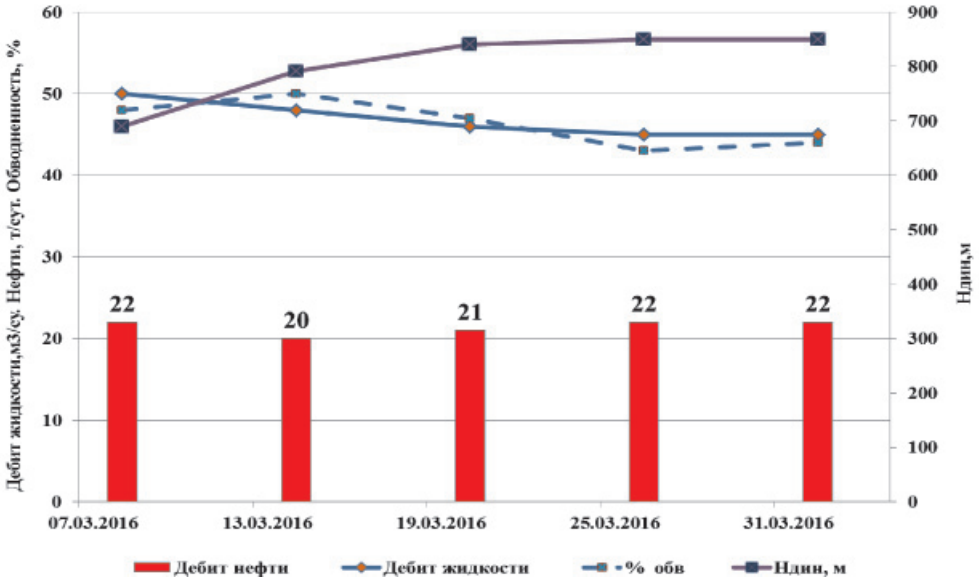



*Рис. 6. Показатели работы скважины № 3Б после запуска*

После исследований в скважину спустили ЭЦН-40-1650, на глубину 1600 метров. Параметры работы скважины после запуска на рис. 6.

## Выводы

1. Анализом установлено, что опытно-промышленное испытание по зарезке и эксплуатации скважины № 3Б со вторым стволом является эффективным мероприятием и рекомендуется для дальнейшего применения на месторождении.

2. По скважине № 3Б пласта ЮВ1(1) запускной дебит 22 т/сут по нефти считается высоким, соответственно, все проведенные работы от процесса бурения до запуска будут иметь практическую значимость при внедрении БС на других скважинах.

3. Однорейсовый комплекс БС-146 с гидравлическим клиновым отклонителем без опоры на забой и двойным фрезом типа ФД является эффективным и надежным инструментом для зарезки боковых стволов.

## Список литературы

1. Апасов Р.Т., Цулая, Г.Г. Восстановление продуктивности скважин со вторыми стволами, горизонтальных и после гидроразрыва пласта виброволновым методом / Г.Г. Цулая, Р.Т. Апасов // Научный форум. Сибирь: сборник научных трудов молодых ученых. – 2015. – № 1. – С. 12.

2. Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Саранча А.В. Технология и составы для проведения в скважинах водоизоляционных работ на основе карбамидоформальдегидной смолы // Нефтегазовое дело. – 2014. – № 6. – С. 277–291.

3. Дополнение к технологической схеме разработки Южно-Охтеурского нефтяного месторождения // ОАО «НижневартовскНИПИнефть», (протокол № 1464 от 26.12.2012 г).

4. Научное сопровождение разработки Южно-Охтеурского месторождения 2013–2015 г. // ОАО «НижневартовскНИПИнефть».

5. Совершенствование инструмента для вырезания «окна» в обсадных колоннах / А.Н. Михайлов, В.Х. Самигуллин, Р.М. Гилязов, Ф.Ш. Хакимов, Г.С. Рамазанов // Бурение и Нефть. – 2002. – № 9. – С. 32–33.

УДК 504.53

# ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ: СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В ПОЧВАХ

**[1]Баенгуев Б.А., [2]Мокрый А.В., [1]Каницкая Л.В., [1]Белых О.А.**

*[1]ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет», Иркутск, e-mail: baenguev94@mail.ru;*
*[2]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского», Иркутск, пос. Молодежный*

В статье представлены результаты исследования содержания серы в почвах Южного Прибайкалья, находившихся в зоне техногенных выбросов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК), который действовал до 2013 г. Основными загрязняющими газообразными веществами являлись как органические, так и неорганические соединения серы. В рамках госзадания № 2014/53 «Организация проведения научных исследований» были выполнены работы по изучению состояния различных горизонтов почв в 5 точках, находящихся на различном удалении от источника загрязнения. Установлено, что сера сконцентрирована в верхних горизонтах Ad и A. Выявлено, что концентрация серы в почве превышает ПДК в трех исследованных точках, ближайших к источнику загрязнения в 4,3–6,9 раза, на остальных участках концентрация серы находится в пределах нормы. Максимальное превышение значений ПДК отмечено на г. Соболиной на высоте 860 м над уровнем моря.

**Ключевые слова: Южное Прибайкалье, экология, содержание серы, горизонты, почвы, поллютанты**

# ENVIRONMENTAL STATUS OF THE SOUTHERN BAIKAL REGION: THE SULFUR CONTENT IN SOILS

**[1]Baenguev B.A., [2]Mokryy A.V., [1]Kanitskaya L.V., [1]Belykh O.A.**

*[1]Baikal State University, Irkutsk, e-mail: baenguev94@mail.ru;*
*[2]Irkutsk State Agricultural University, Irkutsk, Molodezhyy*

The article presents the results of the content of sulphur in soils of the southern Baikal region, located in the zone of technogenic emissions of the Baikal pulp and paper mill (BPPM), which was valid until 2013. The major polluting gaseous substances was sulphur compounds both organic and inorganic. We have completed the research status of different horizons of soils at 5 points located at different distances from the pollution source in the framework of the state assignment № 2014/53 «Organization of research». Established that sulfur is concentrated in the upper horizons Ad and A. Revealed that the sulfur concentration in the soil exceeds the MPC in the three researched places closest to the pollution source 4,3–6,9 times, on other sites the sulfur concentration is in the normal range. The maximum excess observed on the mountain Sable at the height of 860 m above sea level.

**Keywords: Southern Baikal, the environment, sulfur content, horizons, soil, pollutants**

Город Байкальск был образован в 1961 г. в связи со строительством и запуском Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК), который в течение 47 лет формировал 80 % доходов города. Работа БЦБК на оз. Байкал – одна из немногих тем, которая регулярно вызывала публичные дискуссии в Советском Союзе. В середине восьмидесятых годов прошлого столетия общественное внимание к экологическим проблемам начало возрастать, и в 1987 г. вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 434 «О мерах по обеспечению охраны и рационального использования природных ресурсов бассейна озера Байкал в 1987–1995 гг.». Но только в 2013 г. БЦБК полностью прекратил свою деятельность.

Байкальск расположен непосредственно на южном побережье Байкала (рис. 1) и находится в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории (БПТ), часть которой является объектом Всемирного природного наследия ЮНЕСКО и охраняется законом № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал».

После остановки БЦБК областная и местная администрации при обсуждении вопроса о диверсификации экономики предпочтение отдали туристско-рекреационному направлению развития [11]. Поэтому в документе «Комплексный инвестиционный план модернизации моногорода Байкальск Иркутской области на 2010–2014 годы» в качестве главной задачи было заявлено привлечение инвестиций в развитие туризма и сопутствующей инфраструктуры.

В мировой практике крайне важным в плане привлечения инвестиций для развития туристской территории является её положительный имидж, который включает наличие рекреационных ресурсов, развитую инфраструктуру и сферу услуг, а также экологическую составляющую [13].

**Таблица 1**

Динамика выбросов БЦБК в атмосферу с 2005 г. [4]

| Тип выбросов | Выбросы, тыс. т | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Всего | 5,523 | 6,144 | 5,556 | 4,828 | 1,364 | 2,234 | 2,997 | 5,486 | 3,321 |
| из них взвешенные вещества | 3,520 | 3,648 | 2,933 | 2,476 | 0,794 | 1,548 | 1,906 | 4,079 | 2,302 |

Выбросы загрязняющих веществ БЦБК снижали привлекательность Южного побережья оз. Байкал как зоны для рекреации и туризма. В табл. 1 приведены данные по выбросам БЦБК за последние 9 лет его работы. Около 50% от валового выброса составляли оксиды серы и азота, метилмеркаптан, диметилсульфид, диметилдисульфид, сероводород, хлор и др.

Исследователями [10] установлено негативное влияние токсических выбросов на почвы пихтовых лесов байкальских склонов Хамар-Дабана на расстоянии до 100 км от БЦБК. Техногенная сера является одним из основных кислотообразующих агентов, которые поступают в атмосферу и далее в почвы при промышленном загрязнении. Действие поллютантов способно разрушить почвенный поглощающий комплекс, изменить актуальную реакцию среды почвенных растворов и физико-химические свойства почвы.

**Цель** данной работы заключалась в оценке уровня накопления серы в почвах Южного Прибайкалья.

## Материалы и методы исследования

Территория, которая выбрана для исследования почвы, расположена на равнинном плато юго-восточного побережья оз. Байкал, у подножия горного массива Хамар-Дабан. Относится к Южно-Сибирской горно-таежной ландшафтной зоне [2, 5]. Растительность геосистем представлена в основном темнохвойными ассоциациями с преобладанием кедра. В почвенном покрове территории преобладают подбуры таежные, бурые лесные грубогумусные (буроземы таежные), дерновые лесные (часто оподзоленные) и подзолистые почвы [12].

Для оценки пространственного распределения серы в почвах были использованы данные по содержанию валовой серы в почвах на 5 ключевых участках, находящихся на различном расстоянии от источника загрязнения: от 0,6 до 20 км в следующих районах: промплощадка (N 51,520700; E 104,175244), микрорайон Южный (N 51,50378; E 04,13737), г. Соболиная (N 51,49389; E 104,11227), Утуликская дача (N 51,54848; E 104,07590) и Слюдянский лесопитомник (ЛСП – N 51.59992; E 103.91892) (рис 1).

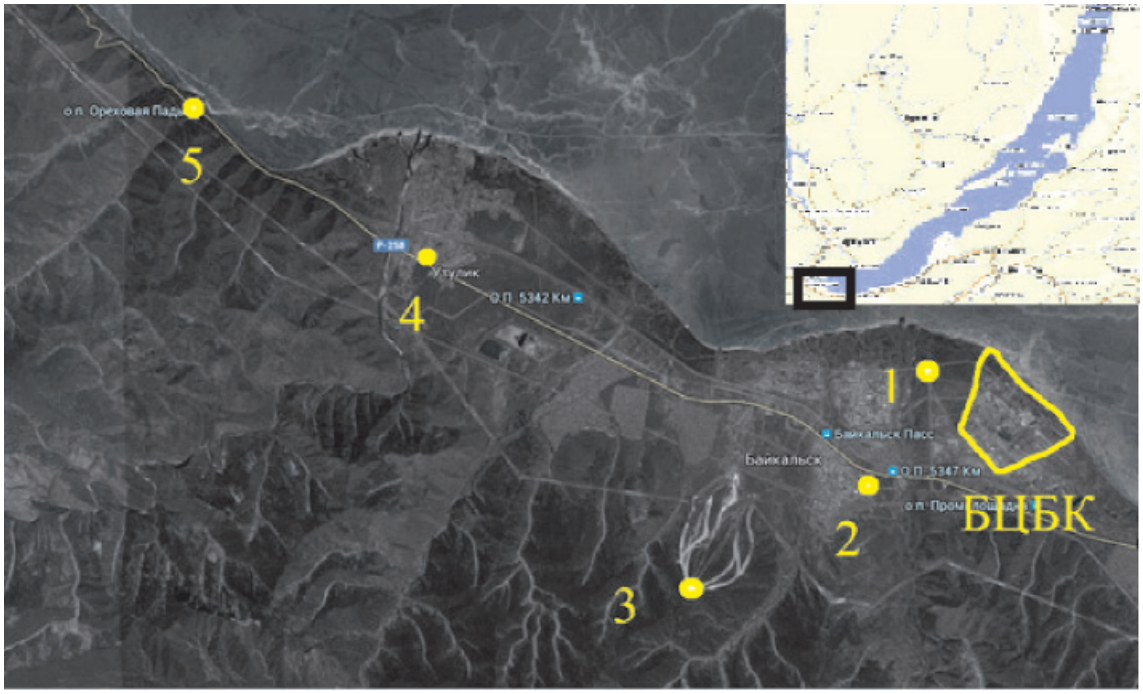



*Рис. 1. Районы исследования:*
*1 участок – промзона БЦБК (0,6 км); 2 участок – микрорайон Южный (3 км);*
*3 участок – г. Соболиная (5,5 км); 4 участок – Утуликская дача (8,7 км); 5 участок–ЛСП (20,2 км)*

На площадках были заложены почвенные разрезы и отобраны образцы из всех генетических горизонтов. Анализ выполнен для 31 образца усредненных проб почв. На исследуемых участках произведены почвенные разрезы до материнской породы, произведены замеры мощности горизонтов, плотность и pH почв (прибор pH-метр ZD05).

*Подготовка образцов для анализа.* Образец почвы массой 600–750 г размещали на листе чистой пергаментной бумаги и удаляли из него корни, включения и новообразования. Дернину тщательно отряхивали от комочков почвы. Крупные комки почвы разламывали руками, затем раздробляли в агатовой ступке агатовым пестиком до небольших комков, диаметром 5–7 мм (примерно до величины отдельностей мелкоореховатой структуры). Среднюю пробу отбирали методом квартования [9]. Затем пробу измельчали и для анализа отбирали фракцию размером менее 100 меш.

*Метод анализа*. Оценку содержания серы в почве проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА).

Излучатели для анализа прессовали в виде таблеток (диаметр 40 мм) на подложке из борной кислоты (усилие прессования 10 т). Исследования выполняли на рентгеновском спектрометре S4 Pioneer (Bruker, AXS) с рентгенооптической схемой по Соллеру, оснащенном рентгеновской трубкой с Rh-анодом мощностью 4 кВт. Аналитической линией служила S $K_{\alpha}$-линия. Условия измерения следующие: напряжение 30 кВ, сила тока 40 мА. Время набора импульсов – 30 с.

Расчет содержания серы выполнен с помощью программного обеспечения $Spectra^{Plus}$ спектрометра. Для построения градуировочной характеристики и оценки правильности определения использовали государственные стандартные образцы почв, речных и донных осадков, илов и рыхлых отложений [1]. Относительная погрешность определения серы составила менее 6% в диапазоне содержаний от 0,02–0,4% мас.

## Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что исследуемые почвы Южного Прибайкалья по физическим показателям и по гранулометрическому составу относятся к среднесуглинистым с преобладанием гравия, pH различных горизонтов почв колеблется в пределах от 5,6 до 6,5, т.е. исследуемые почвы можно отнести к слабокислым (табл. 2).

Так как плотность естественной почвы обычно не превышает 2 г/см$^3$, а минимальные значения минеральных почв редко бывают ниже 0,8 г/см$^3$ [6], следует, что плотность почвы исследуемых нами участков находится в пределах нормы.

В работе В.А. Кузьмина [7] отмечается, что в окрестностях г. Байкальска в 5 км от БЦБК содержание многих элементов в снеге в 2–5 раз выше, чем в пробах, отобранных вдали от промышленных зон. Результаты анализа концентрации серы в почве методом рентгенофлуоресцентного анализа, которые представлены в табл. 3, показывают, что и в почвах отмечается подобная тенденция. Так, например, содержание серы в почве г. Соболиной в горизонте А превышает ПДК в 7,1 раз, а значение кларка серы (по Виноградову) – в 2,3 раза. В горизонте В превышение ПДК незначительное. В почвах промзоны БЦБК и микрорайона Южного содержание серы превышает ПДК в 5,0 и 4,3 раза соответственно. При удалении от источника выбросов более чем на 8 км содержание серы в почвах уменьшается до величин близких к ПДК или ниже этого значения.

**Таблица 2**

Мощность горизонтов, плотность и pH почвы

| Место отбора проб | Характеристика почв | Описание | Мощность, см | Плотность, ρ, г/см$^3$ | pH |
|---|---|---|---|---|---|
| г. Соболиная | Дерново-суглинистая | Горизонт А | 4–10 | 0,59 | 6,5 |
| | | Горизонт В | 10–53 | 0,69 | |
| | | Горизонт С | > 53 | 1,48 | |
| Микрорайон Южный | Дерново-суглинистая бесарбонатная с признаками антропогенного воздействия | Горизонт А | 5–20 | 1,12 | 6,5 |
| | | Горизонт В | 20–80 | 1,28 | |
| Промзона | Дерново-глинистая | Горизонт В | 10–65 | 1,52 | 5,6 |
| | | Горизонт $B_1$ | 65–120 | 1,35 | |
| | | Горизонт $B_2$ | > 120 | 1,60 | |
| ЛСП | Дерново-подзолистая | Горизонт А | 9–35 | 0,98 | 6,2 |
| | | Горизонт $B_1$ | 35–90 | 1,37 | |
| | | Горизонт $B_2$ | 90–150 | 1,50 | |
| Утуликская дача | Дерново-суглинистая | Горизонт А | 5–7 | 0,48 | 6,3 |
| | | Горизонт В | 7–35 | 0,72 | |
| | | Горизонт $B_1$ | 35–85 | 1,43 | |

**Таблица 3**

Содержание серы в почве в различных точках отбора проб

| Генетические горизонты почв | Содержание серы в почве, мг/кг | | | | | ПДК/ кларк, мг/кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Промзона, кв. 12, 13 | г. Байкальск, г. Соболиная | г. Байкальск, м/р Южный | Утуликская дача | ЛСП | |
| $A_d$ | – | – | 700 | – | 250 | 160/500 |
| A | 800 | 1150 | 500 | 250 | 200 | |
| B | 500 | 200 | 200 | < 200 | < 200 | |
| $B_1$ | 300 | – | – | < 200 | < 200 | |
| $B_2$ | < 200 | – | – | – | – | |

*Рис. 2. Распределение концентраций серы в почве на исследуемой территории*

Такое распределение серы по территории (рис. 2) можно объяснить тем, что преимущественный поток воздушных масс представлен северо-западным переносом [8]. В силу орографической изолированности из-за хребта Хамар-Дабан, обмен воздушными потоками между байкальской впадиной и окружающими территориями ослаблен [3]. Это ведет к образованию сложных циркуляционных процессов.

Поскольку высота г. Соболиной составляет 1004 м, то она могла задерживать аэропромышленные выбросы от БЦБК. Возможно, именно это привело к самой высокой концентрации серы в почве г. Соболиной. Причем сера накапливалась преимущественно в верхних горизонтах $A_d$ и A, что может свидетельствовать об аэрогенном характере загрязнения. Но нельзя исключать и тот факт, что органическое вещество почвы связывает соединения серы.

Таким образом, проведено исследование пространственного и внутрипочвенного распределения серы в почвах лесных биогеоценозов Южного Прибайкалья и на урбанизированных территориях. Наблюдается тенденция увеличения концентрации серы в органогенных горизонтах по мере приближения к источнику эмиссии и с увеличением высоты над уровнем моря. Внутрипочвенное распределение серы, по-видимому, связано с содержанием органического вещества в горизонтах, поскольку концентрация серы убывает с глубиной.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке инженерных проектов по экологической реабилитации территории Южного Прибайкалья, а также

при разработке проектов по использованию территории в целях туризма и рекреации для расчета допустимых антропогенных нагрузок.

### Список литературы

1. Арнаутов Н.В. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ: методические рекомендации. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1987. – 204 с.

2. Белых О.А. Экологическая оценка состояния пригородных лесов г. Байкальска / О.А. Белых, А.В. Мокрый и др. // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2015. – Т. 25, № 5. – С. 913–920. – DOI: 10.17150/1993-3541.2015.25(5).

3. Власенко В.В. Местные циркуляции на побережье оз. Байкал и на северных склонах хр. Хамар-Дабан // Климат и растительность Южного Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, 1989. – С. 32–43.

4. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2013 году» – Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2014. – 462 с.

5. Китаев Н.А., Гребенщикова В.И. Редкие и рудные элементы в окружающей среде Прибайкалья (коренные о, донные отложения, почвы): монография. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. – 123 с.

6. Козлова А.А. Учебная практика по физике почв: учеб.-метод. пособие. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 81 с.

7. Кузьмин В.А. опыт почвенно-географических исследований на территории Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. – 2002. – № 3. – С. 197–205.

8. Ладейщиков Н.П., Лут Л.И., Мизандронцева К.А. Об учете атмосферных и климатических факторов в реализации проектов рационального природопользования в бассейне озера Байкал на перспективу // Региональный мониторинг состояния оз. Байкал. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – С. 13–22.

9. Мартынова Н.А. Химия почв: органическое вещество почв: учеб.-метод. пособие. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. – 255 с.

10. Масель Г.И., Швец М.М. Влияние атмосферного загрязнения на свойства лесных почв Хамар-Дабана // Биологические ресурсы и ведение государственных кадастров Бурятской ССР: матер, науч. конф. – Улан-Удэ: БНЦ СО АН СССР, 1991. – С. 35–36.

11. Постановление Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2010 года № 692 «Об особой экономической зоне туристско-рекреационного типа, созданной на территории Иркутской области» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: www.docs.cntd.ru (дата обращения 03.06.2016).

12. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Слюдянский район / Е.Г. Суворов, А.Н. Антипов, Ю.М. Семёнов и др. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. – 141 с.

13. Indicators of sustainable development for tourism destinations: a guidebook // Madrid: Publ. and printed World Tourism Organization, 2004. – 507 p.

УДК 504

# К ВОПРОСУ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

**Базаров Р.Т., Басырова Э.И., Синетова Р.Г., Тишкина Т.В.**

*Зеленодольский институт машиностроения и информационных технологий (филиал), Казанский национальный исследовательский технический университет – КАИ им. А.Н. Туполева, Зеленодольск, e-mail: rustam.baz.ru@mail.ru, elmira_basyrova@mail.ru, rsinetova@mail.ru, tvt879@mail.ru*

В статье исследуются проблемы экологии в Республике Татарстан. Также были рассмотрены существующие природные ресурсы и приведены различные уровни распределения природных ресурсов ведущих стран мира. Были выявлены имеющиеся проблемы экологического и природного характера и на основе данных проблем разработаны пути решения по повышению экономических показателей на примере Республики Татарстан. В результате реализации описанной модели народного хозяйства будут достигнуты следующие цели: Курортная система по своему качеству достигнет высоких международных стандартов. Лечебные учреждения курортной сети будут обеспечены экологически чистыми продуктами питания при весьма значительном их разнообразии, лечебными оздоровительными препаратами, чистой питьевой водой. Море у побережья станет чистым, в нем восстановятся рыбные запасы. Памятники природы и археологии будут обустроены и защищены от разграбления. Будет проводиться их научное изучение и экспозиция для туристов. Туристские маршруты будут оснащены объектами обеспечения передвижения потока туристов. Будут созданы рабочие места для обеспечения работой всех желающих и способных трудиться. Будет существенно поднят жизненный уровень всего населения Крыма, созданы нормальные условия жизни для социально незащищенных слоев населения.

**Ключевые слова: экология, природные ресурсы, финансирование, проблемы, государство**

# TO THE ISSUE OF ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

**Bazarov R.T., Basyrova E.I., Sinetova R.G., Tishkina T.V.**

*Zelenodolsk Institute of Engineering and Information Technology (Branch), Kazan National Research Technical University – KAI named after A.N. Tupolev, Zelenodolsk, e-mail: rustam.baz.ru@mail.ru, elmira_basyrova@mail.ru, rsinetova@mail.ru, tvt879@mail.ru*

The article investigates the ecological problems in the Republic of Tatarstan. It is also considered the existing natural resources and given different levels of distribution of the natural resources of the leading countries of the world. The existing problems of the ecological and natural character were identified. Based on these problems there were developed the solutions for improving economic indicators on the example of the Republic of Tatarstan. As a result of realization of the described model of a national economy the following objectives will be achieved: The resort system on the quality will reach high international standards; Medical institutions of a resort network will be provided with environmentally friendly food at their very considerable variety, medical improving preparations, clear drinking water; The Sea at the coast will become pure, in him fish stocks will be restored. Nature sanctuaries and archeology will be equipped and protected from plunder. Their scientific studying and an exposition for tourists will be carried out. Tourist routes will be equipped with objects of ensuring movement of a flow of tourists; Workplaces for job security of everyone and capable to work Will be created; The standard of living of all population of the Crimea Will be significantly raised, normal living conditions for socially unprotected segments of the population are created.

**Keywords: ecology, natural resources, financing, problems, state**

Природные ресурсы являются компонентами окружающей среды, используемыми в процессе общественного производства, для удовлетворения материальных и культурных потребностей. Несмотря на то, что природные ресурсы имеют естественное происхождение, их относят к социально-экологической сфере. Существует довольно обширный список классификации природных ресурсов, рассмотрим 3 основные:

– по природному происхождению;

– по использованию их хозяйственной деятельности;

– по степени исчерпаемости.

Также существуют ресурсные циклы [3, 105]: изъятие из природы, переработка и использование, возвращение в природу отходов. Примерами могу служить циклы энергоресурсы и энергии, металлов и сельскохозяйственного сырья. Цель исследования: оценка природных ресурсов, изучение проблем и путей повышения их рационального использования [2, 91]. Объектом исследования: являются природные ресурсы. Предметом: рациональное использование природных ресурсов. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что природные ресурсы входят в наш повседневный обиход, поэтому важно правильно их использовать.

**Таблица 1**

Уровень распределения природных ресурсов ведущих стран мира

| № п/п | Показатели | Природные ресурсы | Добыча золота | Добыча нефти | Добыча газа | Добыча угля | По размеру территории |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Россия | 1 | 6 | 2 | 1 | 5 | 3 |
| 2 | США | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| 3 | Китай | 6 | 2 | 98 | 72 | 1 | 2 |
| 4 | Канада | 4 | 7 | 6 | 3 | 14 | 1 |

Как видно из табл. 1, добыча природных ресурсов является одним из важных показателей не только для России, но и для других стран. Россия в рейтинге мировых стран занимает 1 место. Это гордость для нашей страны. Также существует ряд проблем эффективности природопользования, которые заключается в следующем [4, 64]: загрязнение окружающей среды, а также ухудшение здоровья населения, нерациональное использование природных ресурсов, снижение управляемости системой рационального природопользования, нарушение земель при разборке месторождений полезных ископаемых. Значительный ущерб природе стран нанесен добычей показателей, которые представлены в таблице. Также большой опасность подвергается живая природа от рекреационного пресса [1, 52].

В настоящее время в Зеленодольске действует 14 промышленных предприятий, чья продукция экспортируется во многие страны мира. Наиболее важные отрасли производства – судостроение (ОАО «Завод имени А.М. Горького», ОАО «Зеленодольское проектно-конструкторское бюро» – проектирование судов различных классов, машиностроение (ОАО «ПО «Завод имени Серго», филиал Казанского моторостоительного производственного объединения – Зеленодольский машиностроительный завод), деревообработка (ООО «Поволжский фанерно-мебельный комбинат», ОАО «Зеленодольский фанерный завод»). На левом берегу Волги располагаются 106 садоводческих обществ, постоянно или сезонно в районе действуют 36 объектов культурно-оздоровительного назначения (базы отдыха, санатории-профилактории, детские лагеря, дачные кооперативы). На территории Зеленодольского района расположен Волжско-Камский государственный природный заповедник – самый крупный в Татарстане и один из крупнейших в Европе. Он представляет собой уникальную зону, где совмещаются южная тайга, смешанные и широколистные леса. В Волжско-Камском заповеднике находится самый большой и уникальный дендросад, где собрано более 400 видов растений Северной Америки, Западной Европы и Азии. На всю страну и далеко за ее пределами известны Раифский Богородицкий мужской монастырь и остров-град Свияжск.

На территории Зеленодольского района протекают малые реки: Кубня, Аря, Бува, Сумка, Петьялка, Секерка, Клянчейка. Река Сумка берет начало в гослесфонде в 1,5 км к западу от д. Гремячий Ключ, протекает через озера: Белое, Раифское, Ильинское и впадает в Куйбышевское водохранилище в 2,8 км ниже границы г. Зеленодольска. Протяженность реки составляет 36 км, площадь водосбора – 250 кв. км. Река Сумка принимает 5 притоков общей протяженностью 21 км. На ее водосборной площади расположено 46 озер, общая поверхность водного зеркала которых составляет 3,9 кв. км. 49 % водосборной площади реки покрыто лесом. Источниками загрязнения р. Сумка, ее притоков и заповедного оз. Раифское являются хозяйственные объекты ГУП Агрофирма «Ключи», КП «Овощевод». Бассейн р. Сумка отличается высокой степенью эрозионного расчленения поверхности: Б. Ключинская, Светлоозерская и другие балки являются растущими.

По р. Сумка и ее притоку р. Сопа ширина водоохранной зоны установлена 100 м по каждому берегу, по притоку Б. Ключ, протяженностью 5,6 км, как исключительная мера выделена водоохранная зона шириной 100 м, так как этот приток является основным источником загрязнения реки Сумка и заповедного озера Раифское. В 2014 г. исследовано 710 проб питьевой воды из разводящей сети по санитарно-химическим показателям, из них не соответствовали гигиеническим нормативам – 14,7 % проб, в 2013 г. исследовано 698 проб, из них не соответствовало гигиеническим нормам – 100 (14,3 %), в 2012 г. из 863 проб не соответствовали гигиеническим нормам – 62 (7,5 %). Число зарегистрированных случаев острых отравлений химической этиологии на территории Зеленодольского района и города Зеленодольска в 2014 году составляет 175 случаев, что на 18 случая меньше, чем в 2013 году (193 случаев) и на 38 случаев меньше,

чем в 2012 году (137 случаев). Количество смертельных случаев составляет в 2014 г. – 27,43 %, от общего количества отравлений, в 2013 году процент смертельных случаев составлял 27,53 %, а в 2012 г. – 19,27 %.

Из табл. 2, видно, что в 2015 г. по сравнению с 2014 г. общее количество выбросов вредных веществ в атмосферу в г. Зеленодольск увеличилось на 0,2 тыс. т, а в 2014 г. по сравнению с 2013 г. общее количество выбросов вредных веществ в атмосферу увеличилось на 0,7 тыс. т.

Количество выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников в г. Зеленодольск 2015 г. по сравнению с 2014 г. уменьшилось на 0,4 тыс. т, а в 2014 г. по сравнению с 2013 г. увеличилось на 0,3 тыс. т.

Количество выбросов вредных веществ в атмосферу от автотранспорта в г. Зеленодольске в 2015 г. по сравнению с 2014 г. увеличилось на 0,6 тыс. т, а в 2014 г. по сравнению с 2013 г. увеличилось на 0,4 тыс. т.

Таким образом, из табл. 3 видно, что в 2015 г. по сравнению с 2014 г. количество выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, на одного жителя уменьшилось на 3,97 кг, а в 2014 г. по сравнению с 2013 г. увеличилось на 2,92 кг.

Таким образом из табл. 4 видно, что основную долю затрат на капитальный ремонт основных производственных фондов по охране окружающей среды в г. Зеленодольске в 2015 г. составили затраты на капитальный ремонт по защите и реабилитации земель, поверхностных и подземных вод и составили 4,8 млн руб., затраты на капитальный ремонт по сбору и очистке сточных вод составили 3,3 млн руб., затраты на капитальный ремонт по охране атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата составили 0,1 млн руб.

**Таблица 2**

Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу в г. Зеленодольске, тыс. т/год

| | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. |
|---|---|---|---|
| Всего | | | |
| Республика Татарстан | 579,7 | 605,4 | 633,4 |
| Зеленодольск | 8,6 | 9,3 | 9,5 |
| От стационарных источников | | | |
| Республика Татарстан | 277,9 | 288,11 | 298,11 |
| Зеленодольск | 2,3 | 2,6 | 2,2 |
| От автотранспорта | | | |
| Республика Татарстан | 301,8 | 317,3 | 335,3 |
| Зеленодольск | 6,3 | 6,7 | 7,3 |

**Таблица 3**

Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, на одного жителя в г. Зеленодольске в 2013–2015 г., кг

| | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. |
|---|---|---|---|
| Республика Татарстан | 73,21 | 75,57 | 77,83 |
| Зеленодольск | 23,54 | 26,46 | 22,49 |

Источник: составлен авторами на основе статистических данных Исполнительного комитета Зеленодольского муниципального района.

**Таблица 4**

Затраты на капитальный ремонт основных производственных фондов по охране окружающей среды в г. Зеленодольске в 2015 г., млн руб.

| | Всего | Из них на: | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата | сбор и очистку сточных вод | обращение с отходами | защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод |
| Республика Татарстан | 2315,0 | 216,5 | 516,9 | 64,7 | 1516,8 |
| Зеленодольск | 8,2 | 0,1 | 3,3 | – | 4,8 |

В настоящее время в г. Зеленодольск действует Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город». Однако, на наш взгляд, необходимо адаптировать данную Концепцию для г. Зеленодольск и внести ряд дополнительных пунктов, в которых необходимы хорошо продуманные комплексные меры. Это и реконструкция существующих полигонов для отходов и налаживание переработки отходов для их вторичного использования.

Предлагается так же включиться в разработку и реализацию концепции обращения с отходами. К этой деятельности необходимо подключить самый широкий круг специалистов – экологов, ученых, представителей федеральных управлений и ведомств.

Проанализировав мероприятия экологической ситуации в г. Зеленодольск, необходимо принять первоочередные меры по формированию и реализации экологической политики.

В частном секторе города Зеленодольск необходимо добавить 27 контейнеров, подлежат ремонту 30 контейнеров, подлежат замене 11 контейнеров. Необходимо убрать контейнерные площадки по адресам: около садового общества Гари ближние, на ул. Гайдара перед ж/д переездом Гари, Б. Заводская, 75, Катина, 58. В Зеленодольске необходимо организовать подъездные пути к площадкам Тукая 6, Набережная 60, Набережная 120, 2-я Железнодорожная, Вишневая 26.

Для дальнейшей нормальной работы и развития мощностей необходимы мероприятия по совершенствованию сортировочно-полигонного комплекса ТБО.

Так же необходимо провести мероприятия по оздоровлению воздушного бассейна.

Необходимо так же отметить, что сложившаяся ситуация требует мер по проведению систематических мониторинговых исследований земель, как главного средства оценки и прогнозирования изменений их состояния для выработки решений по улучшению условий использования земель, предупреждению и устранению негативных процессов в почвах.

Так же нами произведен расчет затрат и экологической эффективности от предложенных природоохранных мероприятий в г. Зеленодольск, в результате которых мы выяснили, что на реализацию мероприятий по улучшению экологической обстановки на территории города Зеленодольск потребуется 3997150 тыс. рублей.

Для осуществления мероприятий необходимо выделение целевых средств из федерального и республиканского бюджетов.

Предлагается следующий вариант финансирования предложенных мероприятий:

– средства предприятий – 74000 тыс. руб.;

– бюджет города – 3224150 тыс. руб.;

– республиканский бюджет – 631000 тыс. руб.;

– федеральный бюджет – 62000 тыс. руб.

По нашему мнению, реализация предложенных мероприятий, позволит:

1) сократить выбросы вредных веществ в атмосферный воздух (пыли на 8490 т/год, оксида серы – 3760 т/год);

2) улучшить качество атмосферного воздуха;

3) снизить сброс загрязняющих веществ (органических соединений на 195 т/год, взвешенных веществ – 285,3 т/год, фосфатов – 114,2 т/год, БПК – 418 т/год, нефтепродуктов – 5,6 т/год, железа – 1,2 т/год);

4) снизить уровень загрязнения водных объектов;

5) утилизировать промышленные и обезвреживать опасные промышленные отходы;

6) рекультивировать 23,2 га земель, занятых отходами.

Реконструкция и расширение очистных сооружений позволит улучшить качество воды в реках за счет сокращения сброса недостаточно очищенных сточных вод на 20 млн куб. м/год. Строительство зон санитарной охраны позволит предотвратить загрязнение источников. Озеленение города позволит улучшить состояние атмосферного воздуха и будет способствовать созданию зон отдыха в черте города. Реализация природоохранных мероприятий улучшит экологическое состояние атмосферного воздуха, водных объектов и земель на территории города.

**Список литературы**

1. Базаров Р.Т., Тишкина Т.В. К вопросу регулирования инвестиционных процессов деятельности НКО // Горизонты экономики. – 2015. – № 2 (21). – С. 50–54.

2. Базаров Р.Т. К вопросу инвестиционной политики некоммерческого сектора Республики Татарстан // Сегодня и завтра российской экономики. – М., 2014. – С. 90–93.

3. Базаров Р.Т. Современное состояние и перспективы совершенствования методов инвестирования и финансирования в некоммерческие организации // Горизонты экономики. – М., 2014. – № 6. – С. 104–109.

4. Базаров Р.Т. Некоторые аспекты реализации принципов менеджмента качества в некоммерческих организациях // Сегодня и завтра российской экономики. – М., 2011. – № 49. – С. 63–65.

5. Басырова Э.И. Теоретические основы управления трудовым потенциалом промышленного предприятия // Горизонты экономики. – 2015. – № 2(21). – С. 84–87.

6. Басырова Э.И. Методические аспекты оценки эффективности использования трудового потенциала // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 47(398). – С. 34–44.

7. Синетова Р.Г., Формирование интегрированной системы непрерывного образования вуз-предприятие // Горизонты экономики. – 2015. – № 2(21). – С. 80–83.

8. Синетова Р.Г. Финансовый инжиниринг с использованием ценных бумаг в современных условиях // Горизонты экономики. – 2013. – № 6 (11). – С. 105–107.

9. Тишкина Т.В. Совершенствование оценки системы управления на предприятиях деревообработки // Горизонты экономики. – 2015. – № 2 (21). – С. 88–90.

УДК 551.8:551.466.62

# ПРОЯВЛЕНИЕ ПАЛЕОЦУНАМИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БУХТЫ ТРИОЗЕРЬЕ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ

**[1] Ганзей Л.А., [1]Разжигаева Н.Г., [2]Нишимура Ю., [3]Арсланов Х.А., [1]Гребенникова Т.А., [1,4]Лебедев И.И., [3]Максимов Ф.Е., [3]Петров А.Ю., [5]Горбунов А.О., [6]Наумов Ю.А.**

*[1]ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: lganzey@tig.dvo.ru;*
*[2]Институт вулканологии и сейсмологии, университет Хоккайдо, Саппоро, e-mail: yns@mail.sci.hokudai.ac.jp;*
*[3]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: arslanovkh@mail.ru;*
*[4]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: ilya.lebedev1994@bk.ru;*
*[5]ФГБУН «Институт морской геологии и геофизики» ДВО РАН, Южно-Сахалинск, e-mail: briiz@yandex.ru;*
*[6]Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (филиал), Находка, e-mail: naumov_ua@mail.ru*

Проведен поиск отложений палеоцунами на побережье бухты Триозерье, входящей в одну из активно развивающихся рекреационных зон на побережье Восточного Приморья. Установлены следы двух палеоцунами, прошедших до нашей эры, и найден маломощный прослой песка морского происхождения, который может быть следом цунами 1026 г., одного из крупнейших событий Япономорского региона. Морское происхождение песков подтверждено данными диатомового анализа. Для определения источников материала использован гранулометрический анализ. Возрастная привязка событий палеоцунами сделана на основе радиоуглеродного датирования органогенных отложений. В одном разрезе найден маркирующий пепел B-Tm влк. Байтоушань (969 г.). Определение масштаба палеоцунами показало, что эти события были более сильными, чем известные цунами конца XX века (1983, 1993 гг.). Зона затопления охватывала тыловую часть береговой низменности с озерами, цунами сопровождались активной эрозией.

**Ключевые слова: палеоцунами, осадки, радиоуглеродное датирование, поздний голоцен, бухта Триозерье, Японское море**

# MANIFESTATION OF LATE HOLOCENE PALEOTSUNAMI ON TRIOZER'E BAY COAST, SEA OF JAPAN

**[1]Ganzey L.A., [1]Razzhigaeva N.G., [2]Nishimura Yu., [3]Arslanov Kh.A., [1]Grebennikova T.A., [1,4]Lebedev I.I., [3]Maksimov F.E., [3]Petrov A.Yu., [5]Gorbunov A.O., [6]Naumov Yu.A.**

*[1]Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: lganzey@tig.dvo.ru;*
*[2]Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, Sapporo, e-mail: yns@mail.sci.hokudai.ac.jp;*
*[3]St-Petersburg State University, St-Petersburg, e-mail: arslanovkh@mail.ru;*
*[4]Far East Federal University, Vladivostok, e-mail: ilya.lebedev1994@bk.ru;*
*[5]Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: briiz@yandex.ru;*
*[6]Vladivostok State University of Economics and Service (branch), Nakhodka, e-mail: naumov_ua@mail.ru*

The search of paleotsunami deposits on the Triozer'e Bay coast, one of the actively developing recreational areas of East Primorye was carried out. The traces of two paleotsunami passed BC were established. The thin sand layer of marine origin, which may be the trace of 1026 AD tsunami, one of the major events in the Japan Sea region was found too. Marine origin of the sands was confirmed by diatom analysis. Grain size analysis was used to determine the source of the material. Age of paleotsunami is defined based on radiocarbon dating of biogenic deposits. Marker ash B-Tm of Baitoushan Volcano (969 AD) were found in one section. The reconstruction of paleotsunami scales show that these events were more intensive than known tsunami of the end of XX century (1983, 1993 AD). Inundation area covered the back part of the coastal lowland with lakes, tsunami caused active erosion.

**Keywords: paleotsunami, deposits, radiocarbon dating, late Holocene, Triozer'e Bay, Sea of Japan**

Информация о проявлении палеоцунами в позднем голоцене и их масштабе особенно актуальна для участков побережья Приморья, которые активно осваиваются и являются востребованной рекреационной зоной [3]. На восточном побережье Приморья к таким территориям относится рекреационная зона «Триозерье», расположенная в 13 км северо-восточнее мыса Поворотного и включающая бухты Триозерье, Окуневая и Спокойная. В бухте Триозерье расположено 5 баз отдыха, на которых может отдыхать одновременно до 1 тыс. человек. Базы расположены на расстоянии от 100 до

250 м от берега на высотах, редко превышающих 3–4 м, и могут попадать в потенциальную зону затопления крупных цунами. Во время цунами 1983 г. волна перехлестнула 3–4-метровую террасу, произошел размыв косы, отделяющей протоку из Южного и Среднего озер, морская вода проникла в Южное озеро, зона затопления достигла 200 м. Цунами 1993 г. также затапливало террасу, заболоченное Северное озеро покрылось слоем морской воды (до 25 см) [6]. Хотя цунами 1983 и 1993 гг. на побережье бухты имели заплески около 3 м и сопровождались эрозией – в северо-восточной части бухты была практически полностью размыта 2–3 м терраса [6], осадки этих цунами в 2015 г. обнаружены в единичных точках. Только на берегу южного озера под дерном найден слой песка, оставленный предположительно цунами 1983 г. [4]. Сведений о прохождении более ранних цунами на этом участке побережья нет, работы по поиску палеоцунами на побережье Восточного Приморья проводились севернее бух. Киевка [2]. Цель настоящей работы – выявить следы палеоцунами в отложениях береговой низменности бух. Триозерье, установить их возраст, характеристики заплеска волн и зоны затопления.

Работы по поиску осадков цунами проводились в 2015 г. (рис. 1). Основное внимание уделялось террасовидным поверхностям, которые находятся за пределами зоны влияния сильных штормов. В разных частях бухты было заложено несколько профилей от уреза моря вглубь суши, а также выполнено опробование в отдельных точках, которые находились около озер в зоне затопления цунами 1983, 1993 гг. Для идентификации происхождения прослоев песка использовались данные литолого-фациального и диатомового анализов. Опробовались также пляж и низкая морская терраса как возможные источники материала. Определение возраста отложений основано на данных радиоуглеродного датирования погребенных почв и торфяника, вмещающих прослои песка. Датирование выполнено в Лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана, Институт наук о Земле СПбГУ (г. Санкт-Петербург). Перевод радиоуглеродных дат в календарные проводился с помощью программы «OxCal 4.2» [12, 13].

## Результаты исследования и их обсуждение

Побережье бух. Триозерье представлено аккумулятивными образованиями и низкими денудационными поверхностями. Бухта расположена в пределах развития обширного Успенского гранитного массива [1], на котором развиты коры выветривания, что

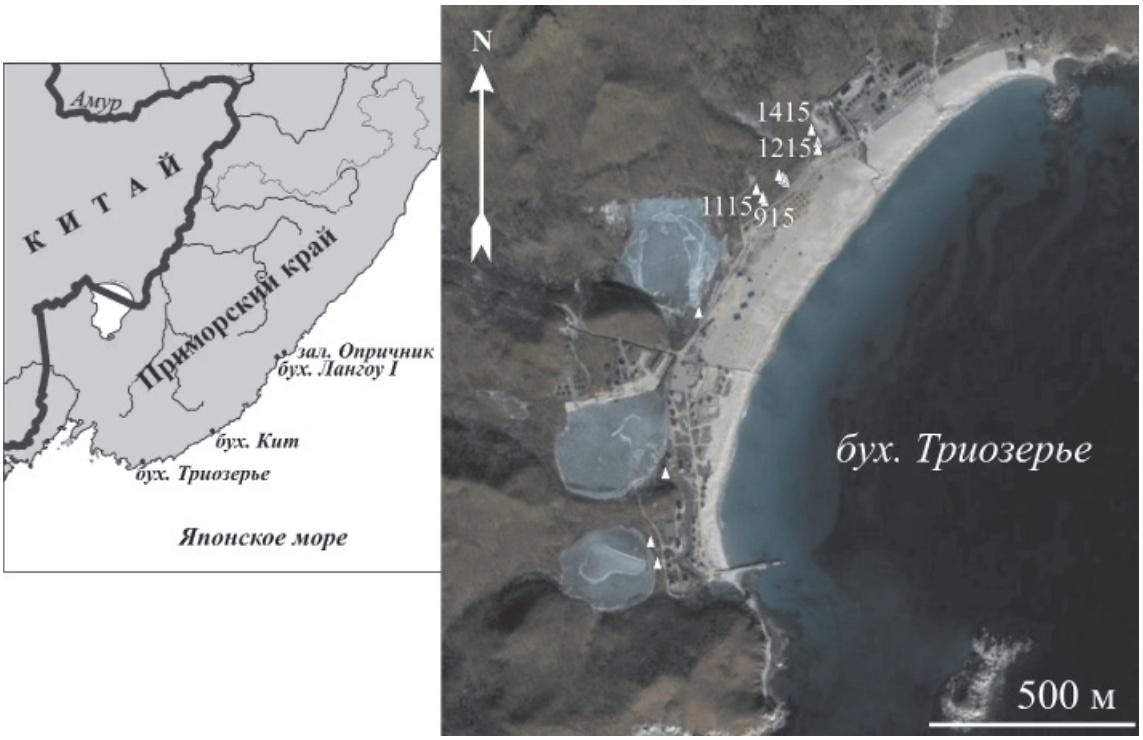



*Рис. 1. Район работ, треугольниками обозначены изученные разрезы*

определяет большое количество песчаного материала в береговой зоне. В южной и северной части к берегу моря близко подходят отроги мелкогорья, часто обрываясь древними абразионно-денудационными клифами или отвесными скалами высотой от 10–20 до 40–80 метров. Сильное абразионное подрезание берега привело к образованию сети глубоковрезанных долин и оврагов, а на участках аккумуляции – трех мелководных заболоченных озер, представляющих собой блокированные устья водотоков. Уровень озер сильно колеблется, в засушливые периоды северное и южное озера превращаются в низинные болота и зеркало воды полностью покрывается водными растениями [7]. В тыловой части береговой низменности расположены слабо наклоненные заболоченные поверхности – делювиальные шлейфы и среднеголоценовые морские террасы. Низкая морская терраса сохранилась фрагментами около озер и в южной части бухты. В вершине бухты расположен широкий пляж (шириной до 170 м в северной части бухты), тыловая часть которого возникла на месте древних штормовых валов и морской террасы, практически полностью переработанных человеком. До активного освоения в начале 1990 г. максимальная ширина пляжа была около 80 м, была хорошо выражена серия штормовых валов [7], в настоящее время полностью разрушенных. С низкой морской террасы, пляжа и подводного берегового склона проводилась массовая выемка грунта [7]. В настоящее время пляж на урезе и в средней части сложен среднезернистым хорошо сортированным песком, в тыловой части – гравием (80%) с примесью в основном крупнозернистого песка. Вероятно, этим же материалом была сложена разрушенная на этом участке морская терраса. Подводный склон бухты характеризуется небольшим уклоном, максимальная глубина – до 23 м в северной части бухты.

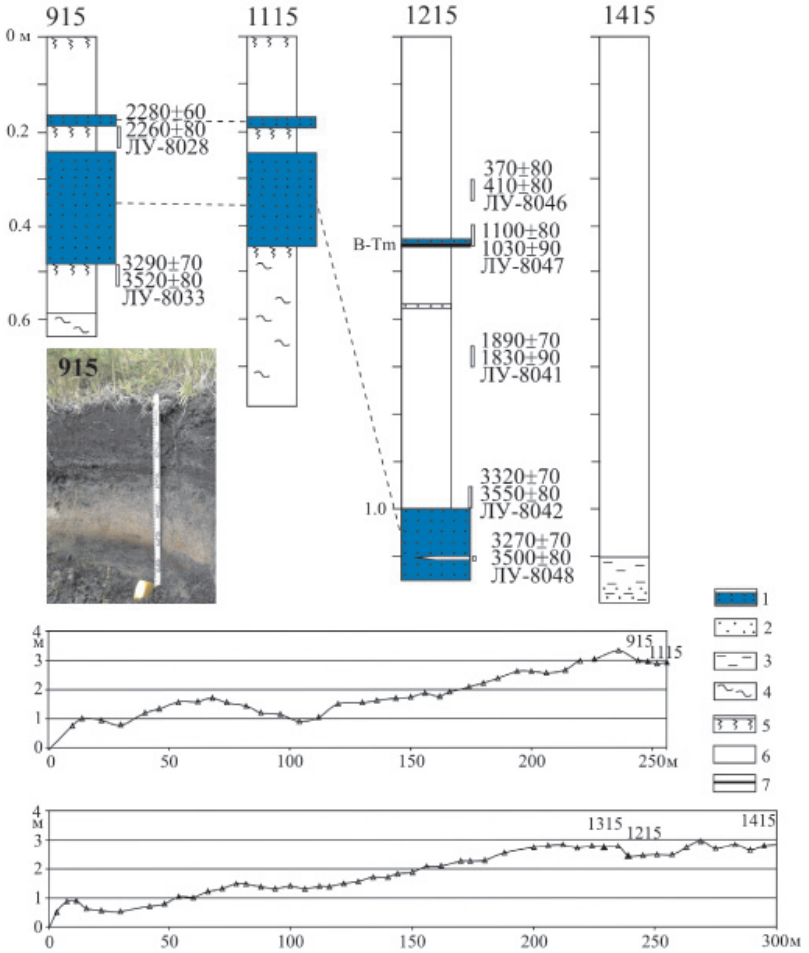



*Рис. 2. Разрезы голоценовых отложений на побережье бух. Триозерье, включающие цунамигенные пески: 1 – цунамигенный песок; 2 – песок; 3 – алеврит; 4 – суглинок; 5 – почва; 6 – торф; 7 – вулканический пепел*

Наиболее информативными с точки зрения поиска осадков палеоцунами оказались разрезы голоценовых отложений в северной части бухты (рис. 1). Здесь в 250 м от берега в почвенном профиле, лежащем на делювиальных суглинках, обнаружены два прослоя светло-серого и желтовато-серого средне-крупнозернистого умеренно сортированного неслоистого песка и гравия (рис. 2). Пески имеют покровное залегание, прослеживаются узкой полосой параллельной береговой линии и выклиниваются в тыловой части береговой низменности. Контакты с нижележащими отложениями резкие, что говорит о быстром захоронении при разовых кратковременных событиях.

Верхний прослой песка залегает на высоте до 2,4 м над у.м. и имеет мощность до 3 см. Гранулометрический состав характеризуется бимодальной кривой распределения, моды 0,5–0,63; 0,315–0,4 мм (рис. 3). Примесь гравия составляет 6,3 %, мелкого песка – 3 %, алеврита – 1,5 %. Сортировка материала значительно уступает пляжевым пескам. Основным источником материала, который захватывало цунами, был пляж и верхняя часть подводного берегового склона, перенос материала с террасы был незначительным.

Морское происхождение песка подтверждают находки морских видов диатомей – встречены единичные фрагменты сублиторальных бентосных *Cocconeis scutellum, Diploneis crabro,* солоноватоводный *Ctenophora pulchella* и фрагменты пелагического *Thalassiosira* sp. Основу комплекса составляют пресноводные виды, характерные для умеренно заболоченных ландшафтов. Доминируют *Pinnularia borealis* (24,1 %), *Eunotia praerupta* (13,6 %) и другие виды, способные обитать на слабо увлажненных местах. Заметной концентрации достигает циркумнейтральный планктонный *Aulacoseira alpigena* (3 %) и обычные для заболоченных водоемов, случайно планктонные ацидофильные *Tabellaria flocculosa* (9 %), *T. fenestrara* (5,5 %) и обрастатели *Eunotia fallax* (3,5 %), *E. glacialis* (3,5 %), *E. suecica* (3 %). Находка этих видов свидетельствует о том, что зона затопления цунами достигла озер, и волна цунами захватывала воду из озер и, возможно, переотлагала озерные осадки.

Под прослоем песка из почвы получена $^{14}$C-дата 2280 ± 60 л., 2260 ± 80 кал. л., ЛУ-8028. Осадок цунами близкого возраста был найден на побережье бух. Кит ($^{14}$C-дата 2290 ± 80 л., 2300 ± 120 кал. л., ЛУ-7065), где высота цунами оценивается около 4–5 м [2]. Калиброванные значения возраста этого события имеют несколько вероятностных пиков (рис. 4). Анализ графиков позволяет предположить, что наиболее вероятные интервалы календарного возраста – 410–350 или 300–210 г. до н.э. В этот же возрастной интервал попадает $^{14}$C-дата 2100 ± 80 л., 2090 ± 100 кал. л., ЛУ-6563, полученная под прослоем цунамигенного песка, обнаруженного в отложения палеоозера бух. Лангоу I [8].

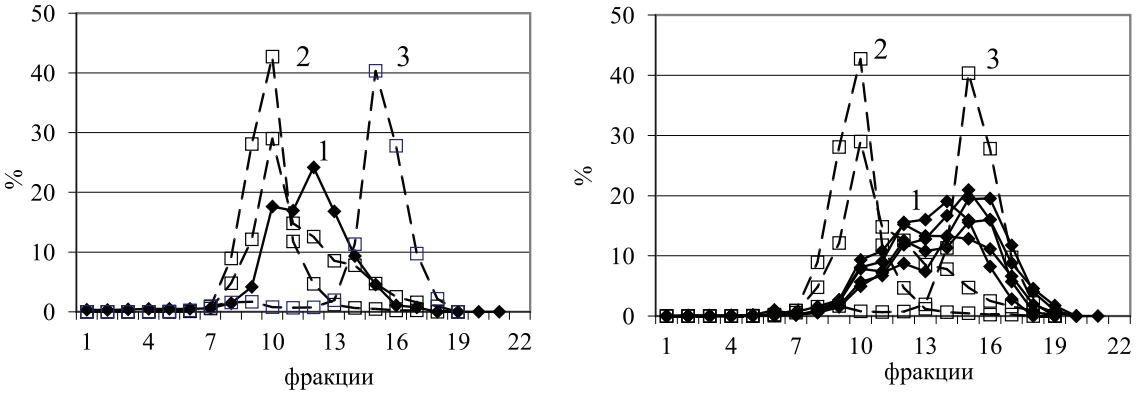



*Рис. 3. Гранулометрические кривые распределения отложений палеоцунами (1) и пляжа (2 – урез и средняя часть, 3 – тыловая часть) бух. Триозерье: а – палеоцунами, произошедшее в интервалах 410–350 или 300–210 г. до н.э.; б – палеоцунами, произошедшее около 1620–1520 гг. до н.э. Фракции: 1 – < 0,05; 2 – 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*

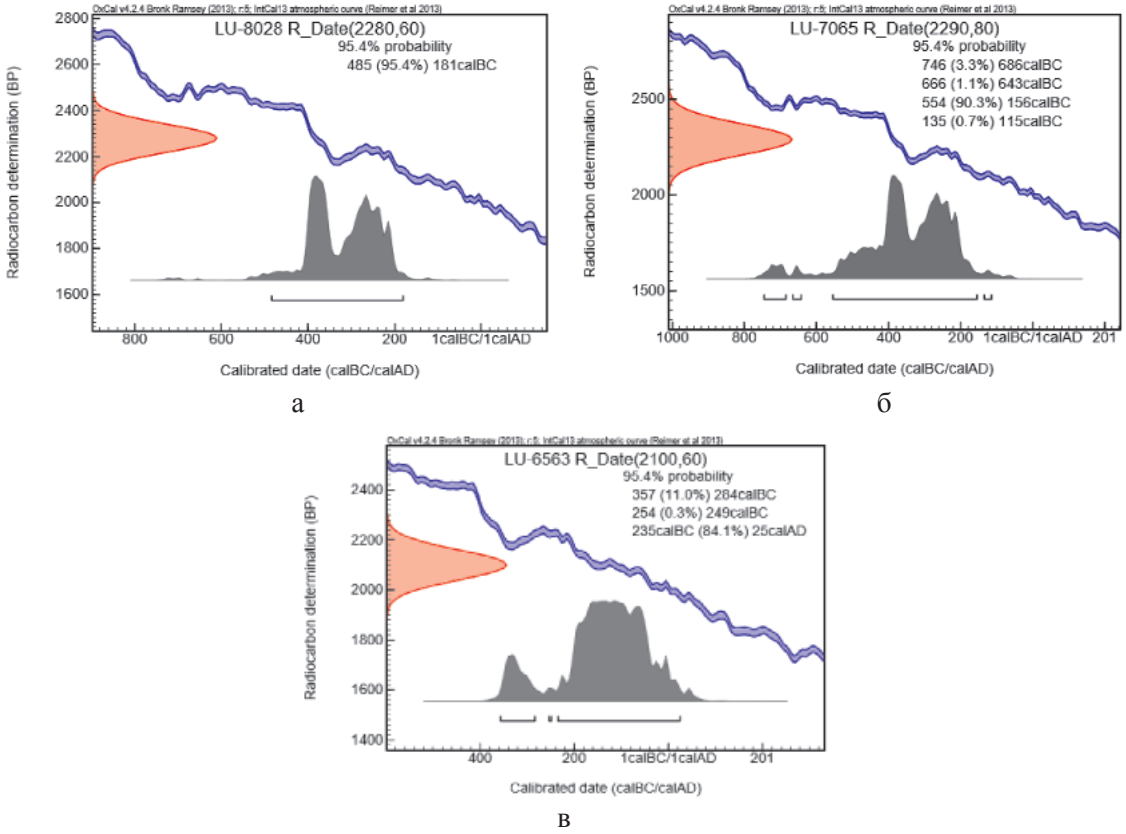



*Рис. 4. Радиоуглеродный возраст палеоцунами и его калибровочные значения по [12, 13]: а – бух. Триозерье; б – бух. Кит; в – бух. Лангоу I*

Нижний прослой цунамигенных осадков имеет мощность до 25 см, залегает на высоте до 2,1 м над у.м. и также выклинивается в тыловой части низменности. Материал умеренно сортирован, представлен гравием (до 55,7 %) и крупнозернистым песком (до 41,8 %) с примесью среднезернистого (до 22,8 %) и мелкозернистого (2,3 %). Кривые распределения би- и полимодальные, наиболее выражены моды 1,25–1,6 и 0,5–0,63 мм. Цунамигенный осадок представляет собой смесь материала из разных источников, основным источником материала была низкая морская терраса, которая в настоящее время полностью разрушена. Цунамигенный осадок похож на материал, слагающий тыловую часть современного пляжа, где ранее располагалась эта терраса, и хуже сортирован, чем пляжевые осадки.

Цунамигенный осадок включает створки морских диатомей и их фрагменты. Встречены сублиторальные южнобореальный планктонный *Actinocyclus octonarius* и северобореальный бентосный *Cocconeis scutellum,* океанические арктобореальный *Rhizosolenia hebetata* и *Coscinodiscus* sp. Среди пресноводных присутствуют временно планктонный *Tabellaria flocculosa* (до 11,3 %), бентосные *Brachysira brebissonii* (4,5 %), *Frustulia saxonica* (4.6 %), обрастатели *Eunotia bigibba* (5,1 %), *E. lapponica* (3,7 %), *E. incisa* (3,2 %) и другие виды, характерные для сильно обводненных болотных обстановок. В больших количествах найдены виды, типичные для озер: планктонные *Aulacoseira alpigena* (до 29,7 %), *Aulacoseira granulata* (2 %), *A. italica* (3,7 %) и обрастатель *Stauroforma exiguiformis* (8,7 %). Цунами затапливало практически всю береговую низменность, включая озера, захватывало и озерную воду, и донные осадки. По-видимому, это цунами сопровождалось большей эрозией и интенсивно перерабатывало материал с пляжа, морских террас, пересыпей, дна озер и торфяников.

Из подстилающей почвы получена $^{14}$C-дата 3290 ± 70 л., 3520 ± 80 кал. л., ЛУ-8033. По-видимому, осадок этого же цунами с близкими структурными характеристиками вскрыт траншеей, идущей перпендикулярно береговой линии на участке развития среднеголоценовой лагунной террасы –

разрез 1215 (рис. 1, 2). Здесь под торфяником (мощностью 1 м) обнаружен слой светло-серого крупнозернистого песка с гравием (мощностью 25 см), включающего маломощную линзу торфа. Из вышележащего торфа и линзы торфа получены близкие $^{14}$C-даты 3320 ± 70 л., 3550 ± 80 кал. л., ЛУ-8042 и 3270 ± 70 л., 3500 ± 80 кал. л., ЛУ-8048. Анализ графиков калибровочных значений (рис. 5, а–в) позволяет предположить, что песок образован во время того же события, произошедшего около 1620–1520 гг. до н.э. В это время уровень Японского моря был на 1 м ниже современного [5], с учетом этого заплеск цунами можно оценить не менее 3 м.

Два тонких прослоя песка (мощностью несколько мм) были обнаружены также и в разрезе торфяника. Верхний представлен светло-серым мелкозернистым песком, часть зерен кварца и полевого шпата имеет сглаженную поверхность – можно предполагать, что материал поступал с прибрежного мелководья. Здесь же встречено редкое вулканическое стекло, которое по морфологии схоже с маркирующим пеплом B-Tm, образованным во время извержения влк. Байтоушань в 969 г. Это подтверждает $^{14}$C-дата 1100 ± 80 л., 1030 ± 90 кал. л., ЛУ-8047 из вмещающего торфа (рис. 5, г). Калибровочные значения этой даты охватывают временной интервал, в который попадает одно из сильнейших исторических цунами в Японском море, произошедшее 16 июня 1026 г. н.э. [10, 11, 14]. Это гигантское цунами (высота волны 10 м) было вызвано сильным землетрясением (M 7,5), очаг которого находился в юго-восточной части Японского моря в 10 км от берега напротив равнины Масуда, префектура Шимане (Shimane). Цунами вызвало многочисленные разрушения и жертвы (погибло 1000 человек) на западном побережье о. Хонсю [10, 14]. Осадки этого цунами (мощностью 10 см), представленные мелко-среднезернистым песком с примесью крупнозернистого песка и гравия, были найдены на равнине Масуда в 500 м от береговой линии [11]. Возможно, следы этого цунами найдены на побережье бух. Триозерье, которая могла входить в периферийную зону распространения волн.

Прослой крупнозернистого песка, найденный в разрезе торфяника 1215 в инт. 0,55–0,60 м, образовался, скорее всего,

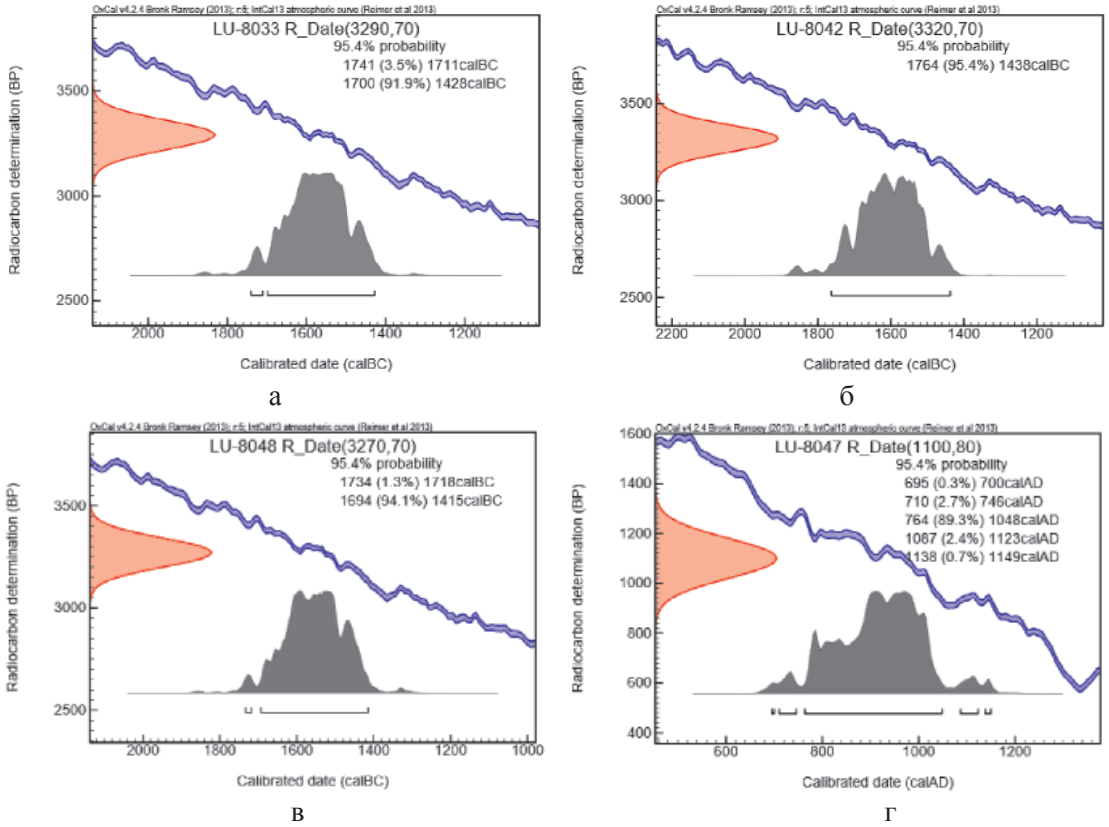



*Рис. 5. Радиоуглеродный возраст палеоцунами бух. Триозерье и его калибровочные значения (а, б, в) и радиоуглеродный возраст торфа из разреза 1215, включающего цунамигенный песок и вулканический пепел B-Tm и его калибровочные значения (г) по [12, 13]*

за счет плоскостного смыва в результате прохождения сильного тайфуна. Расчетный возраст этого прослоя оценивается около 1407–1570 кал. л. Следы сильного наводнения этого же возраста ($^{14}$C-дата 1520 ± 60 л., 1420 ± 60 кал. л., ЛУ-7332), представленные тонким прослоем разнозернистого песка в разрезе торфяника, обнаружены на побережье бух. Кит. Близкая $^{14}$C-дата 1610 ± 90 л., 1510 ± 100 кал. л., ЛУ-6958 получена из торфянистых алевритов, подстилающий прослой суглинков, образованных в сильное наводнение, в приустьевой зоне р. Опричнинка, бух. Опричник [2].

## Заключение

На побережье бух. Триозерье обнаружены осадки палеоцунами, в том числе произошедшие до нашей эры, что может дополнить сведения о сильных цунами, приведенные в имеющихся каталогах [9, 10, 14]. Предполагается, что масштаб палеоцунами, осадки которых обнаружены на побережье бух. Триозерье, был большим, чем два последних крупных цунами XX века. Зона затопления охватывала тыловую часть береговой низменности с озерами, цунами сопровождались активной эрозией. Основная поставка материала во время цунами XI века шла с пляжа, цунами в интервалах 410–350 или 300–210 гг. до н.э. – с пляжа и подводного берегового склона, цунами 1620–1520 гг. до н.э – с морской террасы и барьерных форм, окружающих озера, это цунами сопровождалось наибольшей эрозией с образованием мощного покрова песков.

Хотя цунами на побережье Восточного Приморья не имеют такого катастрофического проявления, как на западном побережье Японских островов, приближенном к очагам цунамигенных землетрясений, они представляют большую опасность в бухтах, где активно развиваются зоны отдыха. В случае прохождения летом и в начале осени такие события могут иметь трагические последствия и привести к большим жертвам, поскольку большинство баз отдыха построены в пределах возможной зоны затопления сильных цунами, а палатки зачастую ставят прямо на пляжах. В бух. Триозерье все имеющиеся базы попадают в зону риска, а официально устроенные места для палаточных городков и небольшие домики в зоне современного пляжа способны вместить до 760 человек единовременно.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-05-00179.*

## Список литературы

1. Валуй Г.А. Петрология гранитоидов и дифференциация расплавов в малоглубинных условиях (Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс). – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 246 с.

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. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Арсланов Х.А., Иванова Е.Д., Ганзей К.С. Проявление исторических цунами на о. Русский, Японское море // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 5. – С. 116–124.

4. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Гребенникова Т.А., Горбунов А.О., Кайстренко В.М., Наумов Ю.А., Лебедев И.И. Осадки цунами 1983 и 1993 годов на побережье Приморья // Океанология. – в печати.

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. Короткий А.М., Куликова В.В. Воздействие цунами на прибрежную зону Приморья // Вестник ДВО РАН. – 2008. – № 6. – С. 34–47.

7. Преловский В.И., Короткий А.М., Пузанова И.Ю., Саболдашев С.А. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья. – Владивосток: ДВО РАН, 1996. –149 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. Historical tsunami database for the Pacific, 47 BC to present version 2.4 of February 21, 2005. http://tsun.sscc.ru/On_line_Cat_r.htm. (дата обращения: 17.06.16).

11. Minoura K., Nakata T. Discovery of an ancient tsunami deposits in coastal sequences of southwest apan: Verification of a large historic tsunami // The Island Arc. – 1994. – Vol. 3. – P. 66–72.

12. Ramsey B.C. 2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. – 2009. – Vol. 51. № 1. – P. 337–360.

13. Ramsey B.C. OxCal (computer program). Version 4.2. Oxford: University of Oxford Radiocarbon Unit. https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html (дата обращения: 17.06.16).

14. The historical tsunami database. National Geographical data center. http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml (дата обращения: 17.06.16).

УДК 504.05/06:504.7

# ТРАНСЛОКАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО ФТОРА В РАСТЕНИЯ СТЕПЕЙ ЮГА МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

**Давыдова Н.Д.**

*ИГСО РАН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, e-mail: davydova@irigs.irk.ru*

Представленный в работе материал касается изменения химического состава растительности под воздействием нагрузок техногенных веществ, поступающих от алюминиевых заводов через атмосферу. Показано, что по сравнению с приоритетными поллютантами, к которым отнесены алюминий, натрий и никель, более значительная роль в загрязнении растений принадлежит фтору – элементу высокой химической активности, обладающему по отношению к почвенной биоте токсичностью (I класс опасности) и в большем количестве поступающему на почвенный покров. В условиях повышенных концентраций токсиканта в атмосфере и почвах отмечена его активная транслокация в растения. В зеленой надземной фитомассе исследуемой территории его содержание меняется от 200–150 у заводов до 15–10 мг/кг сухой массы вещества на периферии, что отражено на карте М 1:250 000. Лапчатка длиннолистая (*Potentilla longifolia* Willd.), используемая в качестве биоиндикатора, также показала уменьшение аккумуляции фтора от 450 до 20 мг/кг сухой массы с удалением от источника эмиссий. Все это свидетельствует о причастности алюминиевых заводов к поставке фтора на прилегающую территорию в количествах, превышающих допустимые нормы, которые отрицательно сказываются на качестве заготавливаемых кормов в виде сена и скармливаемой травы на пастбищах далеко за пределами санитарной зоны.

**Ключевые слова: поллютанты, фтор, техногенные нагрузки, биота, биоиндикация, зеленая фитомасса**

# TRANSLOCATION OF TECHNOGENIC FLUORINE IN PLANTS OF THE MINUSINSK DEPRESSION SOUTH STEPPES

**Davydova N.D.**

*IG SB RAS, «V.B. Sochava Institute of geography» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Irkutsk, e-mail: davydova@irigs.irk.ru*

The material provided in work concerns change of a chemical composition of vegetation under the influence of loadings of the technogenic substances arriving from aluminum plants through the atmosphere. It is shown that in comparison with priority pollutant to which aluminum, sodium and nickel are carried more significant role in pollution of plants belongs to fluorine – an element of high chemical activity, possessing in relation to a soil biota toxicity (the I class of danger) and in bigger quantity arriving on a soil cover. In the conditions of the increased concentration of a toxicant in the atmosphere and soils the active translocation in plants is noted him. In the green elevated phytomass of the researched territory its content changes from 200–150 at plants to 15–10 mg/kg of dry mass of substance on the periphery that is reflected in the card M 1:250 000. Long-leaves-silverweed (*Potentilla longifolia* Willd.) used as the bioindicator also I have shown reduction of accumulation of fluorine from 450 to 20 mg/kg of dry weight with removal from a source of issues. All this testifies to participation of aluminum plants in supply of fluorine to the adjacent territory in the quantities exceeding admissible regulations which have an adverse effect on quality of the prepared forages in the form of hay and the fed grass on pastures is far outside a sanitary zone.

**Keywords: pollutant, fluorine, technogenic loadings, biota, bioindication, green phytoweight**

Для наращивания биологической массы растениям необходим строительный материал, который зародившиеся проростки извлекают из воздуха и субстрата. В.И. Вернадский [1] рассматривал химический состав как устойчивый признак живых организмов. В развитие его идей А.П. Виноградов [2] показал, что в процессе эволюции способность поглощать те или иные химические элементы в зависимости от местообитания закрепляется в живых организмах генетически и передается по наследству. В дальнейшем эта способность получила название биогеохимической специализации. Такое взаимоотношение у растений со средой формируется в нормальных естественных условиях. В случаях, когда растения оказываются в геохимических аномалиях (природных или техногенных), чтобы выжить им приходится приспосабливаться. Для этого растения обладают различными защитными свойствами, а также имеют различные механизмы поглощения химических элементов – безбарьерный и барьерный [3]. В случае безбарьерного поглощения обобщенным показателем их ответной реакции на недостаток или избыток химических элементов в среде обитания служит продуктивность. Установлено, что физиологический барьер может сдерживать пресс токсических веществ в определенных рамках концентраций, которые

не одинаковы для разных видов растений. Увеличение концентрации в среде обитания выше предела переносимости токсичности элемента растением может привести к разрушению физиологического барьера, что сопровождается угнетением роста и развития, уменьшением их продуктивности.

**Цель исследований** – провести оценку изменения геохимических условий среды обитания и ответной реакции растений степей юга Минусинской котловины, находящихся в условиях атмосферного загрязнения выбросами предприятий алюминиевой промышленности.

### Материалы и методы исследования

Сбор полевых материалов и оценка влияния пылегазовых эмиссий на компоненты геосистем проводились по широкой комплексной программе, основанной на принципах и методах геохимии ландшафта.

Объект исследования – степные геосистемы юга Минусинской котловины, подверженные в течение 30 лет воздействию пылегазовых эмиссий Саяногорского и Хакасского алюминиевых заводов, выпускающих в год более 800 тыс. т алюминия.

Сначала по накоплению массы техногенного вещества в снежном покрове определялась общая площадь загрязнения территории, прилегающей к алюминиевым заводам, выявлялись приоритетные элементы-загрязнители и определялись их нагрузки [4]. Далее исследовался почвенно-растительный покров на содержание поллютантов. С этой целью было заложено 480 площадок, на которых параллельно с почвами отбирали надземную зеленую фитомассу рамочным методом с площади 0,25 м$^2$ в 3-кратной повторности. Кроме этого использовали отдельные виды древесных растений, в качестве которых были выбраны встречающиеся на исследуемой территории – тополь бальзамический (*Populus balsamifora* L.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Травяные смеси – укосы анализировались преимущественно на содержание фтора.

Для более углубленных исследований в зоне загрязнения был заложен ландшафтно-геохимический профиль, ориентированный по отношению к заводам на север и северо-восток. Выбор направления обусловлен тем, что на относительно коротком расстоянии профиль сечет все выделенные зоны загрязнения, в том числе участок ветровой тени, и характеризуется наибольшими перепадами высот. На данном ключевом участке кроме 13 смешанных образцов зеленой надземной фитомассы отобрано – 13 смешанных образцов лапчатки длиннолистой, клейкой (*Potentilla longifolia* Willd.), которая использовалась в качестве индикатора на загрязнение поллютантами.

Количественный химический анализ золы растений выполнялся в сертифицированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН с использованием приборной базы Байкальского центра коллективного пользования и стандартизированных методик. Пробы анализировались на содержание 20 элементов – Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, Mn, P, F, Sr, Ba, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb, V.

Содержание фтора выявлялось методом прямой потенциометрии на иономере «Эксперт-001» с помощью фторселективного электрода ЭЛИС 131F после сплавления при температуре 850° смеси 1:5 образцов золы растений с K–Na углекислым и последующим растворением расплава в дистиллированной воде.

Биогеохимический фон территории исследования оценивался относительно средних значений химических элементов в растениях [5] с помощью коэффициента концентрации (Кк). Для оценки изменения уровней содержания отдельных элементов в растениях зоны загрязнения применялись коэффициенты концентрации ($K_c = C_а/C_ф$) и рассеяния ($K_r = C_ф/C_а$), где $C_ф$ и $C_а$ соответственно концентрации элемента в образцах растений фона и зоны загрязнения (техногенной аномалии). Коэффициенты концентрации использовались далее для расчета индекса суммарного загрязнения

$$Z_c = \sum^{n} K_c - (n-1),$$

где $n$ – количество химических элементов с $K_c > 1{,}5$ [6]. Он является информативным показателем изменений полиэлементного геохимического фона каждого компонента и элемента в ландшафтах под давлением техногенного пресса. При санитарно-гигиенической оценке токсичности поллютантов использовались предельно допустимые концентрации (ПДК), химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках [7].

### Результаты исследования и их обсуждение

Все анализируемые виды растений фона близки по химическому составу. Для них характерно преобладание кальция над кремнием, повышенное содержание стронция и пониженное натрия. Лапчатка длиннолистая выделяется достаточно высоким уровнем железа и бария, а сосна обыкновенная – фосфора, калия и цинка.

Сопоставление полученных результатов по содержанию элементов в растениях с данными Д.П. Малюги [5] также выявило указанную региональную особенность растений, связанную с повышенными концентрациями щелочноземельных элементов ($K_к = Ca_{4,8–7,0}\ Sr_{2,4–3,3}\ Ba_{1,5–1,9}$).

Сравнение химического состава твердого техногенного вещества снеговой воды с составом золы растений фона показал различия их химических составов в отношении следующих элементов, имеющих повышенные концентрации (в нижнем индексе $K_c$): $F_{51,1–90,0}Al_{18,2–174}Ni_{14,4–27,3}Na_{4,6–6,42}V_{3,8–12,0}Fe_{2,4–16,2}Cr_{2,1–10,0}Ti_{1,8–8,0}Si_{2,6–6,0}$ и пониженные (в верхнем индексе Kr) $P^{15,6–63,8}K^{10,7–34,5}Mn^{3,4–25,8}Ca^{12,1–16,5}Mg^{3,7–3,9}$. Из приведенных формул следует, что твердая малорастворимая часть техногенного вещества по сравнению с растениями фона обогащена преимущественно фтором, алюминием, никелем и натрием, которые могут явиться их потенциальными загрязнителями, и обеднена элементами биофилами – фосфором, калием, марганцем, кальцием и магнием. Реально

в зоне загрязнения это осуществляется, но на более низком уровне, так как привнесенное через атмосферу вещество рассеивается и трансформируется, смешиваясь с почвой. Растения зоны загрязнения по сравнению с растениями фона существенно обогащены фтором ($F_{14,3–20,8}$), меньше никелем ($Ni_{2,0–4,5}$) и алюминием ($Al_{1,6–1,7}$). Повышенное количество натрия ($Na_{3,4}$) обнаружено только в отношении сосны сибирской. Обеднение техногенного вещества биофильными элементами не повлияло на их содержание в растениях, вследствие достаточного их количества в почве.

Высоким содержанием фтора выделяется снеговая вода зоны загрязнения по отношению к золе растений фона, $K_c$ которой меняется от 100 условных единиц до 150. Во время снеготаяния она просачивается в почву, поставляя в почвенные растворы фтор в доступной для растений ионной форме. В меньшем количестве отмечается присутствие натрия и алюминия.

Из приведенных данных следует, что по сравнению с алюминием, натрием и никелем более значительная роль в загрязнении растений принадлежит фтору – элементу высокой химической активности, обладающего по отношению к почвенной биоте токсичностью (I класс опасности) и в большом количестве поступающего на почвенный покров (рис. 1).

Для индикации воздействия фтора на растения в зоне рассеяния пылегазовых эмиссий использовалась лапчатка длиннолистая (липкая), которая является «проходным» по всему ландшафтно-геохимическому профилю видом и накапливает достаточно высокое количество фтора (до 450 мг/кг сухого вещества) без каких-либо видимых морфологических изменений. При этом выявилась очень тесная взаимосвязь (r = 0,90) между нагрузками фтора и его содержанием в данном виде растений (рис. 2), что позволяет отнести лапчатку длиннолистую к растениям с безбарьерным типом поглощения фтора.

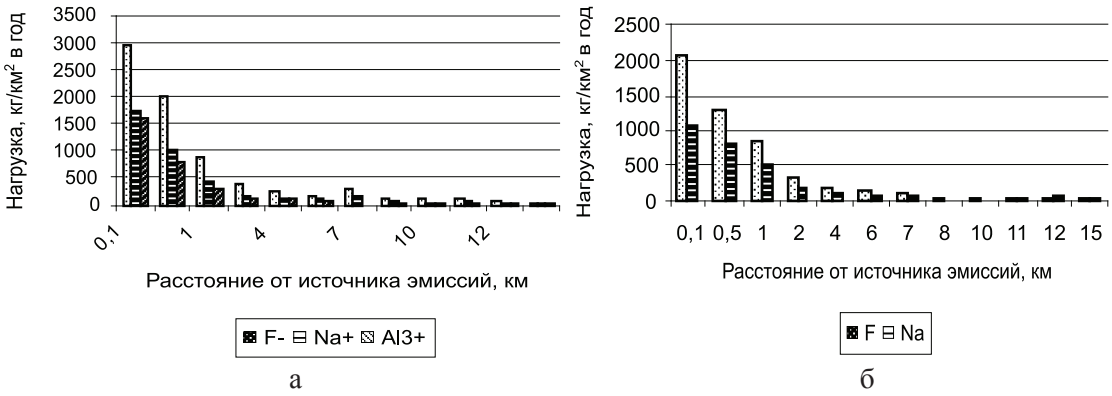



*Рис. 1. Распределение нагрузок приоритетных поллютантов на территории, прилегающей к алюминиевым заводам, поступающим в составе: а – растворимого вещества; б – твердого вещества*

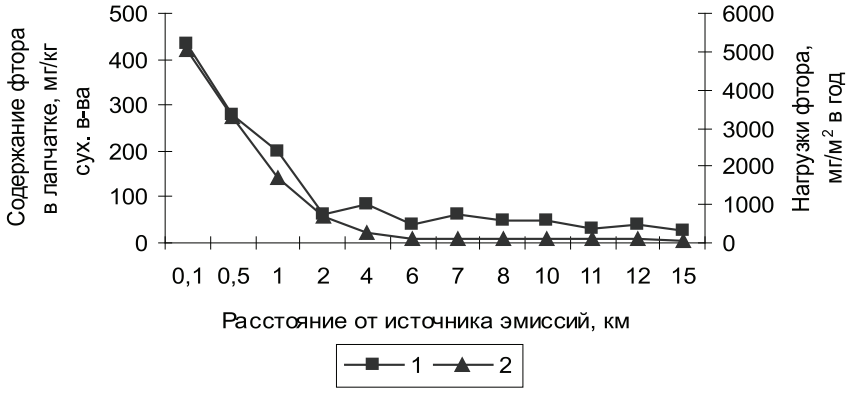



*Рис. 2. Содержание фтора в лапчатке длиннолистой (мг/кг сухого вещества) (1) и его суммарные нагрузки на геосистемы (2)*

Аккумуляция фтора в растениях зависит от наличия его подвижных соединений в окружающей среде и индивидуальных особенностей организма. Природный фтор малодоступен растениям, поэтому его содержание в растениях, обитающих в естественных условиях, невелико, хотя есть и исключения. Среднее содержание фтора в растениях составляет 0,1–5,0 мг/кг сухого вещества и может колебаться практически от нуля до нескольких сот миллиграммов. В местах, свободных от действия промышленных предприятий, максимальный показатель содержания фтора в зеленых частях растений (в зависимости от вида) составляет 10–20 мг/кг сухой массы, т.е. 0,001–0,002 %. В некоторых случаях эти значения еще ниже, например, в хвое сосны 3–6 мг/кг, в некоторых кормах 5–10 мг/кг. По обобщенным данным для многолетних видов трав концентрация фтора в нормальных пределах составляет 5–30 мг/кг сухой массы, токсичная – 50–500 [10].

В зоне аэротехногенного загрязнения складывается ландшафтно-геохимическая обстановка с высокой доступностью фтора для растений, который присутствует в виде газа в атмосфере, в малорастворимой и хорошо растворимой в воде форме в почвах. Повышенное содержание фтора (до 100–150 мг/кг сухого вещества) в травянистой биомассе было обнаружено уже в первые годы работы Саяногорского алюминиевого завода (1990–1991 гг.), когда завод проработал всего пять лет. В соломе пшеницы (9 км к С-В) элемента-токсиканта содержалось от 10 до 30 мг/кг, тогда как фоновое содержание не превышает 5–6 мг/кг сухого вещества [8]. Особенно много фтора накапливается в листоватых лишайниках (160–226) и зеленых мхах (230–280 мг/кг сухого вещества) соснового бора, находящегося в 8 км к юго-востоку от заводов, что подтверждает присутствие газообразного фтора в воздухе.

При взаимодействии со средой для жизнедеятельности человека очень важна роль химических элементов. В нормально функционирующей биологической системе нет хаоса микроэлементов, но есть закономерные и упорядоченные этапы поступления, утилизации и элиминации. Если этот процесс нарушается, возникают различные заболевания, названные микроэлементозами. В случае дефицита эссенциальных (жизненно необходимых) микроэлементов проявляются симптомы болезни недостаточности. Напротив, при избыточном количестве микроэлементов в среде возникают болезни

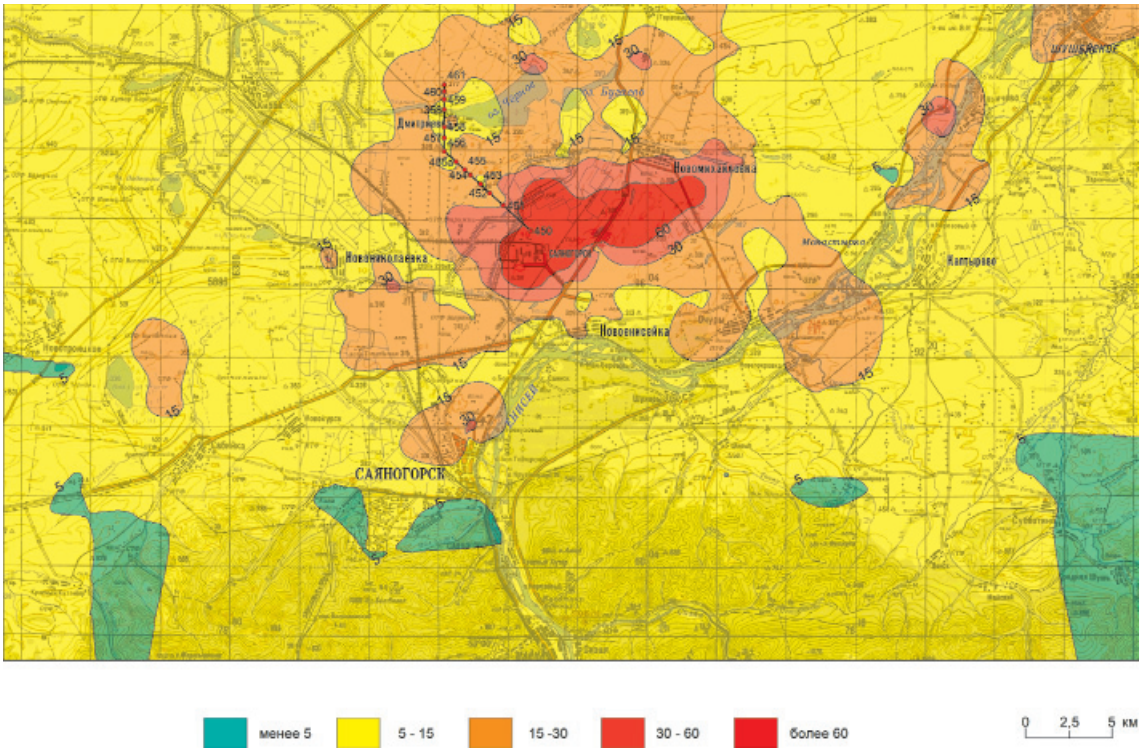



*Рис. 3. Содержание фтора в зеленой надземной фитомассе (мг/кг сухого вещества) территории, прилегающей к алюминиевым заводам. 450–461 номера площадок отбора проб лапчатки длиннолистой по ландшафтно-геохимическому профилю*

и синдромы интоксикации. При дисбалансе химических элементов в окружающей среде в организмах также возникают различные заболевания [9]. Такое взаимоотношение со средой распространяется на все живые организмы. При этом большое значение имеет миграция элементов по пищевой цепи. С целью оценки экологической опасности со стороны кормовой базы (начального звена пищевой цепи) для исследуемой территории была составлена карта уровней содержания фтора в травяном покрове (рис. 3).

Токсичные концентрации фтора от 2 до 6 ПДК (при ПДК = 30 мг/кг сухого вещества) обнаружены в зеленой надземной фитомассе территории в пределах 11 км в восточно-северо-восточном направлении от заводов и 1–2 ПДК далее – до 14 км. Если оценивать содержание фтора в сырой зеленой фитомассе, то опасная зона расширяется вследствие ужесточения ПДК до 1,5 мг/кг. На расстоянии 12 км от источника эмиссий концентрации элемента могут достигать 4,2 мг/кг, что в 2,5 раза превышает допустимый уровень.

## Заключение

В общей сложности, судя по содержанию фтора в отдельных видах растений и зеленой надземной фитомассе, в условиях разной степени опасности находятся земли 9 сельскохозяйственных объединений. В наиболее неблагоприятных условиях расположены сенокосы и пастбища сел Новоенисейка и Новомихайловка. Несколько лучшая ситуация сложилась для села Дмитриевка благодаря расположению в низине (в ветровой тени) и села Новониколаевка, находящегося с подветренной стороны. Со временем, если не принимать меры по сокращению объемов выбросов в атмосферу вследствие их возвращения на земную поверхность и аккумуляции поллютантов в почвах и растениях, ситуация будет ухудшаться. Между тем никаких опознавательных или запретительных знаков на территории загрязнения не установлено. Местное население и животные, не опасаясь, свободно посещают зоны повышенной и высокой степени экологического риска – наблюдаются случаи сенокошения вблизи санитарной зоны (2,5 км), сбор дикоросов и выпас животных.

## Список литературы

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1965. – 374 с.

2. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между почвами, растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 7–20.

3. Ковалевский А.Л. О физиологических барьерах поглощения химических элементов растениями // Микроэлементы в биосфере и применение их в сельском хозяйстве Сибири и Дальнего Востока. – Улан-Удэ: Изд-во БФ СО РАН СССР, 1971. – С. 134–144.

4. Давыдова Н.Д., Знаменская Т.И., Лопаткин Д.А. Выявление химических элементов-загрязнителей и их первичное распределение на территории степей юга Минусинской котловины // Сибирский экологический журнал. – 2013. – Т. 20. – № 2. – С. 285−294.

5. Малюга Д.П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 264 с.

6. Сает Ю.Е., Смирнова Р.С. Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях // Вопросы географии. – М.: Мысль, 1983. – Сб. 120. – С. 45–55.

7. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках (утвержденные ГУВ Госагропрома СССР 07.08.87 № 123-4/281-7).

8. Сараев В.Г., Харахинова С.И. Уровни содержания фтора в почвах и биологических объектах Южно-Минусинской котловины при воздействии алюминиевогозавода.–Новосибирск:Деп.вВИНИТИ03.08.1992.– № 2548−В92. – 57 с.

9. Жаворонков А.А., Михалева Л.М., Авцын А.П. Микроэлементозы – новый класс болезней человека, животных и растений // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. Труды биогеохимической лаборатории. – М.: Изд-во Наука, 1999. – Т. 23. – С. 183–225.

10. Devis R.D., Beckett P.H.T., Vollan E. Critical levels of twenty potencially toxic elements in young spring barley // Plant Soil. – 1978. – Vol. 49. – P. 395–408.

УДК 504.062.2

# ФАКТОРЫ СТАБИЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА)

**[1]Иванкова Т.В., [2]Кипкеева П.А., [2]Потапенко Ю.Я.**

*[1]Институт безопасности гидротехнических сооружений, Новочеркасск, e-mail: ivankova.tv@ibgts.ru;*

*[2]ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева», Карачаевск, e-mail: kipkeeva62@mail.ru*

Известно, что горные территории в экономическом отношении проигрывают равнинным территориям. В ряде субъектов России зафиксирован отток населения из горных территорий, граничащий с депопуляцией. На Северном Кавказе этот процесс особенно четко выражен в Северной Осетии – Алании, Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкесии. В конце XX века после Конференции ООН Рио-92 в рамках концепции устойчивого развития для горных территорий России в качестве ключевого направления была выбрана туристско-рекреационная сфера. Однако развитие отдельных туристских центров (Домбай, Архыз, Приэльбрусье) не приостановило миграционный поток. Рассмотрен фрагмент Восточного Кавказа, который, несмотря на отсутствие экономически значимых туристских объектов, более ста лет характеризуется стабильной численностью населения. Предложено восстановить комплексное территориальное планирование, включающее ландшафтно-экологический блок.

**Ключевые слова: горные территории, депопуляция, подобие административного деления структуре речных бассейнов, факторы миграции, причины стабильности населения**

# FACTORS OF POPULATION STABILITY IN MOUNTAIN REGIONS (FOR EXAMPLE, THE NORTH CAUCASUS)

**[1]Ivankova T.V., [2]Kipkeeva P.A., [2]Potapenko Yu.Ya.**

*[1]Institute of Hydraulic Structures Safety, Novocherkassk, e-mail: ivankova.tv@ibgts.ru;*

*[2]«Karachay-Cherkess State University of name U.D. Aliev», Karachayevsk, e-mail: kipkeeva62@mail.ru*

It is known that mountain areas economically lose the flat territory, exodus recorded in a number of Russia subjects from mountain areas bordering the depopulation. In the North Caucasus this process is particularly pronounced in the NorthOssetiaAlania, KabardinoBalkaria and KarachayCherkessia. And end of the XX century, after the UN Rio-92 under the concept of sustainable development for the mountain territories of Russia as a key direction was chosen tourism and recreation sphere. However, the development of certain tourism destinations (Dombay, Arkhyz, Prielbruse) did not stop the migration flow. Consider the fragment of eastern Caucasus, which despite the absence of significant economic tourist facilities over a hundred years, is characterized by a stable population. Proposals to restore the complex spatial planning, including landscape – ecological unit.

**Keywords: mountain territories, depopulation, similarity of administrative division to structure of river basins, factors of migration, reason of stability of the population**

Для горных территорий Европы и Азии характерен отток населения с гор на равнины. Одна из причин – увеличение контраста в уровне жизни вследствие того, что равнинные территории в экономическом развитии опережают горные. На Кавказе депопуляция особенно сильно выражена в высокогорьях Карачаево-Черкесии, Кабардино-Балкарии и Северной Осетии. На этом фоне исключение составляет высокогорный Дагестан. Каковы ныне там условия жизни, возможно ли использовать пример Дагестана для улучшения ситуации в депрессивных высокогорьях Центрального Кавказа – актуальная социально-географическая задача.

В 1992 г. на Всемирной конференции ООН в Рио-де-Жанейро была принята «Повестка дня на 21 век». В ней в качестве инструмента осуществления устойчивого развития горных территорий была рекомендована разработка Местных Повесток 21 (МП 21). Эти документы представляют собой перспективные планы устойчивого развития отдельных населенных пунктов или территориальных образований. Предполагалось, что МП 21, составленные с привлечением местного населения, администрации и научных организаций, явятся реальным инструментом повышения эффективности управления. В 2003–2006 гг. в рамках международного проекта «Устойчивое развитие горных регионов Кавказа – МП 21» по территории Северного Кавказа были составлены варианты МП 21 для двух селений: Стур-Дигора в Северной Осетии – Алании и Эльбрус (Тегенекли) в Кабардино-Балкарии. При этом были выявлены следующие негативные тенденции [3]:

1) многоукладность хозяйства, сложившаяся на основе частной собственности, исчерпала возможности роста благосостояния жителей;

2) произошло падение интереса к ведению традиционного горного сельского хозяйства, что привело к ухудшению состояния природной среды и снижению её привлекательности для агро- и этнотуристов;

3) предполагавшееся повышение уровня жизни не произошло. Был сделан вывод, что реализация МП 21 возможна лишь при поддержке администраций различного уровня, т.е. финансирования из местного или федерального бюджета.

Объект исследования – в качестве репрезентативной территории Горного Дагестана выбраны бассейны рек Андийское и Аварское Койсу (рис. 1 (1)).

## Материалы и методы исследования

Картографические и статистические материалы по Западному, Центральному и Восточному Кавказу.

Методика исследования включала бассейновую концепцию [5, 9, 10], анализ различных вариантов территориального планирования (МП 21, Схемы территориального планирования республик, Генеральные планы поселений и др.) и применение к объектам физической и социально-экономической географии общего морфологического подхода [8], полевые исследования, составление ландшафтно-экологических карт по отдельным репрезентативным речным бассейнам горных территорий Северного Приэльбрусья. При составлении картографических материалов использовались ГИС-технологии [4].

## Результаты исследования и их обсуждение

### *Ландшафтно-геоморфологические особенности*

*Литогенная основа.* Рассматриваемые бассейны входят в две крупные морфоструктуры, которые по составу преобладающих горных пород называют Сланцевым и Известняковым Дагестаном. В первом развиты мощные и сложноскладчатые толщи аргиллитов и песчаников нижне-среднеюрского возраста. Во втором – в северной части бассейнов – преобладают известняки верхней юры и мела.

*Рельеф и растительность.* Бассейны Аварского и Андийского Койсу занимают высокогорный сектор Восточного Кавказа, находящийся на продолжении Главного хребта Центрального Кавказа (рис. 1 (2)). Высотные отметки водораздела с р. Аргун Чеченской республики понижаются с юга на север от 4285 м (г. Диклосмта) до 3308 м (г. Заинкорт) и ниже. На юго-западе граница с Грузией проходит по гребню Водораздельного (Главного Кавказского) хребта. Здесь максимальные высоты имеют г. Шавиклде – 3378 м и г. Гутон – 3648 м. Водораздел между Андийским и Аварским Койсу также высокий: здесь расположены вершины г. Коготль – 3808 м, г. Аддала-Шухгельмеэр – 4151 м, г. Ахуцазукмеэр – 3571 м. Место слияния рек имеет отметку 355 м, отсюда начинается р. Сулак.

Распределение растительности на юге бассейнов подчинено высотной поясности – леса занимают нижние части склонов, выше располагаются обширные площади горных лугов. Иной облик имеет северная часть рассматриваемых бассейнов, носящая у географов название Внутригорного Дагестана [1, 2]. В его пределах расположены котловины (рис. 1 (2)): Ботлихская – по Андийскому Койсу, Гимринская, Ирганайская, Голотлинская – по Аварскому Койсу, Гергебильская, Зохтала, Хиндахская – по Каракойсу, Хаджалмахинская и Вицхинская – по Казикумухскому Койсу. Эта орографически замкнутая территория характеризуется теплой зимой и дефицитом влаги, чем обусловлено развитие ксерофитных ценозов – горных степей и шибляков [1].

### *Морфометрия эрозионной сети*

Речная сеть Андийского и Аварского Койсу имеет типичный древовидный рисунок. Главные водотоки консеквентны, так как секут геологические и соответствующие им геоморфологические структуры под прямым углом, тогда как притоки низкого порядка в большинстве являются субсеквентными (рис. 1 (3)). Порядок водотоков Андийского и Аварского Койсу варьирует от 1 до 6.

### *Природная и антропогенная структура*

Для целей исследования достаточен высокий уровень агрегирования, поэтому при сопряженном анализе природных и антропогенных структур использован подход А.Н. Ласточкина (1996). В качестве главных природных геоморфологических линий приняты гребневые – водоразделы ($L_{1п}$) и килевые – русла рек третьего и более высокого порядка ($L_{2п}$).

Главными антропогенными структурными линиями являются границы административных районов ($L_{2а}$) и транспортная сеть ($L_{1а}$). Сопряженный анализ природных и антропогенных структур показал их подобие (рис. 1 (4)). В условиях глубоко расчлененного рельефа водоразделы речных бассейнов являются природными разделительными линиями, по которым в большинстве случаев

и проводились границы районов. Соответственно, большинство дорог тяготеет к руслам рек.

*Факторы распределения населения*

На Центральном и Западном Кавказе (Северная Осетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия и др.), как и в большинстве горных стран мира, в последние десятилетия наблюдается депопуляция – отток населения на равнинные территории. Причина этого явления заключается в отставании уровня жизни горцев, обусловленного:

1) ограниченностью рынка труда;
2) сложностью транспортировки и сбыта продукции;
3) более дорогим строительством жилья;
4) низкой энергообеспеченностью;
5) низким уровнем социальной инфраструктуры.

Несмотря на эти общие для всех горных стран обстоятельства, в горном (Внутренним) Дагестане плотность населения не уменьшается.

В 1930 г. Дагестан отличался более высокой плотностью населения по сравнению с Центральным Кавказом – в бассейнах Аварского и Андийского Койсу она составляла (чел. на 1 кв. км) 10–20, а в районе слияния названных рек 20–30, тогда как в междуречье Кубани и Терека была менее 10 [7].

За советский период в Дагестане существенно выросло производство сельскохозяйственной продукции, развилась промышленность. В 1940 г. посевные площади увеличились по сравнению с 1913 г. на 58 %, валовая продукция промышленности – в 13 раз. В 1957 г. в Дагестане было 724 колхоза и 25 совхозов. Эти успехи обеспечивались в основном равнинными территориями, тогда как высокогорный Дагестан оставался преимущественно областью отгонного скотоводства.

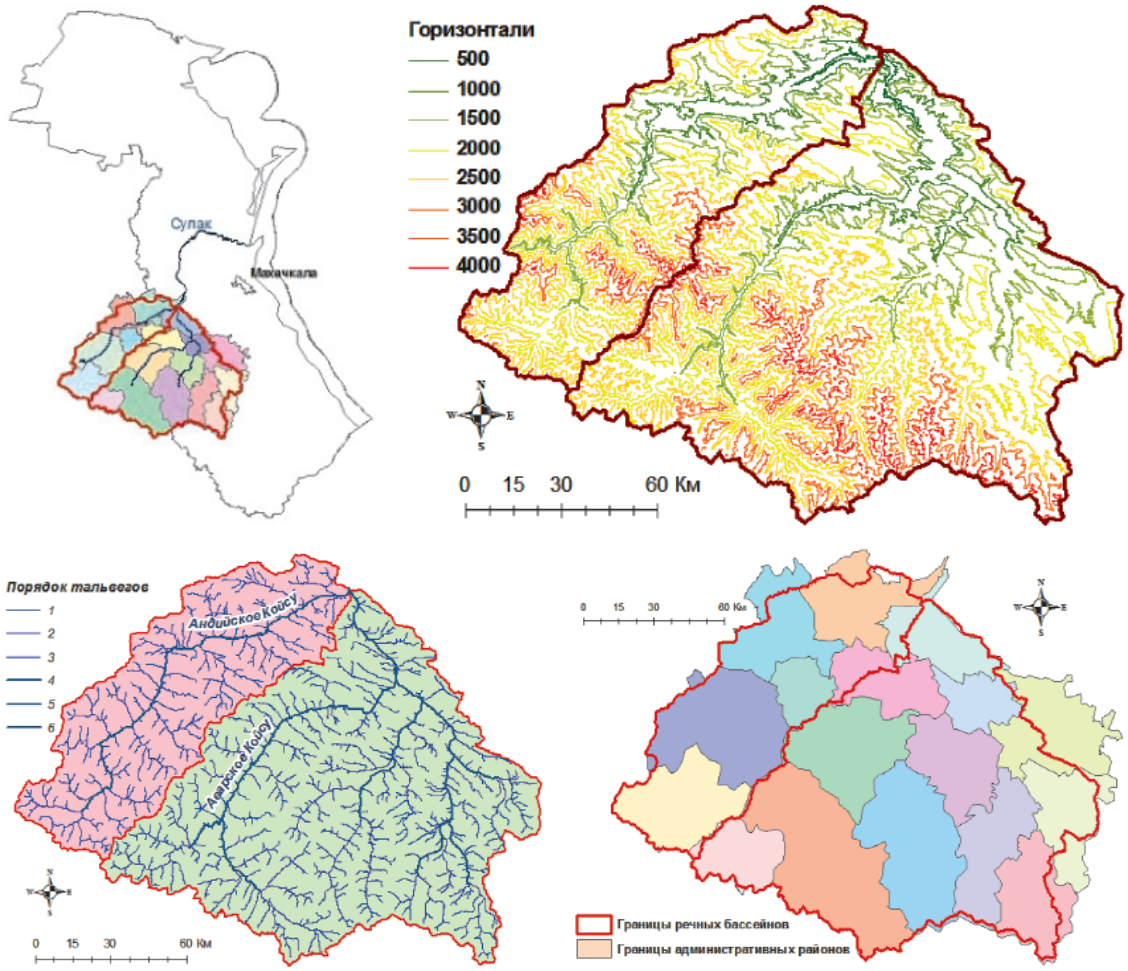



*Рис. 1. Бассейны рек Андийское и Аварское Койсу:*
*1 – их положение на территории Республики Дагестан; 2 – гипсометрическая карта;*
*3 – эрозионная сеть с классификацией порядков водотоков;*
*4 – соотношение границ речных бассейнов и административных районов*

На 1.01.2016 г. в Дагестане насчитывалось 3 015,6 тыс. чел., в том числе в городах 45,04%, средняя плотность населения составила 59,99 чел./км$^2$.

Современные данные о населении отдельных районов приведены в таблице и на рис. 2. Плотность населения возрастает с юга на север. Минимальную плотность (13–19,8 чел./км$^2$) имеют районы, примыкающие к Водораздельному хребту и расположенные в верховьях рек. Севернее (Цумадинский и Шамильский районы) плотность увеличивается до 20,8–29 чел./км$^2$.

Далее следует полоса с максимальной плотностью 57,8–112,8 чел./км$^2$, соответствующая на геологических схемах продольной депрессии между Сланцевым и Известняковым Дагестаном, а на географических картах – Внутригорному Дагестану [2] с серией котловин. Именно районы, включающие котловины, как, например, Ботлихский, имеют наиболее высокую плотность населения (рис. 2). Севернее, на территории Известнякового Дагестана плотность снова снижается до 51–30,7 чел./км$^2$ вследствие куэстового рельефа, изобилующего эскарпами – вертикальными скальными обрывами известняков.

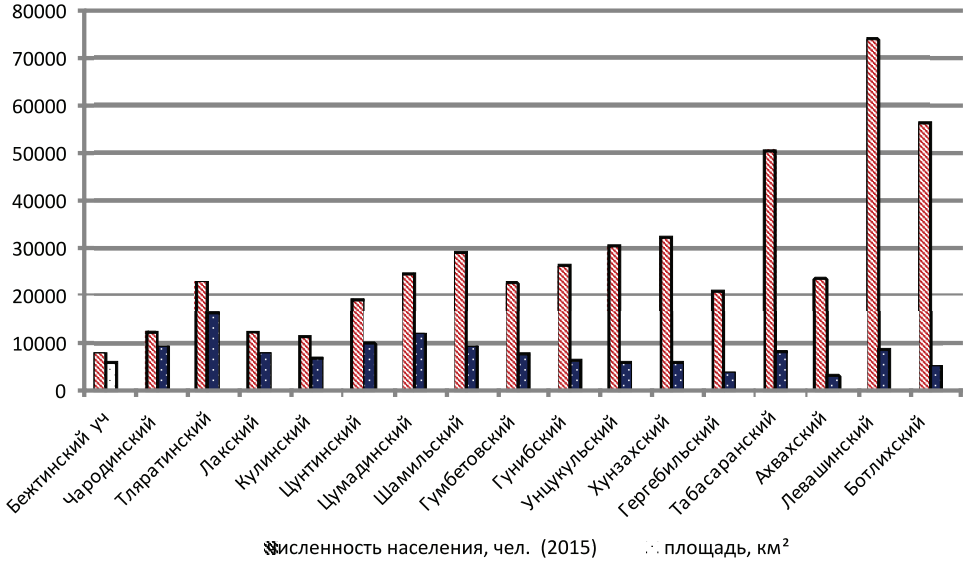



*Рис. 2. Соотношение численности населения и площадей административных районов*

Площади районов, численность и плотность населения
в пределах бассейнов рек Андийское и Аварское Койсу

| № п/п | Наименование района | Численность населения, чел. (2015) | Площадь, км² | Плотность чел./км² |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Бежтинский участок | 7547 | 5750 | 13,13 |
| 2. | Чародинский | 12149 | 8940,03 | 13,59 |
| 3. | Тляратинский | 22882 | 16110,5 | 15 |
| 4. | Лакский | 11984 | 7500 | 17 |
| 5. | Кулинский | 11239 | 6490 | 17,32 |
| 6. | Цунтинский | 19093 | 9630,57 | 19,81 |
| 7. | Цумадинский | 24500 | 11780 | 20,8 |
| 8. | Шамильский | 28767 | 9200 | 29 |
| 9. | Гумбетовский | 22388 | 7300 | 30,67 |
| 10. | Гунибский | 26196 | 6090,5 | 42,98 |
| 11. | Унцукульский | 30297 | 5600 | 51 |
| 12. | Хунзахский | 31908 | 5510,91 | 57,8 |
| 13. | Гергебильский | 20700 | 3410,9 | 60,54 |
| 14. | Табасаранский | 50486 | 8030,10 | 62,86 |
| 15. | Ахвахский | 23302 | 2910,1 | 80,05 |
| 16. | Левашинский | 74044 | 8300 | 89,21 |
| 17. | Ботлихский | 56399 | 5000 | 112,8 |

Автомобильные дороги с покрытием имеются только в средней части долины р. Андийское Койсу и в нижнем течении рек Каракойсу и Казикумухское Койсу, правых притоков р. Аварское Койсу. Туризм и рекреация вследствие их слабого развития не оказывают ощутимого влияния на распределение населения [6].

Таким образом, плотность населения находится в прямой зависимости от рельефа, наличия котловин и транспортной доступности.

## Заключение

1. Плотность населения в бассейнах Андийского и Аварского Койсу по районам существенно различается, возрастая с юга на север по мере увеличения транспортной доступности, расширения днищ долин и приближения к равнинным территориям. По сравнению с 1930 г. плотность в целом увеличилась.

2. Отток населения из высокогорий на равнину происходит и Дагестане, но он не приводит к депопуляции горных селений, подобной наблюдаемой на Центральном и Западном Кавказе, вследствие:

а) высокой рождаемости;

б) более благоприятных природных условий;

в) отсутствия на равнине свободных земель.

3. Анализ содержания различных вариантов современного территориального планирования (МП 21, Схемы территориального планирования республик, Генеральные планы поселений и др.) показывает их малую эффективность из-за несоблюдения рангового соответствия природных и антропогенных структур и отсутствия экологической составляющей.

4. Целесообразна реставрация комплексных программ типа КИПР и ТерКСОП, разработанных и использовавшихся в СССР еще до Конференции Рио-92. Их комплексность и охват достаточно крупных территорий (области, республики Средней Азии, регион Кавказских Минеральных Вод и т.п.) позволяли предлагать сбалансированную эколого-экономическую стратегию для региона, на основе и в рамках которой разрабатывались планы развития более мелких административных подразделений.

## Список литературы

1. Атаев З.В. Абдуллаев К.А. Котловинные ландшафты Внутригорного Дагестана // Геоэкологические проблемы Северного Кавказа: материалы 2-й Всероссийской конференции, 15–16 мая 2008 г. – Махачкала, 2008. – С. 57–67.

2. Атаев З.В. Высотная дифференциация и вопросы оптимизации предгорных ландшафтов Дагестана // Географические аспекты охраны природы. Межвуз.сб. научн. трудов. – Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-та,1990. – С. 99–104.

3. Грачев. Р.Г., Разбаш О.А., Баденков Ю.П. Местная повестка 21 для горных селений Северного Кавказа: опыт международного проекта // Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий: материалы VI Международной конференции. 28–30 мая 2007 г., Владикавказ. – Владикавказ: Изд-во «Терек», 2007. – С. 44–46.

4. Кипкеева П.А. Геоинформационные системы и их использование в современной картографии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 03.25.00 География; М-во образования и науки Рос. Федерации, Карачаево-Черкес. гос. ун-т (КЧГУ). – Карачаевск, 2004. – 227 с.

5. Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я. Геоморфологические особенности днища долины р. Теберды (Северный Кавказ). Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 2 (190). – С. 100–104.

6. Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я. Основные факторы обеспечения устойчивого туризма в Карачаево-Черкесии // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2015. – № 5. – С. 76–81.

7. Константинов С.А. Северный Кавказ (Северо-Кавказский край и Дагестан). – М.–Л.: Гос. изд-во, 1930. – 159 с.

8. Ласточкин А.Н. Интеграция географических наук на их общей морфологической основе. II. Общий морфологический аспект объектов физической и социально-экономической географии // Вестн. Ленингр. ун-та. Сер. 7: Геология, география. – 1996. – Вып. 1 (№ 7). – С. 57–71.

9. Потапенко Ю.Я., Кипкеева П.А. Влияние структуры речных бассейнов на развитие общественно-территориальных систем (на примере Приэльбрусья) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета, серия «Естественные и точные науки» . – 2016. – № 1 (34). – С. 104–111.

10. Сергин С.Я., Зотов С.И. Моделирование народнохозяйственной системы «речной бассейн» для оптимизации природопользования // Доклады АН СССР. – 1988. – т. 298. – № 5, география. – С. 1229–1233.

УДК 504.38

# ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА В РЕГИОНЕ КАВМИНВОД И ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ЕГО НЕГАТИВНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ

**[1]Коновалов Б.Т., [2]Кипкеева П.А., [3]Дежнева А.А., [2]Потапенко Ю.Я.**

*[1]Центр детского творчества, Предгорный район Ставропольского края, e-mail: detstvo55@mail.ru;*

*[2]Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, Карачаевск, e-mail: kipkeeva62@mail.ru, nupotap@yandex.ru;*

*[3]Кавминкурортресурсы, Ессентукский эксплуатационный участок, Ессентуки, e-mail: kmkr_essentuki@mail.ru*

Рассмотрены геолого-геоморфологические особенности и морфометрия верховий бассейна р. Подкумок, где расположена область питания лечебных источников Кавказских Минеральных Вод. Выявлена тенденция повышения среднегодовой температуры воздуха за 1986–2010 гг., что подтверждает на локальном уровне процесс глобального потепления. Преобладает травянистая растительность с постепенной сменой по мере набора высоты степных злаково-разнотравных сообществ остепненными и субальпийскими лугами. Проанализированы причины низкой лесистости – менее 10% площади бассейна. Из двух вариантов – сведение лесов человеком и первичная лесостепная ландшафтная структура – более вероятен второй. Его подтверждает расположение лесных массивов согласно «правилу предварения» преимущественно на северных склонах долин водотоков низких порядков. С целью ослабления негативных последствий потепления предложено приступить к массовым посадкам леса.

**Ключевые слова: речной бассейн, динамика среднегодовых температур, потепление климата, лесистость, гидроресурсы**

# WARMING OF THE CLIMATE IN THE REGION OF CAUCASION MINERAL WATERS AND THE SHORT – TERM PRIORITY MEASURES TO COUNTER ITS NEGATIVE EFFECTS

**[1]Konovalov B.T., [2]Kipkeeva P.A., [3]Dezhneva A.A., [2]Potapenko Yu.Ya.**

*[1]Center of children's creativity Foothill region of Stavropol Krai, e-mail: detstvo55@mail.ru;*

*[2]Karachay-Cherkess State University of name U.D. Aliev, Karachaevsk, e-mail: kipkeeva62@mail.ru, nupotap@yandex.ru;*

*[3]Kavminkurortresursy Yessentuki operational plot, Yessentuki, e-mail: kmkr_essentuki@mail.ru*

Reviewed geological-geomorphological characteristics and morphometry of the upper reaches of the river Podkumok, where the recharge area of the healing springs of the Caucasian Mineral Waters. Identified a trend of increasing mean annual air temperature for the period 1986–2010. What confirms on a local level, the process of global warming. Dominated by herbaceous vegetation, with a gradual change as you climb the steppe grass-forb communities Stephenie and subalpine meadows. Analyzed the cases of low forest cover, less than 10% of the basin area. Of the two options – the forest man, and the primary forest-steppe landscape structure – more likely the second. It confirms the location of forests according to the «rule of precession» mainly on the Northern slopes of the valleys of the streams of low orders. To mitigate the negative consequences of warming are proposed to start mass forest planting.

**Keywords: river basin, dynamics of average annual temperatures, warming of climate, woodiness, water resources**

При региональном и локальном ландшафтно-экологическом прогнозировании весьма трудно трансформировать климатические сигналы глобального потепления на локальный уровень [1]. Выбран природно-территориальный объект, для которого определен местный многолетний тренд изменения средней годовой температуры, подтверждающий тенденцию глобального потепления. Объект исследования включает территорию водосборного бассейна р. Подкумок от истоков до г. Ессентуки. Актуальность работы определяется принадлежностью этой территории к области питания лечебных источников Кавказских Минеральных Вод (КМВ). Целью исследования было определение мер противодействия негативным последствиям потепления в регионе КМВ, оценка роли лесных насаждений в инфраструктуре бассейновой системы р. Подкумок, анализ причин низкой лесистости бассейна.

## Материалы и методы исследования

Использованы картографические материалы Кисловодского и Ессентукского лесничеств, архивные материалы Ессентукской метеостанции, крупномасштабные аэрофотоснимки разных лет, карта Google.

Методика исследований заключалась в статистической обработке метеоданных, дешифрировании дистанционных материалов, полевом обследовании естественных лесных массивов и лесопосадок на терасированных склонах, выборе территорий для посадки лесов (ГКУ «Ессентукское лесничество», ГКУ «Кисловодское лесничество»), разработке предложений по оптимизации видового состава деревьев для стабилизации парковых и лесных биоценозов в новых климатических условиях, проведении пробных посадок куртин спонсированными саженцами сосны крымской (долины ручьев Дачный и Каменушка). При составлении картографических материалов использовались ГИС-технологии [6]

## Результаты исследования и их обсуждение

*Геолого-гидрологические особенности.* Верховья р. Подкумок расположены на северном макросклоне Большого Кавказа в пределах двух субширотных куэстовых хребтов. Южный высокогорный Скалистый хребет сложен преимущественно карбонатными породами – известняками верхнего отдела юрской системы. Расположенный севернее хребет слагают известняки верхнемелового возраста, поэтому его называют Меловым. Отдельные сегменты этого хребта в пределах бассейна Подкумка носят местные названия (с запада на восток): Пастбищный, Дарьинский, Боргустанский, Кабардинский. Депрессию – продольное понижение рельефа между хребтами – слагают нижнемеловые песчаники, менее устойчивые к водной эрозии. Правый приток Подкумка – р. Эшкакон вскрыл более древние горные породы – нижнеюрские песчаники, с размывом залегающие на верхнепалеозойских гранитах и более древних осадочных и метаморфических породах. Пласты известняков и песчаников куэстовых хребтов залегают с пологим погружением к северу и северо-востоку, образуя Северо-Кавказскую моноклиналь. Таким образом, бассейн Подкумка является фрагментом южного борта Терско-Кумского артезианского бассейна [2].

Именно моноклинальное залегание юрских и меловых пород, в которых чередуются водоносные и водоупорные горизонты, и особенности рельефа создали благоприятные условия для формирования подземных минеральных вод Кисловодска, Ессентуков и Пятигорска. На площади куэстовых хребтов находится область питания подземных вод, а в предгорьях – область напора и разгрузки.

*Морфометрические параметры речного бассейна.* Исследованная часть бассейна р. Подкумок имеет древовидный рисунок речной сети (рис. 1). Порядок главного

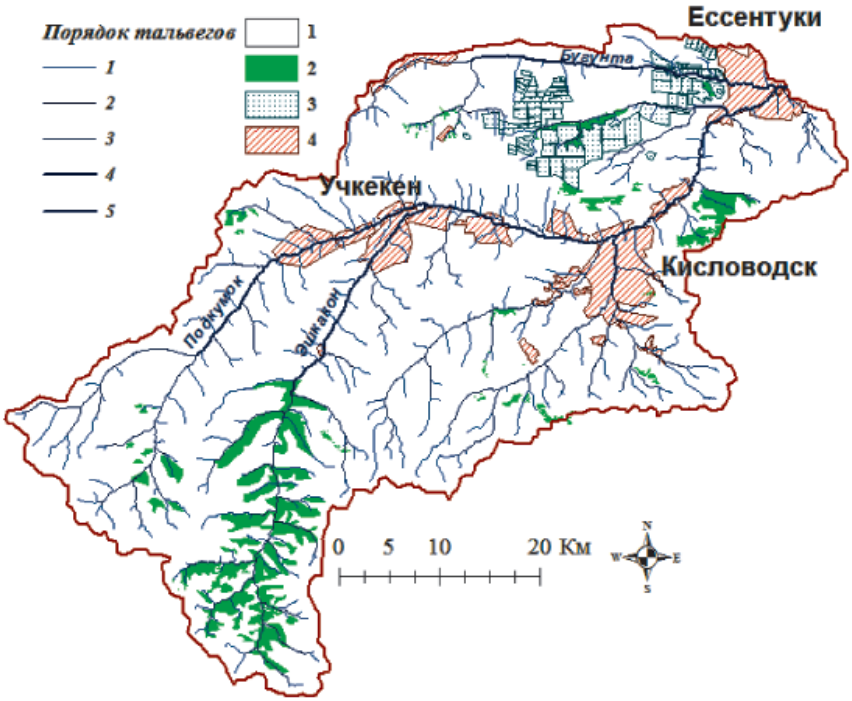



*Рис. 1. Верховья бассейна р. Подкумок с определением порядка водотоков: 1 – луга и степи; 2 – лес, 3 – пашня; 4 – города и поселения*

русла возрастает от 1 до 5. Главные водотоки – Подкумок и его правые притоки Эшкакон, Аликоновка и Березовая – консеквентны к геологической структуре. Субширотный отрезок русла Подкумка между п. Учкекен и г. Кисловодск и его левый приток р. Бугунта – субсеквентны.

*Тенденции климатических изменений.* В верховьях р. Подкумок изотермы летних температур и изолинии среднегодовых осадков почти параллельны и имеют север-северо-западную ориентировку. Изотерма июля в Ессентуках равна 18 °С, в Кисловодске 16 °С.

Данные метеонаблюдений за 1890–2013 гг. (Ессентукская БКС), обработанные по десятилетним периодам в целом (рис. 2), а также по сезонам года в отдельности, показали, что среднее годовое приращение температуры равно 0,07 °С. Наиболее резкое потепление наблюдается у зимы (0,13 °С за год). Лето и весна прибавляют по 0,07 °С. Наименьшая контрастность температур наблюдается у осени, у неё годовая прибавка составляет 0,04 °С.

Одновременно с ростом температуры отмечается и рост повторяемости атмосферных засух. Ежегодно дополнительного тепла стало поступать в среднем на 280–470° больше. С 1991 года на Кавминводах начался новый температурный ритм, в течение первой половины которого (40 лет, 1991–2031 гг.) нужно ожидать потепление с параллельным уменьшением количества осадков.

Процесс потепления климата во многих регионах мира, в том числе и на Северном Кавказе, вызывает резкие разнозначные погодные отклонения.

*Растительность.* Верховья Подкумка характеризуются преобладанием травянистой растительности. На широте Ессентуков и Кисловодска развиты луговидные степи, южнее на северном склоне Скалистого хребта – субальпийские луга. Леса занимают лишь отдельные обособленные участки, локализуясь, согласно «правилу предварения» В.В. Алёхина [8], преимущественно на северных склонах долин водотоков низких (1–3) порядков. Причиной этого является географическое положение Подкумка в зоне перехода к более сухому климату Восточного Кавказа. Среднее годовое количество осадков возрастает по мере увеличения высоты рельефа с севера на юг от 550 мм/год (г. Ессентуки) до 800 мм/год (г. Бермамыт).

Лесистость водосбора р. Подкумок составляет всего лишь 9,7 % [4]. Поскольку в природных ландшафтах в распределении и сохранении атмосферных осадков леса играют особо важную роль, остановимся на их видовом составе и причинах малого площадного развития.

Древостой бассейна Подкумка представлен ясенем обыкновенным, грабом обыкновенным, дубами – черешчатым, скальным; кленами – остролистным, полевым, татарским; ильмом горным и др., березами – повислой, Литвинова, Радде. Отмечаются такие редкие древесные породы, как тис ягодный, клен светлый, ирга, каркас и др. Естественным флористическим рубежом является Меловой хребет – к северу от его гребня развиты широколиственные леса, а южнее – во врезах речных долин в пологий северный склон Скалистого хребта – сосново-мелколиственные леса.

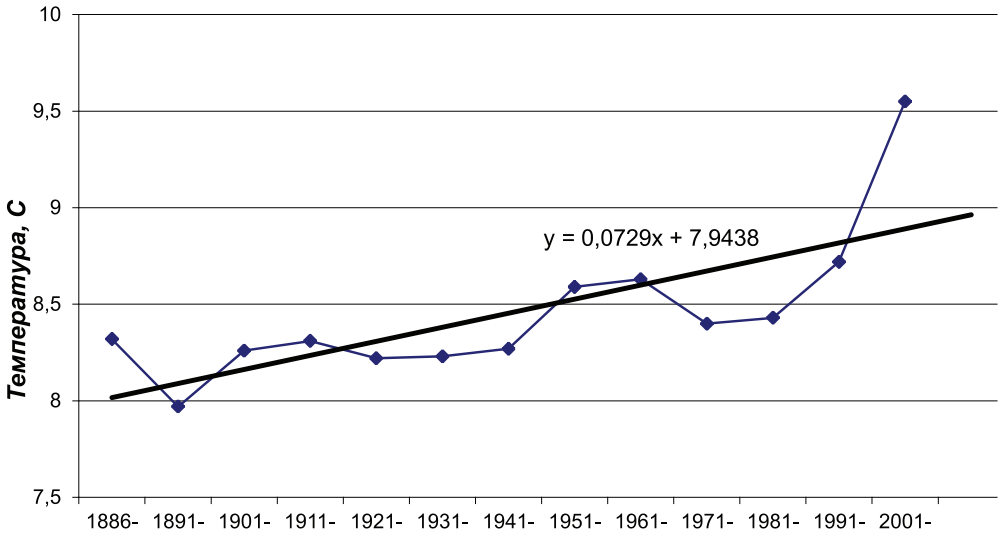



*Рис. 2. Динамика средней десятилетней годовой температуры воздуха г. Ессентуки с конца XIX века до начала XXI века по материалам Биоклиматической станции г. Ессентуки. ОАО «Кавминкурорт ресурсы»*

По поводу первичной (послеледниковой) лесистости этой местности мнения расходятся. Имеются предположения, что леса были сведены первыми поселенцами более тысячи лет назад, однако археологические данные свидетельствуют о весьма малой плотности населения тех времен. Более обоснованными выглядят представления, суммированные в [3, 4], о первичности горных лугов на пологих северных склонах Скалистого и Мелового хребтов. Одним из неблагоприятных факторов распространения там лесной растительности, по мнению А.П. Казанкина, являются осенние (сентябрь-ноябрь) и зимние окна положительных температур. Так, на северном склоне Кабардинского хребта на высоте 1500 м на сеянцах сосны Сосновского наблюдалось (октябрь – первая половина ноября) пробуждение спящих почек и рост осенних побегов [4]. Это приводило зимой к гибели саженцев сосны и всходов других древесных растений.

Однако имеются и противоположные аргументы. Нами в верховьях р. Эшкакон на пологом водоразделе его левых притоков Тешикташ и Кичиезен (высоты 2100–2200 м) наблюдалось (ноябрь 2015 г.) множество молодых сосен высотой 1,5–2 м, выросших самосевом на субальпийском лугу выше границы соснового леса с примесью березы. Этот факт интересен в двух отношениях:

1) он свидетельствует об изменении климатических условий в сторону потепления, позволяющих сосне продвигаться вверх по склону;

2) в данном месте отсутствует экотон – обычно верхняя граница леса с горным лугом представлена переходной полосой, выраженной березняком, субальпийским высокотравьем, буковым криволесьем или кустарником.

Отсутствие экотона можно объяснить, если учесть результаты выполненного нами многолетнего (18 лет) эксперимента в пределах города-курорта Теберда [9]. Там между зрелым сосновым лесом и селитебной зоной также нет экотона – заборы приусадебных участков и лес без кустарникового яруса разделяет полоса шириной 5–10 м низкотравной паскуальной растительности. Участок этой полосы был огорожен в 1991 г. забором от выпаса домашних животных. Через 10 лет в ограждении вырос самосевом густой березняк с примесью сосны, которая в последующие годы стала замещать березу. Таким образом, можно считать, что в верховьях Эшкакона естественный экотон не образуется вследствие выпаса крупного рогатого скота, который вместе с травой поедает всходы березы.

Еще одним аргументом в пользу давнего и естественного произрастания лесов преимущественно на северных склонах служат наблюдения за синэкологическими элементами лесных сообществ. В лесах северных склонов обычно присутствуют синузии, состоящие помимо фанерофитов (деревьев) из кустарников, кустарничковых форм, трав, мхов и лишайников. Таких наборов нет в посадках сосны на южных склонах, даже по прошествии 20 и более лет между соснами сохраняются первичные степные фитоценозы.

Верховья Подкумка входят в курортный регион Кавминвод – природно-антропогенную систему [5, 7, 10], ориентированную на оздоровление отдыхающих и сохраняющую возможность дальнейшего развития.

Важную роль в ней имеют природные факторы – лес и вода. Как известно, расходы водотоков при сокращении лесных площадей на 10 % снижаются в среднем на 5 %, и, напротив, расходы воды повышаются на 5 % при увеличении лесистости на 10 %. Следовательно, для повышения расхода воды реки Подкумок на 35 % нужно увеличить лесистость до 70 %.

Озеленение территории Кавминвод началось одновременно с освоением минеральных источников. В XIX веке были заложены курортный парк в Кисловодске, два парка в Ессентуках, в XX веке – многочисленные городские скверы; в 1950–1970-е годы выполнено террасирование склонов долины Подкумка от пос. Мирного до устья р. Бугунта с посадкой сосны и разных видов кустарников. Ныне лесонасаждения в Ставропольском крае занимают около 43 % от общей площади лесов.

В 1990 г. московский институт Гипрогор разработал обстоятельную программу оптимизации природной среды ТерКСОП (Территориальную комплексную схему охраны природы) ООЭКР (Особо охраняемого эколого-курортного региона) КМВ. Согласно этому документу вдоль русла Подкумка планировалось создать анфиладу курортных парков от Кисловодска до Георгиевска. К сожалению, в связи со сменой государственного устройства план не был осуществлен.

## Выводы и рекомендации

В регионе КМВ процесс потепления климата влечёт с собой экологические проблемы разной степени сложности, среди них – нарастающая маловодность Подкумка, опасное для минеральных вод загрязнение реки, редкие, но разрушительные паводки.

Малое количество и отсутствие лесных насаждений по берегам малых рек (кроме верховьев Бугунты и Кумы) и их многочисленных притоков, распашка земель ведут к развитию эрозии почвы.

Оптимизация экосистемы бассейна р. Подкумок состоит в поэтапном увеличении лесистости и переводе ведения пастбищного скотоводства на интенсивные методы. Склоны, покрытые древесной растительностью, отличаются высокими водопоглотительными свойствами, большой водосборной ёмкостью. Увеличению лесистости в верховьях реки Подкумок будет способствовать замена населением животноводческого бизнеса на туристско-рекреационный; пастбищное скотоводство должно уступить место стойловому.

В связи с меняющимися климатическими условиями целесообразно уже сейчас начать пробное выращивание новых древесных пород. К их числу относятся: акация белая, ясень мелколиственный и гледичия трехколючковая.

В первую очередь в увеличении лесистости нуждается верхняя гористая часть водосборного бассейна Подкумка. Севернее описываемой площади – в Предгорном районе необходимо облесить все берега малых рек и их притоков, овраги, балки, лощины и низины; создать защитные лесонасаждения по водоразделам рек и на фермерских полях.

## Список литературы

1. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. Агроклиматическое районирование Ставропольского края в условиях современного изменения климата // Проблемы экологической безопасности и сохранение природно-ресурсного потенциала: мат. III международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2006. – С. 129–131.

2. Блохин Н.Ф., Блохина Т.И. Водные ресурсы Ставрополья. – Ставрополь: Департамент «Ставропольлкрайводхоз», 2001. – 288 с.

3. Казанкин А.П. Экологическая роль горных лесов Кавказа; отв. ред. А.А. Онучин; Российская акад. наук; Сиб. отд-ние; Ин-т леса им. В.Н. Сукачёва. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 366 с.

4. Казанкин А.П. Этюды о природной среде Кавказских Минеральных Вод. – Кисловодск: Фирма Агро-ПИНЧ, 1993. – 51 с.

5. Кипкеева П.А О содержании понятия «эколого-географическая культура» и сохранении культурного наследия Карачаево-Черкесии // сборник материалов II кавказского экологического форума / ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет»; ответ. ред. Х.Л.-А. Сайдаев. – 2015. – С. 112–116.

6. Кипкеева П.А. Геоинформационные системы и их использование в современной картографии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 03.25.00 География / М-во образования и науки Рос. Федерации, Карачаево-Черкес. гос. ун-т (КЧГУ). – Карачаевск, 2004. – 227 с.

7. Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я. Основные факторы обеспечения устойчивого туризма в Карачаево-Черкесии // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2015. – № 5. – С. 76–81.

8. Петров К.М., Терехина Н.В. Растительность России и сопредельных стран. – СПб.: Химиздат, 2013. – 328 с.

9. Потапенко Ю.Я., Жуган В.И., Утякова И.П., Логвиненко О.А. Опыт восстановления естественных фитоценозов в селитебной зоне Тебердинского заповедника // Информационные технологии в учебном процессе: материалы Международной научно-практической конференции. – Карачаевск: Изд-во КЧГУ, 2009. – С. 123–130.

10. Потапенко Ю.Я., Кипкеева П.А. Влияние структуры речных бассейнов на развитие общественно-территориальных систем (на примере Приэльбрусья) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета, серия «Естественные и точные науки». – 2016. –№ 1 (34). – С. 104–111.

УДК 658.264

# РАСЧЕТ ТАЛОЙ ЗОНЫ ГРУНТА ВОКРУГ КАНАЛА ТЕПЛОПРОВОДОВ

**Моисеев Б.В., Земенков Ю.Д., Налобин Н.В.**

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,*
*Тюмень, e-mail: Mr-Fahrenheit@yandex.ru, zemenkov@tsogu.ru*

При эксплуатации трубопроводов в мерзлых грунтах происходит теплообмен между ними и образование талой зоны, что приводит к деформации трубопроводов. Условия строительства и эксплуатации трубопроводов существенно связаны с их температурным режимом. В связи с этим необходимо знать закономерности формирования ореолов протаивания вокруг трубопроводов. Таким образом, выяснение закономерностей формирования ореолов протаивания вокруг трубопроводов и определение оптимальных условий их прокладки при строительстве в районах с вечномерзлыми грунтами на севере Тюменской области является весьма актуальной задачей. Исследованы вопросы, связанные с особенностями сооружения инженерных трубопроводов на севере Тюменской области, выяснены закономерности формирования ореолов протаивания вокруг канала теплопроводов и определены оптимальные условия прокладки трубопроводов. В результате обработки экспериментальных данных методом обобщенных переменных получены зависимости для определения талой зоны вокруг канала теплопроводов в грунте и разработана номограмма для расчета.

**Ключевые слова: теплопровод, теплоизоляция, вечная мерзлота, протаивание грунта**

# CALCULATION OF THAWED SOIL FIELD AROUND PIPELINES CHANNEL

**Moiseev B.V., Zemenkov Yu.D., Nalobin N.V.**

*Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: Mr-Fahrenheit@yandex.ru, zemenkov@tsogu.ru*

When using pipelines in frozen soils, heat exchange between them and formation of a melted area occur that causes pipeline deformation. The building and operation conditions of pipelines are to a considerable extent connected with their temperature conditions. Due to this it is necessary to know the regularities of formation of the thawing haloes around the pipelines. Therefore, determination of the regularities of formation of the thawing haloes around the pipelines and determination of the optical conditions of their laying for construction in the areas permanently frozen soils in the north of the Tyumen Region is quite a vital task. The questions connected with the engineering pipelines construction features in the north of Tyumen region are investigated, the regularities formation of thawing areolas around pipelines channel are cleared up and the optimal conditions of laying pipelines are determined. Due to processing of experimental data with the generalized variables method the curves for the thawed field location around pipelines channel in soil are obtained and the nomogram for computation is worked out.

**Keywords: heat pipeline, heat insulation, permanent frost, thawing of soil**

Обустройство нефтяных и газовых месторождений связано со строительством различных трубопроводов (газопроводы, нефтепроводы, водопроводы, теплопроводы) в мерзлых и вечномерзлых грунтах. При проектировании, строительстве и эксплуатации трубопроводов различного назначения следует учитывать то обстоятельство, что большую часть времени они находятся в зоне грунта с отрицательной температурой. Это может вызвать, с одной стороны, замерзание транспортируемой жидкости, а с другой – протаивание мерзлого грунта в основании трубопроводов и расположенных вблизи сооружений [1]. При глубоком сезонном промерзании грунтов (до 4,2 м) водопроводные и канализационные сети, в соответствии с действующими нормами, должны прокладываться в зоне глубокого заложения. Высокий уровень грунтовых вод значительно усложняет технологию производства работ и увеличивает их объем. Поэтому увеличение глубины заложения трубопроводов нежелательно и практически трудно выполнимо [4].

Для решения вышеизложенных затруднений были предложены несколько вариантов совмещенной прокладки сетей. При подземной прокладке в одной траншее совмещаются канал теплопровода, водопровод и канализация. Водопровод укладывается на уровне подошвы теплофикационного канала с одной стороны, а канализационные трубы – с другой.

На температурный режим грунтов существенное влияние оказывают подземные инженерные коммуникации и особенно – теплопроводы. Выяснение закономерностей формирования ореолов протаивания вокруг теплопроводов и определение оптимальных условий прокладки теплопроводов при строительстве в районах с вечномерзлыми грунтами на севере Тюменской области является весьма актуальной задачей [6, 8].

В обычной постановке процесс распространения теплоты в массиве описывается

системой уравнений теплопроводности [2]. Рассматриваемая область делится на талую и мерзлую зоны, для которых записываются уравнения

$$c_{\text{т}}\frac{\partial T}{\partial t} = div(\lambda_{\text{т}}\,\text{grad}T), \qquad (1)$$

$$c_{\text{м}}\frac{\partial T}{\partial t} = div(\lambda_{\text{м}}\text{grad}T). \qquad (2)$$

Здесь $T = T(x,\ t)$ – поле температур; $c$, $\lambda$ – теплоемкость и коэффициент теплопроводности соответственно; индекс «м» относится к мерзлой, а «т» – к талой зоне.

На подвижной границе раздела фаз $\xi(t)$, кроме неразрывности температуры, задается условие Стефана, связывающее скачок потоков теплоты на границе со скоростью его распространения

$$L\rho w\frac{\partial \xi}{\partial t} = [\lambda\ \text{grad}T], \qquad (3)$$

где $L$ – удельная скрытая теплота льдообразования; $\rho$ – плотность породы; $w$ – влажность. Здесь и далее для простоты рассматриваются одномерные задачи, так как в случае многомерных задач ни к идеологии моделирования, ни к математической технике ничего не добавляется. Точное аналитическое решение данной задачи возможно лишь иногда, например при неизменных теплофизических параметрах талого и мерзлого грунтов и в постоянных граничных условиях первого рода. Для реальных грунтов теплофизические параметры зависят от температуры, и уравнения (1)–(2) становятся нелинейными, поэтому аналитическое решение возможно только приближенно при некоторых допущениях [3, 5, 7].

Расчет температурного поля в грунте вокруг прямоугольного канала теплопроводов

Выбор оптимального варианта размещения инженерных коммуникаций в одной траншее в значительной степени определяется температурным режимом грунта вокруг канала теплопроводов.

Существующие методики рекомендуют производить расчет температурного поля грунта вокруг теплопроводов в канале по одной из модификаций формулы Форхгеймера [1, 2, 4]

где $t_{x,\,y}$ – температура любой точки грунта, удаленной на величину $x$ от вертикальной плоскости, проходящей через ось канала, и на величину $y$ – от поверхности грунта, °С; $t_{\text{гр}}$ – естественная температура грунта на глубине оси канала, °С; $t_{\text{к}}$ – температура воздуха в канале, °С; $\lambda_{\text{гр}}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·К); $h$ – глубина заложения оси канала от поверхности земли, м; $R$ – суммарное тепловое сопротивление внутренней поверхности канала, стенок и грунта, определяемое по формуле

$$R = R_{\text{п.к}} + R_{\text{к}} + R_{\text{гр}} = \\ = \frac{1}{\pi d_{\text{к}1}\alpha_{\text{к}}} + \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{к}}}\ln\frac{d_{\text{к}2}}{d_{\text{к}1}} + \\ + \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}\ln\left[\frac{2h}{d_{\text{к}2}} + \sqrt{\left(\frac{2h}{d_{\text{к}2}}\right)^2 - 1}\right]}, \qquad (5)$$

где $\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплообмена от воздуха внутри канала к стенкам канала, Вт/(м$^2$·К); $\lambda_{\text{к}}$ – теплопроводность стенок железобетонного канала; $d_{\text{к}1}$, $d_{\text{к}2}$ – эквивалентные диаметры канала соответственно внутренний и наружный.

С целью анализа температурного режима сезоннопромерзающего грунта были построены графики температурных полей вокруг канала теплопроводов по различным методикам и проведено их сравнение с экспериментальными данными, полученными в тождественных условиях. Установлено, что температурный режим грунта вокруг прямоугольных каналов теплопроводов в реальных условиях значительно отличается от полученного расчетным путем по формуле (4).

Для проверки соответствия того или иного теоретически рассчитанного температурного поля действительному распределению температур вокруг канала в грунте сравнивали идентичные поля (рис. 1 и 2). Сравнение показало, что кривые распределения температур в грунте, определенные по формуле (4) и приведенные на рис. 1, не соответствуют фактически замеренным на экспериментальных участках (рис. 2).

$$t_{x,y} = t_{\text{гр}} + (t_{\text{к}} - t_{\text{гр}})\cdot\frac{(1/2\pi\lambda_{\text{гр}})\ln\sqrt{\left[x^2 + (y+h)^2\right]/\left[x^2 + (y-h)^2\right]}}{R}, \qquad (4)$$

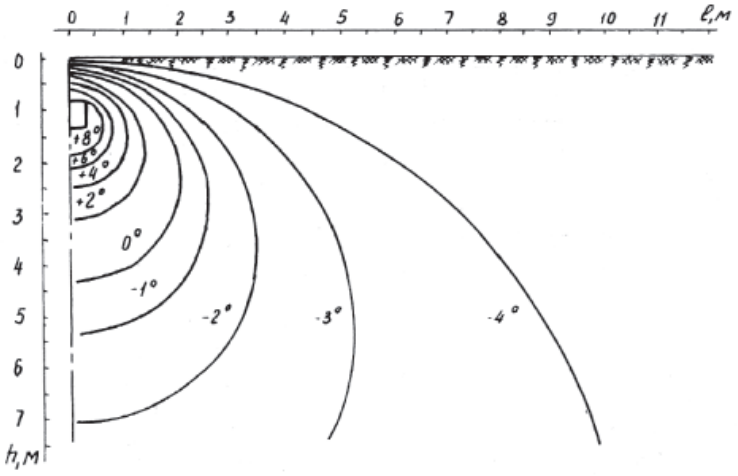



*Рис. 1. Температурное поле грунта вокруг канала теплопроводов, определенное по модифицированной формуле Форхгеймера*

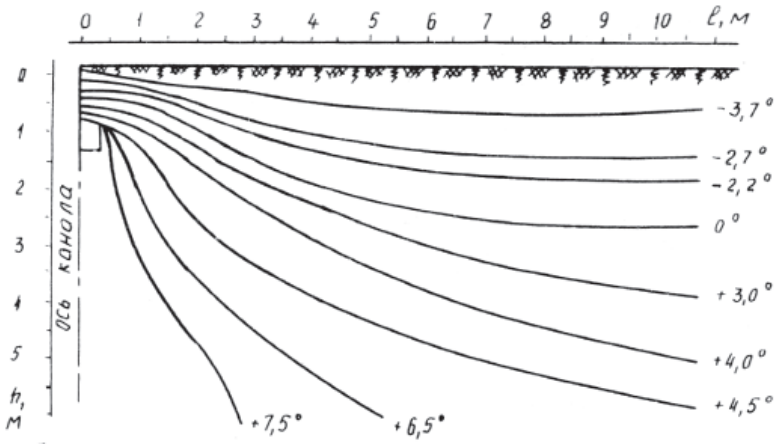



*Рис. 2. Осредненное температурное поле грунта вокруг канала теплопроводов (по данным натурных наблюдений)*

Проведены также расчеты температурного поля вокруг канала теплопроводов по методу суперпозиции для суммирования температурного поля, создаваемого самим каналом теплопроводов, и естественно температурного поля грунта. Для сравнения температурных полей вокруг канала теплопроводов, полученных расчетным путем с применением принципа суперпозиции, с полями, наблюдавшимися в экспериментальных условиях, были выполнены расчеты по их определению. Суммировали два температурных поля, образованных действием двух различных по виду тепловых источников. Первое – от канала теплопроводов при нулевой температуре окружающего грунтового массива; второе – обусловленное только температурным градиентом грунта и зависящее от сезонных колебаний температуры воздуха на поверхности. Суммирование первого и второго полей дает результирующее поле вокруг канала теплопроводов. Разнородные (мерзлую и талую) зоны приводили к единой среде с приведенными теплопроводностью $\lambda_{пр}$ и температурой $t_{пр}$.

Температурные поля, образованные тепловым влиянием только самого канала теплопроводов, строились по формуле

$$t_{x,y} = t_{гр} + \frac{\frac{\lambda_т}{\lambda_м} t_к - t_{гр} \ln \frac{x^2 + \left(y + \sqrt{\left(h^2 - r_{эк}^2\right)^2}\right)}{x^2 + \left(y - \sqrt{\left(h^2 - r_{эк}^2\right)^2}\right)}}{2 \ln \left[ \left( \frac{h}{r_{эк}} \right) + \sqrt{\left( \frac{h}{r_{эк}} \right)^2 - 1} \right]}, \quad (6)$$

где $t_{гр}$ – температура грунта, принимаемая в расчетах равной нулевой температуре, °С; $\lambda_г$, $\lambda_м$ – теплопроводность соответственно талой и мерзлой зоны, Вт/(м·К); $r_{эк}$ – радиус эквивалентного по теплопотерям канала, равный $P/2\pi$ ($P$ – периметр прямоугольного канала), м.

Термическое сопротивление на границе «воздух – стенка» $1/\alpha_к$, а если необходимо, то и собственное сопротивление стенки канала $\delta_к/\lambda_к$ может быть выражено через величину эквивалентного грунтового слоя, прибавляемую в формуле (6) к глубине заложения центра канала $h$.

Данные для построения температурных полей по формуле (6) и естественного температурного поля грунта, зависящего от сезонных колебаний температуры воздуха на поверхности, получены при натурных наблюдениях. В результате суммирования собственного температурного поля от канала теплопроводов и естественного поля грунта было получено результирующее поле (рис. 3). Сопоставление температурных полей позволило установить, что температурное поле вокруг канала теплопроводов можно представлять с достаточной для практических расчетов степенью точности в виде суммы двух полей – температурного, образованного тепловым влиянием самого канала теплопроводов и определенного по формуле (6) при нулевой температуре окружающего грунтового массива, а также естественного температурного поля грунта, зависящего от сезонных колебаний температуры наружного воздуха. Таким образом, метод суперпозиции и замены нестационарных тепловых состояний рядом последовательных установившихся состояний при тепловом расчете для магистральных нефтепроводов применим и для прямоугольных каналов теплопроводов [1, 6].

### Расчет талой зоны вокруг канала теплопроводов

Для определения оптимального варианта прокладки инженерных коммуникаций и обоснования возможности размещения водопроводных и канализационных сетей в зоне теплового влияния теплотрассы большое значение имеет знание зоны талого грунта вокруг канала теплопроводов. Величина талой зоны вокруг канала теплотрассы в горизонтальном направлении (считая от оси канала на уровне его подошвы) может быть определена из следующего выражения, полученного в результате эксперимента на гидроинтеграторе и обработки экспериментальных данных методом обобщенных переменных [1, 6, 9].

$$H = r_{эк}\left[1 + N\left(1 - e^{-n/Fo}\right)\right], \qquad (7)$$

где $r_{эк}$ – эквивалентный радиус канала по теплопотерям, равный $P/2\pi$ ($P$ – периметр прямоугольного канала), м; $Fo = \dfrac{\lambda_{гр}\tau}{c_{гр}r_{гр}^2}$ – критерий Фурье; $\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·К); $\tau$ – время, ч; $c_{гр}$ – теплоемкость грунта, кДж/(м$^3$·К).

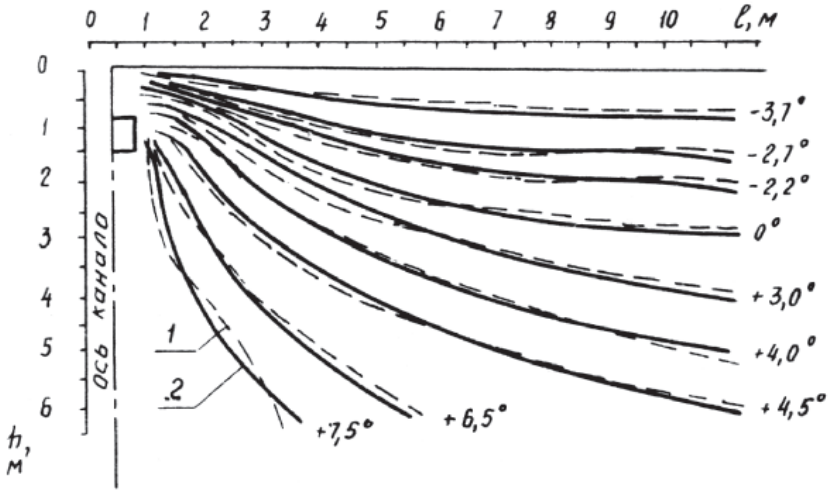



*Рис. 3. Результирующее температурное поле грунта вокруг канала теплопроводов, полученное:*
*1 – по экспериментальным данным (пунктирные линии);*
*2 – по результатам расчета (сплошные линии)*

Коэффициенты $N$ и $n$ являются функциями от $Bi$, $Ko$ и $t_к/t_0$. Для их определения получены следующие зависимости:

$$N = 1{,}89^{Bi}\,(1{,}52 - 0{,}03Ko)\left(\frac{t_к}{t_0}\right)^{1{,}08-0{,}16Bi}; \quad (8)$$

$$n = 0{,}07\cdot 1{,}4^{-Bi}, \quad (9)$$

где $Ko = \dfrac{q_н(W_с - W_н)\gamma}{c_{гр}t_0}$ – критерий Коссовича; $Bi = \dfrac{\lambda_{гр}}{\alpha_н h_к} + \dfrac{\lambda_{гр}h_{сн}}{\lambda_{сн}h_к}$ – модифицированный критерий Био; $q_п$ – удельная теплота плавления льда, принимаемая равной 365 кДж/кг; $W_с$ – суммарная влажность грунта, доли единицы; $t_0$ – температура грунта на глубине нулевых годовых амплитуд, °С; $\alpha_н$ – коэффициент теплообмена на дневной поверхности, Вт/(м²·К); $W_н$ – весовое содержание незамерзающей воды, доли единиц; $\gamma$ – объемный вес скелета грунта, кг/м³; $h_н$ – заглубление канала теплотрассы до верха плиты, м; $h_{сн}$ – высота снежного покрова, м; $\lambda_{сн}$ – теплопроводность снега, Вт/(м·К).

Изменения критериев были установлены с учетом природных условий Среднего Приобья в достаточно широком диапазоне:

$$3 \le t_к/t_0 \le 9;\ \ 2{,}4 \le Ko \le 12;$$

$$0 \le Fo \le 6280;\ \ 0{,}1 \le Bi \le 4{,}1. \quad (10)$$

В целях максимального упрощения и облегчения расчетов по формулам (7)–(9) составлена обобщенная расчетная номограмма (рис. 4), позволяющая легко рассчитывать величину талой зоны грунта вокруг канала теплотрассы. Ниже приводится пример расчета по предложенной методике.

**Пример**

Требуется определить величину талой зоны вокруг канала теплотрассы в сезонно-промерзающем грунте за 15 лет эксплуатации при следующих исходных данных. Теплопроводы проложены в непроходном железобетонном канале марки КЛ-90-45, с внутренним сечением 0,90×0,45 м. Трубы стальные бесшовные с диаметром 108×3,5 мм, изолированные минеральным войлоком толщиной 40 мм. По изоляции предусматривается покровный слой асбестоцементной штукатурки толщиной 15 мм. Параметры теплоносителя: температура воды в подающем трубопроводе равна 130°С и в обратном – 70°С. Среднегодовая температура воздуха $t_к$ в непроходных железобетонных каналах при заглублении их от поверхности грунта до верха плиты на 0,8 м принимается на основании наблюдений и расчетов. Для данных условий $t_к$ = 30°С.

Грунт – суглинок с суммарной влажностью, равной 0,334, с содержанием незамерзшей воды – 0,1 (в долях единицы). Объемный вес скелета грунта равен 1500 кг/м³. Заглубление канала от поверхности грунта до верха плиты составляет 0,8 м. Температура грунта на глубине нулевых годовых амплитуд – 5°С. Теплопроводность грунта – 1,8 Вт/(м·К). Объемная теплоемкость грунта – 2100 кДж/(м³·К). Удельная теплота плавления льда – 335 кДж/кг. Среднезимняя высота снежного покрова – 0,1 м, его теплопроводность – 0,30 Вт/(м·К). Коэффициент теплообмена на дневной поверхности равен 15 Вт/(м²·К).

*Решение*

Согласно исходным данным, определяют следующие параметры:

$$r_{эк} = \frac{0{,}9\cdot 2 + 0{,}45\cdot 2}{2\cdot 3{,}14} = 0{,}43;$$

$$Bi = \frac{1{,}8}{15\cdot 0{,}8} + \frac{1{,}8\cdot 0{,}1}{0{,}3\cdot 0{,}8} = 0{,}9;$$

$$Ko = \frac{335(0{,}334 - 0{,}1)1500}{2100\cdot 5} = 11{,}2;$$

$$\frac{t_к}{t_0} = \frac{30}{5} = 6;$$

$$Fo = \frac{1{,}8\cdot 8760\cdot 15}{2100\cdot 0{,}43^2} = 608.$$

Для сравнения найдем величину талой зоны по формулам (7)–(9) и по номограмме (рис. 4).

Получаем

$$n = 0{,}07\cdot 1{,}4^{0{,}9} = 0{,}052;$$

$$N = 1{,}89^{0{,}9}(1{,}52 - 0{,}03\cdot 11{,}2)\left(\frac{30}{5}\right)^{1{,}08-0{,}16\cdot 0{,}9} = 11{,}23;$$

$$H = 0{,}43\left[1 + 11{,}23\left(1 - e^{-0{,}052/608}\right)\right] = 3{,}9\ м.$$

Пользуясь номограммой при найденных $Ko$, $Bi$, $Fo$, определяем $H/r_{эк}$. Ход решения показан на номограмме. На шкале $Ko$ находим точку с отметкой 11,2. Из этой точки проводим вертикаль до пересечения с лучом $Bi$ = 0,9. Затем из данной точки проводим горизонталь до пересечения с кривой $t_к/t_0$ = 6. Из полученной точки проводим вертикаль до «немой» шкалы.

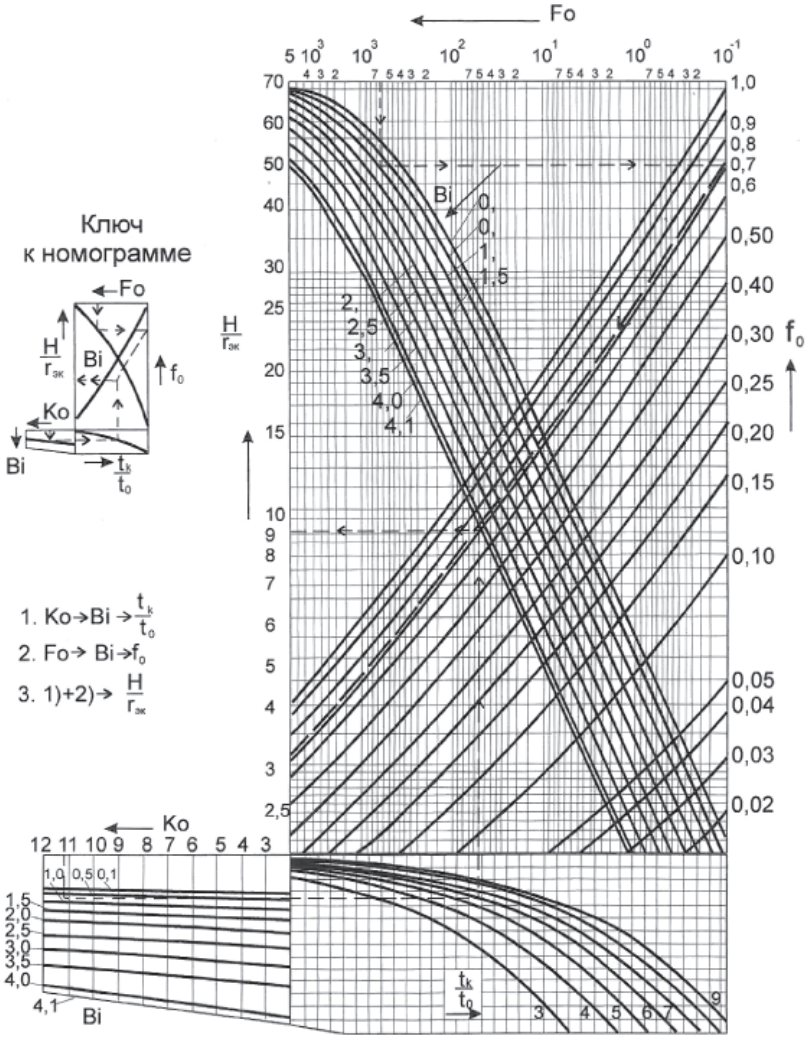



*Рис. 4. Номограмма для определения талой зоны вокруг канала теплотрассы в сезоннопромерзающем грунте*

Потом ведем ход решения с другой стороны номограммы. На шкале *Fo* находим точку с отметкой 608, из которой проводим вертикаль до пересечения с кривой $Bi = 0{,}9$. Из этой точки проводим горизонталь до пересечения со шкалой $f_0$, откуда ведем ее параллельно кривой при значении $f_0 = 0{,}71$ до пересечения с вертикалью от «немой» шкалы. Из точки пересечения ведем горизонталь до пересечения со шкалой $H/r_{эк}$, где находим величину $H/r_{эк} = 9{,}1$, после чего определяем $H = 9{,}1 \cdot 0{,}43 = 3{,}91$ м. Величины талой зоны, определенные по формулам (7)–(9) и графоаналитическим методом по номограмме (рис. 4), совпадают. Приведенный графоаналитический метод максимально упрощает и облегчает расчет.

**Выводы**

1. С целью анализа температурного режима сезоннопромерзающего грунта были построены графики температурных полей вокруг канала теплопроводов по различным методикам и проведено их сравнение с экспериментальными данными, полученными в тождественных условиях. Установлено, что температурный режим грунта вокруг прямоугольных каналов теплопроводов в реальных условиях значительно отличается от полученного расчетным путем по формуле (4).

2. Для проверки соответствия того или иного теоретически рассчитанного температурного поля действительному распределению температур вокруг канала в грунте

сравнивали идентичные поля (рис. 1 и 2). Сравнение показало, что кривые распределения температур в грунте, определенные по формуле (4) и приведенные на рис. 1, не соответствуют фактически замеренным на экспериментальных участках (рис. 2).

3. В результате суммирования собственного температурного поля от канала теплопроводов и естественного поля грунта было получено результирующее поле (рис. 3).

4. Трудоемкий процесс расчета температурных полей был значительно упрощен применением метода гидро- и электромоделирования.

5. Результаты экспериментальных данных были обработаны методом обобщенных переменных и получены зависимости (7)–(9).

6. В целях максимального упрощения и облегчения расчетов по формулам (7)–(9) составлена обобщенная расчетная номограмма (рис. 4), позволяющая легко рассчитывать величину талой зоны грунта вокруг канала теплотрассы.

7. Величины талой зоны, определенные по формулам (7)–(9) и графоаналитическим методом по номограмме (рис. 4), совпадают.

*Исследования выполнялись на основании комплексной программы «Нефть и газ Западной Сибири».*

**Список литературы**

1. Инженерные коммуникации в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири / Н.Н. Карнаухов, Б.В. Моисеев, О.А. Степанов, Н.А. Малюшин. – Красноярск: Стройиздат. Красноярское отделение, 1993. – 160 с.

2. Математическое моделирование двухфазной зоны при промерзании-протаивании многолетнемерзлых пород / С.Д. Мордовский, Е.Е. Петров, В.Ю. Изаксон. – Новосибирск: «Наука», Сибирское отделение РАН, 1997. – 120 с.

3. Методы нестационарной теплопроводности / Н.М. Беляев А.А. Рядко. – М.: Высшая школа, 1978. – 328 с.

4. Особенности строительства объектов в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири / В.В. Ремизов, А.Ф. Шаповал, Б.В. Моисеев, Б.Г. Аксенов. – М.: Недра, 1996. – 371 с.

5. Теплообмен / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.

6. Теплоснабжение на насосных станциях нефтепроводов / Б.В. Моисеев, О.А. Степанов, Г.Г. Хоперский. – М.: Недра, 1998. – 302 с.

7. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. – 736 с.

8. Энергосберегающие технологии, оборудование и материалы при строительстве объектов в нефтегазодобывающем регионе Западной Сибири / В.М. Чикишев, А.Ф. Шаповал, Б.В. Моисеев, Б.Г. Аксенов, Н.В. Налобин и др. – СПб.: Недра, 2004. – 270 с.

9. Энерготехнологические комплексы при проектировании и эксплуатации объектов транспорта и хранения углеводородного сырья / Ю.Д. Земенков, Б.В. Моисеев, Ю.В. Богатенков, Н.В. Налобин. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 255 с.

УДК 622

# ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА АЧИМОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ХМАО-ЮГРЫ

**[1]Севастьянов А.А., [1]Коровин К.В., [1]Зотова О.П., [2]Зубарев Д.И.**

*[1]ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: zotovaop@tsogu.ru;*
*[2]ООО «Научно-исследовательский инновационный центр нефтегазовых технологий», Тюмень, e-mail: contact@ogtcentre.ru*

В работе дан обзор условий осадконакопления ачимовской толщи на территории Западной Сибири. Представлена оценка средних коллекторских свойств, добычных характеристик, составных коэффициента нефтеизвлечения. Проведен анализ вероятно-статистического распределения основных подсчетных параметров для отложений ачимовской толщи. Проведена оценка ресурсного потенциала по вероятностной шкале, используемой в классификации PRMS (система управления нефтяными ресурсами). Проведена количественная и качественная оценка соответствия объектов ачимовского нефтегазоносному комплексу критериям отнесения запасов к трудноизвлекаемым. Определены основные факторы, затрудняющие процесс выработки запасов на пластах ачимовской толщи с использованием современных технологий. Представлены результаты анализа эффективности применяемых технологий (скважины с горизонтальным окончанием, гидравлический разрыв пласта). Выполнен прогноз добычи нефти по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре на долгосрочную перспективу.

**Ключевые слова: ачимовские отложения, трудноизвлекаемые запасы, эффективность ГТМ, прогноз добычи нефти**

# FEATURES OF THE STRUCTURE AND ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF ACHIMOV DEPOSITS IN KHMAO-YUGRA

**[1]Sevastyanov A.A., [1]Korovin K.V., [1]Zotova O.P., [2]Zubarev D.I.**

*[1]Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Tyumen Industrial University», Tyumen, e-mail: zotovaop@tsogu.ru;*
*[2]OOO «Research Innovation Center Petroleum Technology», Tyumen, e-mail: contact@ogtcentre.ru*

The paper gives an overview of the conditions of formation of the Achimov deposits in Western Siberia. Presents estimates of average reservoir properties, mining characteristics, composite oil recovery factor. The analysis of the likely-statistical distribution of the basic calculation parameters for the Achimov strata of sediment. The evaluation of the resource potential on the probability scale, used in the classification of prms (petroleum resources management system). Conducted quantitative and qualitative assessment of compliance of objects with complex Achimov oil and gas complex the criteria for classification as reserves difficult to recover. The main factors that hinder the process of development of reserves at Achimov using modern technologies. The results of the analysis of efficiency of applied technologies (wells with horizontal completion, hydraulic fracturing). Made a forecast of oil production in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra for the long term.

**Keywords: Achim deposits, hard to recover reserves, HTR, the effectiveness of GTM, oil production forecast**

Изучением неокомского комплекса долгие годы занимались такие ученые, как И.И. Нестеров, А.М. Брехунцов, М.Я. Рудкевич, Ф.Г. Гурари, Н.Н. Ростовцев, О.М. Мкртчян, В.И. Шпильман, Л.Я. Трушкова, А.Л. Наумов, А.А. Нежданов и другие.

Л.Я. Трушкова одна из первых предприняла попытку построения детальной схемы стратификации неокома центральных районов Западной Сибири [6]. По ее мнению, горизонтально лежащие свиты латерально замещают друг друга. Было показано, что песчаные пласты тарской, мегионской и вартовской свит ($Б_1$–$Б_{15}$) ступенчато омолаживаются с юго-востока на северо-запад от низов валанжина до готерива. Принципы корреляции, предложенные Л.Я. Трушковой, разделяют многие исследователи, среди которых И.И. Нестеров, А.П. Соколовский, Б.А. Онищенко, Т.Ф. Колмаков, В.С. Старосельцев, А.Е. Еханин, Ю.В. Брадучан и др.

Представления о горизонтально-слоистом строении неокома были высказаны Ю.В. Брадучаном в 1973 г., а также А.Е. Еханиным и др. в 1978 г.

Во второй половине 1970-х годов А.Л. Наумовым была обоснована и разработана косослоистая модель строения разреза неокома Западно-Сибирского палеобассейна и предложена клиноформенная модель.

Ф.Г. Гурари [1] считает, что причинами образования клиноформ являются флуктуации климата и тектонический режим областей сноса обломочного материала, в результате чего осадочный материал поступал в бассейн пульсационно.

Ачимовская толща – отложения подводных конусов выноса в глубоководных областях авандельтового комплекса, сформированного в результате регрессивного накопления бассейна с востока на запад. Основные механизмы формирования ачимовских подводных конусов выноса – это турбидиты, оползни, пески срыва и подводные течения, которые проявлялись периодически под влиянием климатических изменений. Это свидетельствует о сложном строении ачимовского комплекса [7, 14].

На формирование неантиклинальных ачимовских ловушек влияет также структурный план баженовской свиты. При этом перед выступами «бажена» образовывались мощные песчаные ловушки.

Коллекторы ачимовской толщи представлены мелко- и среднезернистыми полимиктовыми песчаниками с карбонатно-глинистым цементом, нередко трещиноватые. Обломочный материал состоит из кварца, полевых шпатов, обломков пород фундамента, содержащихся примерно в равных соотношениях и сцементированных кальцитом, сидеритом, глинистым материалом. Фильтрационно-емкостные свойства резко меняются в пределах небольших участков как по латерали, так и по вертикали. Среднее значение открытой пористости – 17%, начальной нефтенасыщенности – 54,4%, карбонатности 0–6%, проницаемости – 11 мД. Вниз по разрезу отмечается закономерное уменьшение значений открытой пористости и проницаемости, а также с удалением от области сноса песчаного материала в зоны погружения. Дебиты невысокие: 2–10 т/сут, редко до 30 т/сут.

На основании анализа фациальных схем, карт общих толщин и реконструкций палеорельефа выделяют шесть основных типов разрезов. Установлено, что наилучшими коллекторскими свойствами обладают типы разрезов, приуроченные к потоковым и гравитационным зонам.

В 80% случаев коэффициенты извлечения нефти ачимовских объектов варьируются от 0,195 до 0,35 д. ед. Анализируя составляющие коэффициента извлечения нефти, следует отметить, что для ачимовских объектов в большинстве случаев характерен низкий коэффициент вытеснения – менее 0,5 д. ед. Для коэффициента охвата – характерен существенный разброс показателя от 0,4 до 0,7 д. ед.

Проведенный авторами данной работы анализ вероятно-статистического распределения основных подсчетных параметров для отложений ачимовской толщи и использование метода статистического моделирования Монте-Карло при 50 тысячах реализаций случайных процессов позволил установить образ залежи, добычной потенциал которой оценен по вероятностной шкале, используемой в классификации PRMS. Результаты представлены в табл. 1. Следует отметить, что при 10 и 50 тысячах реализаций случайных процессов оценка величины извлекаемых запасов изменялись незначительно.

**Таблица 1**

Вероятностное распределение основных подсчетных параметров и извлекаемых запасов нефти

| Параметр вероятности | Площадь | Нефтенасыщенная толщина | Открытая пористость | Начальная нефтенасыщенность | Пересчетный коэффициент | Плотность нефти | КИН | Оценка извлекаемых запасов вероятной залежи |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ед. изм. | тыс. м$^2$ | м | д. ед. | д. ед. | д. ед. | г/см$^3$ | д. ед. | млн т |
| P90 | 30000 | 5,0 | 0,16 | 0,46 | 0,800 | 0,831 | 0,20 | 1,7 |
| P50 | 118370 | 9,8 | 0,17 | 0,55 | 0,865 | 0,851 | 0,25 | 22,0 |
| P10 | 163800 | 15,0 | 0,19 | 0,62 | 0,920 | 0,867 | 0,35 | 47,0 |

Таким образом, с вероятностью 90% величина извлекаемых запасов залежи нефти оценивается 1,7 млн т, при 50% – 22 млн т, а с вероятностью 10% – величина запасов прогнозируется 47 млн т.

Изученность наиболее перспективной территории развития клиноформ ачимовской толщи поисково-разведочным бурением оценивается в 65%, соответственно 35% процентов территории имеет потенциал для наращивания ресурсной базы ХМАО-Югры.

Из 132 объектов разработки, выделенных из пластов ачимовской толщи на месторождениях ХМАО-Югры, 65 разрабатывается, на 47 применяется заводнение и еще

на 4 заводнение прекращено, по остальным объектам освоение ведется в условиях естественного режима. На 20 объектах отмечается эпизодическая добыча нефти из поисковых и разведочных скважин. Недоразведанными на ачимовском НГК остаются 92 из 132 объекта.

Всего из объектов ачимовской толщи с начала разработки добыто 240 млн т, из которых 17,9 млн т – в 2015 году. Более 90% годовой и накопленной добычи и обеспечено за счет 17 объектов разработки по месторождениям, среди которых выделяются такие крупные, как Малобалыкское, Конитлорское, Тагринское.

Низкий уровень нефтеотдачи характеризует запасы ачимовского НГК как трудноизвлекаемые, т.е. разработка ачимовских объектов осложнена различными факторами, главным образом геолого-физическими. Согласно «Классификации трудноизвлекаемых запасов» (Э.М. Халимов, Н.Н. Лисовский, 2005 г.) можно выделить 7 признаков, каждому из которых удовлетворяет как минимум 1 объект ачимовского НГК.

Перечисленные геолого-физические факторы обуславливают технологические особенности разработки. Так, например, традиционное заводнение зачастую неэффективно в условиях низкой проницаемости, недонасыщенности коллекторов и прерывистого строения. Наличие контактных зон препятствует широкому применению гидроразрыва пласта как наиболее эффективного метода интенсификации отборов. Высокая расчлененность разреза, особенно при разработке многопластового объекта, требует при строительстве скважин сложного профиля и проведения зонного либо селективного ГРП. Принципиальными решениями, определяющими эффективность разработки ачимовских объектов, являются плотность сетки скважин, адаптивность системы разработки, тип скважин, методы интенсификации и повышения нефтеотдачи [2–5, 8–13].

Низкие коллекторские свойства пластов ачимовской толщи обусловили предпочтительное применение на них механических методов воздействия – горизонтальное бурение, бурение боковых стволов, гидроразрыв пласта.

**Таблица 2**

Соответствие объектов ачимовского НГК критериям отнесения запасов к трудноизвлекаемым

| Критерий, осложняющий разработку | Содержание | Число объектов | Средний КИН, д. ед. | Средний $K_{выт}$, д. ед. | Средний $K_{охв}$, д. ед. |
|---|---|---|---|---|---|
| Аномальность свойств | Газовый фактор более 200 нм$^3$/т | 11 | 0,265 | 0,421 | 0,629 |
| Низкопроницаемый коллектор | Проницаемость менее 0,03 мкм$^2$ | 126 | 0,255 | 0,448 | 0,57 |
| Прерывистый пласт | Песчанистость менее 0,6 | 108 | 0,258 | 0,449 | 0,574 |
| Сильнорасчлененный пласт | Расчлененность более 3 | 110 | 0,257 | 0,449 | 0,573 |
| Малая нефтенасыщенная толщина | Менее 2 м | 8 | 0,202 | 0,439 | 0,461 |
| Низкая нефтенасыщенность | Менее 55% | 87 | 0,262 | 0,452 | 0,579 |
| Контакт «нефть – вода» | Нефтенасыщенная толщина – менее 3 м | 28 | 0,242 | 0,395 | 0,612 |

Общее количество соответствий геолого-физических факторов, признаку трудноизвлекаемости составило 478 случаев, то есть на каждый объект разработки, приуроченный к пластам ачимовской толщи, приходится 3–4 критерия.

Основными факторами, осложняющими разработку ачимовских объектов, являются низкая проницаемость коллекторов, высокая расчлененность, прерывистость, низкая нефтенасыщенность. Кроме того, большая часть объектов являются недоразведанными, многопластовыми.

Опыт бурения горизонтальных скважин отмечен на 25 объектах ачимовского НГК по 21 месторождению. Входной дебит составляет в среднем 36,8 т/сут, что в 1,68 раза превышает аналогичный показатель по наклонно-направленным скважинам. Дренируемые запасы по скважинам с горизонтальным окончанием также выше, чем по скважинам с обычным профилем (в 1,32 раза), и составляют 77 тыс. т/скв [3, 4].

**Таблица 3**

Сопоставление эффективности эксплуатации скважин с горизонтальным окончанием и ННС на ачимовских объектах

| Значение | Входные дебиты по нефти, т/сут | | Входная обводненность, % | | Дренируемые запасы на скважину, тыс. т | | Геолого-геофизические параметры | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ГС | ННС | ГС | ННС | ГС | ННС | вязкость, сПз | Гф, нм$^3$/т | $k$, мД | $S_н$, д. ед. | $K_{пес}$, ч | $K_{расч}$ | $h_{эф.н}$, м |
| Среднее | 36,9 | 21,2 | 34,5 | 37,6 | 76,9 | 66,5 | 1,5 | 84,1 | 15,7 | 0,5 | 0,4 | 10,3 | 8,0 |
| Мин. | 1,2 | 3,5 | 2,7 | 9,0 | 1,0 | 30,6 | 0,4 | 42,0 | 0,8 | 0,4 | 0,1 | 2,8 | 2,4 |
| Макс. | 95,3 | 49,1 | 87,6 | 88,3 | 410,7 | 122,2 | 5,9 | 249,0 | 113,3 | 0,7 | 0,8 | 26,3 | 21,7 |

Сопоставляя основные геолого-физические параметры ачимовских объектов, применительно к эксплуатации скважин с горизонтальным окончанием, следует отметить, что низкая эффективность была получена в условиях с кратно меньшей проницаемостью, более низкими значениями песчанистости и нефтенасыщенности.

Также по результатам проведенного анализа установлена зависимость между средними дренируемыми запасами на горизонтальную скважину и средней проницаемостью эксплуатационного объекта. Согласно этой зависимости, для обеспечения дренируемых запасов в объеме 65 тыс. т на горизонтальную скважину необходима проницаемость на уровне 10–12 мД. На пластах с проницаемостью менее 10 мД горизонтальное бурение оценивается как малоэффективное, в том числе по причине недонасыщенности пластов, с которой на ачимовских объектах часто сочетается низкая проницаемость.

Следует также отметить, что входная обводненность скважин напрямую обусловлена величиной начальной нефтенасыщенности. При нефтенасыщености пласта 0,4 д. ед. обводненность продукции превышает 90% и не представляет промышленной значимости.

В свою очередь, высокая расчлененность (порядка 10) и невысокие значения нефтенасыщенной толщины (5–10 м), которые обычно служат геолого-физическими критериями применимости горизонтального бурения при проектировании разработки и обосновании программы ГТМ, не оказали влияния на результаты по ачимовским объектам.

Препятствием к широкому применению ГРП на объектах ачимовского НГК служит наличие контактных запасов (водонефтяных зон), а также недонасыщенность нефтесодержащих пропластков, что может привести к интенсификации в первую очередь притока воды, а не нефти. Средние показатели применения ГРП на объектах приведены в табл. 4.

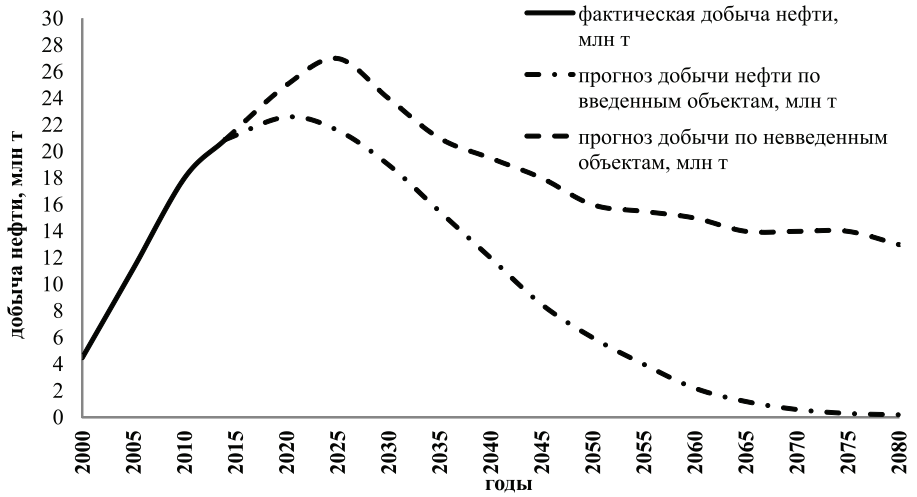
В отличие от бурения скважин сложного профиля ГРП во всех рассмотренных случаях показали эффективность. Отмечается высокая кратность увеличения дебита нефти 7,5 ед.

Обобщение результатов ГРП позволяет сделать следующие оценки так, например, при исходном дебите по нефти 1 т/сут, за счет проведения ГРП возможно его увеличение до 13 т/сут, для обеспечения такого прироста потребуется около 80 т проппанта на 1 операцию. Если дебит до ГРП составляет 5 т/сут, операция гидроразрыва увеличит его до 18–20 т/сут (в 3,7–4 раза), при этом потребуется масса проппанта порядка 30 т.

**Таблица 4**

Показатели эффективности ГРП на объектах ачимовской толщи

| Значение | Средний дебит по нефти, т/сут | | Средняя обводненность, % | | Прочие показатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | до | после | до | после | масса проппанта, т | кратность увеличения дебита нефти | дополнительная добыча, тыс.т/операцию |
| Среднее | 6,3 | 16,7 | 24,4 | 56,3 | 62,4 | 7,5 | 4,0 |
| Минимальное | 0,8 | 1,1 | 3,2 | 13,6 | 16,0 | 1,8 | 1,6 |
| Максимальное | 27,5 | 48,7 | 51,6 | 95,9 | 177,7 | 20,0 | 9,5 |




*Оценка уровней добычи нефти по объектам ачимовской толщи*

Таким образом, величины КИН по большинству ачимовских объектов составляют от 0,2 до 0,3 д. ед., что в 1,5–2 раза ниже средних показателей по месторождениям ХМАО. Опыт применения современных методов воздействия на ачимовских объектах показал чрезвычайную чувствительность показателей эффективности к коллекторским свойствам и нефтенасыщенности. Уровень нефтеотдачи большинства объектов ачимовского НГК и эффективность современных технологий воздействия на пласт обуславливают необходимость применения инновационных технологий увеличения нефтеотдачи, в т.ч. альтернативных традиционному заводнению.

На основе анализа текущих тенденций по разрабатываемым объектам ачимовской толщи [15], объемах бурения, проведения ГРП, ГС, МУН и их эффективности, выполнен прогноз добычи нефти по введенным и невведенным в разработку объектам. Прогноз осуществлен с использованием алгоритмов, описанных в работе [5].

Результаты проведенной оценки свидетельствуют о том, что применение современных традиционных технологий может обеспечить добычу нефти из ачимовской толщи в обозримом будущем на уровне 18–27 млн т. Исходя из текущих темпов падения добычи по ХМАО-Югре порядка 2,5–3% в год, следует, что дальнейшая разработка объектов ачимовской толщи с применением современных технологий воздействия не позволит решить проблему снижения темпов падения добычи нефти в регионе.

## Список литературы

1. Гурари Ф.Г. Строение и условия образования клиноформ неокомских отложений Западно-Сибирской плиты. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. – С. 3–23.

2. Зотова О.П., Севастьянов А.А. Перспективы разработки трудноизвлекаемых запасов нефти // Нефть и газ Западной Сибири: сборник материалов Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича. ТюмГНГУ; отв. ред. П.В. Евтин. Тюмень. – 2015. – С. 69–71.

3. Медведский Р.И., Даниэлян Ю.С., Севастьянов А.А. Способ определения потенциальных и рентабельных извлекаемых запасов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1999. – № 5. – С. 24–29.

4. Медведский Р.И., Севастьянов А.А. Оценка извлекаемых запасов нефти и прогноз уровней добычи по промысловым данным. – СПб.: Недра, 2004. – 192 с.

5. Медведский Р.И., Севастьянов А.А., Коровин К.В. Прогнозирование выработки запасов из пластов с двойной средой // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа. – 2004. – № 13. – С. 54.

6. Нежданов А.А., Пономарев В.А., Туренков Н.А., Горбунов С.А. Геология и нефтегазоносность Ачимовской толщи Западной Сибири. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. – 247 с.

7. Нестеров И.И., Шпильман В.И. и др. Перспективы нефтегазоносности неокомских отложений Тюменской области // Геология нефти и газа. – 1985. – № 4. – С. 8–13.

8. Севастьянов А.А., Карнаухов К.Н., К.В. Коровин Обоснование технологических решений для повышения эффективности выработки запасов нефти. Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: сб. материалов II Международной научно-технической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – С. 178–182.

9. Севастьянов А.А., Коровин К.В. Оценка коэффициентов охвата по промысловым и геологическим данным // V конференция молодых специалистов организаций, осуществляющих виды деятельности, связанной с пользованием участками недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры: сборник тезисов докладов. – Уфа: монография, 2005. – С. 184–186.

10. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П. Особенности геологического строения ачимовских отложений на территории ХМАО-Югры // Академический журнал Западной Сибири. – 2016. – Т. 11. – № 1. – С. 6–9.

11. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Зотова О.П. Оценка кондиционности запасов ачимовских отложений на территории ХМАО-Югры // Академический журнал Западной Сибири. – 2016. – Т. 11. – № 1. – С. 36–39.

12. Севастьянов А.А., Коровин К.В., Карнаухов А.Н. Выявление особенностей механизма выработки запасов нефти по месторождениям Ханты-Мансийского автономного округа // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2007. – № 3. – С. 32–38.

13. Толстолыткин И.П., Мухарлямова Н.В., Севастьянов А.А., Сутормин С.Е. // Проблемы эффективного использования запасов нефти на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа. Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 41–45.

14. Трушкова Л.Я. К стратиграфии отложений неокома Обь-Иртышского междуречья // Геология нефтегазоносных районов Западно-Сибирской низменности. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1966. – С. 52–64.

15. Шпильман А.В., Коровин К.В., Савранская М.П. Перспективы освоения ТРИЗ В ХМАО-ЮГРЕ // НЕФТЬГАЗТЭК: материалы 6 Тюменского международного инновационного форума. Правительство Тюменской области Комитет по инновациям Тюменской области. Тюмень. – 2015. – С. 461–464.

УДК 556

# АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ДЕБЕД И ЕЁ ПРИТОКОВ С ПОМОЩЬЮ АРМЯНСКОГО ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ВОДЫ

**Симонян А.Г.**

*Ереванский государственный университет, Ереван, e-mail: Sim-simov@mail.ru*

Впервые с помощью Армянского индекса качества воды оценено качество воды р. Дебед и её притоков – Памбак, Дзорагет, Марцигет, Ташир и Ахтала. Показано, что от источника до устья рек наблюдается увеличение величины Армянского индекса, что свидетельствует о снижении качества воды рек. Причиной загрязнения является высокое содержание металлов. После городов Степанаван, Ванадзор и Алаверди Армянский индекс качества воды увеличивается, что свидетельствует о снижении качества воды рек, обусловленном загрязнением воды бытовыми сточными водами городов. Качество вод р. Дебед, Памбак, Дзорагет, Ташир, Марцигет и Ахтала комплексно оценено также с помощью других индексов качества воды. Установлена корреляция между Армянским индексом качества воды и другими индексами качества воды.

**Ключевые слова: р. Дебед, индексы качества воды, Армянский индекс качества воды, энтропия, геоэкологическая синтропия**

# ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF DEBED RIVER AND ITS TRIBUTARIES WITH ARMENIAN WATER QUALITY INDEX

**Simonyan A.G.**

*Yerevan State University, Yerevan, e-mail: Sim-simov@mail.ru*

Water quality of Debed River and its tributaries – Pambak, Dzoraget, Martsiget, Tashir and Akhtala were been evaluated by Armenian water quality index for the first time. It was shown that from the source to the mouth of the river there is an increase in the value of the Armenian index that indicates a decline in the water quality of rivers water. The cause of contamination is a high metal content. After Stepanavan, Vanadzor and Alaverdi citis Armenian water quality index increases, which indicates a decline in the water quality of rivers due to water pollution with cities domestic wastewater. Water quality river Debed, Pambak, Dzoraget, Tashir, Akhtala and Martsiget comprehensively evaluated also by using other indexes of water quality.The correlation between the Armenian water quality index and other indexes was established.

**Keywords: Debed River, water quality indexes, Armenian water quality index, entropy, geoecological syntropy**

Оптимальное решение задач, стоящих перед водным хозяйством страны, невозможно без объективной информации о состоянии водных ресурсов, без разработки, внедрения и совершенствования способов, научно обоснованных технологий обработки, анализа и обобщения аналитических данных о составе поверхностных вод, без оценки качества вод. Изучение экологического состояния крупных рек Армении имеет важное значение как для оценки качества воды данных водных объектов, так и для дальнейшего рационального использования вод этих рек.

В Армении для оценки степени загрязненности воды используются комплексные показатели, которые позволяют: количественно оценить загрязненность воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества; подготовить аналитическую информацию для представления государственным органам и заинтересованным организациям в удобной, доступной для понимания, научно обоснованной форме. Так, для комплексной оценки качества поверхностных вод в качестве комплексного показателя качества воды используются Индекс загрязнения воды (ИЗВ), Орегонский индекс качества воды (ОИКВ), Канадский индекс качества воды (КИКВ) и Удельно-комбинаторный индекс качества воды (УКИКВ) [1–3, 6, 12, 13]. ИЗВ представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \cdot \sum \frac{C}{\text{ПДК}}.$$

Для расчета индекса загрязнения вод для всего множества нормируемых компонентов, включая pH, $\text{БПК}_5$ и содержание растворенного кислорода, амонийного и нитритного азота находят отношения $\boldsymbol{C}_i/\text{ПДК}_i$ фактических концентраций к ПДК.

Классификация качества воды, проведенная на основе значений ИЗВ, позволяла разделить поверхностные воды на 7 классов в зависимости: от степени их загрязненности от $\geq 0{,}2$ (первый класс) до $\geq 10$ (седьмой класс) [1].

Для расчета ОИКВ используют следующие показатели: температура воды, pH, $БПК_5$ и содержание растворенного кислорода, растворенные соли, сумма амонийного и нитритного азота. ОИКВ используется для оценки качества поверхностных вод в США более чем 20 лет [13]. На основе значений КИКВ классифицируют поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности, от 100–95 (первый класс) до менее 44 (пятый класс). КИКВ используется для оценки качества поверхностных вод в Канаде более чем 20 лет [12].

Для расчета УКИКВ используют следующие показатели качества воды: растворенный в воде кислород, $БПК_5$, ХПК, фенолы, нефтепродукты, нитрит-ионы $\left(NO_2^-\right)$, нитрат-ионы $\left(NO_3^-\right)$, аммоний-ион $\left(NH_4^+\right)$, железо общее ($Fe^{+2}$ и $Fe^{+3}$), медь, цинк, никель, марганец, хлориды, сульфаты [2, 3, 6].

Для определения УКИКВ сперва определяется коэффициент комплексности загрязненности воды (К), который представляет собой отношение количества загрязняющих веществ (показателей), содержание которых превышает ПДК, к общему числу нормируемых ингредиентов и показателей качества. Определяются также повторяемость случаев превышения ПДК каждого показателя ($\alpha_{ij}$) и среднее значение кратности превышения ПДК по результатам проб, где такое превышение наблюдалось ($_{ij}\beta$). Определяется обобщенный оценочный балл ($S_{ij}$) как произведение частных оценочных баллов по повторяемости и кратности, который может изменяться от 1 до 16. Потом определяется комбинаторный индекс загрязненности воды ($S_i$) как сумма обобщенных баллов ($S_{ij}$). УКИКВ представляет собой отношение комбинаторного индекса загрязненности воды к число учитываемых в оценке ингредиентов. На основе значений УКИКВ классифицируют поверхностные воды на 5 классов [6].

В последние годы для комплексной оценки качества поверхностных вод нами предлагается использовать синергетический информационный индекс, энтропийный индекс качества воды (ЭИКВ) и Армянский индекс качества воды (АИКВ) [4, 5, 8, 9].

**Целью** данной работы является оценка качества воды реки Дебед и ее притоков с помощью Армянского индекса качества воды.

**Дебед** – правый приток реки Храми, являющейся правым притоком Куры. Образуется слиянием рек Памбак и Дзорагет в селе Дсех. Длина с Памбаком 178 км, из них в Армении – 152 км. Площадь бассейна – 4050 км². Течёт по узкому и глубокому ущелью до села Багграташен. По реке проходит участок армяно-грузинской границы протяжённостью около 12 км. Течение быстрое, Дебед – самая полноводная река Армении (за исключением Аракса). Воды используются для орошения и получения электроэнергии. Крупные притоки – Марц, Шног (справа) и Ахтала (слева). На реке Дебед расположены три створа (мониторинговые посты): № 5 – 0,5 км ниже

*Мониторинговые створы бассейна реки Дебед*

от точки слияния реки Марцигет, № 6 – 0,5 км выше г. Айрума и № 7 – около границы с Грузией. Река Памбак берёт начало на северо-восточном склоне Памбакского хребта в самой западной его части, на границе между Лорийской и Ширакской областями. Длина реки – 86 км. В основном воды реки Памбак используются для орошения близлежащих земель, в рекреационных и природоохранных целях. На реке Памбак расположены четыре створа (мониторинговые посты): № 1 – 0,5 км выше с. Арташен, № 2 – 0,5 км ниже г. Спитак, № 3 – 0,5 км выше г. Ванадзор и № 4 – 4,5 км ниже г. Ванадзор.

Река Дзорагет вместе с рекой Памбак образуют реку Дебед. Протекает на севере Армении, по северо-западной части Лорийской области, в том числе через город Степанаван. Длина реки – 67 км. На реке Дзорагет расположены два створа (мониторинговые посты): № 8 – 0,5 км выше г. Степанавана, № 10 – устья реки. Река Ташир – приток Дзорагета. Длина реки – 54 км. На реке Ташир расположены два створа: № 11 – 0,5 км выше с. Михайловка и № 12 – 0,5 км ниже с. Саратовка.

Марцигет – правобережный приток р. Дебет – имеет длину 29 км. Попадает в реку Дебед у поселка Туманян. Створ № 13 расположен у устья реки. Ахтала – левобережный приток – попадает в реку Дебед у поселка Ахтала. На реке Ташир расположен один створ: № 14 у устья реки [7].

## Материалы и методы исследования

В понимании структурной организации и закономерностей развития экологических систем вообще и, в частности, для водных систем большую роль имеет теория информации. В гидроэкологических системах могут идти процессы как с возрастанием, так и с уменьшением энтропии. Понятие энтропии имеет множество трактовок в самых разнообразных областях человеческих знаний. Система взаимодействует с внешним миром как единое целое. Открытые системы могут обмениваться с окружающей средой энергией, веществом и, что не менее важно, информацией. Чтобы система действовала и взаимодействовала со средой, она должна потреблять информацию из среды и сообщать информацию среде. Впервые понятия энтропии и информации связал Шеннон [11]. С его подачи энтропия – это количество информации, приходящейся на одно элементарное сообщение источника, вырабатывающего статистически независимые сообщения. Получение какого-либо количества информации равно потерянной энтропии. Информационная энтропия для независимых случайных событий $x$ с $N$ возможными состояниями рассчитывается по формуле

$$H = -\sum_{i=1}^{N} p_i \log_2 p_i,$$

где $P_i$ – вероятность частоты встречаемости некоторого события.

Загрязненность водных систем можно представить как систему тех гидрохимических показателей (элементов), концентрация которых превышает предельно допустимые концентрации: (ПДК). Тогда в уравнении Шенона $p_i$ – вероятность числа превышения ПДК $i$-го вещества или показателя воды из общей суммы превышения ПДК – $N$, $P_{i=} n_i/N$.

$$H = -\sum n_i/N \log_2 (n_i/N);$$

$$H = \log_2 N - \sum n \log_2 n/N;$$

$$H = \log_2 N - I;$$

$$I = \sum n \log_2 n/N,$$

где $I$ – геоэкологическая синтропия [10]; $H$ – энтропия Шеннон.

Для расчета значений $I$, $H$ ЭИКВ и АИКВ пользуемся следующим вычислительным алгоритмом:

1. Определяется число случаев превышения ПДК $i$-го вещества или показателя воды: $n$.
2. Оценивается общая сумма случаев превышений ПДК ($N$):

$$N = \sum n.$$

3. Вычисляются: $\log_2 N$, $n\log_2 n$ и $\sum n \log_2 n$.
4. Рассчитывается геоэкологическая синтропия ($I$) и энтропия ($H$):

$$I = \sum n \log_2 n/N \quad \text{и } H = \log_2 N - I.$$

5. После чего определяется ЭИКВ: $G = H/I$.
6. Далее оценивается общая сумма кратности превышений ПДК(М): $M = \sum m$.
7. Вычисляется: $\log_2 M$.
8. После чего определяется Армянский индекс качества воды – АИКВ = $G + 0{,}1 \cdot \log_2 M$.

## Результаты исследования и их обсуждение

Показано, что воды р. Дебед и ее притоков являются слабощелочными. Исследования показали, что воды р. Дебед загрязнены некоторыми металлами. Так, в речной воде регулярно превышается ПДК меди, цинка, ванадия, аллюминия, хрома, железа, марганца и селена. ПДК этих металлов превышена в среднем в 1,2–5,8 раз.

Например, в створе 4 р. Памбак БПК$_5$ концентрации нитритного и амонийного азота, Cu, V, Al, Mn, Cr и Se превысили ПДК соответственно в 8, 10, 12, 12, 12, 12, 12, 6 и 2 случаях. В данном случае сумма случаев превышений ПДК – $N = 86$; $\sum n \log_2 n = 289{,}71$; $I = 289{,}71/86 = 3{,}368$; $H = \log_2 N - I = \log_2 86 - I = 6{,}422 - 3{,}368 = 3{,}054$; $G = H/I = 3{,}054/3{,}368 = 0{,}907$. Общая сумма кратности превышений ПДК – $M = \sum m = 38{,}8$; $\log_2 M = 5{,}28$, А = 0,907 + 0,528 = 1,435 (табл. 1).

**Таблица 1**

Энтропийный и Армянский индексы качества воды
рек Дебед, Памбак, Дзорагет, Ташир, Марцигет и Ахтала

| Створы | 2009 | | 2010 | | 2011 | | 2012 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ЭИКВ | АИКВ | ЭИКВ | АИКВ | ЭИКВ | АИКВ | ЭИКВ | АИКВ |
| 1 | 0,773 | 1,321 | 0 | 0,138 | 0,54 | 0,882 | 0,87 | 1,388 |
| 2 | 0,741 | 1,093 | 0,306 | 0,549 | 0,48 | 0,792 | 0,88 | 1,36 |
| 3 | 0,766 | 1,309 | 0,436 | 0,753 | 0,47 | 0,876 | 0,93 | 1,42 |
| 4 | 0,907 | 1,435 | 0,80 | 1,270 | 0,76 | 1,245 | 0,92 | 1,49 |
| 5 | 0,575 | 0,981 | 0,736 | 1,150 | 0,69 | 1,102 | 1,02 | 1,52 |
| 6 | 0,576 | 1,027 | 1,046 | 1,645 | 0,75 | 1,262 | 0,94 | 1,516 |
| 7 | 0,907 | 1,505 | 1,06 | 1,657 | 0,95 | 1,498 | 0,97 | 1,52 |
| 8 | 0,314 | 0,649 | 0,288 | 0,634 | 0,29 | 0,63 | 1,05 | 1,646 |
| 10 | 0,476 | 0,837 | 0,611 | 1,01 | 0,47 | 0,83 | 0,79 | 1,217 |
| 11 | 0,613 | 1,151 | 0,9 | 1,44 | 0,7 | 1,126 | 0,93 | 1,535 |
| 12 | 0,914 | 1,413 | 0,886 | 1,382 | 0,74 | 1,162 | 1,12 | 1,534 |
| 13 | 0,455 | 0,722 | 0,6 | 0,953 | 0,55 | 0,956 | 0,58 | 1,057 |
| 14 | 0,722 | 1,603 | 0,957 | 1,792 | 0,93 | 1,833 | 1,09 | 2,08 |

Полученные данные свидетельствуют о том, что от источника до устья рек наблюдается снижение качества воды. После городов Степанаван, Ванадзор и Алаверди Армянский индекс качества воды увеличивается, что свидетельствует о снижении качества воды рек, обусловленном загрязнением воды бытовыми сточными водами городов. Поскольку нет очистных сооружений в бассейне реки, сточные воды городов Алаверди и некоторых сел без очистки впадают в реки.

Загрязнением воды рек бытовыми сточными водами обусловлены высокие значения $БПК_5$ и ХПК речной воды и загрязнение ионами нитрита и аммония.

Качество вод р. Дебед, Памбак, Дзорагет, Ташир, Марцигет и Ахтала комплексно оценено также с помощью других индексов качества воды: ИЗВ, ЭИКВ, КИКВ и УКИКВ (табл. 2).

**Таблица 2**

Индексы качества воды рек Дебед, Памбак, Дзорагет, Марцигет, Ташир и Ахтала

| Створ | ЭИКВ | АИКВ | ИЗВ | КИКВ | УКИКВ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,773 | 1,321 | 1,75 | 62,23 | 1,78 |
| 2 | 0,741 | 1,093 | 1,33 | 75,98 | 2,03 |
| 3 | 0,766 | 1,309 | 2,69 | 62,12 | 2,02 |
| 4 | 0,907 | 1,435 | 3,11 | 61,63 | 2,83 |
| 5 | 0,575 | 0,981 | 1,88 | 73,37 | 2,07 |
| 6 | 0,576 | 1,027 | 2,95 | 68,51 | 2,33 |
| 7 | 0,907 | 1,505 | 5,30 | 56,53 | 2,47 |
| 8 | 0,314 | 0,649 | 1,25 | 80,78 | 1,8 |
| 10 | 0,476 | 0,837 | 1,52 | 80,86 | 1,42 |
| 11 | 0,613 | 1,151 | 1,49 | 64,17 | 1,99 |
| 12 | 0,914 | 1,413 | 1,78 | 64,97 | 2,53 |
| 13 | 0,455 | 0,722 | 1,23 | 78,2 | 1,35 |
| 14 | 0,722 | 1,603 | 30,94 | 41,36 | 3,59 |

$$АИКВ = (0{,}809 \pm 0{,}138) + (0{,}147 \pm 0{,}056)\ ИЗВ\ R = 0{,}93854,\ N = 12;$$

$$АИКВ = (2{,}762 \pm 0{,}220) - (0{,}024 \pm 0{,}003)\ КИКВ\ R = 0{,}91115,\ N = 13;$$

$$АИКВ = (0{,}343 \pm 0{,}206) + (0{,}377 \pm 0{,}092)\ УКИКВ\ R = 0{,}77709,\ N = 13;$$

$$АИКВ = (0{,}180 \pm 0{,}144) + (1{,}454 \pm 0{,}207)\ ЭИКВ\ R = 0{,}90410,\ N = 13.$$

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что АИКВ имеет прямолинейную зависимость с ИЗВ, УКИКВ и ЭИКВ и обратную зависимость с КИКВ.

## Заключение

1. От источника до устья рек наблюдается снижение качества воды. Причиной загрязнения является высокое содержание металлов.

2. После городов Степанаван, Ванадзор и Алаверди Армянский индекс качества воды увеличивается, что свидетельствует о снижении качества воды рек, обусловленном загрязнением воды бытовыми сточными водами городов.

3. Впервые с помощью АИКВ оценено качество вод р. Дебед и его притоков. Установлена корреляция между АИКВ с другими индексами качества воды.

## Список литературы

1. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям, введены в действие указанием Госкомгидромета № 250-1163 от 22.09.86.

2. Маргарян Л.А., Минасян С.Г., Пирумян Г.П. Сравнение канадского и удельно-комбинаторного индексов качества воды при оценке загрязненности р. Раздан // Вода и экология: проблемы и решения. – 2008. – № 3. – С. 57–64.

3. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества воды. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. – 577 с.

4. Пирумян Г.П., Симонян А.Г. Энтропийный подход к оценке экологического состояния реки Вохчи // Научный вестник. – 2015. – № 4(6). – С. 89–94.

5. Пирумян Г.П., Симонян А.Г. Анализ экологического состояния реки Агстев с помощью энтропийного индекса // Научный вестник. – 2016. – № 1(7). – С. 191–195.

6. РД 52.24.643-2002. «Руководящий документ. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям».

7. Саркисян В.О. Воды Армении. – Ереван: ЕГУАС, 2008. – 208 с.

8. Симонян А.Г., Пирумян Г.П. Анализ экологического состояния реки Памбак с помощью синергического информационного индекса // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 6. – С. 32–34.

9. Симонян А.Г., Пирумян Г.П. Энтропийный подход к оценке экологического состояния реки // Геология морей и океанов: материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – М.: ГЕОС, 2015. – Т. 4. – С. 196–199.

10. Симонян Г.С. Оценка состояния гидроэкологических систем в свете синергической теории информации // Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Махачкала: АЛЕФ, 2013. – С. 275–280.

11. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ, 1963. – 830 с.

12. CCME Water Quality Index. Technical Report, Excerpt from Publication Ni 1299, SBN 1-896997-34-1, Winnipeg, 2001.

13. Cude C.G. Oregon Water Quality Index: A tool for Evaluating Water Quality Management Effectiveness // J. of the American Water Resources Association. – 2011. – Vol. 37, № 1. – P. 125–137.

УДК 622:004.9

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ И СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ ПО ДЛИНЕ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ НИТРОНИТА Э-70

**Синицын В.А., Меньшиков П.В., Шеменев В.Г.**

*ФГБУН «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург, e-mail: menshikovpv@mail.ru*

Установлено, что численное моделирование любого процесса основывается на математическом описании с учетом общих физических закономерностей и экспериментальных значений параметров, определяющих его начальные и граничные условия. При этом процессы детонации заряда и разрушения среды описываются определенными модельными приближениями. Такие допущения являются неизбежными ввиду сложности учета всего комплекса факторов, влияющих на поведение среды при взрывных нагрузках. Построена математическая модель определения плотности и степени аэрации по длине скважинного заряда эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) на примере нитронита Э-70. На основании разработанной математической модели построены номограммы для определения плотности и массы скважинного заряда ЭВВ по глубине скважины и различной исходной плотности. На основании построенной математической модели разработана методика определения плотности и массы заряда для любых ЭВВ при различной глубине скважин.

**Ключевые слова: скважинный заряд, эмульсионные взрывчатые вещества, гидростатическое давление, глубина скважины, плотность, математическая модель, горная порода, степень аэрации, масса заряда**

# MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINATION OF DENSITY AND AERATION LENGTH HOLE CHARGES OF EMULSION EXPLOSIVES THE EXAMPLE NITRONIT E-70

**Sinitsyn V.A., Menshikov P.V., Shemenev V.G.**

*Institute of Mining Engineering of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, e-mail: menshikovpv@mail.ru*

It is found that the numerical simulations of any process is based on the mathematical description with the general physical laws and experimental values of the parameters that define its initial and boundary conditions. In this process the charge detonation and destruction of the environment are described certain model approximations. Such assumptions are inevitable given the complexity of the whole set of factors that influence the behavior of the environment with the explosive load. A mathematical model for determining the density and degree of aeration holes along the length of the -emulsion explosives charge the example of Nitronit E-70. On the basis of developed-term mathematical model constructed a nomograms for determining the density and mass of the explosive charge at a downhole depth of the hole and the different initial density. On the basis of the constructed mathematical model developed methods of measuring density and mass of the charge for any of emulsion explosives at different depths of the holes.

**Keywords: downhole charge, emulsion explosives, the hydrostatic pressure, hole depth, density, mathematical model, rock, the degree of aeration, mass of the charge**

В настоящее время широкое применение находят эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ), имеющие ряд существенных преимуществ перед другими типами промышленных ВВ. В составе ЭВВ отсутствуют взрывчатые компоненты, они водоустойчивы, дешевы, отличаются низкой чувствительностью к механическим воздействиям и позволяют осуществлять их механизированное изготовление и заряжание. Один из способов сенсибилизации смеси состоит во введении в нее раствора газогенерирующей добавки, содержание и концентрация которой регулируют конечную плотность ЭВВ. Однако газовые пузырьки, распределенные в эмульсии и выполняющие функцию «горячих точек», сжимаются под действием гидростатического давления колонки заряда, приводя к увеличению плотности ЭВВ по мере возрастания глубины скважины.

Вследствие ухудшения условий открытой разработки полезных ископаемых – увеличение крепости и обводненности пород с глубиной в карьерах, обеспечение необходимого качества дробления горных пород без существенного увеличения затрат возможно только за счет интенсификации буровзрывных работ (БВР), одним из основных направлений которой является оптимизация параметров скважинной отбойки. Имеющиеся на сегодняшний день расчетные методики для их определения обладают рядом недостатков и требуют

усовершенствования в части более полного учета особенностей взрывного процесса в среде. Следовательно, совершенствование методов определения параметров БВР является актуальной научной задачей и имеет большое практическое значение [7].

Рассмотрим пузырек газа в нитроните Э-70. Давление в пузырьке (рис. 1):

$$P_{п} = \frac{2\delta}{r} + P, \qquad (1)$$

где δ – коэффициент поверхностного натяжения; $r$ – радиус пузырька; $P$ – давление в окружающем пузырьке нитронита Э-70.

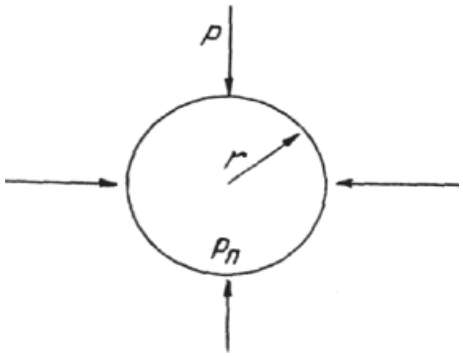



*Рис. 1. Давление в пузырьке*

Рассмотрим скважинный заряд нитронита Э-70 (рис. 2). Введем обозначения: $L_з$ – длина заряда нитронита Э-70; Po – давление на верхний торец заряда; $\rho_с$ – плотность эмульсии (не аэрированной); $\rho_о$ – плотность ВВ при заряжании; $P(x)$ – давление в заряде в сечении (на глубине x относительно верхнего торца заряда); $\rho(x)$ – плотность в заряде в сечении $x$.

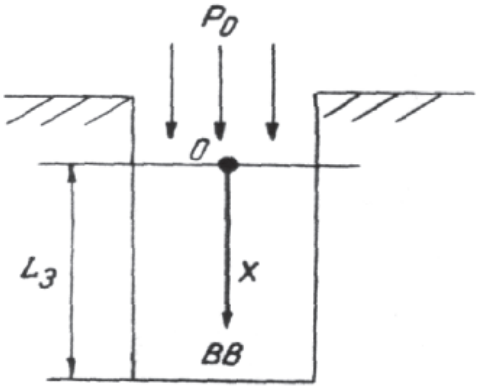



*Рис. 2. Скважинный заряд нитронита Э-70*

Эмульсия состоит из двух несмешивающихся жидкостей. Поэтому максимальную плотность можно рассчитать через удельные объемы, занимаемые каждой жидкостью в эмульсии [1, 2, 5].

Пусть $V_с = 1/\rho_с$ – удельный объем эмульсии; $V_г(x)$ – удельный объем газа в сечении $x$. Тогда

$$\rho(x) = (V_с + V_г(x))^{-1}, \qquad (2)$$

где $V_с$ = const.

Количество пузырьков $N$ в любом сечении x постоянно ввиду большой вязкости нитронита Э-70 (нет распределения по $x$ вследствие диффузного движения пузырька). Тогда

$$V_г(x) = \frac{4}{3}\pi V_x^3 N; \qquad (3)$$

$$V_{r0} = V_r(x=0) = \frac{4}{3}\pi r_0^3 N, \qquad (4)$$

где $V_{r0}$ – удельный объем газовой фазы при заряжании; $r_0$ – начальный радиус пузырька при заряжании. Тогда из (3) и (4)

$$V_r(x) = V_{r0}\left(\frac{r_x}{r_с}\right)^3, \qquad (5)$$

где $r_x$ – радиус пузырька в сечении $x$.

Подставляем (5) в (2):

$$\rho(x) = \left(V_c + V_{r0}\left(\frac{r_x}{r_с}\right)^3\right)^{-1}$$

или

$$\rho(x) = \left(1 + \frac{V_{r0}}{V_c}\left(\frac{r_x}{r_с}\right)^3\right)^{-1}. \qquad (6)$$

Здесь $\frac{V_{r0}}{V_c} = Z_0$, $Z_0$ – степень аэрации нитронита при заряжании. В других обозначениях $Z_0 = \frac{\rho_с - \rho_0}{\rho_0}$. Учитывая, что $1/V_с = \rho_с$, выражение (6) можно представить:

$$\rho(x) = \rho_с \Big/ \left(1 + Z_0\left(\frac{r_x}{r_с}\right)^3\right). \qquad (7)$$

Рассмотрим теперь элемент объема заряда на глубине $x$ толщины $\Delta x$ (рис. 3).

Из условия равновесия данного элемента следует:

$$S(P(x+\Delta x) - P(x)) = \rho(x) S g \Delta x_0, \qquad (8)$$

где $S$ – площадь сечения заряда. Здесь учтено, что при достаточно малом $\Delta x$ можно

считать плотность в данном элементе постоянной и равной $\rho(x)$. Тогда (8) имеет вид $\frac{P(x+\Delta x)-P(x)}{\Delta x}=g\rho(x)$. При $\Delta x \to 0$ получаем $\frac{dP(x)}{d(x)}=g\rho(x)$. Подставляя (7), имеем

$$\frac{dP(x)}{d(x)}=g\rho_0\Big/\left(1+Z_0\left(\frac{r_x}{r_c}\right)^3\right). \qquad (9)$$

Пусть теперь сжатие пузырьков происходит адиабатически (распределение $\rho(x)$ устанавливается в заряде до наступления существенного остывания нитронита). Тогда

$$P_{\text{п}.0}V_{\text{п}.0}^{\gamma}=P_{\text{п}.x}V_{\text{п}.x}^{\gamma}, \qquad (10)$$

где $P_{\text{п}.0}$ – давление в пузырьке при заряжании; $P_{\text{п}.x}$ – давление в пузырьке, расположенном в сечении $x$; $V_{\text{п}.0}$ – объем газа пузырька при заряжании; $V_{\text{п}.x}$ – объем газа пузырька, находящегося в сечении $x$; $\gamma = 1{,}25$ – показатель адиабаты.

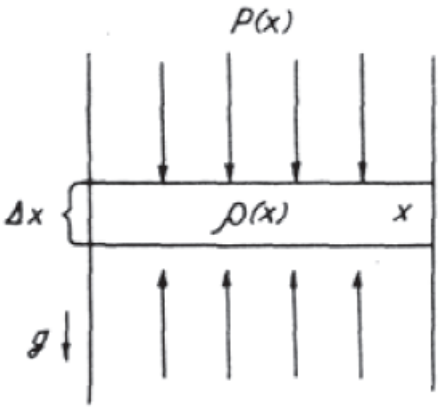



*Рис. 3. Элемент объема заряда*

С учетом (1) формулу (10) можно записать в виде

$$\left(2\delta/r_0+P_{\text{ат}}\right)\left(\frac{4}{3}\pi r_0^3\right)^{\gamma}=\left(2\delta/r_x+P_x(x)\right)\left(\frac{4}{3}\pi_x^3\right)^3$$

или

$$2\sigma+P_{\text{ат}}r_0=\left[2\sigma\left(\frac{r_0}{r_x}\right)+P(x)r_0\right]\left(\frac{r_x}{r_0}\right)^{3\gamma}, \qquad (11)$$

где $P_{\text{ат}}$ – атмосферное давление.

Уравнения (9) и (11) полностью описывают поставленную задачу, если их дополнить начальными условиями: при $x = 0$

$$P_x=P_0; \quad r_x=r_0. \qquad (12)$$

Введем обозначение $\alpha = r_x/r_0$. Тогда получается система уравнений (9), (11), (12)

$$\begin{cases} \dfrac{dP(x)}{d(x)}=\dfrac{g\rho_0}{1+Z_0\alpha^3}; \\ 2\sigma+P_{\text{ат}}r_0=\left[2\sigma/\alpha+P(x)r_0\right]\left(\dfrac{r_x}{r_0}\right)\alpha^{3\gamma}; \\ P(x)=P_0 \quad \text{и} \quad \alpha=1 \quad \text{при } x=0. \end{cases} \qquad (13)$$

Из (13) при заданных $g$, $\rho_c$, $\rho_0$, $r_0$, $P_0$, $P_{\text{ат}}$, $\delta$ можно получить $P(x)$, $\alpha(x)$ в любом сечении x, после чего по (7) определяется и $\rho(x)$. Если пренебречь поверхностным натяжением ($\delta = 0$), то (13) принимает вид

$$\frac{dP(x)}{d(x)}=\frac{g\rho_0}{1+Z_0\left(P_0/P(x)\right)^{1/\gamma}}.$$

В этом случае $\alpha^3(x) = P(x)^{1/\gamma}$.

Из общего вида системы (13) видно, что она не имеет аналитического решения, следовательно, требует численного решения. Опишем его алгоритм.

Дифференциальное уравнение (13) совместно с начальными условиями является задачей Коши, которую решаем наиболее простым методом – разностным методом Эйлера (рис. 4) по причине достаточной гладкости и монотонности функций $P(x)$ и $\rho(x)$.

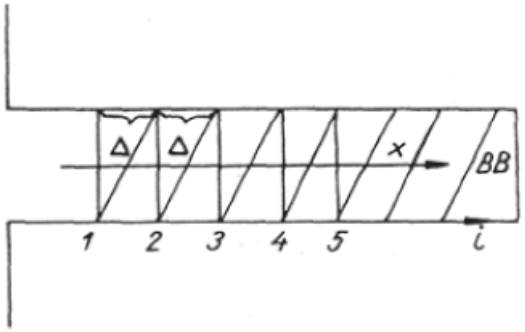



*Рис. 4. Разностный метод Эйлера*

Алгоритм решения:

$$\begin{cases} P_{i+1}=P_i+g\rho_c\Delta/(1+\alpha_i^3); \\ P_1=P_0. \end{cases} \qquad (14)$$

Второе уравнение системы (13) является трансцендентным. Его решаем итерационным методом – методом бисекции:

$$2\sigma+P_{\text{ат}}r_0=\left[2\delta/\alpha_i+P_ir_0\right]\alpha_i^{3\gamma}. \qquad (15)$$

После этого на каждом шаге по x определяем плотность:

$$\rho_i = \frac{\rho_0}{1 + Z_0 \alpha_i^3}. \qquad (16)$$

Уравнения (14)–(16) решаются совместно. Для этого данный алгоритм реализован в виде программы PUZ на ЭВМ.

Входными данными являются: $\rho_c$, $\rho_0$, $r_0$, $P_0$, $P_{ат}$, δ. Выходными $x$, $P(x)$, $\rho(x)$, $\alpha(x)$, $(x)$, δ, где $\delta(x) = (\rho(x) - \rho_0/\rho_0$.

Здесь $P_0$ берется в общем виде и имеет вид

$$P_0 = P_{ат} + \rho_{заб} g L_{заб},$$

где $\rho_{заб}$ – плотность забойки (например, воды); $L_{заб}$ – длина забойки.

Если $L_{заб} = 0$, то забойка отсутствует.

Оценочные результаты приведены в таблице.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. При $r_0 = 0{,}1 – 0{,}01$ мм $P(x)$ и $\rho(x)$ практически не зависят от σ (при $\sigma < \sigma_{маз}$).

2. При $r_0 = 0{,}01$ мм $P(x)$ и $\rho(x)$ зависят от $r_0$ и σ.

3. Наличие забойки существенно сказывается на $P(x)$ и $\rho(x)$.

4. На глубине больше 10 м $\rho(x) > 1{,}3$ г/см³.

Для расчета зависимости плотности нитронита Э-70 по глубине скважины использованы исходные следующие данные.

Высота водяной забойки равна 7 м. Это значение является максимальным для скважины глубиной до 35 м [2]. В случае, если высота забойки будет меньше, уменьшится гидростатическое давление на эмульсионное ВВ в нижней части скважины, что повысит его детонационную способность. Максимальная предельная плотность нитронита по ТУ 7276-003-58995878-2004 принята равной 1,25 г/см³ [3, 4, 6].

Плотность нитронита Э-70 на различной глубине скважины рассчитывается следующим образом. На слой эмульсионного ВВ, находящегося в скважине на глубине $H$, действуют следующие силы: $P_А$ – атмосферное давление; $P_В$ – гидростатическое давление столба воды высотой $\Delta h_в$; $P_1$ – гидростатическое давление столба эмульсионного ВВ высотой $\Delta h_1$) [3, 4, 8].

Атмосферное давление $P_А$ принимаем равным 980 Па. Гидростатическое давление столба воды высотой $\Delta h_в = 7$ м; $P_в \sim 686$ Па.

Гидростатическое давление столба ЭВВ высотой Δh можно выразить как $\Delta P = \rho_{ЭВВ} \cdot \Delta h$ (кг/см²), т.е. значение $\Delta P$ будет зависеть от высоты слоя $\Delta h$ и плотности эмульсионного ВВ, которая непрерывно изменяется по высоте этого слоя.

Оценочные результаты

| σ, н/м | $\rho_0$, атм | $r$, мм | $x$, м | $P(x)$, атм | ρ, г/см³ | δ($x$), % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0,0355 (мазут) | 1 (без забойки) | 0,05 | 8 | 1,992 | 1,290 | 3,221 |
| | | | 12 | 2,500 | 1,300 | 3,984 |
| | | | 18 | 3,267 | 1,309 | 4,729 |
| | 1 (без забойки) | 0,10 | 8 | 1,992 | 1,290 | 3,221 |
| | | | 12 | 2,500 | 1,300 | 3,984 |
| | | | 18 | 3,267 | 1,309 | 4,729 |
| | 1,668 (6 м воды) | 0,05 | 8 | 2,696 | 1,303 | 4,207 |
| | | | 12 | 3,208 | 1,309 | 4,682 |
| | | | 18 | 3,979 | 1,315 | 5,192 |
| | 1,668 (6 м воды) | 0,001 | 8 | 2,688 | 1,292 | 3,394 |
| | | | 12 | 3,196 | 1,298 | 3,860 |
| | | | 18 | 3,961 | 1,305 | 4,402 |
| 0 | 1 | 0,05 | 8 | 1,993 | 1,291 | 3,242 |
| | | | 12 | 2,500 | 1,300 | 4,003 |
| | | | 18 | 3,268 | 1,309 | 4,750 |
| | 1,668 | 0,5 | 8 | 2,696 | 1,303 | 4,229 |
| | | | 12 | 3,208 | 1,309 | 4,703 |
| | | | 18 | 3,979 | 1,315 | 5,212 |

Примечание. $\rho_c = 1{,}35$ г/см³, $\rho_0 = 1{,}25$ г/см³.

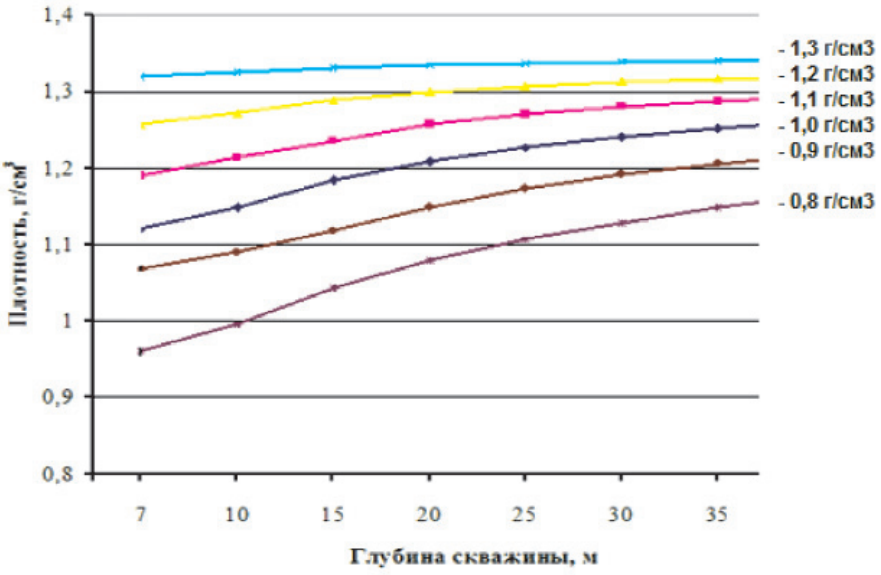



*Рис. 5. Изменение плотности нитронита Э-70 в колонке заряда по глубине скважины при различной исходной плотности*

Для того чтобы рассчитать плотность на определенной глубине скважины, зададимся каким-либо фиксированным значением $P_1$. Тогда давление, под которым будет находиться слой эмульсионного ВВ на глубине Н, $P_{H1} = P_A + P_B + P_1$; $P_{H1} \approx 1666$ Па.

Увеличивая последовательно высоту заряда на слой, равный 5 м, рассчитывая аналогичным образом плотность ЭВВ на нижней границе этого слоя, можно проследить изменение плотности эмульсионного ВВ, размещенного на различной глубине скважины. В качестве забойки принят столб воды высотой 7 м. Расчеты сделаны для нитронита Э-70 с различной исходной плотностью (0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3) г/см$^3$, а их результаты представлены на рис. 5.

Пользуясь этими данными, можно определить плотность нитронита Э-70 для конкретного случая заряжания скважин любой глубины.

Например, необходимо зарядить обводненные скважины глубиной 20 м. На рис. 5 на оси абсцисс находим глубину скважин,

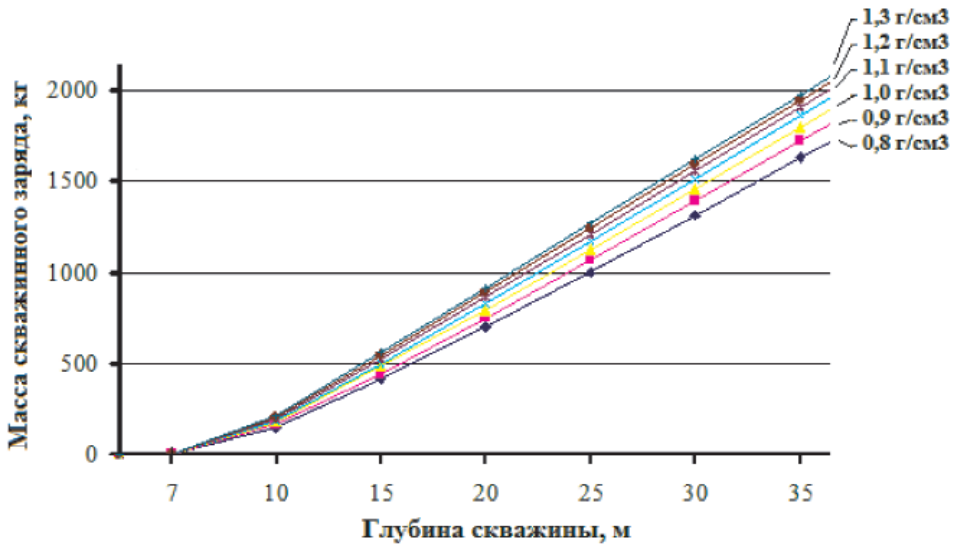



*Рис. 6. Зависимость массы заряда нитронита Э-70 от глубины скважины: предельная плотность – 1,3 г/см$^3$, $d_{скв}$ = 250 мм; забойка – буровая мелочь; $P_{AB}$ = 1,7 кг/см$^2$*

равную 20 м, и идем вверх по вертикали до пересечения с прямой, отвечающей критической плотности, которая для зарядов в прочной оболочке диаметром 250 мм равняется 1,26 г/см$^3$. Таким образом, заряжать скважины глубиной 20 м следует с исходной плотностью, указанной цифрами у кривых, лежащих ниже горизонтальной прямой критической плотности и левее вертикальной прямой, соответствующей глубине скважины 20 м. Согласно рис. 5 для рассматриваемого примера начальная (исходная) плотность нитронитов Э-70 не должна превышать 1,1 г/см$^3$ [4].

Массу заряда, которую надо зарядить в скважины различной глубины при различной исходной плотности, можно определить по рис. 6. Для рассматриваемого примера она составит 750 кг.

Аналогично можно провести расчеты для эмульсионных ВВ любой другой плотности при забойке любой высоты с любым удельным весом. Массу заряда, которую нужно зарядить в скважины разной глубины при различной, исходной плотности нитронита Э-70, можно определить по номограмме (рис. 6). Пользуясь этими данными, можно определить исходную плотность нитронита Э-70 для конкретного случая заряжания скважин той или иной глубины.

При глубине скважины более 35 м и при плотности заряжания более 1,3 г/см$^3$ могут произойти отказы в скважинах, что может привести к несчастным случаям при взрывных работах, а обеспечение надежной детонации скважинных зарядов ВВ является одним из важнейших направлений повышения безопасности взрывных работ.

**Список литературы**

1. Дерибас А.А., Решетняк А. Исследование влияния добавок в виде полых микросфер на скорость детонации различных конденсированных взрывчатых веществ // Физические проблемы разрушения горных пород: сб. тр. Третьей Междунар. науч. конф. (9–14 сент. 2000 г.). Абаза. – Новосибирск: Наука, 2003. – С. 151–154.

2. Жученко Е. И., Иоффе В. Б., Кукиб Б. Н., Сундуков И. Ю., Оверченко М. Н. Заряжание глубоких скважин эмульсионными ВВ сибиритами на разрезах Кузбасса // Физические проблемы разрушения горных пород: сб. тр. Третьей Междунар. науч. конф. (9–14 семг. 2000 г.). Абаза. – Новосибирск: Наука, 2003. – С. 154–158.

3. Промышленные взрывчатые вещества / Л.В. Дубнов и др. – М.: Недра, 1988. – 358 с.

4. Синицын В.А. Повышение эффективности подготовки горной массы на карьерах с применением ВВ на основе обратных эмульсий: дис. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2007. – 145 с.

5. Соснин В.А., Колганов Е.В. Исследование детонационных процессов эмульсионных взрывчатых веществ // Взрывное дело. – 2004. – № 94/5. – С. 181–195.

6. Ударно-волновая чувствительность модельного ЭМ, сенсибилизированного стеклянными микросферами / Б.А. Хасаинов и др. // 12-й симпоз. по горению и взрыву. – Черноголовка, 2000. – С. 15–21.

7. Чижов И.А. Разработка методики расчета радиуса разрушения от взрыва скважинного заряда ВВ при дроблении крепких крупноблочных пород на карьерах: дис. … канд. техн. наук. – Екатеринбург, 1993. – 153 с.

8. Шер Е.Н., Александров П.И. Оценка влияния работы забойки и проникновения газов в среду на разрушающее действие скважинного заряда // Физические проблемы разрушения горных пород: сб. тр. Третьей Междунар. науч. конф. (9–14 септ. 2000 г.). Абаза. – Новосибирск: Наука, 2003. – С. 117–122.

УДК 57.049

# АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ РЕГИОНАЛЬНОГО НЕФТЯНОГО КОМПЛЕКСА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Титов В.Н., Ходов Д.А.**

*Саратовский социально-экономический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Саратов, e-mail: kafedra_chaspravo@ssea.runnet.ru*

В статье обосновывается правомерность использования ежегодного Доклада о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в качестве источника актуальной информации о роли регионального нефтяного комплекса в сложившейся экологической ситуации. Отмечается факт отсутствия в структуре Доклада специального раздела, посвящённого экологическим проблемам регионального нефтяного комплекса. В связи с этим анализу подвергаются основные разделы Докладов за 2009–2013 гг. на предмет наличия и полноты сведений об основных экологических проблемах, связанных с добычей, переработкой, хранением и транспортировкой нефти и нефтепродуктов, таких как загрязнение различных природных сред нефтью и продуктами её переработки. Авторами констатируется неполная корреляция данных, представленных в означенных Докладах с Реестром загрязненных нефтью и нефтепродуктами территорий и водных объектов, который ведётся в регионе с 2009 г. Кроме того, в качестве существенных недостатков Доклада в качестве источника информации по очерченному кругу вопросов авторами называется отсутствие единого методического подхода и неполнота содержащихся сведений.

**Ключевые слова: экологические проблемы нефтяного комплекса, нефтезагрязнение природных сред, региональная экологическая ситуация**

# ANALYSIS OF THE MAIN SOURCES OF INFORMATION ON ENVIRONMENTAL ISSUES IN THE REGIONAL OIL INDUSTRY OF SARATOV REGION

**Titov V.N., Khodov D.A.**

*Saratov Social and Economic Institute (branch) of «Russian University of Economics named by G.V. Plekhanov», Saratov, e-mail: kafedra_chaspravo@ssea.runnet.ru*

The article explains the legality of the use of the annual Report about able and about environmental protection of the Saratov region as a source of relevant information about the role of the regional oil industry in the current environmental situation. It is noted the fact of absence in the structure of the Report the special section dedicated to environmental problems of regional oil complex. In this regard, the analysis focuses on the main sections of the Reports for 2009–2013 to determine the presence and completeness of the information on the key environmental challenges related to production, processing, storage and transportation of oil and oil products, such as the pollution of natural environments in oil and products of its processing. The authors noted incomplete correlation of the data presented in these Reports with the Registry of contaminated oil and petroleum products in the areas north and water bodies, which is carried out in the region since 2009. In addition, as the significant deficiencies of the Report as a source of information on a defined range of issues the authors called the lack of a unified methodological approach and non-completeness of the contained information.

**Keywords: environmental problems of the oil industry, the oil pollution of natural environments, the regional environmental situation**

Одним из основных конституционных прав человека и гражданина Российской Федерации является право на получение достоверной информации по жизненно важным вопросам, к числу которых, без сомнения, относится экологическая ситуация в регионе проживания.

Экологическая обстановка в Саратовской области, являющейся историческим центром нефтедобычи и нефтепереработки, а также ключевым звеном в хранении и транспортировке углеводородов по трубопроводам, в значительной степени связана с деятельностью предприятий нефтяного комплекса.

Основными экологическими проблемами нефтяного комплекса традиционно считаются загрязнение различных природных сред нефтью и продуктами её переработки, а также образование отходов при добыче нефти и производстве нефтепродуктов. Однако разрушающее и загрязняющее техногенное воздействие на окружающую среду при добыче, транспортировке и переработке нефти на всех технологических этапах является гораздо более многоплановым, серьёзным и заслуживающим систематического комплексного мониторинга [8].

Таким образом, внимание общественности должно быть привлечено к проблеме

комплексного экологического мониторинга на территориях размещения объектов нефтяного комплекса и объективного, оперативного информирования населения в частности.

В силу того, что широкие слои населения, судя по опросам общественного мнения, придают огромное значение последствиям аварийных разливов нефти [1], обеспечение его достоверной информацией об актуальных экологических проблемах регионального нефтяного комплекса приобретает первостепенную важность.

Целью настоящей статьи является анализ региональной информационной среды для выявления наиболее объективных и достоверных источников информации о влиянии производственной деятельности предприятий нефтяного комплекса Саратовской области на состояние окружающей среды на территории их размещения.

Как показывает анализ Перечня печатных и электронных СМИ, размещённого на официальном портале Правительства Саратовской области, в настоящее время в области отсутствуют специализированные региональные средства массовой информации, посвящённые экологическим вопросам вообще и экологическим проблемам нефтегазового комплекса в частности [7].

Здесь необходимо отметить, что единственным специализированным природоохранным печатным СМИ являлась газета природоохранной тематики для школьников Балаковского МО «Эхо природы», которая с 2007 по 2012 гг. финансировалась и издавалась незначительным тиражом Комитетом природных ресурсов и экологии Саратовской области. С 2013 года финансирование данного проекта приостановлено.

Отраслевые печатные издания, такие как «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе», являются малодоступными для широкой общественности не только ввиду их узкопрофессиональной ориентации, но также и вследствие их сравнительно небольших тиражей (от 500 до 1500 экземпляров) и отсутствия в свободной продаже.

Согласно социологическому опросу, проведённому в г. Саратове в мае – июне 2015 г., основными источниками информации по экологической проблематике для жителей региона являются выпуски новостей на центральном ТВ (37,5 % опрошенных) и новости на официальных сайтах региональных и муниципальных властей (31,9 % опрошенных) [9].

Самым информативным с точки зрения представленности на нём природоохранной и экологической тематики считается официальный портал Правительства Саратовской области (Министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области).

Самым привычным и объективным, по мнению опрошенных, источником информации по экологическим вопросам для жителей области является размещённый на упомянутом официальном портале ежегодный «Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области» [9].

Ежегодный «Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области» систематически подготавливается и издаётся Министерством природных ресурсов и экологии Саратовской области с привлечением большого количества специалистов профильных государственных и общественных организаций. Поскольку данный документ публикуется на официальном сайте в свободном доступе, его можно считать официальным и общедоступным источником экологической информации.

Структурой означенного Доклада не предусмотрено выделение экологических проблем нефтяного комплекса в отдельный раздел. Информация о влиянии нефтедобычи, нефтепереработки, транспортировки и хранения нефтепродуктов на экологическую ситуацию в области содержится в разных разделах Доклада.

О загрязнении нефтепродуктами разных природных сред говорится в части 1, посвящённой состоянию окружающей среды и природных ресурсов.

Так, в разделе о состоянии поверхностных вод упоминается тот факт, что в 2009–2013 гг. на всех гидрологических постах области велось определение содержания нефтепродуктов в водоёмах [2–6].

В Докладах за 2009–2011 гг. подробная информация о результатах наблюдения содержится в части 7, посвящённой информационно-аналитической работе и экологическому мониторингу в частности (раздел 7.1.2.) [4–6]. При этом в Докладе за 2010 г. в той же части 1 содержится следующая оценка качества поверхностных вод: «содержание нефтепродуктов в воде водохранилищ не превышало рыбохозяйственный норматив (0,05 мг/дм$^3$)» и «в донных отложениях водохранилищ содержание нефтепродуктов колебалось от аналитического нуля (пески) до 263,0 мг/кг сухого грунта (песчанистые серые илы)» [5].

В Докладе за 2012 г. краткие табличные данные содержатся непосредственно в тексте части 1 [3].

В Докладе за 2013 г. табличные данные отсутствуют, но содержится текстовая информация о превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) по нефтепродуктам, выявленных на 3 гидрохимических постах:

***Река Аткара – г. Аткарск.*** Загрязненность воды нефтепродуктами составляла 1,6 ПДК, максимальная концентрация 5,4 ПДК была зафиксирована в феврале.

***Река Большой Иргиз – г. Пугачев.*** Повысились концентрации нефтепродуктов (с 1,0 до 1,8 ПДК) и железа общего (с 1,7 до 3,9 ПДК).

***Река Большой Узень – г. Новоузенск.*** Наблюдалось загрязнение воды нефтепродуктами (3,2 ПДК) [2].

На 2 постах в ***Саратовском водохранилище*** содержание нефтепродуктов не определялось [2].

Что касается загрязнения подземных вод нефтепродуктами, то данные мониторинга подземных вод приводятся в Докладах за 2009–2011 гг., в части 1 разделе 1.3.2 «Загрязнение подземных вод»: 98 (2009) – 99 (2010–2011) очагов загрязнения нефтепродуктами, из них 8 с превышением ПДК более чем в 100 раз [4–6].

В Докладах 2012–2013 гг. соответствующие разделы и данные отсутствуют.

Основными поллютантами почвогрунтов в Докладах за 2009–2011, 2013 гг. в разделе 1.4. «Почвы и земельные ресурсы» названы нефтепродукты [2, 4–6].

Детальные данные контроля приводятся в разделе 6 «Государственный экологический надзор и государственный контроль за использованием и охраной отдельных видов природных ресурсов» (2009–2011 гг.) и в Приложении 2 (2013 г.). В соответствующем разделе Доклада за 2012 г. приводятся данные геохимического обследования территории г. Вольска, проведённого в рамках реализации программы «Экологическое оздоровление Саратовской области на 2009–2013 годы». Данные в целом по области отсутствуют [3].

В разделе «Санитарное состояние почвы» части 2 «Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье населения» в Докладах за 2009–2012 гг. указано, что наряду с бытовым мусором, строительными и сельскохозяйственными отходами, нефтешламы являются основным источником загрязнения почв населённых пунктов Саратовской области [3–6]. В Докладе за 2013 г. такая оценка отсутствует [2].

Примечательным является то обстоятельство, что ни в одном из анализируемых Докладов не приводятся сведения, содержащиеся в Реестре загрязненных нефтью и нефтепродуктами территорий и водных объектов, который с 2009 года ведётся Министерством природных ресурсов и экологии Саратовской области (Комитетом охраны окружающей среды и природопользования до 2012 г.) в соответствии с постановлением Правительства Саратовской области от 1 ноября 2008 года № 414-П.

Проанализировать роль предприятий нефтяного комплекса Саратовской области в загрязнении атмосферного воздуха можно на основании данных, приводимых в нескольких разделах части 1 Доклада («Качество атмосферного воздуха», «Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха», «Состояние и загрязнение атмосферного воздуха в городах области»), части 2 «Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье населения» (раздел «Гигиена атмосферного воздуха»), части 5 «Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье населения» (раздел «Загрязнение атмосферного воздуха»).

Суммируя информацию, содержащуюся в перечисленных разделах, делаем вывод о том, что основная доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в 2009–2013 гг. приходилась на предприятия, транспортирующие по трубопроводам газ, нефть и нефтепродукты. В 2009 г. эта цифра составила 63,196 т (52,3 % от общего объёма выбросов от стационарных источников), в 2010 г. – 35,271 т (37,2 %), в 2011 г. – 41,514 т (38,1 %), в 2012 г. – 63,925 т (50 %). К сожалению, за 2013 год эти данные отсутствуют, что не позволяет проследить полную динамику. На предприятия по производству нефтепродуктов пришлось: в 2009–2011 гг. (нет данных), 2012 и 2013 гг. – 8,966 т (7 %) и 8,244 т (8,3 %) соответственно [2, 3]. На добычу полезных ископаемых: 2009 г. – 6,1 т (4,8 %), 2010 г. – 6,903 т (9,1 %), 2011 г. – 11,612 т (9,4 %), 2012 г. – 9,635 т (7,5 %), 2013 г. – 8,915 т (9,0 %) [2–6].

Необходимо отметить тот факт, что на территории некоторых районов области, в число которых входят районы активной нефтедобычи, например Духовницкий, Питерский и др., наблюдения за состоянием атмосферного воздуха не проводились.

В разделах, посвящённых образованию и обращению отходов производства и потребления, части 5 «Влияние производственной и иной деятельности на окружающую среду» в Докладах за 2009–2010 гг.

содержатся табличные данные, систематизированные по видам экономической деятельности. Согласно им на предприятиях по производству нефтепродуктов в 2009 г. образовалось 43905, 309 т отходов (1,21 %) от общего объёма, в 2010 г. – 39805,65 т (0,96 %); на нефтедобывающих предприятиях в 2009 г. – 15930,792 т (0,44 %), в 2010 г. – 1002,418 т (0,024 %) [5, 6]. Систематизированные данные в Докладах за 2011–2013 гг. отсутствуют [2–4]. В соответствующем разделе Доклада за 2011 г. приводятся оценочные суждения: «по отчетным данным основная доля промышленных отходов приходится на предприятия химической и нефтеперерабатывающей промышленности» [4].

Примечательно, что ни в одном из рассматриваемых Докладов не содержатся упоминания о пополнении Регионального кодификатора отходов производства, которое осуществляется начиная с 2007 г.

В целях нашего исследования интерес также могут представлять разделы Доклада, посвящённые антропогенным чрезвычайным ситуациям (ЧС) в промышленности и на транспорте (часть 5 «Влияние производственной и иной деятельности на окружающую среду») и экологической безопасности (Часть 6 «Государственное регулирование природопользования и охраны окружающей среды»). Так, согласно данным Доклада, в 2009 г. произошло 2 ЧС на магистральных нефтепроводах, в 2012 г. – 1, в 2010–2011, 2013 гг. – 0 [2–6].

В числе потенциально опасных промышленных объектов нефтяного комплекса в Докладах даётся характеристика ОАО «Саратовский НПЗ» (2009–2012 гг.) [3–6], ОАО «Саратовнефтепродукт» (2011–2012 гг.) [3, 4], Филиал ОАО «Приволжскнефтепровод» Саратовское РНУ (2011–2013 гг.) [2–4].

Резюмируя вышеизложенное, хотелось бы подчеркнуть тот факт, что, несмотря на достаточное количество в ежегодных Докладах информации о роли регионального нефтяного комплекса в экологической ситуации в Саратовской области, её доступность и анализ серьёзно затруднены из-за отсутствия единого методического подхода к изложению. Также существенным представляется недостаток некоторых сведений, которые необходимы для анализа динамики ситуации и процессов. При условии устранения перечисленных негативных факторов ежегодный Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области может считаться достаточным источником официальной информации для широкой общественности об основных экологических проблемах регионального нефтяного комплекса.

**Список литературы**

1. Глас Рунета – Экология [Электронный ресурс] // Информационный канал SUBSCRIBE: URL: http://subscribe.ru/archive/media.vox/201412/04154943.html (дата обращения 05.12.2014).

2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2013 году [Электронный ресурс] // Сайт Правительства Саратовской области: URL: http://saratov.gov.ru/government/structure/minlesa/doklady/detail.php?ID=104405 (дата обращения 09.11.2014).

3. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2012 году [Электронный ресурс] // Сайт Правительства Саратовской области: URL: http://saratov.gov.ru/gov/auth/minres/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchey-sredy-saratovskoy-oblasti/dokladOOS.php (дата обращения 21.09.2014).

4. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2011 году [Электронный ресурс] // Сайт Правительства Саратовской области: URL: http://saratov.gov.ru/gov/auth/minres/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchey-sredy-saratovskoy-oblasti/dokladOOS.php (дата обращения 21.09.2014).

5. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2010 году [Электронный ресурс] // Сайт Правительства Саратовской области: URL: http://saratov.gov.ru/gov/auth/minres/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchey-sredy-saratovskoy-oblasti/dokladOOS.php (дата обращения 21.09.2014).

6. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2009 году [Электронный ресурс] // Сайт Правительства Саратовской области: URL: http://saratov.gov.ru/gov/auth/minres/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchey-sredy-saratovskoy-oblasti/dokladOOS.php (дата обращения 21.09.2014).

7. Печатные СМИ – Правительство Саратовской области. – URL: http://saratov.gov.ru/press/print/ (дата обращения 08.02.2016).

8. Титов В.Н., Ходов Д.А. Основные экологические проблемы нефтяного комплекса Саратовской области // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 3. – С. 35–40.

9. Фуфыгин А.С., Титов В.Н. Экологические потребности населения как один из индикаторов уровня экологической культуры социальной системы // Интеграция науки и практики: взгляд молодых учёных: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции магистрантов и аспирантов (г. Саратов, 7–8 октября 2015 г.). – Саратов: Саратовский социально-экономический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2015. – 292 с.

УДК 911.3

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МИРОВОГО ОПЫТА СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СВОБОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ СЭЗ КИТАЯ

**[1]Толкунова С.Г., [2]Пухова А.Г., [2]Гришакова С.В., [2]Горшкова И.А.**

*[1]ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Москва, e-mail: tolkunovasg@bk.ru;*

*[2]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: pag.egf@yandex.ru*

Авторами проведен анализ мирового опыта создания и функционирования свободных экономических зон (СЭЗ). В процессе исследования было выявлено, что мировой опыт создания и функционирования СЭЗ обширен и отличается значительным географическим, правовым и организационно-экономическим разнообразием. Создание СЭЗ позволяет любой стране модернизировать свою экономику, вплоть до трансформации её из закрытой в открытую. При этом модернизирующее воздействие зоны на национальную экономику проявляется не только через прямые экономические, но и через демонстрационные и обучающие эффекты. В работе рассматривается опыт создания СЭЗ Китая. Этот опыт важен для России в силу частичной схожести социальных, политических и экономических условий при переходе к рынку. В формировании СЭЗ Китая выделены несколько основных этапов, в рамках каждого из которых формировались зоны особого типа. Несмотря на значительные позитивные экономические результаты деятельности СЭЗ в Китае, в статье рассмотрены и ряд проблем их функционирования. Авторами сделан вывод о том, что основные направления мирового опыта в области создания и функционирования СЭЗ Китая очень важны для России.

**Ключевые слова: свободная экономическая зона, специальная экономическая зона, «открытые порты», зоны технико-экономического развития, «приграничные пояса», субзоны**

# THE MAIN DIRECTIONS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF CREATION AND FUNCTIONING OF FREE ECONOMIC ZONES ON THE EXAMPLE OF SEZ CHINA

**[1]Tolkunova S.G., [2]Pukhova A.G., [2]Grishakova S.V., [2]Gorshkova I.A.**

*[1]Moscow State Pedagogical University, Moscow, e-mail: tolkunovasg@bk.ru;*

*[2]Nizhny Novgorod State Pedagogical University Kuzma Minin, Nizhny Novgorod, e-mail: pag.egf@yandex.ru*

The authors analyzed the world experience of creation and functioning of free economic zones (FEZ). The study found that the world experience of creation and functioning of FEZ is vast and differs considerable geographical, legal, organizational and economic diversity. Creating SEZ allows any country to modernize its economy, right up to its transformation from a closed to open. At the same time modernizing the impact zone on the national economy is manifested not only through the direct economic, but also through demonstration and training effects. The paper examines the experience of creating a free economic zone in China. This experience is important for Russia, because of the partial similarity of the social, political and economic conditions in the transition to a market economy. In the formation of China's SEZ marked several milestones in each of which formed a special type of zone. Despite the significant positive economic performance of the SEZ in China, the article discussed a number of problems of their functioning. The authors concluded that the main areas of the world experience in the development and functioning of SEZ in China is very important for Russia.

**Keywords: free economic zone, special economic zone, «open ports», zones economic and technological development, the «border belt», subzone**

Мировой опыт создания и функционирования свободных экономических зон (СЭЗ) обширен и отличается значительным географическим, правовым и организационно-экономическим разнообразием. Потенциально создание СЭЗ позволяет любой стране ставить перед собой несколько общестратегических задач:

– модернизировать свою экономику, вплоть до трансформации её из закрытой в открытую. При этом модернизирующее воздействие зоны на национальную экономику проявляется не только через прямые экономические, но и через демонстрационные и обучающие эффекты. Они связаны с присутствием в зоне иностранного фактора, точнее говоря – с распространением инновационных элементов организационной культуры зоны (в сфере труда, быта, управления и технологий) за её пределы (через прессу, личные и межфирменные контакты). Именно этими косвенными эффектами объясняется желание многих стран организовать зоны даже тогда, когда

по экономическим расчётам они выглядят менее прибыльными, чем другие типы инвестиционных проектов в области развития производства;

– экспериментировать с теми экономико-политическими механизмами, которые являются новацией для страны и ранее не использовались.

Однако при решении данных стратегических задач конкретные цели, которые ставят перед собой государства, создавая СЭЗ, могут быть различными. Одни государства пытаются решать с помощью зон проблемы конкретных регионов, связанные с реальной или ожидаемой безработицей, низким уровнем социально-экономического развития, защитой интересов отечественных производителей и потребителей. В других странах СЭЗ используются в качестве эффективного средства накопления и распространения передового зарубежного опыта хозяйствования и управления, повышения конкурентоспособности собственного производства. Но чаще всего исповедуются обе цели, так как, несмотря на их различия, очевидно, что они имеют много общего. В частности, для достижения обеих целей используются одни и те же механизмы: экономические, социальные и научно-технические.

Экономические механизмы:

– привлечение иностранного и национального капитала, благодаря специальным льготным экономическим режимам, стабильной законодательной базе и упрощению организационных процедур;

– использование преимущества международного географического разделения труда и международного обращения капитала для расширения экспорта готовых изделий, рационального импорта и создания импортозамещающего механизма производства;

– ликвидация монополии внешней торговли через предоставление доступа к различным формам внешнеэкономической деятельности всем организациям и предприятиям СЭЗ;

– рост валютных поступлений в бюджет страны и регионов [4].

Мировой опыт показал, что прямые иностранные инвестиции, по сравнению с другими формами импорта капитала, имеют ряд преимуществ:

1) они служат источником капитала для вложения в производство товаров и услуг, а также технологий, ноу-хау, передовых методов управления;

2) в отличие от займов и кредитов прямые инвестиции не увеличивают внешний долг, а, напротив, способствуют получению средств для его погашения.

Социальные механизмы:

– ускорение развития отсталых регионов за счёт концентрации в пределах зон ограниченных национальных ресурсов;

– повышение занятости населения, борьба с безработицей;

– создание слоя высококвалифицированной рабочей силы за счёт внедрения мирового опыта в сфере организации, управления, финансов; воспитание культуры менеджмента, ориентированной на мировые требования к технологии управления;

– удовлетворение населения в высококачественных товарах народного потребления, насыщение внутреннего рынка.

Научно-технические механизмы:

– привлечение передовых зарубежных и отечественных технологий;

– ускорение инновационных и внедренческих процессов;

– привлечение зарубежных учёных и специалистов;

– повышение эффективности использования мощностей и инфраструктуры территорий.

В определенной мере создание СЭЗ можно рассматривать как географическое проявление всемирного процесса трансферта технологий и миграции производства и, как следствие, – широкого вовлечения в современное производство все большего количества стран.

Определение целей создания СЭЗ в свою очередь требует анализа предпосылок, играющих связующую роль между условиями и факторами их формирования. Анализ мирового опыта свидетельствует о том, что набор предпосылок создания СЭЗ, так же достаточно стандартен, как и перечень целей их создания.

Весь набор предпосылок можно подразделить на две большие группы.

1. Предпосылки общего характера:

– политическая стабильность в стране и в тех регионах, где создаются СЭЗ;

– нормативно-правовые, определяющие экономические, социальные, административно-управленческие, финансово-налоговые и др. права СЭЗ;

– организационные (конкретные бизнес-планы, целевые программы и пр.); наличие (или создание) эффективной структуры административного управления СЭЗ, способность руководителей территории овладеть новой культурой управления;

– финансовые (объемы и сроки отечественных целевых инвестиций и т.п.);

– потенциальная емкость рынка [4].

Данная группа предпосылок обычно формируется на стадиях принятия решения о создании СЭЗ и её становлении при условии, конечно, что создание СЭЗ предусмотрено действующим законодательством.

Предпосылки регионального характера:

– выгодное географическое положение региона – один из важнейших факторов, по которому производится отбор территорий для создания СЭЗ. Оно прежде всего определяет географическую близость и удобство доступа к международным и внутренним рынкам товара и капитала, наличие сложившихся каналов связи с ними;

– наличие благоприятных природных условий не имеет решающего значения при формировании СЭЗ, но довольно существенно влияет на инвестиционную стоимость проекта за счет возможного удорожания строительства. Особую роль в данной подгруппе предпосылок играет фактор наличия и размеров свободных территорий;

– параметры природно-ресурсного потенциала особенно значимы при формировании зон ресурсного и экспортно-производственного характера;

– человеческий потенциал: общее число и качество трудовых ресурсов, наличие кадров, подготовленных для работы в будущих отраслях специализации СЭЗ;

– накопленный экономический потенциал, включая наличие предприятий, действующих в отраслях специализации зоны: базовых объектов деловой, транспортной, телекоммуникационной, производственной, инженерной и социальной инфраструктуры; наличие строительной базы;

– уровень «ноу-хау»: наличие на конкретной территории практического опыта осуществления внешнеэкономической деятельности – опыта экспорта и импорта товаров, услуг и капитала, совместной хозяйственной и инвестиционной деятельности.

В данной группе предпосылок отчетливо выделяются те, которые как бы реализованы самой природой (многие аспекты географического положения, природно-ресурсные и пр.). То есть они заведомо имеют опережающий характер, становясь важнейшими факторами формирования СЭЗ. Однако в большинстве случаев региональные предпосылки создания СЭЗ формируются человеком и весьма капиталоёмки, а поэтому наличие их опережающих «заделов» – важнейший стимул для привлечения инвесторов.

Создавая СЭЗ, многие страны испытали ряд трудностей. Одни из них были связаны с необходимостью значительных первоначальных капиталовложений в развитие инфраструктуры СЭЗ, что усиливало нагрузку на государственный и региональный бюджеты. Другие возникли в результате переоценки потенциальной заинтересованности зарубежных инвесторов в сотрудничестве с СЭЗ. Нельзя не обратить внимание и на такой момент: льготные условия функционирования капитала в СЭЗ, рост иностранных инвестиций привели к оттоку в зоны ресурсов из других регионов страны, что, в свою очередь, усиливало в других регионах несбалансированность экономики [6].

СЭЗ достигают высокой эффективности, благодаря огромному вкладу иностранных инвестиций, открытости для иностранного капитала. Интерес иностранных инвесторов к СЭЗ объясним существенными льготами, к которым можно отнести следующие: налоговые льготы; доступ к национальному и региональным рынкам; обеспечение более низких производительных затрат, в том числе за счёт более дешёвой рабочей силы; возможность финансирования по сниженным процентным ставкам; право собственности на землю.

В результате вся национальная экономика и отдельные регионы могут:

– более рационально использовать природные ресурсы;

– получать новые технологии, в том числе самые современные;

– развивать торгово-экспортные операции и экспортно-товарные производства;

– структурно перестраивать свое хозяйство;

– повышать занятость населения и снижать уровень безработицы;

– увеличивать благосостояние населения, насыщать государственный рынок высококачественными товарами;

– создавать благоприятные условия для международного кредитования, получения новых источников финансирования;

– осуществлять подготовку и переподготовку высококвалифицированных кадров.

Россия имеет чрезвычайно пеструю региональную палитру. Субъекты Российской Федерации существенно различаются не только по размерам территории и географическому положению. Различны природно-ресурсный и экономический потенциалы, а самое главное – российские регионы находятся на разных стадиях социально-экономического развития [5]. В этой связи

весьма актуален не столько генерализированный анализ мирового опыта в целом, сколько оценка его специфики в области создания и функционирования СЭЗ в различных, географически смежных с Россией странах мира [3].

Особый интерес создания и функционирования СЭЗ представляет опыт организации зон в Китае. Этот опыт важен для России в силу частичной схожести социальных, политических и экономических условий при переходе к рынку. В частности, общими чертами являются выгоды ЭГП, относительно дешевая рабочая сила, богатые природные ресурсы, обширный рынок [2]. Однако не менее существенны и различия. Главное из них – источники иностранного капитала. Основными первичными инвесторами в Китае были эмигрировавшие в прошлом китайцы (хуацяо), проживающие в Сингапуре, Тайване, Гонконге, Макао и других странах Азии. Вплоть до начала 1990-х гг. около 80 % всех поступлений иностранного капитала приходилось на Гонконг, Аомынь, Сингапур и Тайвань [1].

В формировании СЭЗ Китая можно выделить несколько основных этапов, в рамках каждого из которых формировались зоны особого типа.

На первом этапе были созданы первые специальные экономические зоны в провинциях Гуандун (Шеньчжень, Чжухай и Шаньтоу) и Фуцзянь (Сямынь). Территориально они были разномасштабными: размер их территории колебался от 15 кв. км до 52 тыс. кв. км. Территории, выбранные для СЭЗ, были преимущественно сельскохозяйственными, поэтому создание СЭЗ в значительной мере меняло вектор их социально-экономического развития: здесь заново создавались городские поселения и разнообразные предприятия обрабатывающей промышленности. То есть СЭЗ сыграли роль локомотива развития территорий, находящихся на аграрной и аграрно-индустриальной стадиях развития.

Второй этап (с начала 1980-х гг.) был связан с созданием нового типа специальных экономических зон – «открытых портов». Под этот статус попали 14 приморских городов, в которых проживает 8 % населения страны и производится 20 % ВВП Китая. Если СЭЗ – это всегда анклавы, то приморские открытые города – относительно открытые для иностранных инвестиций регионы, где анклавные СЭЗ выступают, по отношению к ним в виде субзон. Основная функция приморских открытых городов – оказывать непосредственное воздействие на развитие обслуживаемых ими внутренних регионов в глубинке страны. За период с конца 1980-х по конец 1990-х гг. объем экспортных продаж в приморских открытых городах увеличился почти в 2 раза, а производство на внешний рынок составило 1/3 выпускаемой продукции.

Третий этап характеризуется созданием на территориях портовых городов зон технико-экономического развития (ЗТЭР), которые можно рассматривать как своего рода субзоны. Их главная задача – стимулирование научно-технического прогресса, развитие современной промышленности на основе импорта передовой техники, технологии, технических знаний и передового опыта.

Важнейшей географически значимой особенностью третьего этапа стало формирование крупных территориальных образований – «поясов» СЭЗ. На сегодняшний день уже сформировался «восточный приграничный пояс», включающий в себя восточные приморские районы (территория 320 тыс. кв. км с населением 200 млн чел.). Эти районы отличаются выгодным географическим положением и избытком рабочей силы. Здесь функционируют СЭЗ разных типов и разной степени открытости.

С 1992 г. создается «северный приграничный пояс», который распространяет режим СЭЗ на приграничные с Россией и Монголией северо-восточные регионы. Здесь отдельным городам предоставлен благоприятный режим, аналогичный режиму приморских открытых городов. И, наконец, одновременно формируются «приграничные пояса» на границе со странами Центральной и Юго-Восточной Азии.

Несмотря на значительные позитивные экономические результаты деятельности СЭЗ в Китае их функционированию присущ ряд проблем:

1) в зонах не наблюдалось массового притока передовых технологий, так как инвестировались в основном краткосрочные проекты (не требующие создания серьезного производства); невысокий уровень притока технологий был связан и с ограничением их экспорта из промышленно развитых стран;

2) СЭЗ не стали полноценным связующим звеном между национальной промышленностью и иностранными технологиями, так как все компоненты производства, начиная от оборудования и кончая сырьем, импортировались. Таким

образом, в СЭЗ Китая не создавались производства с законченным циклом, а выносились лишь отдельные трудоемкие процессы производства;

3) по мере экономического роста в зонах ощущалась нехватка сырья, электроэнергии, мощностей по переработке полуфабрикатов. Это ставило экономику Китая в жёсткую зависимость от стран, поставляющих необходимые комплектующие детали;

4) ни одна зона не стала чисто экспортоориентированной (их удельный вес экспорта в общем объёме продукции СЭЗ не достиг нормативного показателя – 60%).

Основные направления опыта в области создания и функционирования СЭЗ Китая очень важны для России. Они показали, что:

– по мере развития хозяйства и ослабления кризисной ситуации в экономике, изменяется структура и тип СЭЗ: от простой к сложной, от торгово-складской к научно-производственной, от небольшой по численности занятых до значительной;

– возникновение СЭЗ, как правило, связано с обострением разнообразных экономических проблем (на уровне отдельного центра, района, страны) и вовлечением страны в международный рынок;

– территории, наиболее благоприятные для размещения СЭЗ, имеют, как правило, приграничное положение, а также располагают развитой транспортной, производственной и социальной инфраструктурой. В отдельных случаях создание СЭЗ оказывается целесообразным и в районах нового хозяйственного освоения, не обладающих указанными преимуществами, но располагающих высокой концентрацией ценных природных ресурсов, позволяющих решать важные долгосрочные общегосударственные задачи.

**Список литературы**

1. Потанин, В. Инвестиционный климат в Китае // Внешняя торговля. – 1995. – № 1. – С. 31–32, С. 31.

2. Пухова А.Г. Предпосылки и факторы, влияющие на формирование и функционирование регионального рынка труда // Вестник Мининского университета. – 2014. – № 2.– [Электронный ресурс]. – URL: http:// http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific_activities/vestnik/archive/no6 (дата обращения: 13.03.2015).

3. Пухова А.Г., Толкунова С.Г., Косолапова О.А. Особенности изучения свободных экономических зон в курсе «Экономическая и социальная география России» в вузе // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=22760.

4. Толкунова С.Г. Географические проблемы и перспективы развития свободных экономических зон России: дис. ... канд. географических наук. – М., 2005. – С. 19–21.

5. Толкунова С.Г. Географические предпосылки создания свободных экономических зон в перспективных районах России // Орфановские чтения, Вып. 3: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической заочной конференции. – Н. Новгород, НГПУ им. К. Минина, 2015. – С. 30–32.

6. Толкунова С.Г., Пухова А.Г., Беляева Т.К. Современные научные подходы к классификации свободных экономических зон // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22527 (дата обращения: 13.06.2016).

УДК 911

# ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНОГО КОМПЛЕКСА И СТРУКТУРА СЕТИ ООПТ РЕГИОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РФ

**Чибилёв А.А. (мл.)**

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, e-mail: oren-icn@mail.ru*

На территории регионов степной зоны России сосредоточено около четверти всех федеральных особо охраняемых природных территорий страны. В общей площадной структуре ООПТ регионов степной зоны федеральные ООПТ составляют около 30%. При всей важности роли национальных парков, элементов заповедного фонда и заказников федерального статуса, ввиду своего «островного» (фрагментарно-кластерного) положения они не в состоянии охватить всего многообразия степного мезорегиона и обеспечить условия для сохранения генофонда всех редких и исчезающих видов растений и животных. На современном этапе развития природно-заповедного фонда в регионах степной зоны в структуре региональных охраняемых территорий преобладают памятники природы регионального значения. Проведённый анализ пространственного распределения элементов природно-заповедного комплекса и структуры сети ООПТ регионов степной зоны позволил выявить существующие диспропорции в количественном и площадном отношении, сформулировать выводы и рекомендации по развитию существующей системы ООПТ в рамках устойчивого развития регионов степной зоны РФ.

**Ключевые слова: регионы степной зоны, устойчивое развитие, природно-заповедный комплекс, особо охраняемые природные территории, национальные парки, заповедники, заказники, памятники природы**

# SPATIAL DISTRIBUTION OF ELEMENTS OF THE NATURAL AND RESERVED COMPLEX AND STRUCTURE OF THE SPNA OF REGIONS OF THE STEPPE ZONE OF RUSSIA

**Chibilyov A.A. (jr.)**

*Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: oren-icn@mail.ru*

In the regions of the steppe zone of Russia concentrated about a quarter of all federal specially protected natura l areas (SPNA) of the country. In total areal structure of the SPNA in steppe region the federal SPNA make up about 30%. At all importance of a role of national parks, reserves and wildlife areas of the federal status they aren't able to capture all variety and to provide conditions for preservation of a gene pool of all rare and endangered species of plants and animals. At the present stage of development of natural and reserved fund in regions of a steppe zone in structure of the regional SPNA prevail natural monuments. The analysis of spatial distribution of elements of a natural and reserved complex and structure of the SPNA of regions of a steppe zone has allowed to reveal the existing disproportions in the quantitative and areal relation, to formulate conclusions and recommendations about development of the existing SPNA system within a sustainable development of regions of the steppe zone Russian Federation.

**Keywords: regions of the steppe zone, sustainable development, natural and reserved complex, specially protected natural areas, national parks, reserves, wildlife areas, natural monuments**

Для оценки современного состояния национальных парков, федеральных заказников и заповедников в степной зоне необходимо рассмотреть распределение и репрезентативность элементов природно-заповедного комплекса (ПЗК) в разрезе регионов, территориально включающих данный биом. Эти 3 категории федеральных особо охраняемых природных территорий (ООПТ(фз)) являются наиболее представительными в площадном отношении – на их долю приходится около 99,7% всех категорий ООПТ федерального значения.

В регионах степной зоны расположено 50 ООПТ(фз), общей площадью около 30,5 тыс. км$^2$ (1,8% от площади исследуемой территории) (табл. 1). Среди 11 национальных парков, расположенных на территории 10 регионов степной зоны, наибольшими по площади являются Сочинский, Самарская Лука и Бузулукский бор.

На территории 12 субъектов степной зоны РФ в 2016 году ООПТ(фз) категории «национальный парк» и «заказник» отсутствуют. В 2016 году территории 10 субъектов включают 14 федеральных заказников. Наибольшая площадь территории заказников федерального статуса приходится на Республику Калмыкия (4623,3 км$^2$).

В целом элементы сети ПЗК федерального статуса в целом по степным регионам представлены достаточно репрезентативно. Почти четверть от количества всех российских ООПТ(фз) расположены

в рассматриваемом мезорегионе, однако это составляет менее 5,5% от их общей площади. В 2016 году ООПТ федерального значения трех рассматриваемых нами категорий отсутствуют в двух субъектах – Волгоградской и Омской областях. В Омской области в 2015 году утратили статус федеральных Баировский (648,3 км$^2$) и Степной заказники (750,0 км$^2$), образованные в 1959 году и 1971 году соответственно.

В общей площадной структуре ООПТ регионов степной зоны федеральные ООПТ составляют около 30%. Наибольшая площадь (59,6 тыс. км$^2$ или 56%) в структуре ПЗК степного мезорегиона занята категорией «природные заказники», насчитывающей 423 ООПТ. Помимо 52 ООПТ федерального статуса сеть ПЗК регионов степной зоны представлена 3219 особо охраняемыми природными территориями на общей площади 76,7 тыс. км$^2$ (таблица). Доля общей площади ООПТ регионального и местного значения ООПТ(р) на исследуемой территории составляет около 4,6%, что безусловно является недостаточным показателем, учитывая экологические проблемы степного биома и необходимость формирования природно-экологического каркаса устойчивого развития степных регионов РФ. Около 79% ООПТ(р) составляют памятники природы регионального значения. В 2014 году на территории субъектов степной зоны сосредоточено около трети всех российских памятников природы и природных парков (2534 из 7721 и 25 из 70 – соответственно).

По общему количеству региональных ООПТ в 2014 году лидировали Оренбургская область (508) и Краснодарский край (352), на эти два региона приходилось 33,9% всех памятников природы рассматриваемого мезорегиона. Стоит отметить, что в Оренбургской области с 2014 года произошло сокращение числа ООПТ регионального значения почти на 40% [4]. Статус региональных утратили 144 памятника природы. Несмотря на большое количество ООПТ(р) в Оренбургской области их доля от площади территории крайне низка, составляя около 0,54%, а доля всей площади элементов ПЗК региона (включая национальный парк «Бузулукский бор», заповедники «Оренбургский» и «Шайтан-тау») – 1,35% [5]. Такие показатели развития сети ООПТ, являющиеся самыми низкими в стране, не соответствуют положениям стратегии устойчивого развития региона.

Рассматривая долю площади ООПТ всех категорий в площади территории субъекта, нужно отметить все кавказские республики, в которых этот показатель превышает 20%. Наибольший соответствующий показатель отмечен в Кабардино-Балкарской Республике – 27,0%, наименьший, как уже было отмечено выше, в Оренбургской области. Треть регионов степной зоны отличаются низкими показателями доли ООПТ, не превышающей 5% площади территории субъектов (рис. 1).

Во всех кавказских республиках, кроме Чеченской, площадь ООПТ(фз) превышает площадь ООПТ(р). Такая же ситуация характерна для Республики Калмыкия, Самарской и Оренбургской областей. Наибольшие площади ООПТ регионального и местного значения сосредоточены в Новосибирской (13,5 тыс. км$^2$) и Волгоградской областях (9,9 тыс. км$^2$).

Количественная и площадная характеристика категорий ООПТ РФ и регионов степной зоны [1, 2]

| Категории ООПТ | Российская Федерация | | Регионы степной зоны | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Кол-во | Площадь | Кол-во | | Площадь | |
| | ед. | тыс. км$^2$ | ед. | доля в РФ | тыс. км$^2$ | доля в РФ |
| **Федеральные ООПТ*** | | | | | | |
| Национальные парки | 49 | 128,6 | 11 | 22,4% | 9,6 | 7,5% |
| Заповедники | 110 | 291,3 | 25 | 22,7% | 9,8 | 3,4% |
| Заказники | 65 | 139,3 | 16 | 24,6% | 11,1 | 8,0% |
| **ООПТ регионального значения**** | | | | | | |
| Природные заказники | 2206 | 526,0 | 423 | 19,2% | 59,6 | 11,3% |
| Памятники природы | 7721 | 25,3 | 2534 | 32,8% | 5,8 | 22,9% |
| Природные парки | 70 | 150,6 | 25 | 35,7% | 9,3 | 6,2% |
| Прочие | 1630 | 489,2 | 170 | 10,4% | 0,8 | 0,2% |
| **ООПТ местного значения**** | | | | | | |
| Все категории | 986 | 258,2 | 67 | 6,8% | 1,2 | 0,5% |

Примечание. * – по данным 2016 года; ** – по данным 2014 года.

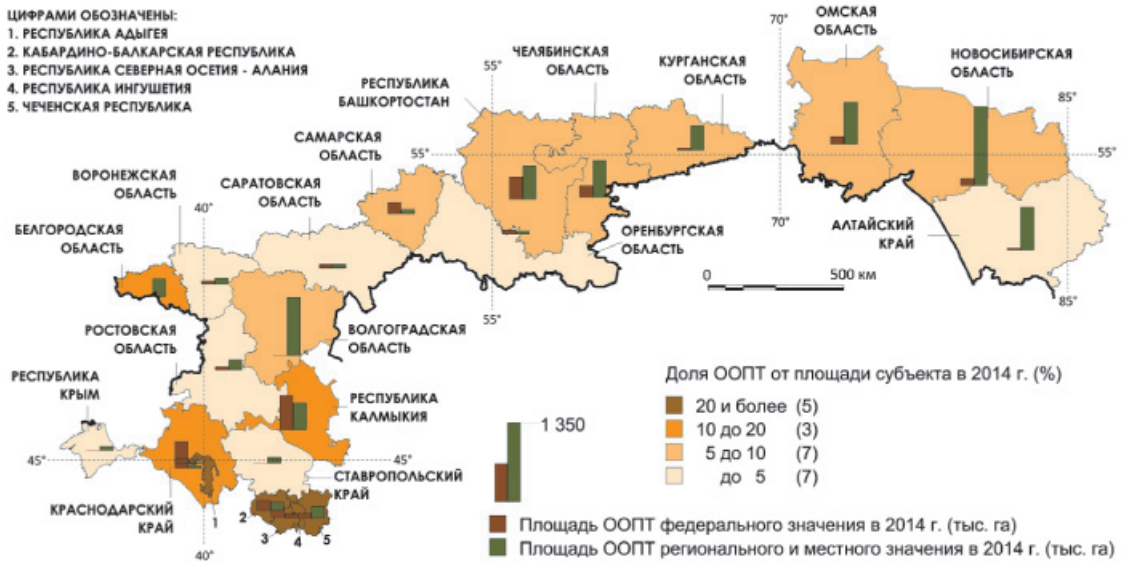



*Рис. 1. Доля площади ООПТ от площади территории региона степной зоны РФ, площадь территории ООПТ федерального и регионального значения в 2014 году*

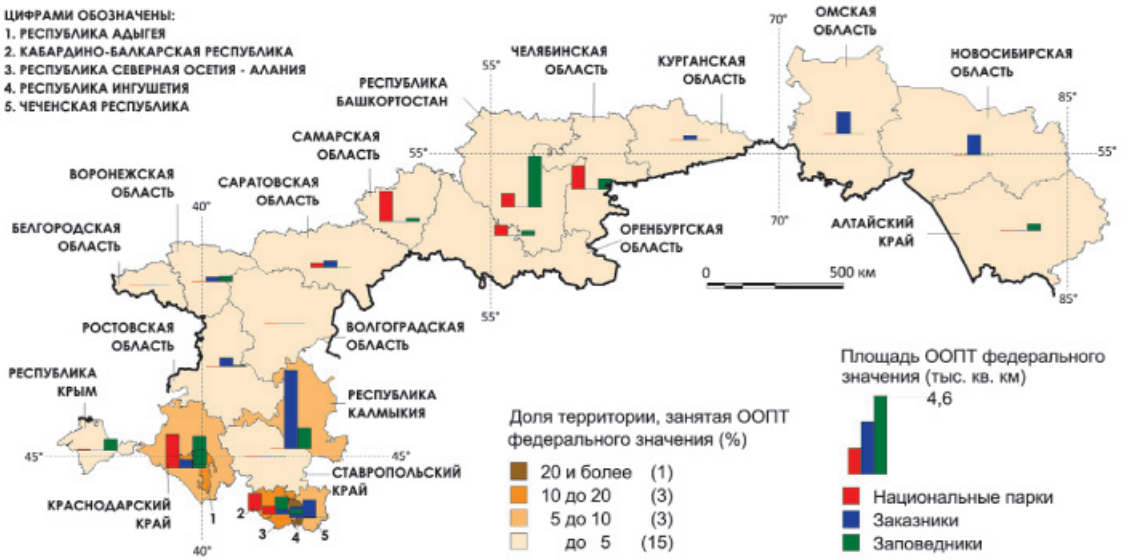



*Рис. 2. Доля площади ООПТ(фз) от площади территории региона степной зоны РФ, площадь территории ООПТ(фз) по видам в 2014 году*

Лишь 7 из 22 рассматриваемых регионов имеют площадь ООПТ федерального статуса более 5% территории региона. Наибольшая площадь территорий, занятых землями национальных парков, приходятся на Краснодарский край (НП «Сочинский), Челябинскую (НП «Зюраткуль», НП «Таганай») и Самарскую область (НП «Самарская Лука»). В Республике Башкортостан на территории трех ООПТ(фз) («Башкирский», «Шульган-Таш», «Южно-Уральский») сосредоточено более 3 тыс. км$^2$ земель с заповедным режимом, это почти 30,8% от общей площади земель всех 25 заповедников рассматриваемой территории (рис. 2).

Почти все заповедники расположенные в степном мезорегионе, имеют длинную историю своего возникновения. Ильменский заповедник в Челябинской области, организованный ещё в 1920 году, является наряду с Баргузинским, Астраханским и Кавказским старейшим заповедником в России. Самым молодым можно считать заповедник «Шайтан-тау», расположенный в Оренбургской области, который был основан в 2014 году. Стоит отметить, что

лишь 8 из 25 можно отнести к степным: «Чёрные земли» – Республика Калмыкия; «Казантипский» и «Опукский» – Республика Крым; «Белогорье» – Белгородская область; «Воронежский» – Воронежская область; «Оренбургский» – Оренбургская область; «Ростовский» – Ростовская область и «Восточно-Уральский» – Челябинская область. В остальных регионах степной зоны ввиду антропогенной трансформации степного ландшафта не осталось обширных степных территорий, обладающих необходимыми свойствами и качествами для придания им статуса заповедных, либо работы по организации степных федеральных ООПТ ещё ведутся.

При всей важности роли национальных парков, элементов заповедного фонда и заказников федерального статуса, ввиду своего «островного» (фрагментарно-кластерного) положения они не в состоянии охватить всего многообразия степного мезорегиона и обеспечить условия для сохранения генофонда всех редких и исчезающих видов растений и животных. Десятки краснокнижных видов взяты под охрану на территориях более пластичных в географическом и организационном отношении. Речь идёт, конечно же, о памятниках природы.

В 2014 году более 2,5 тысяч региональных памятников природы наряду с охраной генетических ресурсов выполняли функцию сохранения эталонных и уникальных экосистем в самом антропогенно изменённом биоме России. С начала XIX века, когда А. Гумбольдт ввёл в науку термин «памятник природы», его значение менялось, однако природоохранная роль лишь усиливалась и расширялась.

На территории исследуемого степного мезорегиона на площади менее 6 тыс. км$^2$ расположены редкие или достопримечательные объекты природы, ценные в научном, культурном или рекреационном отношении. На современном этапе развития природно-заповедного фонда в регионах степной зоны в структуре ООПТ(р) преобладают памятники природы регионального значения. Наибольшая их доля характерна для Самарской области (100 %), Республики Северная Осетия – Алания (98,6 %) и Оренбургской области (95,7 %).

Вместе с тем наибольшую площадь в структуре ООПТ регионального и местного значения занимают природные заказники (рис. 3). Велика доля площади территории заказников в структуре ООПТ(р) в Омской области (99,4 %), Чеченской республике (99,1 %) и Республике Калмыкия (99,0 %). Наибольшие площади земель, занятых землями заказников, отмечаются в восточных субъектах рассматриваемого мезорегиона – Новосибирской области (1301,3 тыс. га), Омской области (716,9 тыс. га) и Алтайском крае (702,6 тыс. га).

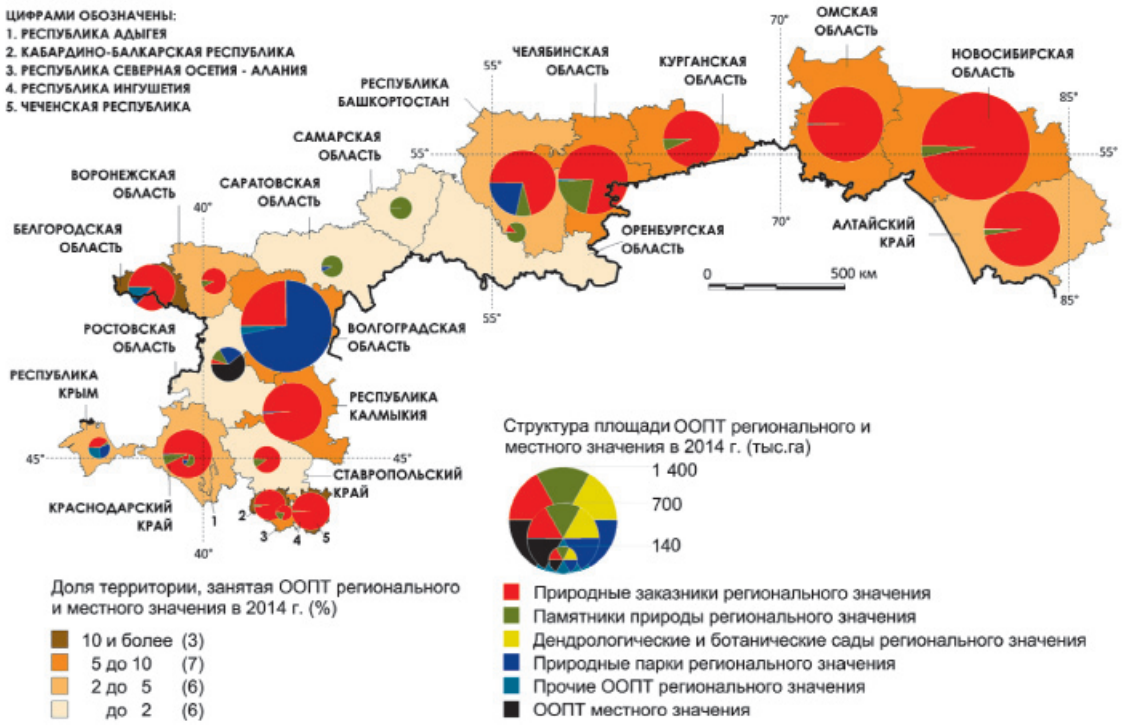



*Рис. 3. Площадная структура ООПТ регионального и местного значения и доля их площади в площади территории региона степной зоны РФ*

Проведённый выше анализ пространственного распределения элементов природно-заповедного комплекса и структуры сети ООПТ регионов степной зоны позволил выявить существующие диспропорции в количественном и площадном отношении, сформулировать следующие выводы и рекомендации по развитию существующей системы ООПТ в рамках устойчивого развития регионов степной зоны РФ:

– В двух субъектах степной зоны РФ, по данным на 2016 год, отсутствуют охраняемые природные территории федерального статуса (Волгоградская и Омская области).

– В структуре земельного фонда 15 из 22 регионов степной зоны РФ имеют долю ООПТ менее 5 % (а для 9 субъектов этот показатель ниже 1 %).

– Менее трети всех заповедников рассматриваемого мезорегиона можно отнести к степным. Лишь в 7 субъектах эталонные территории степного биома взяты под охрану в качестве государственных заповедников.

– На территории большинства регионов степной зоны необходимо активизировать работу по созданию новых национальных парков и государственных заказников. В 2016 году 13 регионов не имеют на своей территории национальных парков и 12 – заказников федерального статуса.

– Система ООПТ регионального и местного значения требует трансформации ввиду существующих диспропорций. Необходимо учитывать комплексность и репрезентативность её элементов внутри субъектов. В регионах где система ООПТ(р) непомерно раздута, необходим перевод территорий из регионального статуса в местный. При этом региональные ООПТ должны иметь достаточную площадь (с учётом буферных зон) для рационального использования природных ресурсов и осуществления мероприятий по охране.

Учитывая физико-географическое и геополитическое положение рассматриваемого степного мезорегиона, сегодня нужно больше внимания уделять проектированию экосетей (экокоридоров), включающих территории регионального, национального и международного уровня [3]. Однако, даже если включить все значительные нераспаханные степные территории в состав природно-заповедного фонда (как это, например, сделано в Украине), без государственной политики в отношении элементов ПЗК, это не решит существующие проблемы степного биома в целом.

Рассматриваемые регионы должны выстраивать свою экологическую политику более эффективно, вовлекая элементы системы ПЗК регионов степной зоны в социально-экономическое развитие территорий. Необходимо усиливать охранный режим заповедников и национальных парков, отвечающих за сохранение генетических ресурсов краснокнижных видов растений и животных, вместе с тем при соблюдении параметров рекреационной ёмкости природных парков, природных объектов регионального и местного значения интенсивнее интегрировать их в туристско-рекреационный комплекс степной зоны.

**Список литературы**

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/3f1/doklad_2014.pdf (дата обращения 12.02.16 г.).

2. Каталог ООПТ [Электронный ресурс]. – URL:http://www.zapoved.ru/catalog (дата обращения 15.06.16 г.).

3. Чибилёв А.А. (мл.) Возобновляемые стратегические природные ресурсы устойчивого развития регионов степной зоны РФ // Успехи современного естествознания. – М.: Изд-во АЕ, 2016. – № 3. – С. 214–219.

4. Чибилёв А.А. (мл.), Семёнов Е.А. Очерки экономической географии Оренбургского края. Том I. – Екатеринбург: ООО «УЦАО», 2014. – 182 с.

5. Чибилёв А.А. (мл.), Семёнов Е.А., Григоревский Д.В. Региональные особенности использования природных ресурсов охраняемых территорий в Оренбургской области // Вестник ОГУ. – Оренбург: ОГУ, 2015. – № 10. – С. 455–460.

УДК 556.5:551.343

# МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРА ЯКУТИИ

**Ядрихинский И.В., Городничев Р.М., Пестрякова Л.А.**

*ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: yadroid@mail.ru*

В статье приведены сведения о морфометрических и основных гидрохимических характеристиках термокарстовых водоемов территории бассейнов крупных северных рек Якутии и Новосибирских островов. Основная масса изучаемых водоемов обладает площадью меньше озерков (до 0,001 км$^2$, 68 ед.). Характерной особенностью для рассматриваемых водоемов является очень высокая степень освещенности дна. Водные объекты обладают ультрапресной (с минерализацией от 13 до 165 мг/л), очень мягкой водой (до 1,5 мг·экв/л), pH которой изменяется от сильнокислых до слабощелочных значений (4,7–8,7). Большинство водоемов характеризуется превышением рыбохозяйственных нормативов ПДК таких растворенных в воде компонентов как общее железо (73 водоема) и фосфат-анионы (в 49). Для изучаемых водных объектов отмечены преобладания различных положительно или отрицательно заряженных ионов, однако в большинстве случаев преобладают кальций (в 53 водоемах) и гидрокарбонаты (в 61). В результате кластерного анализа установлены 3 группы водоемов, четко отличающиеся друг от друга по таким интегральным показателям, как площадь зеркала, минерализация и pH воды.

**Ключевые слова: водоем, термокарст, гидрохимия, морфометрия, прозрачность, кластерный анализ, Якутия**

# MORPHOMETRICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF THE TERMOKARST PONDS IN THE NORTHERN YAKUTIA

**Yadrikhinskiy I.V., Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A.**

*M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: yadroid@mail.ru*

In this article we show the information about morphometrical and hydrochemical parameters of 83 thermokarst ponds located on the territory of major Yakutian river basins and the New Siberian Islands. Main quantities of investigated ponds have small water area (less than 0,001 km$^2$, 68 units). Character feature of the observed water objects is very high level of the water transparency. The ponds have ultra fresh water (mineralization: 13–165 mg/l), with very low total hardness (less than 1,5 mg-eq/l), pH fluctuates from highly acidic to low alkaline conditions (4,7–8,7). The most part of the water objects is characterized by high quantities (above Russian fishing industry limit for water dissolved chemical components) of dissolved iron (for 73 ponds) and phosphates (for 49 ponds). For the observed water objects the domination of the different positive and negative ions was noticed but in the most case the concentrations of calcium (for 53 ponds) and hydrocarbonates (for 61 ponds) are dominated. As a result of cluster analyzes 3 groups of ponds were obtained. These groups have obvious differences in the integral parameters like water area, mineralization and pH of water.

**Keywords: pond, termokarst, hydrochemistry, morphometry, transparency, cluster analysis, Yakutia**

Север Якутии – труднодоступная и слабоизученная территория во многих аспектах, связанных с поверхностными водными объектами [4, 5]. Одним из распространенных компонентов ландшафтов арктической территории региона являются водоемы, возникающие вследствие вытаивания мерзлоты, насыщенной льдом (термокарстовые водоемы). Такого рода водоёмы, разнообразные по форме, размерам, продолжительности развития и существования, изучены слабо. Следовательно, приведение сведений о химическом составе их воды и основных морфометрических характеристиках может существенно обогатить представления о данного рода природных образованиях.

## Материалы и методы исследования

Объектами исследования настоящей работы являются 83 водоема, общим для которых является термокарстовый генезис. Водоемы расположены на севере Якутии (рис. 1) в бассейнах рек Анабар (1 водоем), Индигирка (28), Колыма (30) и на территории Новосибирских островов (9 – на о. Котельный (п-ов Фаддеевский); 15 – на о. Большой Ляховский) [2, 8]. Экспедиционные этапы исследования выполнены в летний период времени с 2007 по 2012 гг. Отбор и консервация проб воды на химический анализ проведена в соответствии со стандартными методиками (ГОСТ 31861-2012). В полевых условиях измерены морфометрические параметры водоемов (длина, ширина максимальная, максимальная глубина), определено значение прозрачности воды по диску Секки [9].

Лабораторные исследования проб воды выполнены широко применяемыми методами (ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000; ПНД Ф 14.1:2:4.157-99; ПНД Ф 14.2.99-97; ГОСТ 4151-72; РД 52.24.433-2005; ПНД Ф 14.1:2.50-96; ПНД Ф 14.1:2.1-95). Такие морфометрические параметры, как площадь зеркала, средняя ширина, объем водной массы, изрезанность береговой линии и коэффициент удлиненности, установлены расчетным путем по стандартным формулам. Объем водной массы вычислен по формуле объема полусферы, где в качестве радиуса использована максимальная глубина, вместо значения площади окружности использована площадь зеркала водоема.

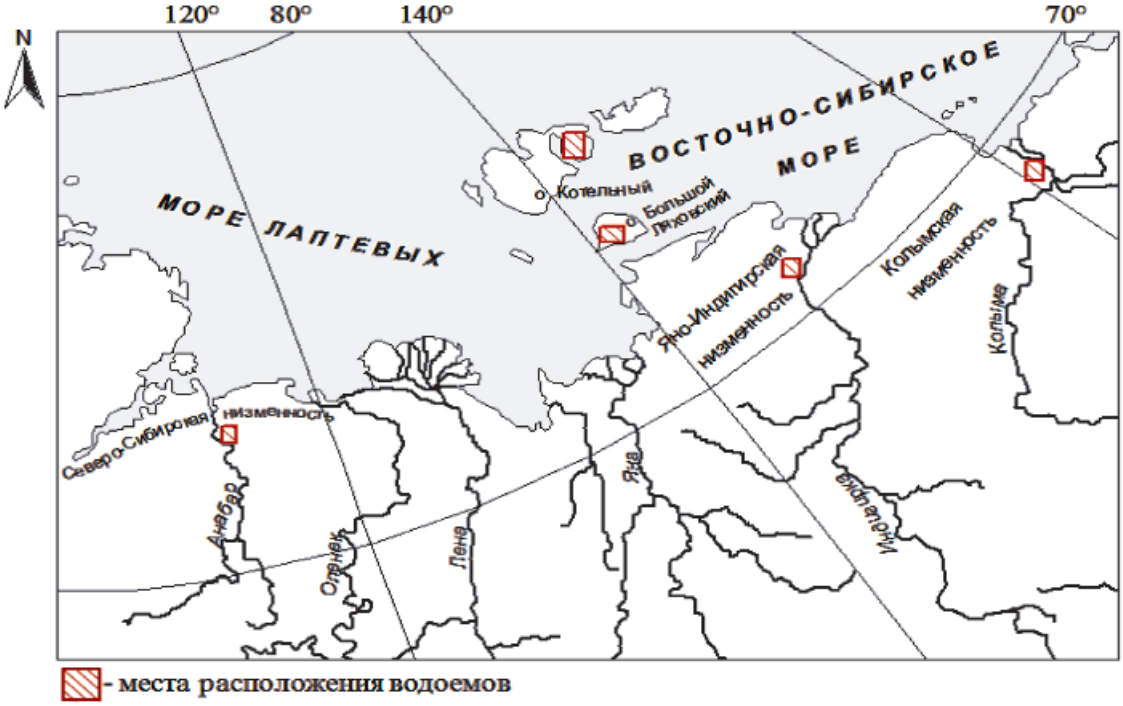



*Рис. 1. Район исследования*

Кластерный анализ данных проведен в программе Statistica Ver. 8.0 методом Варда. Исходными переменными для процедуры кластеризации избраны морфометрические параметры, прозрачность и гидрохимические характеристики, приведенные в таблице. При этом до проведения стандартизации такие параметры, как концентрации общего железа и кремния выражены в мг/л, концентрации главнейших ионов в мг-экв/л, остальные параметры – в единицах измерения, приведенных в таблице. Перед процедурой кластеризации значения всех переменных подвергнуты Z-стандартизации. Картосхема выполнена в программе ArcView Ver. 3.2a.

## Результаты исследования и их обсуждение

Объектом исследования являются 83 термокарстовых [6] водоема (главным образом полигональные), расположенные на Севере Якутии. Ниже дана характеристика морфометрически, гидрохимических характеристик и прозрачности воды указанных водоемов данной слабоизученной и удаленной территории.

### Морфометрические параметры термокарстовых водоемов

По значениям максимальной глубины в соответствии с классификацией С.П. Китаева [7], все рассматриваемые водные объекты могут быть отнесены к водоемам с очень малой глубиной (менее 3 м).

По величине площади водного зеркала, в соответствии с классификацией П.В. Иванова [7], термокарстовые водоемы принадлежат следующим группам: меньше озерков (до 0,001 км$^2$, 68 ед.); озерки (от 0,001 до 0,1 км$^2$, 10 ед.); очень малые (от 0,1 до 1,0 км$^2$, 2 ед.); малые озера (от 1,0 до 10 км$^2$, 3 ед.).

Все наиболее крупные водоемы расположены на территории п-ова Фаддеевский (о. Котельный) и представляют собой сросшиеся воедино близкорасположенные полигональные термокарстовые водоемы. Таким образом, по величине водного зеркала можно пронаблюдать степень «зрелости» термокарстовых водоемов. Наиболее ранние стадии образования полигонов характеризуются небольшими площадями водной поверхности, по мере таяния льдов происходит увеличение водной массы полигонов и их водной поверхности. Близкорасположенные водоемы могут сливаться, формируя более крупные образования, по площади соизмеримые с озерами, однако обладающие малой глубиной и характеризующиеся полным промерзанием водной толщи в зимний период.

По форме водной поверхности в соответствии с классификацией С.В. Григорьева [7],

термокарстовые водоемы принадлежат следующим группам: обладающие округлой формой (показатель удлиненности ($K_{уд}$) < 1,5; 43 ед.); близкой к округлой ($K_{уд}$ = 1,5–3,0; 29 ед.); близкой к овальной ($K_{уд}$ = 3,0–5,0; 5 ед.); овально-удлиненной ($K_{уд}$ = 5,0–7,0; 4 ед.); удлиненной ($K_{уд}$ = 7,0–10,0; 1 ед.) и вытянутой в виде борозды ($K_{уд}$ > 10; 1 ед.).

Значения морфометрических и гидрохимических параметров термокарстовых водоемов выделенных кластеров

| Название параметра | Категория значений | Кластер 1 ($n$ = 5) | Кластер 2 ($n$ = 34) | Кластер 3 ($n$ = 44) | Вся выборка ($n$ = 83) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Длина, м | Макс. | 2906,0 | 100,0 | 403,0 | 2906,0 |
| | Сред. | 1950,8 | 23,3 | 31,6 | 143,8 |
| | Мин. | 1246,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Ширина, м | Макс. | 1417,0 | 50 | 218,0 | 1417,0 |
| | Сред. | 1156,2 | 12,53823529 | 19,6 | 85,2 |
| | Мин. | 877,0 | 1,4 | 1,0 | 1,0 |
| Ширина средняя, м | Макс. | 1015,2 | 50,0 | 162,4 | 1015,2 |
| | Сред. | 799,5 | 12,5 | 16,7 | 62,2 |
| | Мин. | 539,2 | 1,4 | 0,4 | 0,4 |
| Максимальная глубина, м | Макс. | 1,1 | 2,4 | 2,0 | 2,4 |
| | Сред. | 0,9 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| | Мин. | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Длина береговой линии, км | Макс. | 8,05 | 0,26 | 1,07 | 8,05 |
| | Сред. | 5,35 | 0,07 | 0,11 | 0,41 |
| | Мин. | 3,56 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Показатель удлиненности | Макс. | 2,9 | 5,8 | 11,4 | 11,4 |
| | Сред. | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 2,1 |
| | Мин. | 1,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Развитие (изрезанность) береговой линии | Макс. | 1,3 | 1,6 | 5,9 | 5,9 |
| | Сред. | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,3 |
| | Мин. | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Площадь водного зеркала, км$^2$ | Макс. | 2,9503000 | 0,0035000 | 0,0406000 | 2,9503000 |
| | Сред. | 1,6427600 | 0,0005158 | 0,0020228 | 0,1002451 |
| | Мин. | 0,6719000 | 0,0000110 | 0,0000014 | 0,0000014 |
| Приблизительный объем, км$^3$ | Макс. | 0,0010818 | 0,0000025 | 0,0000081 | 0,0010818 |
| | Сред. | 0,0004901907 | 0,0000001769 | 0,0000004075 | 0,0000298181 |
| | Мин. | 0,0002333333 | 0,0000000017 | 0,0000000001 | 0,0000000001 |
| Прозрачность, м | Макс. | 0,1 | 2,4 | 1,1 | 2,4 |
| | Сред. | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,4 |
| | Мин. | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| pH | Макс. | 8,4 | 8,7 | 8,3 | 8,7 |
| | Сред. | 8,1 | 7,3 | 6,5 | 6,9 |
| | Мин. | 7,6 | 6,2 | 4,7 | 4,7 |
| Жесткость общая расчетная, мг-экв./л | Макс. | 0,3 | 2,0 | 1,1 | 2,0 |
| | Сред. | 0,2 | 1,0 | 0,4 | 0,6 |
| | Мин. | 0,1 | 0,6 | 0,1 | 0,1 |
| Минерализация, мг/л | Макс. | 33,5 | 164,9 | 104,8 | 164,9 |
| | Сред. | 20,2 | 88,1 | 33,2 | 54,9 |
| | Мин. | 13,4 | 54,3 | 15,0 | 13,4 |
| $Fe_{об}$, мг/л | Макс. | 0,2 | 3,2 | 9,9 | 9,9 |
| | Сред. | – | 0,7 | 1,8 | 1,3 |
| | Мин. | < 0,1 | 0,1 | 0,1 | < 0,1 |

**Окончание табл. 1**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| $Ca^{2+}$, мг/л | Макс. | 3,9 | 21,9 | 12,0 | 21,9 |
| | Сред. | 1,8 | 11,2 | 3,7 | 6,7 |
| | Мин. | 1,0 | 5,2 | 1,1 | 1,0 |
| $Mg^{2+}$, мг/л | Макс. | 1,9 | 11,2 | 6,0 | 11,2 |
| | Сред. | 1,1 | 4,9 | 2,2 | 3,2 |
| | Мин. | 0,7 | 2,1 | 0,7 | 0,7 |
| $\sum Na^{+} + K^{+}$, мг/л | Макс. | 2,8 | 13,0 | 9,5 | 13,0 |
| | Сред. | 2,2 | 7,3 | 2,7 | 4,5 |
| | Мин. | 1,7 | 3,1 | 0,6 | 0,6 |
| Si, мг/л | Макс. | – | 5,5 | 3,3 | 5,5 |
| | Сред. | – | 0,6 | 1,4 | 1,1 |
| | Мин. | – | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| $HCO_3^-$, мг/л | Макс. | 20,7 | 90,7 | 53,4 | 90,7 |
| | Сред. | 10,9 | 46,8 | 14,6 | 27,6 |
| | Мин. | 6,7 | 20,0 | 2,7 | 2,7 |
| $SO_4^{2-}$, мг/л | Макс. | 0,8 | 40,8 | 17,3 | 40,8 |
| | Сред. | 0,4 | 9,8 | 7,6 | 8,1 |
| | Мин. | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| $Cl^-$, мг/л | Макс. | 3,6 | 28,0 | 12,6 | 28,0 |
| | Сред. | 3,2 | 8,0 | 2,3 | 4,7 |
| | Мин. | 2,4 | 1,0 | 0,1 | 0,1 |
| $Ca^{2+}$, % | Макс. | 21,4 | 29,4 | 29,3 | 29,4 |
| | Сред. | 15,6 | 22,3 | 19,6 | 20,4 |
| | Мин. | 10,6 | 15,2 | 7,3 | 7,3 |
| $Mg^{2+}$, % | Макс. | 20,9 | 21,5 | 26,7 | 26,7 |
| | Сред. | 17,0 | 15,5 | 19,4 | 17,7 |
| | Мин. | 14,7 | 9,1 | 6,8 | 6,8 |
| $\sum Na^{+} + K^{+}$, % | Макс. | 24,7 | 19,9 | 34,1 | 34,1 |
| | Сред. | 17,5 | 12,2 | 11,0 | 11,9 |
| | Мин. | 11,8 | 3,6 | 3,4 | 3,4 |
| $HCO_3^-$, % | Макс. | 37,9 | 40,5 | 49,0 | 49,0 |
| | Сред. | 31,2 | 31,3 | 25,5 | 28,2 |
| | Мин. | 27,3 | 17,1 | 6,7 | 6,7 |
| $SO_4^{2-}$, % | Макс. | 3,1 | 31,3 | 42,4 | 42,4 |
| | Сред. | 1,6 | 9,4 | 18,3 | 13,7 |
| | Мин. | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| $Cl^-$, % | Макс. | 21,5 | 23,1 | 27,6 | 27,6 |
| | Сред. | 17,2 | 9,4 | 6,2 | 8,1 |
| | Мин. | 11,0 | 1,2 | 0,6 | 0,6 |
| Природная зона | | АТ(5) | АТ(13), ТТ (21) | АТ(6), ТТ(38) | АТ(24), ТТ(59) |
| Территория | | НО(5) | Кол(19), НО(13), Инд(1) | Инд(27), Кол(11), Ан(1), НО(6) | НО(24), Кол(30), Инд(28), Ан(1) |
| Генезис | | ЭТ(5) | Т(34) | ЭТ(2), Т(42) | ЭТ(7), Т(76) |

Примечание. Серой заливкой выделены наименьшие и наибольшие значения параметров выборки; красным жирным шрифтом даны наименьшие средние значения; синим жирным – наибольшие средние значения параметров.

**Физико-химические параметры воды**

Такой физический параметр воды, как прозрачность, варьирует в достаточно широких пределах (от 0,03 до 2,4 м), в среднем составляя 0,41 м. Доля прозрачности от максимальной глубины водоема изменяется от 3 до 100 %, при среднем значении 92 %, что свидетельствует об очень высокой степени освещенности дна водных объектов.

Водородный показатель изменяется от сильнокислых до слабощелочных значений (4,7–8,7). Все водные объекты обладают ультрапресной водой, с минерализацией от 13 до 165 мг/л. В соответствии со значениями общей жесткости вода практически всех объектов является очень мягкой (до 1,5 мг·экв/л).

Большинство водоемов характеризуется превышением рыбохозяйственных нормативов ПДК таких компонентов, как общее железо (73 водоема) и фосфат-анионы (в 49 объектах достигнут или превышен норматив для олиготрофных водоемов).

Для изучаемых водных объектов отмечены преобладания различных положительно или отрицательно заряженных ионов, однако в большинстве случаев преобладают кальций (в 53 водоемах) и гидрокарбонаты (в 61).

Средние значения гидрохимических параметров позволяют описать их воду следующей формулой М.Г. Курлова [1]:

$$M\,0{,}055\frac{HCO_3 28\ SO_4 14\ Cl8}{Ca20\ Mg18\ (Na+\ K)12}pH6{,}9\ Ж0{,}6\ -$$

хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатная натриево-магниево-кальциевая вода, с общей минерализацией 0,055 г/л, преобладающей концентрацией гидрокарбонатных ионов и ионов кальция, нейтральным водородным показателем и очень мягкая. По О.А. Алекину она принадлежит классу гидрокарбонатных группе кальциевых вод II типа: $C_{II}^{Ca}$.

**Статистическая обработка данных**

В результате кластерного анализа установлены 3 группы водоемов (рис. 2), по совокупности морфометрических и гидрохимических параметров четко отличающиеся между собой.

Подробное рассмотрение распределения значений переменных водоемов по кластерам позволяет сделать вывод о том, что исследуемые водоемы разных групп отличаются как по значениям морфометрических характеристик, так и по величине гидрохимических параметров.

Наибольшее отличие в изучаемых группах установлено по значениям характеристик, описывающих размеры водных объектов (площадь зеркала и объем водной массы). Средние значения групп отличаются минимум на 1 порядок (между 2 и 3 кластерами). Так наибольшим размером водной поверхности обладают водоемы кластера 1, представленные крупными по площади, предположительно эрозионно-термокарстовыми водоемами, образованными под влиянием термокарстовых процессов. Такого рода крупные, равные площадям озер водоемы обладают, однако, очень малой глубиной и промерзают до дна, что не позволяет отнести их к «настоящим озерам».

В наборе объектов исследования можно выделить 3 стадии образования термокарстовых водоемов севера Якутии, характеризующиеся увеличением размеров водной поверхности по мере развития процессов таяния подземного льда. Обширные по площади поверхности объекты образуются в результате оттаивания льда на большой территории, что для исследуемых водоемов, по-видимому, может быть связано с отепляющим и эрозионным (механическим) воздействием водотоков.

Важным интегральным показателем химического состава воды является общая минерализация, которая также существенно отличается для объектов выделенных групп водоемов.

Наибольшие количества растворенных солей отмечены для объектов 2-й группы, представленных наименьшими по размерам водной поверхности водоемами, данные объекты основную массу воды, по-видимому, получают за счет таяния ледового комплекса, результатом чего является обогащение солями и ионами грунтов. По мере дальнейшего развития водоемов новые порции воды не привносят существенного количества солей ввиду лучшей промытости грунтов в сравнении с начальными этапами развития полигонов. Последующие порции воды способствуют опреснению. Данное обстоятельство может служить объяснением, почему большие по площади полигональные водоемы, находящиеся на одной широте обладают меньшей минерализацией.

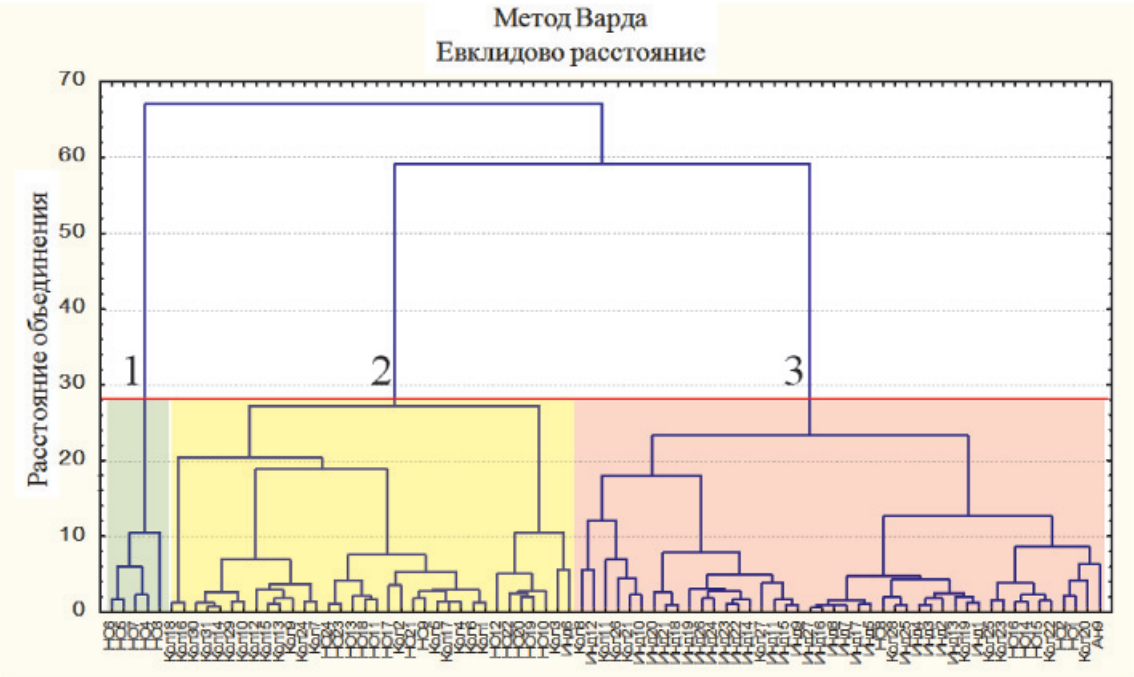



*Рис. 2. Кластеры водоемов по сочетанию морфометрических, гидрохимических характеристик и прозрачности воды*

Наименьшие значения минерализации зафиксированы для наиболее крупных озер 1-го кластера, которые расположены севернее других в зоне арктической тундры. Вероятно, она является отражением зональности, действующей на баланс солей водных объектов и доказанной в более ранних работах для озер Севера Якутии [3].

Отличается химический состав воды объектов различных групп и по значениям других химических параметров (например, по pH, общей жесткости и др.). Химический тип воды, различных кластеров, вычисленный по средним значениям гидрохимических параметров водоемов различных кластеров, также отличается. Водоемы кластера 1 обладают кальциево-магниево-натриевой хлоридно-гидрокарбонатной, ультрапресной очень мягкой, слабощелочной водой. Для водоемов кластеров 2 и 3 характерна натриево-магниево-кальциевая хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатная вода, ультрапресная, очень мягкая с преимущественно нейтральным pH.

## Заключение

Основная масса изучаемых водоемов обладает очень малой глубиной (максимальная глубина меньше 3 м), площадью меньше озерков (до 0,001 км$^2$, 68 ед.). Величина водного зеркала термокарстовых водоемов, вероятно, отражает степень их развития (наиболее крупные водоемы представлены объединением множества мелких). Характерной особенностью для рассматриваемых водных объектов является небольшая глубина и очень высокая степень освещенности дна. Водные объекты обладают ультрапресной (с минерализацией от 13 до 165 мг/л), очень мягкой водой (до 1,5 мг·экв/л), pH воды изменяется от сильнокислых до слабощелочных значений (4,7–8,7). Большинство водоемов характеризуется превышением рыбохозяйственных нормативов ПДК таких растворенных в воде компонентов, как общее железо (73 водоема) и фосфат-анионы (в 49). Для изучаемых водных объектов отмечены преобладания различных положительно или отрицательно заряженных ионов, однако в большинстве случаев преобладают кальций (в 53 водоемах) и гидрокарбонаты (в 61). В результате кластерного анализа установлены 3 группы водоемов, четко отличающиеся друг от друга по таким интегральным показателям, как площадь зеркала, минерализация и pH воды.

*Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности научно-исследовательской работы № 5.1771.2014/К «Реконструкция климатических изменений голоцена Центральной Якутии с применением комплексных геоэкологических лимнологических методов».*

## Список литературы

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии – Л.: Гидрометеоиздат, 1953. – 296 с.

2. Городничев Р.М., Пестрякова Л.А. Гидрохимическая характеристика водных объектов полуострова Фаддеевский (Новосибирские о-ва) // Наука и образование. – 2014. – № 1 (73). – С. 80–85.

3. Городничев Р.М., Пестрякова Л.А., Ядрихинский И.В. Взаимосвязи диатомовых водорослей с морфометрическими, гидрохимическими характеристиками и параметрами местоположения озер Севера Якутии // Вестник СВФУ. – 2015. – № 6 (50). – С. 14–26.

4. Городничев Р.М., Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А. Сходство таксономического состава диатомовых водорослей озер Севера Якутии [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3; URL: http://www.science-education.ru/123-20117. – (Дата обращения: 29.06.2015).

5. Городничев Р.М., Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А. Разнообразие диатомовых водорослей водоемов северной части Якутии [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3; URL:: http://www.science-education.ru/123-19641 (Дата обращения: 09.06.2015).

6. Жирков И.И. Морфогенетическая классификация как основа рационального использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов озер криолитозоны (на примере Центральной Якутии) // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны (На примере Центральной Якутии). Межвузовский сборник. – Якутск: ЯГУ, 1983а. – С. 4–47.

7. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 160 с.

8. Ушницкая Л.А., Городничев Р.М., Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А. Предварительная лимнологическая характеристика водоемов полуострова Фаддеевский (Новосибирские острова) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8. – С. 189–192.

9. Tyler J. E. The Secchi disc // Limnology and Oceanography. – 1968. – Vol. 13, № 1. – P. 1–6.