
УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 11

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 ВИНТИ.

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 – 16.09.2016

Формат 60х90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

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

Способ печати – оперативный.
Усл.п.л. 25,63
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/11-2016
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

КОСВЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ «АКТИВНОГО ХЛОРА» <i>Баранова Е.И.</i>	9
ИССЛЕДОВАНИЯ АНТОЦИАНОВОГО КОМПЛЕКСА ЯГОД, ПРОШЕДШИХ КРИООБРАБОТКУ <i>Бутенко Л.И., Подгорная Ж.В.</i>	14
ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СМАЧИВАНИЯ <i>Лопанов А.Н., Тихомирова К.В.</i>	18
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ МИКРОПОЛЛЮТАНТОВ УФ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЭКСИЛАМПЫ <i>Матафонова Г.Г., Батоев В.Б.</i>	23
ДАТИРОВАНИЕ ОСТЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА <i>Могнонов Д.М., Аюрова О.Ж., Танганов Б.Б.</i>	28
ИННОВАЦИОННЫЕ ВИДЫ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ <i>Удалова Л.П., Догаева Л.А., Юрикова Е.В.</i>	33

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ <i>Зеленяк А.К., Морозова Е.В., Иозус А.П.</i>	38
ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫМИ ПРИЗНАКАМИ У ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ <i>Ильин В.С., Гетц Г.В., Губин С.В., Логинова А.М.</i>	43
ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ВИДОВ И БИОТИПОВ СОСНЫ ДЛЯ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В РАЙОНЕ СТЕПЕЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ <i>Иозус А.П., Морозова Е.В.</i>	49
ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ ТОПОЛЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ НА ОСНОВЕ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ <i>Морозова Е.В., Иозус А.П.</i>	55
ЗИМОСТОЙКОСТЬ ГРУШИ УССУРИЙСКОЙ В УСЛОВИЯХ РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ <i>Рунова Е.М., Аношкина Л.В., Золотухина Г.И.</i>	60
УРОЖАЙНОСТЬ СРЕДНЕСПЕЛЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ПАРАМЕТРЫ ИХ АДАПТИВНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ <i>Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш.</i>	65
ВЫРАЩИВАНИЕ КРУПНОМЕРНЫХ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ <i>Сиволопов А.И., Благодарова Т.А., Кошелев А.Ю.</i>	70
ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КУЛЬТУРАХ <i>Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А.</i>	75

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ В АДАПТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ <i>Сутягин В.П., Тюлин В.А.</i>	80
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ <i>Тарасенко Н.А., Баранова З.А., Быкова Н.С., Третьякова Н.Р.</i>	86
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ <i>Тюлин В.А., Сутягин В.П.</i>	91
Науки о Земле (25.00.00)	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕГА НА АКВАТОРИИ СРЕДНЕЙ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ <i>Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н.</i>	96
АТТРАКТОРЫ РОСТА МОЩНОСТИ ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА ЧЕРНОЗЁМОВ <i>Голеусов П.В.</i>	106
МЕДИКО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ КРИЗИСНЫХ МАРГИНАЛЬНЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. НОВОКУЗНЕЦКА) <i>Горбунов В.С., Межова Л.А., Луговской А.М., Дмитриева В.Т., Майнашева Г.М.</i>	111
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА GIA <i>Дударева О.В.</i>	116
РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ТРУДОВЫХ МИГРАЦИЙ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Дюканова Е.Н.</i>	121
ФОРМИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОКЕАНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УРАГАНА <i>Ксенофонтов А.С., Москаленко Л.А.</i>	127
ЛАНДШАФТНО-ОЦЕНОЧНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЛЯ АТЛАСА БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ (В ПРЕДЕЛАХ РОССИИ И МОНГОЛИИ) <i>Кузнецова Т.И.</i>	132
ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И СОЦИАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ НАСЕЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИИ <i>Лозовская С.А., Изергина Е.В., Косолапов А.Б., Гиладури Т.Н.</i>	141
ЭКОТРОПА КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Ломакин И.А., Попова Е.И.</i>	146
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УНИКАЛЬНЫХ НАГОРНЫХ ДУБРОВ БАСЕЙНА СРЕДНЕГО ДОНА <i>Луговская Л.А., Землякова А.В., Межова Л.А., Луговской А.М.</i>	151
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ <i>Маркелова Н.П., Кадомцев Г.М., Черняев С.И.</i>	156
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ УГЛЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ <i>Москаленко Т.В., Ворсина Е.В., Катина Е.А.</i>	162
ЛОКАЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОКЕАНА НА ПРОХОЖДЕНИЕ ШТОРМА <i>Москаленко Л.А., Ксенофонтов А.С., Арванова С.М.</i>	166

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ХЕМЧИКСКОЙ КОТЛОВИНЫ (ЗАПАДНАЯ ТЫВА)	
<i>Очур-оол А.О., Кирпотин С.Н., Ондар С.О.</i>	171
ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОТРАСЛЕВОЙ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Падалко Ю.А.</i>	176
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОГО-ПАВ ЗАВОДНЕНИЯ ДЛЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	
<i>Петров И.В., Тютяев А.В., Должикова И.С.</i>	182
ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-АЛДАНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЦАРР)	
<i>Рукович А.В.</i>	186
ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ МИКРОСЕЙСМ ДО И ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	
<i>Трофименко С.В., Рябинкин К.С., Пупатенко В.В.</i>	191
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННО-ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРНОГО ЛЕДНИКОВОГО КУПОЛА	
<i>Чернов Р.А., Кудиков А.В., Мирошников А.Ю.</i>	197
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Чурсин А.И., Маньшина Н.А.</i>	202

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

INDIRECT METHOD OF DEFINITION OF «ACTIVE CHLORINE» <i>Baranova E.I.</i>	9
RESEARCH ANTHOCYANIN COMPLEX BERRIES, PASSED KRYVOBRODY <i>Butenko L.I., Podgornaya Zh.V.</i>	14
WETTING PARAMETRIC MODELS <i>Loponov A.N., Tikhomirova K.V.</i>	18
ENERGY EFFICIENCY OF PURIFICATION OF NATURAL WATER AND WASTEWATER FROM ORGANIC MICROPOLLUTANTS USING UV RADIATION OF EXCILAMP <i>Matafonova G.G., Batoev V.B.</i>	23
DATING OF OSTEOLOGICAL MATERIAL OF ARCHAEOLOGICAL SOURCES BY METHOD OF THERMAL ANALYSIS <i>Mogonov D.M., Ayurova O.Zh., Tanganov B.B.</i>	28
INNOVATIVE TYPES OF SOFT DRINKS FOR FUNCTIONAL FOOD <i>Udalova L.P., Dogaeva L.A., Yurikova E.V.</i>	33

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

FEATURES OF VEGETATIVE PROPAGATION (CLONING) OF SIBERIAN LARCH FOR CREATION SEED ORCHARDS <i>Zelenyak A.K., Morozova E.V., Iozus A.P.</i>	38
THE STUDY OF CORRELATIONS BETWEEN THE BASIC ECONOMIC-USEFUL TRAITS IN INBRED LINES OF MAIZE BREEDING IN OMSK <i>Ilyin V.S., Getts G.V., Gubin S.V., Loginova A.M.</i>	43
FEATURES OF VEGETATIVE PROPAGATION SPECIES AND BIOTYPES OF PINE FOR PROTECTIVE AFFORESTATION IN THE REGION OF THE STEPPES OF THE EUROPEAN PART OF THE RUSSIAN FEDERATION <i>Iozus A.P., Morozova E.V.</i>	49
THE IDENTIFICATION OF PROMISING HYBRIDS OF POPLAR FOR CONDITIONS OF DRY STEPPE IN THE LOWER VOLGA REGION ON THE BASIS OF THEIR COMPREHENSIVE INTEGRATED ASSESSMENT <i>Morozova E.V., Iozus A.P.</i>	55
IN WINTER-HARDY PEAR USSURIISK HARSH CONTINENTAL CLIMATE OF EASTERN SIBERIA <i>Runova E.M., Anoshkina L.V., Zolotukhina G.I.</i>	60
PRODUCTIVITY OF MID-SEASON SPRING WHEAT VARIETIES AND PARAMETERS OF THEIR ADAPTABILITY IN VARIOUS CLIMATIC ZONES OF NORTHERN TRANSURALSIA <i>Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh.</i>	65
CULTIVATION OF LARGE-SIZED SEEDLINGS OF ENGLISH OAK USING OF MINERAL FERTILIZERS <i>Sivolapov A.I., Blagodarova T.A., Koshelev A.Yu.</i>	70
EFFECT OF REGULARLY REPEATED APPLICATIONS OF NITROUS FERTILIZERS ON TIMBER QUALITY IN SCOTS PINE CROPS <i>Sokolov A.I., Pekkoev A.N., Kharitonov V.A.</i>	75
MINERAL NUTRITION IN ADAPTIVE AGRICULTURE <i>Sutyagin V.P., Tyulin V.A.</i>	80

USE OF FOOD FIBRES IN FUNCTIONAL CONFECTIONERY <i>Tarasenko N.A., Baranova Z.A., Bykova N.S., Tretyakova N.R.</i>	86
IMPROVING THE EFFICIENCY OF FERTILIZERS IN THE ENVIRONMENTAL AGRICULTURE <i>Tyulin V.A., Sutyagin V.P.</i>	91

Earth sciences (25.00.00)

POLLUTION OF SNOW ON THE WATER AREA OF THE AVERAGE HOLLOW OF LAKE BAIKAL AND THE ADJACENT TERRITORY <i>Belozertseva I.A., Vorobeva I.B., Vlasova N.V., Yanchuk M.S., Lopatina D.N.</i>	96
ATTRACTORS OF HUMUS HORIZON FORMATION IN CHERNOZEMS <i>Goleusov P.V.</i>	106
MEDICAL-GEOPHYSICAL ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL CRISIS OF ECOLOGICALLY MARGINAL URBANIZED TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF NOVOKUZNETSK) <i>Gorbunov V.S., Mezheva L.A., Lugovskoy A.M., Dmitrieva V.T., Maynasheva G.M.</i>	111
GIS-BASED ANALYSIS ON THE BASIS OF THE TECHNOLOGY OF COMPUTER SIMULATION USING PROGRAM COMPLEX GIA <i>Dudareva O.V.</i>	116
THE PERFORMANCE OF CONTEMPORARY LABOUR MIGRATION IN THE KURSK REGION <i>Dyukanova E.N.</i>	121
FORMATION VERTICAL STRUCTURE OF THE UPPER OCEAN UNDER THE INFLUENCE OF HURRICANE <i>Ksenofontov A.S., Moskalenko L.A.</i>	127
LANDSCAPE-ESTIMATED MAPPING FOR THE ATLAS OF THE LAKE BASIN BAIKAL (WITHIN RUSSIA AND MONGOLIA) <i>Kuznetsova T.I.</i>	132
ENVIRONMENT AND SOCIAL PATHOLOGY OF POPULATION FAR-EASTERN FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA <i>Lozovskaya S.A., Izergina E.V., Kosolapov A.B., Gilauri T.N.</i>	141
ECOLOGICAL PATH AS A WAY TO FORM ECOLOGICAL CULTURE AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT <i>Lomakin I.A., Popova E.I.</i>	146
GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF A UNIQUE UPLAND OAK FORESTS OF THE BASIN OF THE MIDDLE DON <i>Lugovskaya L.A., Zemlyakova A.V., Mezheva L.A., Lugovskoy A.M.</i>	151
SOME FEATURES OF HIGH-EFFICIENCY AIR FILTERS CONTROL <i>Markelova N.P., Kadomtsev G.M., Chernyaev S.I.</i>	156
FUNCTIONAL INDEX FOR ASSESSMENT THE MANAGEMENT EFFICIENCY OF QUALITY OF COALS IN UNDERGROUND MINING <i>Moskalenko T.V., Vorsina E.V., Katina E.A.</i>	162
LOCAL REACTION UPPER OCEAN ON PASSING STORM <i>Moskalenko L.A., Ksenofontov A.S., Arvanova S.M.</i>	166
LANDSCAPE STRUCTURE KHEMCHIKSKY BASIN (WESTERN TYVA) <i>Ochur-ool A.O., Kirpotin S.N., Ondar S.O.</i>	171
TERRITORIAL-SECTORAL STRUCTURE OF INVESTMENTS IN THE ORENBURG REGION <i>Padalko Yu.A.</i>	176

PROGRAM DEVELOPMENT FOR EXPERIMENTAL EVALUATION OF OIL RESERVOIR ALKALINE-SAS FLOODING EFFICIENCY <i>Petrov I.V., Tyutyayev A.V., Dolzhikova I.S.</i>	182
HISTORY OF GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE CENTRAL ALDAN ORE REGION (CAOR) <i>Rukovich A.V.</i>	186
STUDY OF SPECTRA MICROSEISMS BEFORE AND AFTER EARTHQUAKE <i>Trofimenko S.V., Ryabinkin K.S., Pupatenko V.V.</i>	191
FIRST RESULTS OF RADIATION-GLACIOLOGICAL STUDIES OF THE NORTHERN ICE CAP <i>Chernov R.A., Kudikov A.V., Miroshnikov A.Yu.</i>	197
ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF AGRICULTURAL LAND IN THE PENZA REGION <i>Chursin A.I., Manshina N.A.</i>	202

УДК 544.653.22

КОСВЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ «АКТИВНОГО ХЛОРА»**Баранова Е.И.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
Краснодар, e-mail: zina_27@bk.ru*

Целью работы является разработка методики определения активного хлора электрохимически обработанной жидкости косвенно потенциометрическим методом. Основная часть анализов остаточного активного хлора выполняется традиционным химическим методом, в основе которого – методика объемного титрования рабочим раствором тиосульфата натрия с визуальной индикацией точки эквивалентности по крахмалу. Главными недостатками методики являются малая химическая устойчивость растворов тиосульфата натрия, необходимость периодической проверки его титра, высокий предел определяемых содержаний активного хлора и соответственно низкая чувствительность метода, относительно большая ошибка определения. С целью устранения указанных недостатков объемного классического анализа, автоматизации метода, сокращения его трудоемкости проводятся исследования по разработке инструментальных методов контроля активного хлора. Предложен вариант косвенного потенциометрического метода определения общего содержания «активного хлора» в электрохимически обработанных хлоридсодержащих электролитах без применения буферной системы.

Ключевые слова: электрохимическая обработка, хлорид натрия, окислительно-восстановительный потенциал

INDIRECT METHOD OF DEFINITION OF «ACTIVE CHLORINE»**Baranova E.I.***Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: zina_27@bk.ru*

The purpose of the paper is to develop the technique of determination of available chlorine in electrochemically treated liquid by indirect potentiometric method. The most of analyses of residual available chlorine are carried out by traditional chemical technique based in the methods of volumetric titration by means of working solution of sodium thiosulphate with visual indication of equivalence point on starch. The main disadvantages of the methods are low chemical stability of sodium thiosulphate solutions, necessity of periodic control of titre, high limit of available chlorine content and therefore low sensitivity of the technique and relatively significant error of determination. That research work on developing instrumental methods of available chlorine control is carried out. Its purpose is to eliminate the disadvantages of classic volumetric analysis, to automatize it and reduce labour intensity. Variant of indirect potentiometric method for determination of total content of active chlorine in electrochemically treated electrolytes, containing chlorine, without the use of a buffer system proposed.

Keywords: electrochemical processing, sodium chloride, redox potential

С целью обеспечения санитарных, гигиенических показателей, предъявляемых к питьевой, бытовой, технической воде, технологическим жидкостям, решения экологических проблем проводится обеззараживание вод различного назначения хлором.

После операции хлорирования обязателен контроль содержания остаточного активного хлора. Под термином «активный хлор» понимают суммарное содержание в воде сильных хлорсодержащих окислителей: гипохлорита натрия, молекулярного растворенного хлора и хлорамина. Основная часть анализов остаточного активного хлора выполняется традиционным химическим методом, в основе которого – методика объемного титрования рабочим раствором тиосульфата натрия с визуальной индикацией точки эквивалентности по крахмалу. Главными недостатками методики являются малая химическая устойчивость растворов тиосульфата натрия, необходимость периодической проверки его титра, высокий предел определяемых содержаний активного хлора и соот-

ветственно низкая чувствительность метода, относительно большая ошибка определения. Систематическая ошибка йодид-крахмальной методики определения остаточного активного хлора составляет около 8 отн % при $C_{AX} = 0,3-0,7$ мг/л и уменьшается до 4 отн % при $C_{AX} = 1,5$ мг/л. Как известно, с целью устранения указанных недостатков объемного классического анализа, автоматизации метода, сокращения его трудоемкости проводятся исследования по разработке инструментальных методов контроля активного хлора.

Электрохимическая, особенно анодная обработка (активация) водных растворов электролитов нашла достаточно широкое применение на стадиях пробоподготовки в алгоритме различных электрохимических и других физико-химических методов анализа [5].

Целью нашей работы является разработка методики определения активного хлора электрохимически обработанной жидкости косвенно потенциометрическим методом.

Материалы и методы исследования

Электрохимическая генерация активного хлора в растворах хлорида натрия (с содержанием соли от 0,001 до 1,0 моль/дм³) проводилась в анодной камере двухкамерного проточного электролизера с электродами в виде графитовых дисков в режиме постоянного и импульсного тока (силой от 0,05 до 0,5 А, соответствующий интервал плотности тока от 8 до 70 А/м²). Формирование окислительно-восстановительного потенциала в этих условиях контролировалось потенциометрическими измерениями (индикаторный точечный платиновый электрод ЭПВ-1, хлоридсеребряный электрод сравнения ЭВЛ 1 МЗ) как в потоке анолита, фрагмент которого образует гальваническую ячейку, так и в пробоотборнике при перемешивании магнитной мешалкой.

Результаты исследования и их обсуждение

Аналитический контроль за содержанием «активного хлора» (m_{AX} или C_{AX} , мг/дм³ или моль/дм³) в электрохимически обработанной жидкости – анолите осуществлялся методом йодометрического титрования с визуальной индикацией конечной точки титрования в соответствии с ГОСТ 18190-72 [1]. В отличие от данной стандартной методики нами на анализ отбирался в несколько раз меньший объем жидкой пробы.

Методика определения активного хлора объемным йодометрическим титрованием. 0,5–1,0 г сухого йодистого калия вносят в коническую колбу емкостью 100 см³, растворяют его в 1–2 см³ дистиллированной воды, затем добавляют 1 см³ буферного раствора с рН равным 4,5 и 25 см³ анолита или соответствующего модельного раствора. Выделившийся йод титруют раствором тиосульфата натрия с концентрацией $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,005$ моль/дм³ до появления светло-желтой окраски. После чего прибавляют 1 см³ 0,5 % раствора крахмала и титруют до исчезновения синей окраски.

Массовую долю активного хлора (m_{AX} , мг/дм³) рассчитывали по формуле

$$m_{AX} = \frac{V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} K \cdot 0,177 \cdot 1000}{V_x}, \quad (1)$$

где $V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ – количество 0,005 Н раствора тиосульфата натрия, израсходованное на титрование, см³; K – поправочный коэффициент нормальности раствора тиосульфата натрия; 0,177 – содержание активного хлора, соответствующее 1 см³ 0,005 Н раствора тиосульфата натрия; V – объем пробы воды, взятый для анализа, см³; 1000 – коэффициент для перевода массы в граммах в миллиграммы.

Молярную концентрацию активного хлора в анолите, C_{AX} , моль/дм³, рассчитывали по формуле

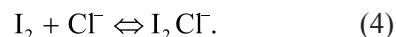
$$C_{AX} = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_x}, \quad (2)$$

где $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – общий объем $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование (до к.т.т.), см³; V_x – объем анолита на анализ, см³.

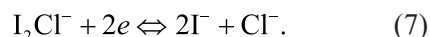
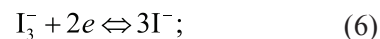
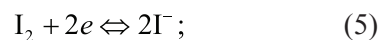
Другой метод количественного определения активного хлора в электрохимически обработанном растворе (анолите) с различным содержанием хлористого натрия – косвенный потенциометрический метод без проведения титрования («одноточечное» ОВ-титрование), основанный на измерении двух значений окислительно-восстановительного потенциала $E(\text{I}_2/2\text{I}^-)$ в обратимой (равновесной) электрохимической йод-йодидной системе с Рт-индикаторным электродом: после смешения пробы с реагентом (KI) (E_1) и после добавки дозы эталонного (фиксального) раствора йода (E_2). Первоначальное выделение в испытуемой смеси (E_1) обусловлено реакцией активного хлора (окислитель) с йодид-ионами.

В литературе опубликованы различные варианты подобного определения для контроля остаточных количеств «активного хлора» в питьевых, производственных и сточных водах. Потенциометрическое же определение «активного хлора» в электрохимически обработанных хлоридсодержащих электролитах на основе потенциалов $E(\text{I}_2/2\text{I}^-)$ до настоящей работы, по-видимому, не проводилось. Как уже отмечалось выше, обратимые потенциалы $E(\text{I}_2/2\text{I}^-)$ являются к тому же важной характеристикой окислительно-восстановительных свойств электрохимически обработанной жидкости.

Согласно теоретическому анализу, проведенному в работах [3], в системе I_2 –KI–NaCl протекают следующие основные объемные равновесные реакции:



На поверхности платинового электрода локализуются электрохимические реакции:



Так как указанное выделение йода в данных экспериментальных условиях происходит при значительном избытке солей NaCl и KI, концентрацию йода $C(I_2)$ в испытуемом растворе можно описать общим уравнением

$$C(I_2) = [I_2] + [I_3^-] + [I_2Cl^-]. \quad (8)$$

С учетом равновесий всех реакций (3)–(7) окислительно-восстановительный потенциал исследуемой системы выразим уравнением Нернста для электрохимической реакции (6). Выразив концентрацию $[I_3^-]$ из уравнения (8) при условии, что

$$[I^-] \cong C(KI); \quad (9)$$

$$[Cl^-] \cong C(NaCl), \quad (10)$$

находим

$$E(I_3^-/3I^-) = E^{o,f}(I_3^-/3I^-) + \frac{2,3RT}{2F} \times \lg \frac{K_{I_3} C(I_2)}{C(KI)^2 (K_{I_3} C(KI) + K_{I_2Cl^-} + C(NaCl) + 1)}, \quad (11)$$

где $E^{o,f}(I_3^-/3I^-)$ – формальный потенциал реакции (6); K_{I_3} – концентрационная константа образования комплекса I_3^- [4]; $K_{I_2Cl^-}$ – концентрационная константа образования частицы I_2Cl^- [4].

Принимая во внимание относительно высокую ионную силу испытуемого раствора из уравнения (11), получаем

$$E(I_3^-/3I^-) \cong \text{const} + S \lg C(I_2). \quad (12)$$

Соотношение (12) удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными: опытная зависимость э.д.с. гальванического элемента от $\lg C(I_2)$ является линейной в интервале значений $C(I_2) = 2 \cdot 10^{-4} - 10^{-2}$ моль/дм³. Отсюда найдено среднее экспериментальное значение крутизны электродной функции $S = 29,9$ мВ. Таким образом, приведенные результаты подтверждают возможность применения косвенного потенциометрического метода определения активного хлора без проведения титрования в электрохимически обработанном солевом растворе.

Методика определения активного хлора электрохимически обработанной жидкости косвенно потенциометрическим методом

50 см³ раствора анолита помещают в химический стакан емкостью 100 см³,

вносят 0,5 г сухого йодистого калия, после его растворения измеряют первое значение окислительно-восстановительного потенциала E_1 . Затем вносят добавку 1 см³ стандартного (фиксального) раствора йода с концентрацией $C(I_2) = 0,1$ моль/дм³ и измеряют второе значение окислительно-восстановительного потенциала E_2 . Находят разность потенциалов

$$\Delta E = E_2 - E_1. \quad (13)$$

Содержание активного хлора C_{AX} , моль/дм³, рассчитывают по формуле

$$C_{AX} = \frac{C(I_2) V_2}{V_X (10^{\Delta E/S} - 1)}, \quad (14)$$

где $C(I_2)$ – концентрация фиксального раствора йода, моль/дм³; V_2 – объем стандартной добавки йода, см³; V_X – объем анолита на анализ, см³; S – крутизна электродной функции, мВ.

Для оценки содержания активного хлора по величине массовой доли m_{AX} , мг/дм³, значения C_{AX} умножаем на 0,0355.

Результаты определения активного хлора в анолите проточного двухкамерного электролизера при различных режимах электролиза методами йодометрического титрования и косвенной потенциометрии приведены в табл. 1 и 2.

Полученные результаты $\bar{C}_{AX}$ представляются вполне достоверными, так как имеется удовлетворительное согласие между методами йодометрического титрования и косвенной потенциометрии: по критерию F более чем половина результатов, из представленных в табл. 1, 2 проб анолита, по t -критерию установлено почти полное отсутствие значимой систематической ошибки [2].

При условии $F < F(\bar{P}, f_1, f_2) = 19,00$ величину t -критерия оценивали по формуле

$$t = \frac{|\bar{C}_1 - \bar{C}_2|}{\sqrt{n_2 S_1^2 + n_1 S_2^2}} \sqrt{n_1 n_2}, \quad (15)$$

где $n_1 = n_2 = 3$, C_1 и C_2 – средние значения $\bar{C}_{AX}$ по результатам химического и электрохимического анализов.

Таблица 1

Результаты определения массовой доли «активного хлора»
в образцах анолита проточного двухкамерного электролизера
методом йодометрического титрования ($n = 3$; $P = 0,95$; $t_p = 4,30$)

№ п/п	Условия электролиза		$\bar{C}_{ax} \pm \delta$, мг/дм ³	S , мг/дм ³	$10^2 \cdot Sr$
	I , А	w , см ³ /мин			
1	0,1	6,0	$2,32 \pm 0,33$	0,13	5,60
2	0,1	25,0	$4,35 \pm 0,35$	0,14	3,20
3	0,1	2,0	$5,89 \pm 0,94$	0,38	6,50
4	0,1	2,0	$7,25 \pm 0,55$	0,22	3,00
5	0,2	25,0	$7,25 \pm 0,55$	0,22	3,00
6	0,2	25,0	$9,29 \pm 0,17$	0,07	0,75
7	0,1	2,0	$9,37 \pm 0,45$	0,18	1,90
8	0,1	4,0	$9,59 \pm 0,19$	0,08	7,90
9	0,1	25,0	$12,08 \pm 0,07$	0,03	0,25
10	0,4	4,0	$13,03 \pm 0,34$	0,13	1,00
11	0,4	25,0	$14,38 \pm 0,94$	0,38	2,60
12	0,2	2,0	$18,99 \pm 0,89$	0,36	1,90
13	0,1	25,0	$19,20 \pm 1,51$	0,61	3,20
14	0,4	2,0	$22,28 \pm 0,69$	0,28	1,30
15	0,2	2,0	$31,38 \pm 1,56$	0,63	2,00
16	0,4	4,0	$44,69 \pm 2,35$	0,95	2,10

Таблица 2

Результаты определения массовой доли «активного хлора» в образцах анолита проточного
двухкамерного электролизера методом косвенной потенциометрии (без титрования).

Условия электролиза (табл. 1) ($n = 3$; $P = 0,95$; $F(\bar{P}, f_1, f_2) = 19,00$; $t_p = 4,30$)

№ п/п	$\bar{C}_{ax} \pm \delta$, мг/дм ³	S , мг/дм ³	$10^2 \cdot Sr$	F	t
1	$2,54 \pm 0,38$	0,15	5,90	1,15	1,83
2	$4,31 \pm 1,22$	0,49	1,14	12,00	0,14
3	$5,11 \pm 0,50$	0,35	7,00	1,23	2,62
4	$7,52 \pm 1,74$	0,70	9,30	9,80	0,64
5	$8,86 \pm 2,31$	0,93	10,50	17,20	2,90
6	$8,86 \pm 2,31$	0,93	10,50	172,00	0,80
7	$9,40 \pm 2,32$	0,93	10,00	17,20	0,06
8	$9,40 \pm 2,32$	0,93	10,50	143,00	0,35
9	$11,36 \pm 2,78$	1,12	9,80	140,00	1,08
10	$13,08 \pm 4,38$	1,76	13,50	163,00	0,05
11	$14,11 \pm 4,35$	1,75	12,40	2,06	0,22
12	$18,18 \pm 6,63$	2,67	14,70	16,50	0,53
13	$18,18 \pm 6,63$	2,67	14,70	19,20	0,65
14	$22,32 \pm 9,13$	3,67	16,40	168,00	0,02
15	$30,26 \pm 7,42^*$	4,40	14,50	49,40	4,42
16	$47,85 \pm 14,82^*$	8,78	18,30	86,75	0,62

Примечание. *) $P = 0,90$; $t_p = 2,92$.

При условии $F > F(\bar{P}, f_1, f_2) = 19,00$ величину t-критерия оценивали по формуле

$$t = \frac{|\bar{C}_1 - \mu|}{S_1} \sqrt{n_1}, \quad (16)$$

принимая, что результаты химического анализа C_2 ближе всего к истинному значению концентрации $\mu(AH)$. Как следует из табл. 1, 2, условие электролиза (сила тока, скорость потока электролита) существенно не влияют на результаты определения C_{AH} .

Заключение

Таким образом, предложенный в настоящей работе вариант косвенного потенциометрического метода определения общего содержания «активного хлора» без применения буферной системы дает вполне достоверные данные о C_{AH} в электрохимически (анодно) обработанных хлоридсодер-

жащих водных растворах с pH около 1,5–3,5 (образование HCl).

Данный метод может использоваться контрольно-аналитическими службами, что позволит значительно снизить трудоемкость анализа определения остаточного активного хлора и повысит чувствительность методики.

Список литературы

1. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора. ГОСТ 18190-72. – М.: Изд-во стандартов, 2010 (переиздание). – 12 с.
2. Дюверфель К. Статистика в аналитической химии / пер. с нем. – М.: Мир, 1969. – 248 с.
3. Сериков Ю.А., Носкова Т.В. Потенциометрическое определение активного хлора в промышленных и сточных водах титаномагниевого производства // Зав.лаб. – 1988. – № 7. – С. 23–26.
4. Турьян Я.И., Малука Л.М., Маркова Т.Р. Окислительно-восстановительные процессы в системе $I_2 + KI + NaCl$ и потенциометрическое определение йодида калия в поваренной соли // Журн. аналит. химии. – 1992. – Т. 47, № 4. – С. 723–730.
5. Svintsova L.D., Chernyshova N.N. Sample preparation by electrochemical pretreatment in the membranous electrolyzer // Int. Congress on Analyt. Chem.: Abstracts / Moscow. St. Univ. – М., 1997. – Vol. 1. – P. 12.

УДК 54.057:615.322

**ИССЛЕДОВАНИЯ АНТОЦИАНОВОГО КОМПЛЕКСА ЯГОД,
ПРОШЕДШИХ КРИООБРАБОТКУ****¹Бутенко Л.И., ²Подгорная Ж.В.**

*¹Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Пятигорск,
e-mail: Polechka2802@yandex.ru;*

²Представительство BRACCO Group в России, Пятигорск, e-mail: podgornaya_janna@mail.ru

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме полноценного питания, которое определяется не только энергетической ценностью пищи, но и обеспеченностью витаминами, пектиновыми веществами, микро- и макроэлементами. В качестве исследовательской задачи была сделана попытка оценить содержание антоцианов в ягодах черники, черной смородины, ежевики, малины, клубники и вишни, прошедших криообработку. Установлено, что характер УФ-поглощений для всех извлечений раствором 1 % хлористоводородной кислоты образцов замороженных ягод черники, черной смородины, клубники, ежевики, малины и вишни имеет сходную картину. Основной максимум поглощения лежит в области 500–525 нм, что соответствует поглощению цианидин-3,5-дигликозида, основного компонента антоцианового комплекса. Приведены результаты количественного определения содержания антоцианов в образцах замороженных ягод черники, черной смородины, клубники, ежевики, малины и вишни. Установлено, что ягоды, подвергшиеся крио обработке, сохранили определенный процент антоцианов. Максимальное содержание характерно для ежевики и черники. Поэтому рациональное питание можно осуществлять путем увеличения доли плодов и ягод как источников натуральных биологически активных веществ круглый год.

Ключевые слова: антоцианы, криообработка, ягоды, черника, черная смородина, ежевика, малина, клубника, вишня

RESEARCH ANTHOCYANIN COMPLEX BERRIES, PASSED KRYVOBRODY**¹Butenko L.I., ²Podgornaya Zh.V.**

*¹Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, branch of Volgograd State Medical University,
Pyatigorsk, e-mail: Polechka2802@yandex.ru;*

²BRACCO Group representative office in Russia, e-mail: podgornaya_janna@mail.ru

The article is devoted today to the issue of nutrition, which not only determined by the energy value of food, but also security in vitamins, pectin substances, micro and macro. As a research task, an attempt was made to assess the content of anthocyanins in blackberries, black currants, blackberries, raspberries, strawberries and cherries last cryo treatment. It is established that character of UV absorbance for all extractions with a solution of 1 % hydrochloric acid samples of frozen blueberries, black currants, strawberries, blackberries, raspberries and cherries have a similar picture. The main absorption maximum lies in the region 500–525 nm, that corresponds to the absorption of cyanidin-3,5-diglucoside, the main component of anthocyanin complex. the results of quantitative determination of anthocyanins in samples of frozen blueberries, black currants, strawberries, blackberries, raspberries and cherries. It is established that the berries are subjected to a cryo treatment, retained a certain percentage of anthocyanins. The maximum content is characteristic of blackberries and blueberries. Therefore, a balanced diet can be achieved by increasing the share of fruit and berries as sources of natural biologically active substances all year round.

Keywords: anthocyanins, cryoablate, berries, blueberry, black currant, blackberry, raspberry, strawberry, cherry

Антоцианы (от греч. *anthos* – цветок и *kyanos* – синий, лазоревый) – широко распространенные в природе водорастворимые пигменты растений, придающие цвет различным плодам, овощам, цветам. Антоцианы составляют одну из групп флавоноидов, которые не только обеспечивают многообразие окраски, но и повышают стрессоустойчивость растений, предотвращают повреждение фотолabileльных молекул и фотосинтетического аппарата растительной клетки от избыточного солнечного излучения. В настоящее время доказан терапевтический эффект антоцианов: они обладают антиканцерогенным действием, уменьшают риск развития сердечно-сосудистых заболе-

ваний, улучшают остроту зрения, а также проявляют антиоксидантную активность.

Образованию антоцианов благоприятствуют низкая температура, интенсивное освещение, но полностью их биологические функции пока не выяснены. Антоцианы придают цвет лепесткам цветков, коричневую, красную, оранжевую окраску, способствуя тем самым привлечению насекомых-опылителей. Общеизвестен факт активации биосинтеза антоцианов, сопровождающийся деградацией основных фотосинтетических пигментов у растений в условиях стресса, еще не получил глубокого физиолого-биохимического обоснования. Возможно, что антоцианы не несут никакой

функциональной нагрузки, а синтезируются как конечный продукт насыщенного флавоноидного пути, получившего вакуолярное ответвление с целью конечного депонирования ненужных растению фенольных соединений. С другой стороны, антоциановая индукция, вызванная определенными факторами окружающей среды, а также предсказуемость появления антоцианинов из года в год в периоды специфических этапов развития листа, их яркая выраженность в особых экологических нишах, возможно, способствуют адаптации растительных организмов к тем или иным стрессовым условиям. Данные пигменты чаще содержатся в клеточном соке (вакуолях), значительно реже – в клеточных оболочках. Могут существовать в различных формах: оксониевом катионе, карбониевом катионе. Больше всего антоцианов накапливают растения в местностях с суровыми климатическими условиями (Арктика, высокогорные луга), а также ранневесенняя флора. Антоцианы поглощают свет в ультрафиолетовой и зеленой областях спектра. Поглощенная энергия частично превращается в тепло, повышая на 1–4°C температуру листьев, пестиков, тычинок. Это создает более благоприятные условия, как для фотосинтеза, так и для оплодотворения и прорастания пыльцы в условиях пониженных температур. У высокогорных растений антоцианы, поглощая избыток солнечной радиации, защищают хлорофилл и наследственный аппарат клетки от повреждений. Яркая окраска цветков и плодов играет большую роль в привлечении насекомых-опылителей и в распространении плодов. Интересно, что растения, содержащие большое количество антоциана, обладают повышенной стойкостью к загрязнению воздуха кислыми газами промышленных предприятий. Поступая в организм человека с фруктами и овощами, антоцианы поддерживают нормальное состояние кровяного давления и сосудов, предупреждая внутренние кровоизлияния. Образую комплексы с радиоактивными элементами, антоцианы способствуют быстрому выведению их из организма. Кроме того, эти пигменты способны улучшать зрение.

Ценность антоцианов связана также с открытием их выраженной антиоксидантной способности. Это весьма мощные антиоксиданты, обладающие большей эффективностью, чем витамины С и Е. Кроме того, они характеризуются противовоспалительными, антимикробными, гепатопротекторными свойствами [2, 4]. В эпидеми-

ологических исследованиях показано, что умеренное потребление продукции с высоким содержанием антоцианов связано со снижением риска сердечно-сосудистых заболеваний [9].

Антоцианы в составе продуктов питания широко распространены в природе, однако ягодные культуры обладают наиболее высокими их концентрациями по сравнению с большинством других пищевых источников.

Целью данной работы является количественное определение содержания антоцианов в ягодах черники, черной смородины, ежевики, малины, клубники, вишни, прошедших криообработку.

Материалы и методы исследования

Изучение физико-химических характеристик: УФ-спектры полученных экстрактов антоцианов исследовали на приборах. УФ-спектр измеряли на спектрофотометре СФ 103 в кварцевых кюветках толщиной 1 см. Растворитель – этиловый спирт, содержащий 1 % хлористоводородной кислоты и раствор сравнения – 95 % этиловый спирт.

Количественное определение суммы антоцианов в плодах ягод проводили по методике, приведенной в Государственной фармакопее СССР: (Вып. 2. Общие методы анализа) по статье 6 «Цветки василька синего» [7].

Методика количественного определения суммы антоцианов в плодах ягод

Около 0,3 г (точная навеска) размороженных ягод помещают в колбу вместимостью 250 мл, прибавляют 100 мл 1 % раствора хлористоводородной кислоты, колбу выдерживают на водяной бане при температуре 40–45°C в течение 15 мин. Извлечение фильтруют через вату в мерную колбу вместимостью 250 мл. Вату с сырьем снова помещают в колбу, прибавляют 100 мл 1 % раствора хлористоводородной кислоты, предварительно смывая частицы сырья с воронки в колбу, и повторяют экстрагирование указанным выше способом. Затем содержимое колбы фильтруют через вату в ту же мерную колбу. Сырье на фильтре промывают 40 мл 1 % раствора хлористоводородной кислоты. После охлаждения фильтрата доводят объем извлечения 1 % раствором хлористоводородной кислоты до метки. Полученное извлечение фильтруют через бумажный фильтр в колбу вместимостью 250 мл, отбрасывая первые 10 мл фильтрата, и измеряют оптическую плотность фильтрата на спектрофотометре при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм.

В качестве раствора сравнения используют 1 % раствор хлористоводородной кислоты.

Содержание суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид в абсолютно сухом сырье в процентах (X) вычисляют по формуле

$$X = \frac{D \cdot 250 \cdot 100}{453 \cdot m \cdot (100 - W)},$$

где D – оптическая плотность испытуемого раствора; 453 – удельный показатель поглощения цианидин-3,5-дигликозида в 1 % растворе хлористоводородной кислоты; m – масса сырья в граммах; W – потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Результаты исследования и их обсуждение

Фармацевтических препаратов, которые содержат антоцианы, довольно много, но все же наибольшую пользу организму приносят те биологически активные вещества, которые поступают естественным путем – из продуктов питания. Обычному человеку достаточно 200 мг антоцианов в сутки, но при серьезных болезнях и показаниях врача норма может увеличиться до 300 мг. Наиболее богаты антоцианами плодовые и ягодные культуры – черная смородина, ежевика, черника, арония, голубика, терн, слива, жимолость, черемуха, вишня, клюква, брусника и красный виноград

Ягоды – продукт сезонный, поэтому в настоящее время актуальной задачей является разработка рациональной технологии переработки плодово-ягодного сырья с целью наиболее полного извлечения и сохранения полезных веществ, а также обеспечение оптимальных условий проведения процессов с минимальными энергетическими и материальными затратами. Пищевая ценность плодов и ягод зависит от химического состава, который определяет лечебное или лечебно-профилактическое воздействие сырья на организм человека.

Существует много ограничений применения из-за лабильности антоцианов во время обработки и хранения. На стабильность антоцианов оказывают влияние следующие факторы: нативная химическая структура, pH среды, температура, свет, присутствие кислорода, ферментов, ионов металлов, аскорбиновой кислоты, флавоноидов, сахаров. Аскорбиновая кислота оказывает негативное воздействие на стабильность антоцианов из-за взаимной деградации аскорбиновой кислоты и антоцианов. Взаимодействует с четвертым атомом углерода молекулы антоциана, что способствует ускоренному окислению обоих веществ.

Замораживание относится к наиболее перспективным методам консервирования. Замораживают плоды, овощи и ягоды. В результате сокращаются потери продуктов и лучше используются пищевые ресурсы. Основными способами замораживания плодов являются воздушное, криогенное и замораживание в охлажденных жидкостях. Для ягод используют воздушное замораживание в скоростном потоке воздуха. Быстро замороженные ягоды на товарные сорта не подразделяют. Они должны быть одного вида, зрелые, чистые, без повреждений, не иметь

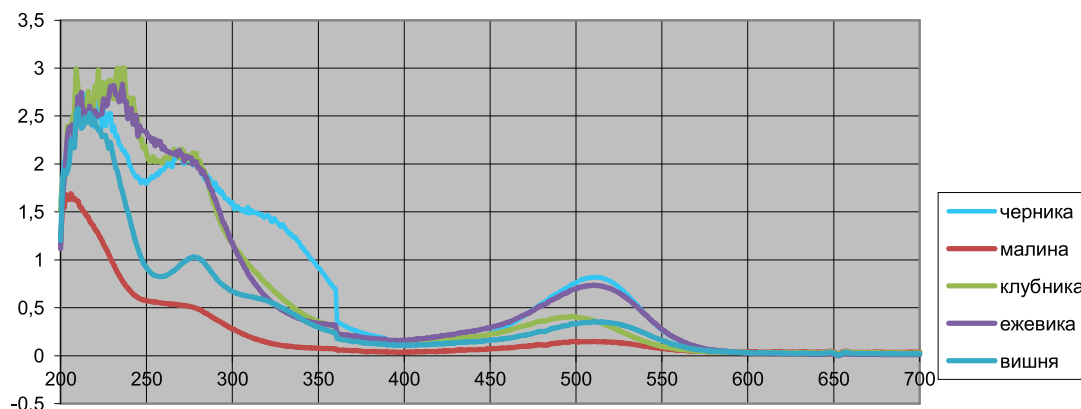
плодоножек и чашелистиков (кроме красной смородины). Допускается до 20% неравномерных по размеру ягод и небольшое количество слегка мятых ягод. Цвет должен быть однородным, естественным, свойственным виду ягод. Вкус и запах в размороженном состоянии должен соответствовать сырью, а консистенция – близкой к консистенции свежих ягод. Исключительно быстрое индивидуальное замораживание обеспечивает не только красивый внешний вид ягод, но и высокое качество, а также малые потери массы. Это позволяет использовать ягоды, как свежие, так и замороженные, для производства продуктов переработки – варенье, джемы, настои, морсы, экстракты.

В настоящее время не вызывает сомнения, что полноценное питание определяется не только энергетической ценностью пищи, но и обеспеченностью витаминами, пектиновыми веществами, микро- и макроэлементами. По данным НИИ питания РАМН у 80–90% населения России обнаружен дефицит витамина С, у 60% снижены уровни витаминов А, В₁, В₂, В₆, выявлен дефицит минеральных веществ [5].

Комитетом экспертов ВОЗ по пищевым добавкам (JECFA) рассчитана приемлемая суточная доза антоцианов (ADI) для человека в количестве 2,5 мг/кг массы тела [1]. Согласно рекомендациям российских ученых, необходимый уровень потребления антоцианов должен составлять 50–150 мг в сутки [8]. Среднее потребление антоцианов, по данным исследований, проведенных в США, оценивается в 12,5 мг на человека в день [3].

Для исследования были приобретены образцы замороженных ягод черники, черной смородины, ежевики, малины, клубники и вишни в магазине. Далее были изучены УФ-спектры извлечений 0,1% раствором соляной кислоты всех выбранных образцов. Результаты приведены на рисунке.

Как видно из рисунка, характер поглощения для всех извлечений имеет сходную картину. Основной максимум поглощения лежит в области 500–525 нм, что соответствует поглощению цианидин-3,5-дигликозида, основного компонента антоцианового комплекса. Поэтому количественные измерения содержания антоцианов в образцах замороженных ягод проводили по методике, приведенной в Государственной фармакопее СССР. Была выбрана статья 6 «Цветки василька синего», в которой определение антоцианов проводится с использованием удельного показателя поглощения цианидин-3,5-дигликозида (453). В основе методики



УФ-спектры извлечений 0,1 % раствором соляной кислоты образцов ягод:
1 – черники; 2 – черной смородины; 3 – ежевики; 4 – малины; 5 – клубники; 6 – вишни

Содержание антоцианов в образцах замороженных ягод черники, черной смородины, клубники, ежевики, малины и вишни

Образцы ягоды	Содержание антоцианов	
	В, %	В мг на 100 г продукта
Черника	0,649	649
Ежевика	0,467	467
Черной смородина	0,378 ± 3,5	378
Клубника	0,195	195
Малина	0,17 ± 10,56	170
Вишня	0,130 ± 0,160	130

лежит экстракция антоцианового комплекса раствором 1% хлористоводородной кислоты, с последующим спектрофотометрированием при длине волны 510 нм. Результаты исследований приведены в таблице.

Как видно из таблицы, все ягоды, подвергшиеся криообработке, сохранили определенный процент антоцианов. Максимальное содержание характерно для ежевики и черники.

По современной концепции, предложенной В.А. Куркиным [6], ведущей группой БАС (биологически активных соединений) следует понимать «наиболее уязвимую с точки зрения фармакогнозии на всех стадиях технологического процесса – от «грязки» до лекарственной формы». Одной из ведущих групп БАС ягод черники, черной смородины, клубники, ежевики, малины и вишни являются антоцианы. Поэтому ягоды, прошедшие криообработку, также являются источником антоцианов для полноценного питания человека.

Список литературы

1. Антоцианы и антиоксидантная активность плодов некоторых представителей рода *Rubus* / Н.Ю. Колбас

и др. // Вести НАН Беларуси. Сер. биологические науки. – 2012. – № 1. – С. 5-10.

2. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2: Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье / МЗ СССР. – 11-е изд., доп. – М.: Медицина, 1991. – 400 с.

3. Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов. – Самара: ООО «Офорт» Сам ГМУ, 2004. – 1180 с.

4. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 28 с.

5. Тутельян В.А., Спиричев В. Б., Суханов Б. П. Микро-нутриенты в питании здорового и больного человека. – М.: ДеЛи-принт, 2002. – 206 с.

6. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А.М. Макаревич и др. // Труды Белорусского государственного университета. Серия: «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». – 2009. – Т. 4. – ч. 2. – С. 147–157.

7. Concentrations of Anthocyanins in Common Foods in the United States and Estimation of Normal Consumption / X. Wu et al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2006. – Vol. 54. – P. 4069–4075.

8. Hou D.X. Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins // Current molecular medicine. – 2003. – № 3 (2). – P. 149–159.

9. Kylli P. Berry phenolics: isolation, analysis, identification, and antioxidant properties: Academic dissertation, University of Helsinki Department of Food and Environmental Sciences Food Chemistry. – Helsinki, 2011. – 90 p.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СМАЧИВАНИЯ

Лопанов А.Н., Тихомирова К.В.

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Белгород, e-mail: beglanka@mail.ru*

Предложена двухпараметрическая модель смачивания, основанная не на измерении краевых углов, а измерении параметров α , β , равных отношению площадей контактирующих фаз жидкости, твердого тела – жидкости к площади капли, наносимой на поверхность. Двухпараметрическая модель смачивания основана на законах термодинамики и позволяет оценить процесс качественно и количественно. Гистерезисные явления в меньшей степени влияют на точность измерений, так как измерения проводят не краевых углов, а площадей контактирующих фаз. Обосновано применение трехпараметрической модели смачивания, когда известны параметры и строение области вблизи трехфазного периметра смачивания. В рамках модели смачивания с использованием трех параметров энергия взаимодействия жидкости с твердым телом $\sigma_{2,3}$ разбивается на две компоненты – поверхностную энергию вблизи трехфазного периметра смачивания, поверхностную энергию взаимодействия остальной жидкости, контактирующей с твердым телом.

Ключевые слова: уравнение Юнга, краевые углы смачивания, параметрические модели смачивания

WETTING PARAMETRIC MODELS

Lopanov A.N., Tikhomirova K.V.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, e-mail: beglanka@mail.ru

There is suggested a two-parameter wetting model, which is based not on measuring contact wetting angles, but on measuring parameters α , β , equal to the ratio of liquid, or solid body – liquid contacting phases' areas to the area of a drop, placed onto the surface. The two-parameter wetting model is based on thermodynamic regularities and allows the qualitative and quantitative evaluation of the process. The hysteresis phenomena influence the measurement accuracy to a smaller extent, as not the contact angles, but the contacting phases' areas are measured. There was substantiated the usage of three-parameter wetting model, when the parameters and the structure of area near the three-phase wetted perimeter are known. Within the wetting model, using three parameters, the interaction energy of liquid with solid body $\sigma_{2,3}$ is divided into two components – the surface energy near the three-phase wetted perimeter, and the surface energy of the rest of liquid, contacting with the solid body. It was demonstrated that the Young's law is a wetting model, in which the surface energies of contacting phases are connected with the contact angle of wetting, unrelated to basic thermodynamic relations.

Keywords: jung's Equation, the boundary angles of wetting, the parametric model of wetting

В 1805 г. Томас Юнг опубликовал работу, в которой установлена закономерность между краевым углом смачивания и поверхностными энергиями границ раздела фаз жидкость – газ, жидкость – твердое тело, твердое тело – газ [6]. В последующих исследованиях получено уравнение, связывающее краевой угол смачивания и поверхностные энергии контактирующих фаз. Таким образом, уравнение, обоснованное в трактате на тему о когезии жидкостей, получило в классических учебниках по физике, химии и в смежных областях наук (физическая, коллоидная химия) название закона Юнга:

$$\frac{\sigma_{1,3} - \sigma_{2,3}}{\sigma_{1,2}} = \cos \Theta; \quad B = \cos \Theta.$$

Здесь Θ , $\sigma_{1,3}$, $\sigma_{2,3}$, $\sigma_{1,2}$ – краевой угол смачивания, поверхностные энергии границ раздела фаз твердое тело – газ, твердое тело – жидкость, жидкость – газ, Дж/м²; B – параметр, характеризующий смачивание.

Применение закона Юнга в прикладных исследованиях обусловлено относительной простотой измерения параметра, характеризующего смачивание, – краевого угла смачивания.

Теоретическая часть

Вывод закона Юнга на основе геометрического рассмотрения равновесия сил является нестрогим, поскольку соотношение между поверхностной энергией твердое тело – газ, твердое тело – жидкость и проекцией поверхностной энергии жидкость – газ не определяет полностью механического равновесия для капли жидкости, находящейся на поверхности твердого тела [4]. Иногда исследователи не принимают во внимание, что трехфазный периметр смачивания, который имеет сложное строение, определяет величину краевого угла смачивания и отличается по строению, энергетике взаимодействия жидкости с твердой фазой от остальной части жидкости, контактирующей с твердой фазой (рис. 1).

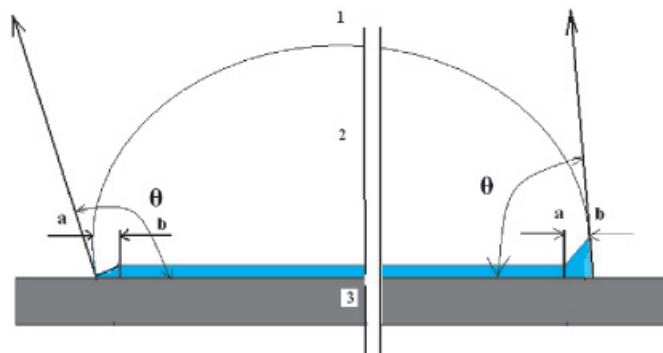


Рис. 1. Схема процесса смачивания, иллюстрирующая возможные отличия в строении области вблизи трехфазного периметра смачивания (ab) от остальной части жидкости, контактирующей с твердой фазой

Так, в работах А.И. Русанова показана возможность существования анизотропного краевого угла смачивания вследствие деформации анизотропного слоя поверхности [3]. Отмечено, что контактный угол не совпадает с краевым углом смачивания вследствие наличия работы деформации, которая может быть сведена к работе образования трехфазного периметра смачивания.

При проведении исследовательских работ величина краевого угла смачивания входит в уравнения методов измерения, имеющих достаточно высокую точность. Например, относительная точность измерений в капиллярном электрометре, предложенном Липпаном [9, 11], может достигать 0,01 %, но Лоуренс и Парсонс отметили, что в расчетах, возможно, присутствуют систематические ошибки вследствие того, что в уравнениях присутствуют параметры, связанные с краевым углом смачивания [10].

Появилось большое количество современных приборов, в которых с помощью ЭВМ контактный угол измеряют с абсолютной погрешностью $\pm 0,1^\circ$ [2]. В обзорах серии приборов DSA специалисты приводят методики расчета свободной энергии поверхности твердых тел (СЭП). Это известные модели Зисмана; Оунса, Вендта, Рабеля и Кабли (ОВРК); Фоукса; Ву [12, 14]:

$$\frac{\sigma_{1,2}(1 + \cos \Theta)}{2\sqrt{\sigma_{1,2}^D}} = \frac{\sqrt{\sigma_{1,3}^P} \sqrt{\sigma_{1,2}^P}}{\sqrt{\sigma_{1,2}^D}} + \sqrt{\sigma_{1,3}^D};$$

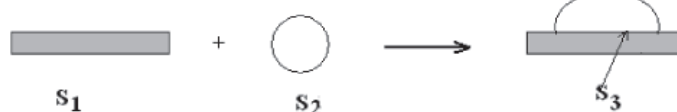


Рис. 2. Формальная схема процесса смачивания. S_1 , S_2 , S_3 , S_4 – площадь твердой поверхности, жидкости, границы раздела фаз твердое тело – жидкость, жидкости после смачивания

$$\sigma_{1,2}(1 + \cos \Theta) =$$

$$= 2 \left(\sqrt{\sigma_{1,3}^D \cdot \sigma_{1,2}^D} + \sqrt{\sigma_{1,3}^P \cdot \sigma_{1,2}^P} + \sqrt{\sigma_{1,3}^H \cdot \sigma_{1,2}^H} \right);$$

$$\sigma_{1,2}(1 + \cos \Theta) = 4 \left(\frac{\sigma_{1,3}^D \cdot \sigma_{1,2}^D}{\sigma_{1,3}^D + \sigma_{1,2}^D} + \frac{\sigma_{1,3}^P \cdot \sigma_{1,2}^P}{\sigma_{1,3}^P + \sigma_{1,2}^P} \right).$$

Здесь σ^P , σ^D , σ^H – полярные, неполярные, компоненты энергии поверхности твердого тела, связанные с наличием водородных связей; Θ – краевой угол смачивания, град. Поверхности обозначены индексами в соответствии с рис. 1.

Основная часть

Рассмотрим возможность создания модели смачивания, основанной на нахождении параметров, которые достаточно просто измерить при исследовании системы, имеющей трехфазный периметр смачивания. Составим формальную схему смачивания сферической капли жидкости твердой поверхности и определим изменение свободной энергии процесса ΔF (рис. 2).

Так как изменение свободной энергии процесса равно разности конечных и начальных состояний, получим уравнение для свободной энергии процесса:

$$\Delta F = F_2 - F_1 =$$

$$= (\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3}) \cdot S_3 + \sigma_{1,2} \cdot (S_4 - S_2). \quad (1)$$

В отличие от уравнения Юнга для характеристики процесса смачивания необходимо знание нескольких параметров, которые можно измерить в процессе эксперимента с высокой точностью. В данной модели гистерезисные явления в меньшей степени влияют на точность измерений, так как измерения проводят не краевых углов, а площади S_2 , S_3 , S_4 . Измерение касательных к кривым, которые сложно определить в точке трехфазного периметра смачивания, всегда являлось основным элементом, вызывающим дискуссию о достоверности результатов, количественных характеристик смачивания.

Если отнести изменение свободной энергии ΔF к начальной площади капли, уравнение (1) можно записать в форме двухпараметрической модели:

$$\frac{\Delta F}{S_2} = (\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3}) \cdot \alpha + \sigma_{1,2} \cdot (\beta - 1);$$

$$\alpha = \frac{S_3}{S_2}; \quad \beta = \frac{S_4}{S_2}. \quad (2)$$

Для теоретического определения параметров α , β необходимо знать форму капли, лежащей на поверхности. В общем случае форма капли сложна и зависит от соотношения поверхностной и гравитационной энергии капли. Достаточно подробный анализ указанной проблемы выполнен в обзоре Р. Пейна [1], где даны ссылки на работы Гуи, Батлера, Башфорта, Адамса и других исследователей. Если поверхностная энергия много больше гравитационной энергии капли, лежащей на поверхности (для воды

ния, определим радиус кривизны R после смачивания:

$$R = r \left(\frac{4}{m^2(3-m)} \right)^{2/3}. \quad (3)$$

Здесь m – доля от радиуса при сечении шара плоскостью, начиная от вершины шара, $m = 0 \dots 2$; r – радиус капли до смачивания. Например, для условия $\cos \Theta = 0$ – это полусфера с радиусом R , равным $1,58740 r$, ($m = 1$).

Площади соприкасающихся фаз S_3 , S_4 как функции параметра m равны:

$$S_3 = 0,25 \cdot S_2 \cdot \left(\left(\frac{4}{m^2 \cdot (3-m)} \right)^{2/3} \cdot (1 - (1-m)^2) \right);$$

$$S_4 = 0,5 \cdot S_2 \cdot m \cdot \left(\frac{4}{m^2 \cdot (3-m)} \right)^{2/3}. \quad (4)$$

Приравнявая полный дифференциал уравнения (1) к нулю, получим параметрическое уравнение, характеризующее смачивание, как функцию параметра m :

$$\frac{\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3}}{\sigma_{1,2}} = 2 \cdot \left(\frac{m - 2 \left(\frac{m^2 \cdot (3-m)}{4} \right)^{2/3}}{1 - (1-m)^2} \right) = B'. \quad (5)$$

В качестве примера рассмотрим смачивание поверхности спектрального графита марки С-2 водой и 0,01 М раствором олеата калия (рис. 3).

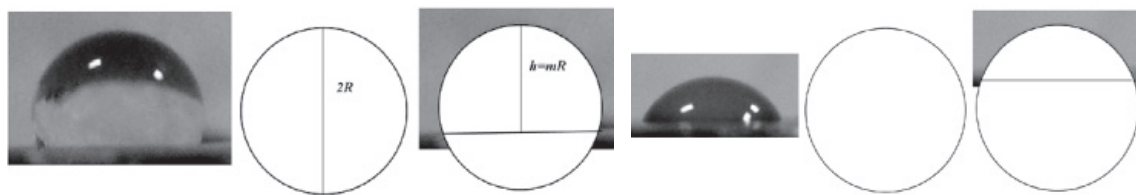


Рис. 3. Смачивание спектрального графита С-2 водой и 0,01 М раствором олеата калия

радиус капли должен составлять менее 0,5 мм), то форму капли можно интерполировать шаровым сегментом с радиусом наибольшей плоскости сечения равным R . Для указанной модели смачивания все параметры, равно как и все случаи смачивания, можно рассматривать как варианты сечения шара плоскостью. Используя условие равенства массы капли до и после смачива-

Так, радиус капли (r) до смачивания равен $4,80 \cdot 10^{-4}$ м, что соответствует площади поверхности $2,895 \cdot 10^{-6}$ м². После смачивания поверхности графита водой площадь поверхности S_3 , S_4 равна $0,850 \cdot 10^{-6}$ м²; $2,338 \cdot 10^{-6}$ м², что соответствует параметрам: $\alpha = 0,294$; $\beta = 0,808$. Для 0,01 М раствора олеата калия площадь поверхности S_3 , S_4 равна

$1,605 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$; $2,381 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, что соответствует параметрам: $\alpha = 0,554$; $\beta = 0,822$.

В действительности, при соблюдении определенных условий, нет необходимости измерять площади поверхности капли до и после смачивания. Достаточно определить параметр m и в соответствии с уравнением (5) провести расчет величины B' , характеризующей смачивание. Простота и удобство расчета заключается в том, что при интерполяции поверхности капли сферой можно выбрать любую систему координат, не связанную с истинными размерами капли. Так, в указанном примере при смачивании водой и раствором олеата натрия величина m равна 1,273; 0,6522, что соответствует величинам B' , равным $-0,6553$; $-0,3203$.

В приведенном примере расчетные величины краевых углов смачивания для системы вода – графит, раствор олеата калия – графит равны $98,08^\circ$ ($B = -0,1405$); $79,49^\circ$ ($B = 0,1824$). Сравнивая расчетные величины, характеризующие смачивание, по двухпараметрической модели (B') и классической модели Юнга (B), отметим, что расхождения значительны.

$$\lim_{m=0} 2 \cdot \left(\frac{m - 2 \left(\frac{m^2 \cdot (3-m)}{4} \right)^{2/3}}{1 - (1-m)^2} \right) = 1;$$

$$\lim_{m=2} 2 \cdot \left(\frac{m - 2 \left(\frac{m^2 \cdot (3-m)}{4} \right)^{2/3}}{1 - (1-m)^2} \right) = -1.$$

Несмотря на равенство граничных условий для полного смачивания и «абсолютно» гидрофобной поверхности, значения B , B' на интервалах $1 \dots -1$ не совпадают (рис. 4). Так, по модели Юнга условная граница перехода от смачивания к несмачиванию в соответствии с величиной B равна нулю ($\Theta = 90^\circ$). По двухпараметрической модели указанная граница равна $61,68^\circ$ ($B' = 0$; $m = 0,267$). Сравним соотношения параметров смачивания по уравнению Юнга и предложенной модели смачивания (5) (рис. 4).

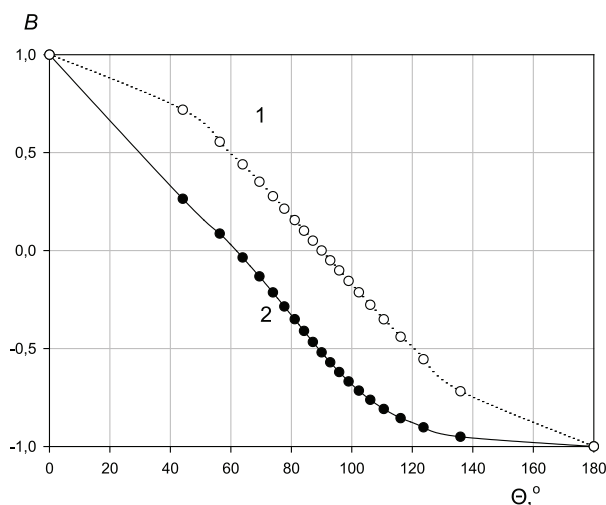


Рис. 4. Параметры смачивания (B' , B) по модели Юнга (1) и двухпараметрической модели (2) в зависимости от краевого угла смачивания

В классической теории смачивания различают несколько вариантов, характеризующих процесс взаимодействия соприкасающихся фаз. Прежде всего, это условия полного смачивания и «абсолютно» гидрофобной поверхности, для которых $\cos \Theta$ равны 1; -1 . Подобные условия можно вывести для двухпараметрической модели – полного смачивания ($m = 0$) и «абсолютно» гидрофобной поверхности ($m = 2$):

На графике представлены значения величин B , B' в зависимости от величины краевого угла смачивания. В связи с выполненными расчетами остановимся на причинах в различии величин B , B' . Так, применение термодинамического метода Гиббса к расчету равновесия процесса смачивания предполагает соблюдение нескольких условий. Важное из них заключается в том, что система должна обладать

конечными размерами для определения свободной энергии ΔF в начальных и конечных условиях. Например, при смачивании твердой поверхности каплей жидкости в виде эллипса и сферы свободная энергия ΔF будет различной – этот результат учитывает двухпараметрическая модель смачивания.

В классической теории смачивания для очень малых капель необходимо учитывать избыточную энергию периметра смачивания [5]. Если указанные энергии сопоставимы, например, в случае очень малых капель, радиусом менее 10^{-6} м, то целесообразно применять трехпараметрическую модель смачивания:

$$(\sigma_{1,3} - \sigma'_{2,3}) \cdot \alpha + (\sigma_{1,3} - \sigma''_{2,3}) \cdot \gamma = \sigma_{1,2}(\beta - 1);$$

$$\sigma'_{2,3} + \sigma''_{2,3} = \sigma_{2,3}; \quad \gamma = \frac{S_5}{S_2}.$$

Здесь S_5 – площадь трехфазного периметра смачивания область ab (рис. 1).

Трехпараметрическая модель смачивания может применяться в том случае, когда известны параметры области вблизи трехфазного периметра смачивания. Для количественных характеристик смачивания необходимо применять двух-, трехпараметрическую модель, учитывая, что современные методы исследований позволяют определять строение границы раздела вблизи трехфазного периметра смачивания [7, 8, 13].

Выводы

1. Предложена двухпараметрическая модель смачивания, основанная не на измерении краевых углов, а измерении параметров α , β , равных отношению площадей контактирующих фаз жидкости, твердого тела – жидкость к площади капли, наносимой на поверхность.

2. Двухпараметрическая модель смачивания основана на законах термодинамики и позволяет оценить процесс качественно и количественно. Гистерезисные

явления в меньшей степени влияют на точность измерений, так как измерения проводят не краевых углов, а площадей контактирующих фаз.

3. Обосновано применение трехпараметрической модели смачивания, когда известны параметры и строение области вблизи трехфазного периметра смачивания.

Список литературы

1. Пейн Р. Изучение ионного двойного слоя и адсорбционных явлений // Методы измерения в электрохимии / под ред. Э. Егера, А. Залкинда. – М.: Мир, 1977. – С. 50–150.
2. Приборы для измерения краевого угла серии DSA [Электронный ресурс] / сайт. – Тирит: лабораторное и промышленное оборудование. – URL: http://tirit.org/tenz_kruss/ku_dsa.php (дата обращения: 12.02.2016).
3. Русанов А.И. К теории смачивания упругодеформируемых тел // Коллоидный журнал. – 1977. – Т. XXXIX. – № 4. – С. 704–717.
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1974. – С. 61.
5. Щукин Е.Д. Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцев, Е.А., Амелина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – С. 45.
6. Young T. An Essay on the Cohesion of Fluids // Phil. Trans. R. Soc. Lond. – 1805. – № 95. – P. 65–87.
7. Jung Y.C., Bhushan B. Technique to measure contact angle of micro/nanodroplets using atomic force microscopy // Journal of Vacuum Science and Technology A. – 2008. – № 26. – P. 777–782.
8. Hu J., Xiao X.D., Salmeron M. Scanning polarization force microscopy: a technique for imaging liquids and weakly adsorbed layers // Applied Physics Letters. – 1995. – № 67. – P. 476–478.
9. Lippman G.J. Beziehungen zwischen der Capillaren und elektrischen Erscheinungen. Ann. Physik und Chemie (Series 2). – 1873. – № 149. – P. 546–561.
10. Lawrence J., Parsons R., Payne R. J. Electrosorption Valency and Partial Charge Transfer // Electroanal. Chem. – 1968. – № 16. – P. 193.
11. Marey, E.J., Lippman, G.J. In Ion photographique des indications de l'électromètre de Lippman // Compt. rend. Acad. Sci. (Paris). – 1876. – № 83. – P. 278–280.
12. Sharfrin, E.; Zisman, William A. Constitutive relations in the wetting of low energy surfaces and the theory of the retraction method of preparing monolayers // The Journal of Physical Chemistry. – 1960. – № 64 (5). – P. 519–524.
13. Yu J., Wang H., Liu X. Direct measurement of macro contact angles through atomic force microscopy // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2013. – № 57. – P. 299–303.
14. Zenkiewicz M. Methods for the calculation of surface free energy of solids // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. – 2007. – Vol. 24. – № 1. – P. 137–145.

УДК 628.316.12

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ МИКРОПОЛЛЮТАНТОВ УФ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЭКСИЛАМПЫ

Матафонова Г.Г., Батоев В.Б.

ФГБУН «Байкальский институт природопользования» СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: ngal@yandex.ru

В данной работе рассчитаны и сопоставлены энергозатраты на очистку деионизованной (ДВ), синтетической (СТВ), природной (ПВ) и сточной воды (СТВ) от современных органических микрополлютантов методами прямого фотолиза (УФ) и облучением в присутствии пероксида водорода (УФ/Н₂О₂) с использованием KrCl-эксилампы (222 нм). В качестве модельных микрополлютантов взяты пара-хлорбензойная кислота (п-ХБК), атразин (АТЗ), йогексол (ЙГС), безафибрат (БЗФ), бисфенол А (БФА) и карбамазепин (КБЗ). Наибольшие энергозатраты установлены для прямого фотолиза п-ХБК и КБЗ в ДВ и СТВ (13–17 кВт·ч/м³). Для достижения эффективности очистки 90 % методом УФ/Н₂О₂ требовалось менее 4,4 кВт·ч/м³. При этом энергозатраты на деструкцию микрополлютантов с высокими величинами константы скорости реакции с гидроксильными радикалами (п-ХБК, БЗФ, БФА и КБЗ) прямым УФ облучением значительно снижались в ПВ и СВ, что указывает на важную роль фотосенсибилизации растворенного органического вещества. Существенного повышения энергоэффективности метода УФ/Н₂О₂ для очистки СВ по сравнению с прямым фотолизом не выявлено. Несмотря на относительно низкие дозы УФ излучения эксилампы для удаления 90 % вещества, соответствующие энергозатраты превышают установленные ранее для ртутной лампы низкого давления в силу низкого КПД эксилампы.

Ключевые слова: органические микрополлютанты, деструкция, очистка природных и сточных вод, KrCl-эксилампа, энергозатраты

ENERGY EFFICIENCY OF PURIFICATION OF NATURAL WATER AND WASTEWATER FROM ORGANIC MICROPOLLUTANTS USING UV RADIATION OF EXCILAMP

Matafonova G.G., Batoev V.B.

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: ngal@yandex.ru

In this study, the energy requirements for removal of modern organic micropollutants from deionized water (DW), synthetic water (SW), lake water (LW) and a wastewater (WW) by direct photolysis (UV) and ultraviolet/hydrogen peroxide (UV/H₂O₂) methods using a KrCl excilamp (222 nm) were calculated and compared. Parachlorobenzoic acid (pCBA), atrazine (ATZ), iohexol (IHL), bezafibrate (BZ), bisphenol A (BPA) and carbamazepine (CBZ) were taken as model micropollutants. The highest energy requirements were shown for direct photolysis of pCBA and CBZ in DW and SW (13–17 kWh/m³). The method UV/H₂O₂ required less than 4.4 kWh/m³ for attaining 90 % purification efficiency. The energy demands for destruction of micropollutants with high values of rate constants for reaction with hydroxyl radicals (pCBA, BZ, BPA and CBZ) by direct UV treatment were significantly decreased in LW and WW, indicating an important role of photosensitized dissolved organic matter. No substantial enhancement of energy-efficiency compared to direct UV was observed for UV/H₂O₂ treatment of WW. Despite the low UV doses for 90 % removal, the low efficiency of excilamp resulted in higher energy consumptions than reported previously for low pressure mercury lamp.

Keywords: organic micropollutants, destruction, natural water and wastewater treatment, KrCl excilamp

За последнее десятилетие проблема загрязнения водных экосистем микрополлютантами (МП) привлекла большое внимание зарубежных исследователей, но остается практически неисследованной в России [1, 2]. Термин «микрополлютанты» («micropollutants») охватывает неорганические и органические загрязняющие вещества, присутствующие в воде на уровне от 1 нг до 1 мкг/л [8, 13, 14]. В настоящее время основными органическими МП признаны лекарственные, косметические и гигиенические средства (PPCP – Pharmaceuticals and Personal Care Products) и вещества, вызывающие эндокринные нарушения (EDCs – Endocrine Disrupting Compounds).

Хотя органические МП присутствуют в природных и хозяйственно-бытовых сточных водах при относительно низких концентрациях, особое беспокойство вызывают их хронические или синергичные токсические эффекты при постоянном поступлении в водные экосистемы в виде смесей сложного состава. Для их удаления на этапе доочистки сточных вод в мировой практике применяются комбинированные окислительные технологии (AOT – Advanced Oxidation Technologies), в которых МП окисляются высокореакционными гидроксильными радикалами (•ОН) с величинами константы скорости (k_{OH}) > 5·10⁹ М⁻¹с⁻¹ [5]. Как известно, •ОН можно генерировать при

облучении воды УФ светом в присутствии окислителей, например пероксида водорода (H_2O_2). Современные безртутные эксилампы зарекомендовали себя как эффективные и экологобезопасные источники квазимонхроматического УФ излучения для разложения ряда органических загрязняющих веществ (фенолов, красителей и гербицидов) и рассматриваются в качестве альтернативы традиционным ртутным лампам [12]. Между тем величина энергетических затрат, как известно, является ключевым параметром при оценке эффективности того или иного метода очистки сточных вод. В данной ра-

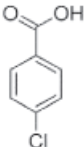
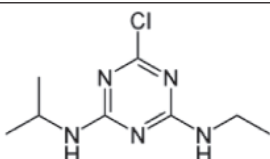
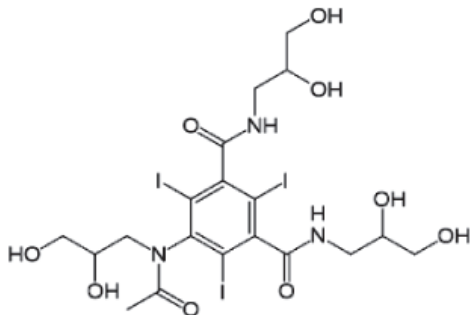
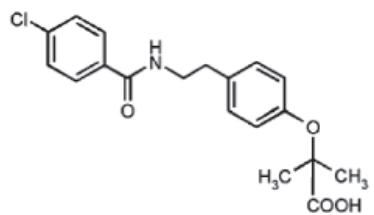
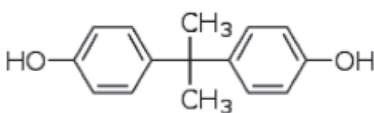
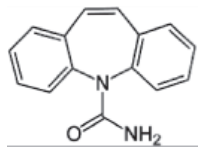
боте установлены кинетические закономерности деструкции МП в различных водных матрицах УФ излучением KrCl эксилампы без (УФ) и в присутствии пероксида водорода (УФ/ H_2O_2) и оценены величины соответствующих энергозатрат для очистки воды на 90%.

Материалы и методы исследования

Для экспериментов были взяты модельные МП фирмы «Sigma-Aldrich» с различными величинами k_{OH} (табл. 1). Данные соединения являются одними из наиболее распространенных в настоящее время органических МП, широко применяющихся в промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

Таблица 1

Общие характеристики исследуемых органических микрополлютантов

Микрополлютант	Структурная формула	$k_{\text{OH}}, \text{M}^{-1}\text{s}^{-1}$	Применение
4-хлорбензойная кислота (п-ХБК)		$5,0 \cdot 10^9$	Вспомогательное соединение для производства красителей, фунгицидов, лекарственных средств. Консервант в адгезивах и красках
Атразин (АТЗ)		$3,0 \cdot 10^9$	Высокоэффективный S-триазиновый гербицид
Йогексол (ЙГС)		$3,2 \cdot 10^9$	Рентгеноконтрастное средство в медицине
Безафибрат (БЗФ)		$7,4 - 8,0 \cdot 10^9$	Гиполипидемическое лекарственное средство
Бисфенол А (БФА)		$6,9 \cdot 10^9$	Отвердитель в производстве пластмассы и продуктов на ее основе
Карбамазепин (КБЗ)		$8,8 \cdot 10^9$	Противоэпилептическое лекарственное средство

В качестве источника УФ-излучения использована КгСl-эксиллампа (ООО «Эксиллампы», г. Томск), максимум излучения которой (222 нм) находится в коротковолновой области поглощения исследуемых соединений. Согласно актинометрическим данным, интенсивность падающего излучения составила 0,64 мВт/см². Каждый МП вносили в очищаемую воду ($C_0 = 1$ мкМ, рН = 8,0) и облучали при постоянном перемешивании на магнитной мешалке (IKA, 350 об/мин) без или в присутствии H₂O₂ ($C_0 = 0,2$ мМ) в статическом фотореакторе. В качестве водных матриц были взяты деионизованная вода (ДВ), синтетическая вода (СТВ), природная вода (ПВ) и очищенная хозяйственно-бытовая сточная вода (СВ). СТВ состояла из растворенного в ДВ стандартного органического вещества (Pony Lake Fulvic Acid, IHSS). После отбора пробы ПВ и СВ были отфильтрованы через фильтры из регенерированной целлюлозы (Ø 0,45 мкм) и хранились при 4 °С. Содержание растворенного органического углерода в СТВ, ПВ и СВ определяли с помощью ТОС-анализатора Shimadzu TOC-V (Япония) и составило 1,1; 0,9 и 5,2 мг/С, соответственно. Остаточную концентрацию МП в процессе деструкции определяли методом ВЭЖХ с УФ-детектором на хроматографе Ultimate®3000 (Dionex, США). Элюирование осуществляли в изократическом режиме со скоростью 0,8 мл/мин на колонке Nucleosil 100-5 C18 (Macherey-Nagel, Германия) с использованием смеси метанола и фосфатного буфера в соотношении 55:45 (об. %). Йогексол элюировали при соотношении MeOH:H₃PO₄ 5:95 (об. %). Рабочие растворы МП были приготовлены в ДВ качества Milli Q (18,2 мОм·см, Advantage A10 system, Millipore, Германия). Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета STATISTICA 6.0.

Дозу УФ-излучения определяли как произведение средней интенсивности излучения в облучаемом объеме воды и продолжительности облучения. В свою очередь, величину средней интенсивности излучения рассчитывали с использованием интегрированной формы закона Бугера – Ламберта – Бера как произведение интенсивности падающего на поверхность раствора излучения и поправочного коэффициента, учитывающего поглощение всех растворенных компонентов водной матрицы [9]. На основе УФ-доз, необходимых для разложения 90 % вещества, далее рассчитаны энергетические затраты (в кВт·ч/м³) на очистку воды УФ-облучением без и в присутствии H₂O₂. Для комбинированной обработки расчеты энергии произведены с учетом потребленного окислителя из расчета 10 кВт·ч на производство 1 кг H₂O₂ [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Из экспериментальных линейных зависимостей $\ln(C/C_0)$ от дозы УФ-излучения (мДж/см²) в различной водной матрице были рассчитаны константы скорости деструкции МП по первому порядку (k_1) в единицах дозы (табл. 2).

Максимальные скорости фотолиза в ДВ и СТВ установлены для АТЗ, максимальная величина молярного коэффициента поглощения которого совпадает с максимумом излучения КгСl-эксиллампы. В модельном растворе (ДВ), исключая влияние фоновой матрицы, КБЗ прямым фотолизом практически не разлагается. Прямой фотолиз микрополлютантов, имеющих высокие значения k_{OH^*} в ПВ и СВ характеризовался значительно более высокой скоростью деструкции по сравнению с ДВ и СТВ (табл. 2). Так, величины k_1 для БФА и КБЗ в ПВ и СВ на 1–2 порядка выше, чем в ДВ и СТВ. Полагаем, что этот эффект вызван фотосенсибилизированным окислением МП в присутствии фонового растворенного органического вещества ПВ и СВ, как источника OH^{*}. Известно, что при возбуждении природных фотосенсибилизаторов (растворенного органического вещества (РОВ), NO₃⁻, NO₂⁻ и др.), помимо переходов РОВ в возбужденное триплетное состояние, также генерируются активные формы кислорода, в том числе OH^{*}, которые, в свою очередь, эффективно окисляют разлагаемые органические поллютанты [6]. Очевидно, что в ПВ и СВ основным источником OH^{*} является РОВ в силу низкого содержания NO₃⁻ (6,3 мг/л), NO₂⁻ (0,074 мг/л) и NH₄⁺ (< 0,2 мг/л). Скорость разложения п-ХБК – ловушки OH^{*} – в ПВ и СВ также до одного порядка выше, чем в ДВ и СТВ (табл. 2). Этот эффект для СТВ, содержащей в качестве РОВ только стандартное органическое вещество (фульвокислоты), нами не выявлен.

Таблица 2

Константы скорости деструкции микрополлютантов ($k_1 \cdot 10^{-2}$, см²/мДж) УФ излучением КгСl-эксиллампы в деионизованной (ДВ), синтетической (СТВ), природной (ПВ) и сточной (СВ) воде $C_0 = 1$ мкМ, рН = 8,0, $p = 0,95$

Микрополлютант	Водная матрица			
	ДВ	СТВ	ПВ	СВ
п-ХБК	0,1 ± 0,006	0,08 ± 0,006	0,5 ± 0,02	1,0 ± 0,03
Атразин	0,8 ± 0,05	0,8 ± 0,06	1,0 ± 0,07	1,3 ± 0,06
Йогексол	0,4 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,9 ± 0,03	1,0 ± 0,02
Безафибрат	0,3 ± 0,015	0,4 ± 0,02	1,1 ± 0,10	1,8 ± 0,10
Бисфенол А	0,3 ± 0,01	0,2 ± 0,006	6,2 ± 0,45	18,0 ± 0,6
Карбамазепин	0,08 ± 0,001	0,1 ± 0,006	0,9 ± 0,02	1,7 ± 0,03

Отсутствие измеримой генерации $\text{OH}^\bullet$ при обработке СТВ может быть обусловлено низкой фотосенсибилизирующей активностью данных фульвокислот при 222 нм в силу низкого содержания ароматических структур [4].

Таким образом, кинетика фотолиза МП, имеющих высокие величины $k_{\text{OH}^\bullet}$ (п-ХБК, БФА, КБЗ, БЗФ) в реальной воде (ПВ и СВ) характеризуется максимальными скоростями деструкции. Поскольку АТЗ и ЙГС отличаются более низкой реакционной способностью к окислению $\text{OH}^\bullet$, существенного увеличения скорости их разложения при переходе от модельной к реальной воде не наблюдалось. Полученные результаты позволяют заключить, что прямое облучение данных МП КrCl-эксилампой в природной и сточной воде является эффективным комбинированным окислительным процессом, обеспечивая их фотосенсибилизированное окисление в присутствии РОВ.

В присутствии H_2O_2 скорости деструкции МП, легко окисляющихся $\text{OH}^\bullet$ (п-ХБК, БФА, КБЗ, БЗФ), в ДВ, СТВ и ПВ выше, чем при прямом фотолизе в тех же водных матрицах (табл. 3).

Так, в ДВ константы скорости деструкции (k_2) до одного порядка выше, чем найденные при прямом фотолизе. Напротив, скорости УФ и УФ/ H_2O_2 деструкции МП в СВ, в которой генерирующиеся $\text{OH}^\bullet$ связываются с максимальной скоростью, различа-

лись незначительно. В пределах одинаковой водной матрицы кинетика деструкции АТЗ и ЙГС, имеющих более низкие величины $k_{\text{OH}^\bullet}$ без и в присутствии окислителя характеризовалась близкими значениями k_1 и k_2 . Сравнительный анализ эффективности УФ и УФ/ H_2O_2 методов для разложения АТЗ показал, что во всех водных матрицах доминирующим фактором является прямой фотолиз.

В целом внесение пероксида приводило к снижению доз УФ излучения, необходимых для разложения 90% микрополлютанта. При этом различия между дозами для УФ и УФ/ H_2O_2 обработки различных водных матриц уменьшались в ряду: ДВ > СТВ > ПВ > СВ. На основе УФ-доз рассчитаны энергетические затраты на очистку воды облучением без и в присутствии окислителя (табл. 4).

Применение комбинированного метода обеспечивает снижение величин электроэнергии до одного порядка в зависимости от типа водной матрицы и разлагаемого микрополлютанта. В частности, для очистки ДВ и СТВ комбинированным методом (УФ/ H_2O_2) величины требуемой электроэнергии до одного порядка ниже, чем при прямом облучении. Прямой фотолиз (кроме АТЗ) в ДВ и СТВ отличается достаточно высокими энергозатратами. Поскольку СВ имеет высокое поглощение при 222 нм для обеспечения ее очистки от исследуемых МП на 90% комбинированным

Таблица 3

Константы скорости деструкции микрополлютантов ($k_2 \cdot 10^{-2}$, $\text{см}^2/\text{мДж}$) при УФ/ H_2O_2 обработке деионизированной (ДВ), синтетической (СТВ), природной (ПВ) и сточной (СВ) воды $C_0 = 1$ мкМ, $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 0,2$ мМ, $\text{pH} = 8,0$, $p = 0,95$

Микрополлютант	Водная матрица			
	ДВ	СТВ	ПВ	СВ
п-ХБК	$1,0 \pm 0,04$	$0,7 \pm 0,03$	$0,9 \pm 0,04$	$1,1 \pm 0,03$
Атразин	$1,1 \pm 0,08$	$1,0 \pm 0,08$	$1,2 \pm 0,10$	$1,5 \pm 0,07$
Йогексол	$0,9 \pm 0,02$	$0,7 \pm 0,02$	$0,9 \pm 0,03$	$1,3 \pm 0,03$
Безафибрат	$1,5 \pm 0,11$	$0,9 \pm 0,07$	$1,6 \pm 0,10$	$1,9 \pm 0,10$
Бисфенол А	$1,5 \pm 0,06$	$0,9 \pm 0,03$	$3,4 \pm 0,25$	$16,0 \pm 0,5$
Карбамазепин	$1,5 \pm 0,05$	$0,8 \pm 0,02$	$1,4 \pm 0,05$	$2,0 \pm 0,03$

Таблица 4

Энергетические затраты ($\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$) для удаления 90% микрополлютантов из деионизированной (ДВ), синтетической (СТВ), природной (ПВ) и сточной воды (СВ). $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 0,2$ мМ, $\text{pH} = 8,0$

Микрополлютант	ДВ		СТВ		ПВ		СВ	
	УФ	УФ/ H_2O_2	УФ	УФ/ H_2O_2	УФ	УФ/ H_2O_2	УФ	УФ/ H_2O_2
п-ХБК	13	1,4	17	2,1	3,0	1,8	4,4	4,4
Атразин	1,7	1,3	1,7	1,5	1,5	1,4	3,5	3,4
Йогексол	3,3	1,6	3,4	2,1	1,7	1,8	4,4	3,9
Безафибрат	4,3	0,9	3,4	1,6	1,4	1,0	2,5	2,6
Бисфенол А	4,3	0,9	6,8	1,6	0,2	0,5	0,2	0,4
Карбамазепин	16,4	1,0	13,7	1,8	1,7	1,2	2,6	2,5

методом необходимы максимальные величины электроэнергии, сравнимые с энергозатратами при прямом облучении, без участия H_2O_2 . Более низкие величины энергозатрат ($< 1,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$) ранее сообщались для очистки поверхностной природной воды ($4,0 \text{ мг}/\text{л}$) от АТЗ, БЗФ и КБЗ ртутной лампой низкого и среднего давления в присутствии $10 \text{ мг}/\text{л}$ H_2O_2 [7]. Вместе с тем для деструкции 90% КБЗ в СВ эксилампой в присутствии окислителя требовались более низкие энергозатраты ($2,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$), чем установленные ранее для 90%-ной очистки СВ от КБЗ ($C_0 = 2,32 \text{ мг}/\text{л}$ или $0,01 \text{ мкМ}$) облучением ртутной лампой среднего давления в присутствии H_2O_2 ($4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$) [10].

Выявлено, что комбинированный метод (УФ/ H_2O_2) для очистки ПВ от п-ХБК, БЗФ и КБЗ является более энергоэффективным, чем прямое облучение. Минимальные энергозатраты установлены для разложения БФА прямым облучением ПВ и СВ ($0,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$). Тем не менее полученные значения для деструкции п-ХБК и АТЗ в ПВ ($0,9 \text{ мг}/\text{л}$) на $1,02$ и $0,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ выше, чем установленные ранее для разложения тех же соединений в воде Цюрихского озера (Швейцария) ($1,3 \text{ мг}/\text{л}$) ртутной лампой низкого давления при той же исходной концентрации H_2O_2 [9]. Энергозатраты для деструкции п-ХБК в СВ ($5,2 \text{ мг}/\text{л}$) эксилампой приблизительно в 2 раза выше, чем найденная этими же авторами для очистки СВ ($3,9 \text{ мг}/\text{л}$) от п-ХБК при тех же условиях. Это обусловлено низким КПД эксилампы (5%) по сравнению с КПД ртутной лампы низкого давления (30%) [15]. Тем не менее величины электроэнергии для очистки ПВ от п-ХБК ($1,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$) комбинированным методом с помощью эксилампы были сравнимыми с последними, рассчитанными ранее для очистки воды озера Йонсватнет (Норвегия) ($1,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$, $3 \text{ мг}/\text{л}$) и озера Грайфензее (Швейцария) ($1,92 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$, $3,1 \text{ мг}/\text{л}$) ртутной лампой низкого давления при той же исходной концентрации окислителя [9]. При сравнении энергозатрат для ртутных ламп низкого среднего и низкого давления и лампы диэлектрического барьерного разряда (ДБД), излучающей около 240 нм , ранее установлено, что энергия, необходимая для деструкции 90% АТЗ ($C_0 = 10 \text{ мг}/\text{л}$ или $0,046 \text{ мкМ}$) при $5 \text{ мг}/\text{л}$ H_2O_2 в воде реки Мёз составила $1,87$; $0,73$ и $2,17 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ для ртутной лампы среднего давления, ртутной лампы низкого давления и ДБД-лампы соответственно [11]. Нами получены более низкие величины энергозатрат, необходимых для деструкции АТЗ в ПВ ($1,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$, $0,9 \text{ мг}/\text{л}$). Принимая, что величины потре-

бляемой электроэнергии для удаления 90% загрязняющего вещества $\leq 2,65 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ являются экономически целесообразными [3], можно заключить, что комбинированный метод с применением КrCl-эксилампы энергоэффективен для очистки природной воды с невысоким содержанием РОВ. Комбинированный метод и метод прямой УФ-обработки (в силу сравнимых энергозатрат) также энергоэффективны для очистки СВ от БЗФ, БФА и КБЗ. Полагаем, что использование эксиламп с более высоким КПД позволит снизить энергозатраты и обеспечить энергоэффективность очистки сточных вод с высоким содержанием РОВ.

Список литературы

1. Аджиенко Г.В. Органические микрозагрязнители – опасность для живых организмов / Г.В. Аджиенко, Е.В. Веницианов // Вода: химия и экология. – 2015. – № 2. – С. 31–40.
2. Гетьман М.А. Лекарственные средства в окружающей среде / М.А. Гетьман, И.А. Наркевич // Ремедиум. – 2013. – № 2. – С. 50–54.
3. Bolton J.R., Cater S.R. Homogenous photodegradation of pollutants in contaminated water: An introduction. Chapter 33. In: Surface and aquatic environmental photochemistry. Helz G.R., Zepp R.G., Crosby D.G., Eds., CRC-Press, Boca Raton, FL, 1994. p. 476.
4. Brown A. Chemical characterization of dissolved organic material in Pony Lake, a saline coastal pond in Antarctica / A. Brown, D.M. McKnight, Y.P. Chin, E.C. Roberts, M. Uhle // Mar. Chem. – 2004. – Vol. 89. – P. 327–337.
5. Buxton G.V. Critical review of rate constants for reactions of hydrated electrons, hydrogen atoms and hydroxyl radicals in aqueous solution / G.V. Buxton, C.L. Greenstock, W.P. Helman, W.P. Ross // J. Phys. Chem. Ref. Data. – 1988. – Vol. 17. – P. 513–886.
6. Dong M.M. Photochemical formation of hydroxyl radical from effluent organic matter / M.M. Dong, F.L. Rosario-Ortiz // Environ. Sci. Technol. – 2012. – Vol. 46. – P. 3788–3794.
7. Ijpelaar G.F. Comparison of low pressure and medium pressure UV lamps for UV/ H_2O_2 treatment of natural waters containing micro pollutants / G.F. Ijpelaar, D.J.H. Harmsen, E.F. Beerendonk, R.C. van Leerdaam, D.H. Metz, A.H. Knol, A. Fulmer, S. Krijnen // Ozone Sci. Eng. – 2010. – Vol. 32, № 5. – P. 329–337.
8. Joss A. Are we about to upgrade wastewater treatment for removing organic micropollutants? / A. Joss, H. Siegrist, T.A. Ternes // Wat. Sci. Technol. – 2008. – Vol. 57. – P. 251–255.
9. Katsoyiannis I.A. Efficiency and energy requirements for the transformation of organic micropollutants by ozone, $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ and $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ / I.A. Katsoyiannis, S. Canonica, U. von Gunten // Water Res. – 2011. – Vol. 45. – P. 3811–3822.
10. Köhler C. Elimination of pharmaceutical residues in biologically pre-treated hospital wastewater using advanced UV irradiation technology: A comparative assessment / C. Köhler, S. Venditti, E. Igos, K. Klepizewski, E. Benetto, A. Cornelissen // J. Hazard. Mater. – 2012. – Vol. 239–240. – P. 70–77.
11. Lekkerkerker-Teunissen K. Pilot plant results with three different types of UV lamps for advanced oxidation / K. Lekkerkerker-Teunissen, A.H. Knol, J.G. Derks, M.B. Heringa, C.J. Houtman, C.H.M. Hofman-Caris, E.F. Beerendonk, A. Reus, J.Q.J.C. Verberk, J.C. van Dijk // Ozone Sci. Eng. – 2013. – Vol. 35, № 1. – P. 38–48.
12. Matafonova G. Recent progress on application of UV excilamps for degradation of organic pollutants and microbial inactivation / G. Matafonova, V. Batoev // Chemosphere. – 2012. – Vol. 89. – P. 637–647.
13. Schwarzenbach R.P. The challenge of micropollutants in aquatic systems / R.P. Schwarzenbach, B.I. Escher, K. Fenner, T.B. Hofstetter, C.A. Johnson, U. von Gunten, B. Wehrli // Science. – 2006. – Vol. 313, № 5790. – P. 1072–1077.
14. Ternes T.A. Human pharmaceuticals, hormones and fragrances. The challenge of micropollutants in urban water management / T.A. Ternes, A. Joss. – London: IWA Publishing, 2006. – 468 p.
15. US EPA, 2006. EPA 815-R-06-007, Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule.

УДК 303.444:902/904

ДАТИРОВАНИЕ ОСТЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

^{1,2}Могнонов Д.М., ^{1,2}Аюрова О.Ж., ³Танганов Б.Б.¹Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: chem88@mail.ru;²Бурятский государственный университет, Улан-Удэ;³Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ

В настоящей работе исследована возможность абсолютного датирования остеологического материала археологических источников методами динамического термогравиметрического анализа (ДТГА), пиролизической газовой хроматографии (ПГХ), а также методом многоуровневого моделирования, разработанным при исследовании статистических ансамблей Гиббса для термодинамически изолированных, термодинамически закрытых и термодинамически открытых систем, а также внутренних параметров самой изучаемой системы, приводящих в рассматриваемом случае к объему, массе и глубине захоронения. Показано, как и предполагалось, что наблюдается очевидная достаточно надежная корреляция между возрастом остеологического материала и количеством его органической составляющей и других параметров. Предлагаемые способы датирования могут быть охарактеризованы как предварительный скрининг-анализ полевых материалов с последующей корреляцией результатов других известных методов датировки.

Ключевые слова: датирование, термогравиметрический анализ, пиролизическая газообразная хроматография, collagen, фоссилзация, метод многоуровневого моделирования

DATING OF OSTEOLOGICAL MATERIAL OF ARCHAEOLOGICAL SOURCES BY METHOD OF THERMAL ANALYSIS

^{1,2}Mogonov D.M., ^{1,2}Ayurova O.Zh., ³Tanganov B.B.¹Baikal Institute of Nature Management Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Ulan-Ude, e-mail: chem88@mail.ru;²Buryat State University, Ulan-Ude;³East-Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude

In this work we research the potentialities of absolute dating osteological material archaeological sources by the dynamic thermo gravimetric analyses, pyrolytic gaseous chromatography and multilevel modeling method developed in the study of Gibbs statistical ensembles for thermodynamically isolated, thermodynamically closed and thermodynamically open systems, and internal parameters of the most studied system, resulting in the present case to the volume, weight and depth of burial. It is shown, as expected, that there is an obvious enough reliable correlation between the age of osteological material and the amount of its organic content and other parameters. Proposed methods of dating can be characterized as a preliminary screening analysis of field data with the subsequent correlation of the results of other known methods of dating.

Keywords: dating, thermogravimetric analyses, pyrolytic gaseous chromatography, collagen, fossilization, multilevel modeling method

Сегодня при высокой степени дифференциации научных дисциплин основные фундаментальные проблемы решаются совокупностью ряда наук, но своими методами далеко относящих одна от другой. Среди гуманитарных, в частности исторических, наук это более всего относится к археологии. В отличие от истории в узком ее понимании археология располагает самым разнообразным вещественным материалом, исследование которого может плодотворно производиться методами многих научных дисциплин, в первую очередь химических и физико-химических.

Первостепенное значение для археологии имеет по возможности точное определение времени бытования той или иной культуры и отдельных археологических памятников. В связи с этим значительная доля

усилий археологов направлена на установление абсолютного и относительного возраста изучаемых источников, что позволит проследить в строгой хронологической последовательности эволюцию культур и человеческих сообществ, изучить закономерности в истории развития человечества.

Одним из основных методов построения хронологических шкал является радиоуглеродный метод измерения времени [1, 2, 10].

Недостатком радиоуглеродного метода абсолютного датирования археологических материалов являются:

– флуктуация концентраций радиоуглерода в атмосфере Земли (изменение скорости перемешивания радиоуглерода в различных резервуарах, эффект Зюсса, испытание атомного оружия в атмосфере);

– сложность пробоподготовки при измерении C^{14} в пропорциональной и сцинтилляционной методиках;

– дорогостоящая и сложная аппаратура для регистрации радиоактивности до 10^{-11} – 10^{-15} кюри;

– ограниченный интервал датировок, определяемый периодом полураспада C^{14} (не более 50 тыс. лет).

В настоящей работе исследована возможность абсолютного датирования остеологического материала археологических источников методами динамического термogrавиметрического анализа (ДТГА) и пиролизической газовой хроматографии (ПГХ). Предлагаемые способы датирования могут быть охарактеризованы как предварительный скрининг-анализ полевых материалов с последующей корреляцией результатов других известных методов датировки.

Материалы и методы исследования

Характеристика образцов исходного остеологического материала приведена в табл. 1. Костный материал, не подвергавшийся термической обработке, предварительно очищали от поверхностных загрязнений механическим способом. Гуминовые кислоты удаляли выщелачиванием водным раствором NaOH (концентрация 0,1–0,5 моль/л) при комнатной температуре в течение 20–24 часов. После экстракции этанолом в аппарате Сокслета в течение 4–6 часов образцы сушили в вакуум-шкафу при 60°C и остаточном давлении 1–2 мм рт.ст. Сухой материал измельчали дисковой фрезой и на вибрационном истирателе (материал ступки и шариков – агат) до глубины помола 200 МЕШ.

«Хром-4» (катарометр, колонка 1 м, силикагель L80–120 МЕШ., Ag, 60 мл/мин). Калибровку проводили по стандартной газовой смеси CO_2 и N_2 . Содержание CO_2 19,33 % об. [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Остеологический материал является элементом внутреннего скелета позвоночных с соотношением минеральных веществ и органических 65:35. Минеральная часть представлена фосфатом (85%) и карбонатом кальция (10%) с небольшой примесью фосфата магния (1,5%) и фторида кальция (0,5%). Органическая составляющая представляет собой collagen, протеин, жиры и т.д. [6]. Длительное пребывание остеологического материала в погребенном состоянии сопровождается фоссилизацией и как следствие уменьшением доли органической составляющей. Несмотря на многочисленные попытки соотнести различные параметры фоссилизации (содержание азота, физические и оптические свойства, содержание аминокислот), генезис collagen остается достаточно сложным процессом. Тем не менее была предложена достаточно простая концептуальная модель разложения collagen, позволяющая связать содержание последнего с проблемой датирования низкоcollagenовых когтей [7, 8].

В соответствии с первичной квалификацией collagen относится к нерастворимым белкам-склеропотеинам. Особенностью

Таблица 1

Характеристика образцов

Номер образца	Год образца	Глубина, м	Литоологический слой	Природа остеологического материала
1	1998	1,70	Пески, охра	<i>Cervus cf. relaphus</i>
2	1998	1,70	Пески, охра	<i>Egaus Caballus</i>
3	1993	8,00–9,00	Бурые пески	<i>Egaus Caballus</i>
4	1998	0,58	Поддерновая супесь каштанового цвета	<i>Cervus cf. relaphus</i>
5	1993	1,70–1,80	Субаэральные отложения	<i>Egaus Caballus</i>
6	2001	0,80–1,00	Пески, охра	<i>Cervus cf. relaphus</i>

Динамический термogrавиметрический анализ выполнен на синхронном термоанализаторе STA 449C (фирма Netzsch, Германия) в платиновом тигле, скорость нагревания на воздухе 5°/мин, навеска материала 20 мг [4].

Пиролиз остеологического материала изучали в проточной пиролизической ячейке при 500°C, позволяющей проводить в одинаковых условиях эксперимента пиролиз материала с последующим анализом летучих продуктов деструкции методом газовой хроматографии. Навеска материала 1–2 мг. Количественное определение CO_2 на хроматографе

collagen является необычно высокое содержание глицина, пролина и оксипролина. Каждым четвертым звеном в белковом скелете collagen является пролин или оксипролин, связанный с глицином. Вытянутая форма спирали collagen предотвращает образование внутримолекулярных водородных связей, однако межцепные водородные связи являются важным фактором генезиса collagen, включающего кинетический и транспортный процессы. Таким образом,

длительность пребывания остеологического материала в погребенном состоянии может определяться количеством полипептидных фрагментов матрицы. При высокотемпературной обработке остеологического материала происходит термическая и термоокислительная деструкция коллагена, количество которого будет зависеть от времени пребывания в захоронениях.

Поскольку основным структурным элементом полипептидной цепи коллагена являются алифатические фрагменты, его термические характеристики сравнимы с показателями синтетических алифатических полиамидов. Их термостойкость всесторонне изучалась. Было показано, что уже при 300 °С происходит деструкция [3], сопровождающаяся значительной потерей массы, выделением летучих продуктов и образованием нерастворимого коксообразного продукта. Скорость термической деструкции полиамидов зависит от температуры и с ростом последней увеличивается, что особенно характерно при нагревании полимеров на воздухе [11]. Эти факты находят подтверждение при анализе результатов термического анализа остеологического материала, выполненного на STA 449C (фирма Netzsch, Германия). Так, при 300 °С на кривой ДТА наблюдается интенсивный экзотермический пик процесса термоокислительной деструкции, отвечающий максимальной скорости потери массы. Однако по достижении 400 °С скорость процесса резко замедляется.

Таким образом, общие потери массы образца при нагревании, особенно в интервале 300–500 °С, позволяют использовать метод термогравиметрического анализа при датировании археологических образцов. Естественно, что условия термического

анализа должны исключать одновременное протекание процессов термоокислительной деструкции коллагена и реакций термического разложения минеральных веществ, прежде всего карбоната кальция, который разлагается с выделением диоксида углерода уже при 740 °С [9, 14].

В табл. 2 приведены результаты динамического термогравиметрического анализа образцов остеологического материала различного возраста. Как видно из полученных данных, наблюдается очевидная корреляция между возрастом остеологического материала и количеством его органической составляющей.

Более показательны результаты пиролитической газовой хроматографии. Так, объем выделившегося при пиролизе диоксида углерода (рисунок) резко снижается с увеличением времени пребывания остеологического материала в захоронениях.

Настоящий график может служить основой построения калибровочной хронологической шкалы при последующем определении абсолютного возраста костных материалов для построения локальных и региональных культурно-исторических схем периодизации, а метод многоуровневого моделирования (ММУМ) [12, 13] (табл. 3) позволяет с высокой степенью достоверности прогнозировать абсолютное датирование объектов исследования. Об этом свидетельствует высокий коэффициент многоуровневого моделирования $R_{\text{ММУМ}} = 0,9728$ и достаточно тесное совпадение экспериментальных и теоретических дат пребывания остеологического материала в захоронениях. В табл. 3 представлены базисные параметры для этих оценок и введено неэмпирическое уравнение многоуровневого метода:

$$Y = -160,3840 \cdot X_1 - 668,2064 \cdot X_2 - 601,8770 \cdot X_3 + 48877,7762 \quad (R_{\text{ММУМ}} = 0,9728). \quad (1)$$

Таблица 2

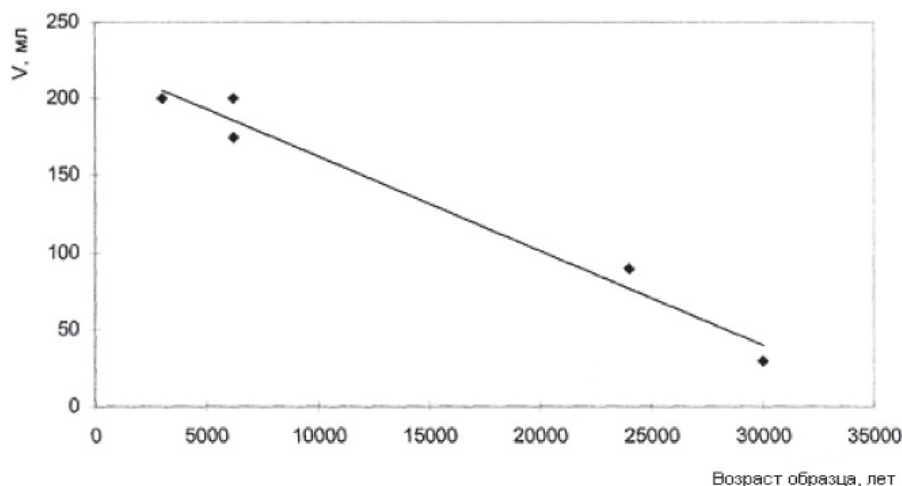
Результаты динамического термогравиметрического анализа образцов остеологического материала

Номер образца (в табл. 1)	Имеющаяся дата	Потеря массы при 500 °С, %
1	6250 ± 150**	15,5–16,0
2	6179 ± 65**	15,0–17,0
3	30220 ± 270*	12,0–12,5
4	3000*	20,0–21,0
5	24625 ± 190**	14,0–15,5
6	2000**	20,5–21,0

Примечания:

* – Университет штата Аризона, г. Тусон.

** – Институт геологии СО РАН, г. Новосибирск.



*Количество выделившегося диоксида углерода V (мл)
при пиролизе остеологического материала различного возраста*

Таблица 3

Базисные параметры для вывода уравнения ММУМ
и время пребывания остеологического материала
(столбец 5 – эксперимент, столбец 4 – теоретические расчеты)

X_1 – объем выделившегося при пиролизе CO_2 , мл	X_2 – потеря массы при 500°C , %	X_3 – глубина, м	$Y_{\text{расчет}}$, гг. (1)	Y – время пребывания остеологического материала, гг.
1	2	3	4	5
200	20,50	0,58	2753	3000
200	15,75	1,70	5254	6800
175	16,00	1,70	9096	6800
90	14,75	1,75	23533	24000
35	12,25	8,50	29963	30000

При разработке метода многоуровневого моделирования основополагающим подходом является идея статистических ансамблей Гиббса для термодинамических систем, приводящая в зависимости от того, является ли изучаемая система термодинамически изолированной, закрытой и термодинамически открытой [12, 13]. Таким образом, обоснованы базисные параметры: глубина захоронения, объем диоксида углерода и потеря массы объекта.

Таким образом, показана возможность абсолютного датирования остеологического материала археологических

источников методами динамического термогравиметрического анализа и пиролитической газовой хроматографии, а также методом многоуровневого моделирования. Органическая составляющая костей позвоночных представляет собой коллаген, который при длительном пребывании в погребенном состоянии подвергается фоссилизации, и, как следствие, уменьшается его количество. При высоких температурах происходит термическая и термоокислительная деструкция коллагена, количество которого зависит от времени его пребывания в захоронениях.

Представленная работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, грант 12-05-98000-р_сибирь_а «Комплексные исследования природной среды, климата и биоты плейстоцена и голоцена Забайкалья и выявление этапов их развития на основе использования метода абсолютного датирования (радиоуглеродный C14, термогравиметрия, масс-спектрометрия).

Список литературы

1. Авилова Л.И., Орловская Л.Б. Радиоуглеродный метод и проблемы датирования бронзового века // Краткие сообщения Института археологии. – М.: Наука, 2003. – Вып. 214. – С. 9–20.
2. Вагнер Г. Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. – М.: Техносфера, 2006. – 575 с.
3. Коршак В.В., Слонимский Г.Л., Крокгауз Е.С. // Известия АН СССР, ОХН. – 1958. – № 2. – С. 221–226.
4. Могнонов Д.М. и др. Способ абсолютного датирования остеологического материала археологических источников / Патент РФ № 2187096, 2000. Бюл. изобр. № 22.
5. Могнонов Д.М. и др. Способ датирования остеологического материала археологических источников методом пиролитической газовой хроматографии / Патент РФ № 2194980, 2002. Бюл. изобр. № 35.
6. Орлова Л.А. Физико-химические методы исследований в геологии. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 153–160.
7. Ambrose S.H., De Niro M.J. // Quaternary Research. – 1989. – Vol. 31. – P. 407–422.
8. Collins M.J., Riley M.S., Child A.M., Turner-Walker A. // J. Archaeological Sci. – 1995. – Vol. 22. – P. 175–183.
9. Erdey L., Paulik F., Paulik J. // Acta chim. Hung. – 1956. – Vol. 10. – P.6.
10. Libby W.F. Radiocarbon Dating. – Zed, Chicago, 1955.
11. Mogonov D.M., Varga J., Batotsyrenova A.I., Samsonova V.G., Izyneev A.A. Etude de la decomposition thermique des polyheteroarylenes // Journal of Thermal Analysis. – 1985. – Vol. 30. – P. 1053–1062.
12. Tenganov B.B. Fundamentals of Chemometrics in different Branches of Chemical Science // European Journal of Natural History (London). – 2011. – № 2. – С. 57–60.
13. Tenganov B.B. Modelling of ions mobility in plasma-like concept and transfer processes in electrolyte solutions // Journal of Chemistry and Chemical Engineering (USA). – 2013. – Vol. 7. – № 8. – P. 711–724.
14. Valco E.I., Chiklis C.K. // J. Appl. Polym. Sci. – 1965. – Vol. 9. – P. 2855–2877.

УДК 663.86:641

ИННОВАЦИОННЫЕ ВИДЫ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Удалова Л.П., Догаева Л.А., Юрикова Е.В.

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

Успешная реализация инновационной стратегии развития пищевой промышленности позволит предприятиям отрасли выпускать высококачественную продукцию, востребованную на внутреннем и на внешнем рынках. В соответствии с теорией функционального питания в пищевых продуктах должны содержаться функциональные ингредиенты, помогающие организму человека противостоять болезням цивилизации, замедлять процессы старения, снижать неблагоприятное влияние экологической обстановки. В растительном сырье основными группами физиологически активных веществ являются: антиоксиданты, биофлавоноиды, каротиноиды, дубильные вещества, пектиновые вещества, алкалоиды, гликозиды, витамины, макроэлементы и микроэлементы. Перспективным направлением разработки инновационных напитков является производство газированных безалкогольных напитков на основе гидролизата томленого солода, функциональных сиропов и обогащенных чайных напитков. Новые продукты, благодаря содержащимся в них нутриентам, обладают высокой антиоксидантной способностью, могут быть рекомендованы для питания пожилых людей, и содержащиеся в напитках минеральные вещества, кислоты будут способствовать увеличению обменных процессов и продолжительности жизни.

Ключевые слова: функциональное питание, безалкогольные напитки, дипиколиновая кислота, антиоксиданты, биофлавоноиды, гликозиды, витамины, макроэлементы и микроэлементы

INNOVATIVE TYPES OF SOFT DRINKS FOR FUNCTIONAL FOOD

Udalova L.P., Dogaeva L.A., Yurikova E.V.

Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, e-mail: kaf-tpt@bukep.ru

Successful implementation of innovative strategy of the food industry development would enable the industry to produce high quality products demanded by the domestic and foreign markets. In accordance with the theory of functional food foodstuffs must contain functional ingredients that help the human body to resist diseases, slow the aging process, and reduce the adverse impact of the environment. In plant raw materials the major groups of physiologically active substances are: antioxidants, bioflavonoids, carotenoids, tannins, pectins, alkaloids, glycosides, vitamins, macronutrients and trace elements. A promising direction of development of innovative beverages is the production of carbonated soft drinks on the basis of the hydrolysate stewed malt, functional, syrups and enriched tea drinks.

Keywords: functional food, soft drinks, dipicolinate acid, antioxidants, flavonoids, glycosides, vitamins, macro-elements and micro-elements

Актуальность наших научных исследований определяется необходимостью сбалансированного питания различных категорий потребителей в стране и профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний пищеварительной системы и др. Социальная составляющая исследования нацелена на укрепление здоровья населения региона (страны) путем увеличения доли потребления продуктов с функциональными свойствами.

Функциональное питание подразумевает употребление в пищу продуктов, повышающих сопротивляемость человеческого организма заболеваниям и улучшающих многие физиологические процессы в организме человека, что позволяет ему долгое время сохранять активный образ жизни.

Функциональные продукты питания – это специальные пищевые продукты, обладающие научно обоснованными и подтвержденными свойствами, снижающие

риск развития заболеваний, предотвращающие дефицит питательных веществ, сохраняющие и улучшающие здоровье за счет наличия в его составе функциональных пищевых ингредиентов [5].

Потребление подобных продуктов способствует очищению организма от ионов тяжелых металлов, снижает негативное действие ионизирующих облучений, содержание холестерина в крови, токсинов, укрепляет сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам внешней среды.

Для получения функциональных продуктов в России используют различные виды нетрадиционного сырья, в частности растительное сырье, которое все более широко применяется в сфере производства напитков с повышенной биологической ценностью.

Целью исследований является разработка инновационных видов безалкогольных напитков для функционального

питания на основе растительного сырья. Растительное сырье обладает сложным химическим составом, которое оказывает благотворное терапевтическое влияние на организм человека и позволяет создать продукты профилактического назначения.

В исследовании использовали методы анализа и синтеза, структурирование функций качества и стандартные методы товароведческой экспертизы. Разработку рецептур инновационных напитков проводили на основе методических подходов, предложенных в работе Л.П. Удаловой и В.Е. Понамарева (2013) [1]. Качественный состав физиологически активных веществ лекарственно-технического сырья исследовали методом ВЭЖХ на приборе «Милихром-5», интенсивность перехода экстрактивных веществ растительного сырья в настои определяли рефрактометрическим методом. Определение дипиколиновой кислоты проводили двумя параллельными методами: ионизацией электронным ударом (EI-MS) и методом плазменной десорбции (Cf-252 PlasmaDesorbcion) на приборе MCBX.

Объектами исследования в работе послужили растительное и зерновое сырье, экстракты и гидролизаты, разработанные инновационные безалкогольные напитки с функциональными свойствами. Растительное сырье приобретали в аптечной и розничной сети, где продукция прошла подтверждение соответствия.

Гидролизат томленого солода получали по классической технологии, используя многоступенчатый процесс осахаривания затора. Для обеспечения процессов гидролиза использовали бальзамную композицию луговых трав [2]. Особенностью потребительских свойств гидролизата является высокое содержание сухих веществ, разнообразный минеральный и витаминный состав и наличие дипиколиновой кислоты.

Дипиколиновая кислота относится к группе пиколиновых кислот и еще её называют пиридин-2,6-дикарбоновой кислотой, ДПК. Она принадлежит к сильным кислотам, превосходя даже фолиевую кислоту. Дипиколиновая кислота хорошо и быстро образует комплексы с тяжелыми металлами и с радиоактивными изотопами, выводя их из организма. Также дипиколиновая кислота используется организмом в образовании дигидродипиколонатсинтетазы, которая принимает участие в синтезе белков, кроветворении,

обмене веществ организма и относится к оксидоредуктазам. Установлено, что дипиколиновая кислота может действовать как антиоксидант по механизму фенольных соединений.

Естественным путем образуется дипиколиновая кислота только микроорганизмами в процессе споруляции. Из эпифитов в травах лекарственных растений наиболее распространена травяная палочка *Erwiniaherbicola* (*Pseudomonasherbicola*), присутствует сенная палочка (*Bacillussubtilis*), а также бактерии родов *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Cromobacterium* и др.). Эпифитная микрофлора не опасна для человека и может выделять цитолитические, протеолитические и амилалитические ферменты.

Проведенные исследования подтверждают, что дипиколиновая кислота в гидролизате томленого солода, приготовленном по новой технологии, имеется в достаточно больших количествах.

Прототипом рецептуры безалкогольного напитка «Русское поле» послужила рецептура напитка «Лимонад». Технология приготовления сводится к созданию композиции, включающей: гидролизат томленого солода, настой айра и настой апельсиновых корок, свекольный и сахарный сиропы, лимонную кислоту и двуокись углерода. Общее содержание сахара, лимонной кислоты, свекольного сиропа, гидролизата томленого солода соответствует требованиям, предъявляемым к производству безалкогольных напитков.

При разработке рецептуры использовали свекольный сироп, приготовленный по технологии, предусмотренной для использования в безалкогольных напитках. Свекольный сок обладает сладким вкусом и имеет лечебные свойства. Биологической активностью обладает бетаин (метилованный гликокол), имеющий строение $(\text{CH}_3)_3\text{N}-\text{CH}_2\text{COO}-$. Опыты с гликоколом показали, что при его участии строятся важные гетероциклы порфирина (входящие в состав гемоглобина крови, многих ферментов и других веществ) и цикл пурина (входящий в состав нуклеиновых кислот). Красный цвет свекольного сока обусловлен содержащимся в сырье гликозидом бетанином. Кроме того, в свекольном соке содержатся витамины С, В₁, В₂ и РР. Из вышесказанного следует, что свекольный сок не только придает цвет, но и способствует обеспе-

чению функциональных свойств новых напитков.

Для придания напитку приятных ароматических свойств готовили 50 % водно-спиртовой настой корневищ аира. Аир обладает успокаивающим, противорвотным действием, содержит до 4,8 % эфирных масел (пинен, камфен, каламен, акарон, азарон, камфорн, изоакарон и другие), гликозид акорин, до 150 мг % витамина С, дубильные вещества и камеди.

Для усиления ароматизации безалкогольного напитка применяли апельсиновые корки, настоянные на 50 % этиловом спирте. Кожура цитрусовых содержит до 120–180 мг % витамина С, до 490 мг % витамина Р, а также тиамин (B_1), рибофлавин (B_2), каротин (провитамин А). Из гликозидов содержится гесперидин, нарингин, лимонин. Гесперидин обладает свойствами витамина Р (биофлавоноидов). Высокую биологическую ценность настою апельсиновых корок придают биофлавоноиды, которые обладают антиоксидантными свойствами.

Сравнивая инновационный безалкогольный напиток «Русское поле» с напитком «Лимонад», отметили, что предлагаемый напиток имеет привлекательные внешний вид и цвет, выраженный аромат. По физико-химическим показателям напитки идентичны. В рецептуру «Лимонада» входит колер. Использование колера нежелательно по гигиеническим признакам, так как он содержит оксиметилфурфурол. В рецептуре безалкогольного напитка «Русское поле» проводится замена колера на гидролизат томленого солода, что делает более ценными потребительские свойства напитка. Установили, что предлагаемый к производству напиток «Русское поле» по типу сильногазированный, а по способу обработки непастеризованный.

Анализ химического состава и медицинского применения растительного сырья позволил выделить те виды, которые обладают лечебно-профилактическими свойствами. В качестве растительного сырья выбраны: трава зверобоя, душицы, Melissa; плоды шиповника, боярышника, калины; листья мяты; цветки ромашки, липы; ягоды черной смородины, ежевики. Выбранное сырье обладает противовоспалительными, общеукрепляющими, антимикробными свойствами и рекомендовано Минздравом РФ в качестве лечебно-профилактических средств [3, 4, 5].

При создании новых функциональных сиропов руководствовались тем, что все разрабатываемые рецептуры должны содержать в своем составе компонент, придающий функциональную направленность продукту, – растительные экстракты. Подбор компонентов проводился с учетом свойств функциональной добавки и органолептических показателей готового продукта. При разработке новых функциональных сиропов необходимо сохранить вкус, запах, цвет исходного сырья и обеспечить его длительное хранение.

Разработка рецептуры функциональных сиропов состояла из следующих этапов: определение назначения напитка; подбор растительного сырья; приготовление водных экстрактов из растительного сырья; приготовление напитков с использованием экстрактов для усиления профилактических свойств и оценка качества напитков.

В состав сиропа «Витаминка» входит следующее сырье: ягоды ежевики, плоды боярышника, калины, шиповника, трава зверобоя, цветки липы. Анализируя качественный состав сырья для сиропа «Витаминка», можно отметить, что общеукрепляющими свойствами обладают ягоды ежевики, плоды шиповника, калины, боярышника, трава зверобоя; противовоспалительными свойствами – ягоды ежевики, плоды калины, боярышника, трава зверобоя; антимикробными свойствами – плоды калины, боярышника, трава зверобоя.

В состав сиропа «Мятная свежесть» входит такое сырье: ягоды черной смородины, трава душицы, Melissa, цветки ромашки, листья мяты. Анализ сырья сиропа «Мятная свежесть» позволил установить следующее: противовоспалительными свойствами обладают ягоды черной смородины, трава душицы, Melissa лекарственной, листья мяты перечной, цветки ромашки аптечной; общеукрепляющими свойствами – ягоды черной смородины, трава Melissa лекарственной, листья мяты перечной, цветки ромашки аптечной; антимикробными свойствами – трава душицы, листья мяты перечной, цветки ромашки аптечной.

Для подтверждения функциональных свойств сырья был проведен анализ на качественный состав физиологически активных веществ лекарственно-технического сырья, исследована интенсивность перехода экстрактивных веществ растительного сырья в настой, определена

массовая доля сухих веществ в экстрактах. Оценку качества сиропов проводили по органолептическим и физико-химическим показателям. Сиропо́ы по внешнему виду представляли собой непрозрачную вязкую жидкость, со вкусом и ароматом свойственным использованному сырью. Из физико-химических показателей в готовых сиропах определяли массовую долю сухих веществ, кислотность и массовую долю полифенольных соединений. Массовая доля сухих веществ в сиропах 60,6 %, кислотность 13,7 см³ 1 моль/дм³ NaOH на 100 см³, массовая доля дубильных веществ 151 мг/100 см³.

Принимая во внимание химический состав растительного сырья и его функциональные свойства, утверждаем, что инновационные сиропо́ы обладают противовоспалительным, общеукрепляющим, антимикробным действиями.

Еще одним направлением данного научного исследования была разработка функциональных напитков для пожилых людей. В качестве объекта исследования были выбраны чайные напитки на основе местного растительного сырья, улучшающие качество жизни пожилых людей. Целью антивозрастной медицины является проведение эффективных индивидуальных программ профилактики развития и прогрессирования хронических заболеваний и возраст-ассоциированных состояний, что в конечном итоге будет способствовать формированию активного долголетия, эстетической удовлетворенности своим внешним видом и в целом повышению качества жизни [7]. Для замедления возрастных изменений в гериатрии применяются витамины и витаминные комплексы. Поэтому в качестве ингредиентов было выбрано растительное сырье – мята, липа, крапива, ромашка, листья смородины, малины, вишни, а из плодового сырья – плоды шиповника и боярышника, яблоки и ягоды малины. Композиционное сырье обладает рядом свойств: замедляет возрастные изменения, снижает риск возникновения заболеваний, вызванных снижением скорости обменных процессов.

Для приготовления чайных напитков использовали предварительно измельченное и высушенное сырье. В состав чайного напитка «Вдохновение» входят листья земляники, малины и крапивы, а также плоды яблок. Доминирующими компонентами напитка являются листья земляники

и малины. Исходя из анализа химического состава основных компонентов чайного напитка «Вдохновение» утверждаем, что он содержит природные антиоксидантные вещества (флавоноиды, витамины) и пектиновые соединения.

В состав чайного напитка «Заздравный» входит смесь из плодов шиповника, листьев крапивы и смородины, также кора дуба, преобладающими компонентами являются плоды шиповника. Данный напиток отличается более высоким содержанием природных антиоксидантных, дубильных веществ, витаминов и пектиновых соединений.

Чайный напиток «Лукошко», изготовленный на основе плодов шиповника, яблок и ягод малины, дополнительно ароматизирован листьями мяты перечной обмолоченной. Применяемое сырье имеет профилактическую направленность за счет содержания витаминов (С, РР, К, биотин, А, витамины группы В), микроэлементов и бактерицидных веществ.

Таким образом, подобранное сырье будет способствовать улучшению обменных процессов, так как содержит комплекс витаминов, антиоксидантов, дубильных и минеральных веществ, необходимых в питании пожилых людей.

Для оценки потребительских свойств разработанных образцов чайных напитков «Вдохновение», «Заздравный» и «Лукошко» была проведена дегустация. Оценку проводили по пятибалльной оценочной шкале по таким показателям, как внешний вид, прозрачность, цвет, вкус и аромат. Чайные напитки имели яркий настой светло-желтого цвета с приятным вкусом и ароматом пряных трав.

Подбор растительного и плодового сырья, а также результаты дегустационной оценки чайных напитков «Вдохновение», «Заздравный» и «Лукошко» подтвердили возможность их использования в геронтологическом питании.

Безопасность новых видов безалкогольных напитков подтверждена протоколами испытаний, выданными АИЛ Белгородского ЦСМ, по таким показателям, как содержание токсичных элементов, радионуклидов, и микробиологическим показателям. Опытные партии новых видов безалкогольных напитков с функциональными свойствами были выпущены ООО «Орбита». На безалкогольные напитки разработаны и утверждены технические условия, технологические инструкции и рецептуры. Научно-исследовательская работа

проводилась в рамках служебных заданий университета, и права собственности на разработки принадлежат АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права».

Таким образом, все инновационные безалкогольные напитки имеют ряд достоинств:

во-первых, безалкогольные напитки можно отнести к функциональным напиткам, так как в них содержатся растительные биофлавоноиды, витамины, дипикололиновая кислота и комплекс ферментных систем гидролизата томленого солода, которые обеспечивают пролонгированное антиокислительное действие, также повышенное содержание витаминов и минеральных веществ;

во-вторых, в рецептуре напитков уменьшается расход сахара, следовательно, и количество сахарозы, но сладость готового напитка не уменьшается за счет моносахаров нового сырья;

в-третьих, технология приготовления безалкогольных напитков является традиционной, что не требует дополнительных затрат и средств.

Список литературы

1. Удалова Л.П., Понамарева В.Е. Методические подходы к разработке новых продуктов питания // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 4 (21). – С. 53–59.
2. Удалова Л.П., Савватеев Е.В. Адаптационные продукты питания на основе лекарственных растений: монография. – Белгород: Кооперативное образование, 2000 – 191 с.
3. Удалова Л.П., Савватеева Л.Ю., Теплов В.И., Высоцкий В.Г. Способ производства квасного сула «Пикалод» // Патент России № 2130053 2003. Бюл. № 14.
4. Пехтерева Н.Т., Догаева Л.А. Функциональные безалкогольные напитки: монография. – Белгород: Изд-во БУПК, 2010 – 161 с.
5. Турова А.Д., Сапожникова Э.Н. Лекарственные растения СССР. – М.: Медицина, 1983. – 288 с.
6. Функциональные продукты питания / В.И. Теплов, В.Е. Боряев, Н.М. Белецкая и др. под ред. проф. В.И. Теплова. – М.: А-Приор, 2008. – С. 240.
7. Чернилевский В.Е., Крутько В.Н. История изучения средств продления жизни // Профилактика старения. – 2000. – Вып. № 3.

УДК 631.53

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ**²Зеленяк А.К., ¹Морозова Е.В., ¹Иозус А.П.**¹*Камышинский технологический институт (филиал), ГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: end@kti.ru, kti@mail.ru;*²*ФГБНУ «Нижневолжская станция по селекции древесных пород» Всероссийского НИИ агролесомелиорации, Камышин*

Единственным эффективным методом создания клоновых лесосеменных плантаций является метод вегетативного размножения, который позволяет полностью передать саженцу генетические свойства плюсового материнского дерева. В литературе практически отсутствуют материалы по вегетативному размножению лиственницы сибирской. Установлено, что наиболее надежным и приемлемым методом прививки лиственницы является метод «в приклад сердцевиной на камбий». Для обеспечения приживаемости саженцев на лесосеменной плантации прививки необходимо выращивать в теплицах в полиэтиленовых пакетах. Состояние подвоя в весенний период не оказывает резкого влияния на приживаемость прививок. Однако прививочные работы необходимо заканчивать до момента образования на подвоях первых хвоинок. Хранение черенков в снегу в течение 1,5–2 месяцев обеспечивает их высокую приживаемость при весенних прививочных работах.

Ключевые слова: лиственница, вегетативное размножение, привой, подвой, защитное лесоразведение, лесосеменные плантации

FEATURES OF VEGETATIVE PROPAGATION (CLONING) OF SIBERIAN LARCH FOR CREATION SEED ORCHARDS**²Zelenyak A.K., ¹Morozova E.V., ¹Iozus A.P.**¹*Kamyshinsky Institute of Technology (branch) of the Public Educational Institution «Volgograd State Technical University», Kamyshin, e-mail: end@kti.ru, kti@mail.ru;*²*Nizhnevolzhsky Station on Selection of Tree Species of the All-Russia Scientific Research Institute*

The only effective method of creating a clonal forest-seed plantations is the method of vegetative propagation, which allows you to fully convey the sapling the genetic properties of the plus mother tree. In the literature, almost there are practically no material about vegetative propagation of the Siberian larch. It was found that the most reliable and affordable method of grafting of larch is grafting method «in the butt heartwood on the cambium». To ensure the survival of saplings in the forest-seed plantations grafting must be grown in the greenhouse in plastic bags. State of rootstock in the spring does not have a sharp impact on the survival rate of grafting. However, necessary to finish grafting works prior to education on the rootstock the first needles. Storage of cuttings in the snow for 1,5–2 months ensures their high survival rate during the spring grafting works.

Keywords: larch, vegetative propagation (cloning), cion (graft), rootstock, protective wood cultivation, seed orchards

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb семейства сосновых) успешно растет в защитных лесных насаждениях черноземной части степной зоны, образуя насаждения с высокими мелиоративными свойствами. Эта порода отличается долговечностью, засухоустойчивостью, интенсивным ростом. Несмотря на эти достоинства, использование лиственницы в защитном лесоразведении и озеленении в сухостепной зоне весьма ограничено, чему препятствует отсутствие местных семян и сложность выращивания сеянцев в питомниках. Поэтому проблема получения местного посевного материала на селекционно-генетической основе может быть решена лишь организацией собственных семенных баз и разработкой особой агротехники выращивания сеянцев.

Учитывая это, в первую очередь необходимо разработать эффективные технологии семенного и вегетативного размножения лиственницы, в том числе создания клоновых семенных плантаций для производства семян.

В нашей стране достаточно разработаны способы вегетативного размножения хвойных пород. Наибольшее практическое значение при вегетативном размножении хвойных пород имеет способ размножения прививками.

Теоретическое обоснование применения прививок для селекционных целей дал еще Л.Ф. Правдин [4]. Он отмечал, что привои, взятые с маточного дерева и привитые на подвой того же вида, начинают плодоносить в ближайшие 2–3 года. Прививки сохраняют наследственные особенности, свойственные материнскому дереву.

Цель исследования: разработка эффективной технологии вегетативного размножения лиственницы сибирской в условиях степного Поволжья.

Материалы и методы исследования

Основным методом прививки хвойных пород, и в частности лиственницы, до настоящего времени признан способ прививки «в приклад сердцевинной на камбий» Е.П. Проказина [5]. Поэтому этот метод и был принят за основу при проведении нами исследовательских работ. Данный метод был принят в качестве основного при вегетативном размножении маточных деревьев лиственницы сибирской. Прививку производили в весенний период (с 14 апреля по 16 мая), когда подвой начал вегетировать. В качестве подвоя использовались одно-, двухлетние саженцы открытого грунта и однолетние саженцы лиственницы сибирской, выращенные в теплице.

Результаты исследования и их обсуждение

При обработке оптимальной агротехники выращивания подвоев в качестве исходного материала применялись однолетние сеянцы, выращенные в теплице. Проводя опыты в полиэтиленовых пакетах, мы основывались на том, что применение привитых саженцев с закрытой корневой системой облегчит пересадку их на семенные плантации.

В качестве основного субстрата использовалась плодородная почва из-под лиственничных насаждений с содержанием гумуса 4,9%, ионов: HCO_3^- – 0,026%, Cl^- –

0,02%; SO_4 – 0,026% и Ca – 0,012%. Опыт проведен на открытом участке. В каждом варианте опыта субстратом наполняли 30 пакетов – по 7 кг почвы в каждом пакете размером 40×20 см. Пакеты формировались из полосы полиэтиленовой пленки толщиной 0,01 мм, скрепленной фиксаторами. В них заворачивали субстрат с саженцами. При этом дно пакетов оставалось открытым, обеспечивая дренаж и проникновение корней в нижние горизонты.

Посадку сеянцев по 2 штуки в каждый пакет произвели 15 мая. После посадки регулярно в течение всего вегетационного периода поливали равными дозами и вели наблюдения за ходом роста путем обмера.

Для выяснения лучшего состава удобрений для выращивания подвоев и прививок в полиэтиленовых пакетах сравнивались размеры саженцев. Некоторые авторы [1, 2, 3] отмечают, что для проведения прививки пригодны подвой с диаметром корневой шейки не менее 4–5 мм. В большинстве вариантов саженцы в однолетнем возрасте имеют диаметр от 4 до 7 мм (табл. 1). Оптимальной является прививка на подвоях, имеющих диаметр корневой шейки 5–9 мм и высоту 20–25 см.

Применение комплекса удобрений в малых дозах при выращивании подвоя лиственницы ведет к увеличению диаметра в 1,5 и высоты в 1,4 раза.

Таблица 1

Влияние субстрата на рост подвоя (по 60 сеянцев) лиственницы сибирской

Вариант опыта	Средняя высота, см	Средний диаметр, мм	Прирост в высоту, см
Перепревший навоз 200 г	14,9	5,1	6,5
Перепревший навоз 100 г	15,1	5,3	6,7
Перепревший навоз 50 г	14,4	4,6	6,0
Перепревший навоз 20 г	14,5	4,0	6,1
$\text{N}_{0,4} + \text{P}_{2,0}$	14,2	4,4	5,8
$\text{N}_{0,3} + \text{P}_{1,5}$	11,8	2,0	3,4
$\text{N}_{0,15} + \text{P}_{1,0}$	13,3	3,5	4,9
$\text{N}_{0,03} + \text{P}_{0,5}$	13,4	3,6	5,0
Навоз ₂₀₀ + $\text{N}_{0,4} + \text{P}_{2,0}$	14,2	4,4	5,8
Навоз ₁₀₀ + $\text{N}_{0,3} + \text{P}_{1,5}$	13,8	4,0	5,4
Навоз ₅₀ + $\text{N}_{0,15} + \text{P}_{1,0}$	16,4	5,6	8,0
Навоз ₂₀ + $\text{N}_{0,03} + \text{P}_{0,5}$	17,6	7,8	9,2
Контроль без удобрения	15,1	5,3	6,7
НСР ₉₅	0,44	0,36	0,44
P, %	1,7	2,9	4,2

Для выяснения оптимального способа выращивания подвоя были поставлены 3 варианта опыта:

- выращивание подвоя в полиэтиленовых пакетах в теплице;
- выращивание подвоя в полиэтиленовых пакетах в открытом грунте;
- обычная посадка в открытом грунте.

В качестве основного субстрата использовалась плодородная почва из-под лиственных насаждений. По каждому варианту было высажено 100 однолетних сеянцев, выращенных в теплице. Опыт сопровождался измерением температуры почвы на глубине 10 и 20 см.

Результаты опыта показывают, что наилучшие показатели при выращивании подвоя получены в теплице (табл. 2). Прирост в высоту у подвоя, выращиваемого в полиэтиленовых пакетах в теплице, в 1,7–2,1 раза выше, чем на других вариантах. Температура почвы в теплице в течение всего вегетационного периода на 1–1,2°C выше, чем на открытом участке, что весьма существенно повлияло на развитие корневой системы и ее поглотительную способность. Относительная влажность воздуха в течение всего вегетационного периода в теплице была на 8% выше, чем влажность воздуха открытого участка. Все это оказало положительное влияние на рост подвоя.

Следовательно, наиболее оптимальным вариантом выращивания подвоя следует считать вариант выращивания в теплице в полиэтиленовых пакетах, так как посадка подвоя с комом земли позволяет обеспечить высокую приживаемость привитого посадочного материала.

Некоторые авторы [1] отмечают, что прививки лиственницы европейской в отличие от сосны и ели особенно чувствительны к фенологическому состоянию привоев. О способах прививки, состоянии привоя и подвоя для лиственницы сибирской сведения в литературе практически отсутствуют. Технология производства прививочных работ в условиях степи совершенно не разработана.

Поэтому и были проведены опыты в теплице по вариантам: подвой в состоянии покоя; подвой начинает вегетировать; подвой в состоянии вегетации.

По каждому варианту опыты проводились на однолетних подвоях, выращенных в полиэтиленовых пакетах. Через 30 дней после прививок проводили учет приживаемости. Прививка во всех вариантах опыта проводилась привоем, находящимся в стадии покоя (черенки хранились в снегу).

Данные табл. 3 показывают, что у лиственницы сибирской состояние подвоя во время проведения прививки не оказывает резкого отрицательного влияния на его приживаемость. Прививку лиственницы следует проводить в сроки от начала сокодвижения подвоя до стадии распускания почек.

При прививочных работах основное внимание уделяется тому, чтобы привой находился в состоянии покоя. Однако при массовом производстве прививок сроки проведения работ обычно растягиваются. Отдаленность маточных деревьев часто не позволяет производить заготовку привойного материала – черенков непосредственно перед прививкой. Для лучшей организации прививочных работ необходима разработка технологии хранения черенков.

Таблица 2

Показатели роста сеянцев лиственницы при разных способах выращивания

Вариант опыта	Средняя высота, см	Средний диаметр, мм	Прирост в высоту, см
В полиэтиленовых пакетах в теплице	25,4	5,0	15,6
В полиэтиленовых пакетах в открытом грунте	17,4	3,9	7,3
Обычная посадка в открытом грунте	18,9	4,1	9,1
HCP ₉₅	1,72	0,4	1,44
P, %	1,8	1,7	2,7

Таблица 3

Приживаемость прививок в зависимости от состояния подвоя

Вариант опыта	Дата проведения прививки	Количество привитых растений	Приживаемость, %
Подвой в состоянии покоя	14/IV	100	74
Подвой начинает вегетировать	25/IV	100	74
Подвой в состоянии вегетации	5/V	100	68

Таблица 4

Приживаемость прививок при разных сроках и способах хранения черенков

Вариант опыта	Дата заготовки черенков	Дата проведения прививок	Количество прививок, шт.	Приживаемость, %
Прививка свежим черенком	5/V	5/V	100	96
Прививка черенком, хранившимся в снегу 15 дней	19/IV	5/V	100	95
Прививка черенком, хранившимся в снегу 60 дней	6/III	3/V	100	95
Прививка черенком, хранившимся в холодильнике в полиэтиленовом пакете 15 дней	20/IV	6/V	100	75
Прививка черенком, хранившимся в холодильнике в полиэтиленовом пакете 60 дней	6/III	6/V	100	67

С целью определения допустимых сроков и способов хранения черенков проведен опыт, данные которого приведены в табл. 4.

Прививка в опыте проведена в теплице на однолетних саженцах, выращенных в полиэтиленовых пакетах. Заготовленные черенки для подвоя хранились в снежной куче и в холодильнике при температуре – 3 °С.

Как видно из таблицы, лучшие результаты дает прививка свежим черенком и прививка при хранении черенков в снегу. Применение привоев, хранившихся в холодильнике, дало значительно худшие результаты. С увеличением срока хранения черенков в холодильнике уменьшается их приживаемость. Таким образом, выводы ряда авторов, рекомендующих хранить привойный материал сосны снегованием, подтверждаются нашими опытами и для лиственницы сибирской.

В литературе имеются различные сведения о значении обвязочного материала при производстве прививочных работ. Поэтому при постановке опыта в качестве обвязки мы использовали ленты из различных синтетических материалов (табл. 5).

Таблица 5

Приживаемость прививок в зависимости от применяемого обвязочного материала

Обвязочный материал	Количество прививок, шт.	Приживаемость, %
Полихлорвиниловая пленка ГОСТ 10272-79	100	90
Полиэтиленовая пленка	100	50
Лейкопластырь	100	30

Опыты по применению обвязочного материала проведены в открытом грунте.

Результаты опыта показывают, что по приживаемости прививок резко выделяет-

ся вариант с полихлорвиниловой пленкой ГОСТ 10272-79. В отличие от полиэтиленовой пленки она более эластична и обеспечивает растяжение ленты при утолщении стволика подвоя. Удалять ее следует по мере роста стволика подвоя обычно к концу вегетационного периода первого года роста привоя или в начале второго года. Применение полиэтиленовой пленки в качестве обвязочного материала в условиях открытого грунта значительно менее эффективно.

В качестве подвоя использовались одно-, двухлетние саженцы открытого грунта и однолетние саженцы, выращенные в теплице. Опыты показывают, что часть однолетних саженцев, выращенных в открытом грунте, не достигает необходимых размеров по корневой шейке (5–9 мм). В опытах их количество составляло 25–32% от общего числа выращиваемых подвоев. На более тонких стволиках затрудняется производство работ, так как непосредственно у корневой шейки стволика прививку производить сложно из-за большого количества боковых побегов, неровности поверхности стволика и трудности отделения на подвое равной по ширине полоски коры. Поэтому на однолетнем подвое срез следует проводить на высоте 7–10 см от корневой шейки вверх по стволику, где его поверхность более ровная.

Двухлетние подвои открытого грунта показали низкий процент приживаемости прививок по сравнению с однолетними. Так, на однолетних подвоях процент приживаемости привоя составил 89, на двухлетних – 76. Прививка на двухлетних подвоях проводилась на приросте второго года выращивания. Более толстый по диаметру прирост, видимо, уменьшает количество питательных веществ, подходящих привою. Большая относительная площадь поперечного сечения коры, не попавшая под срез на подвое, служит хорошим проводником

питательных веществ в верхние части прироста подвоя. Большое количество боковых побегов у двухлетних подвоев, а следовательно, и большая биомасса, усложняет процесс срезки боковых побегов и сохранение равновесия между надземной и корневой частями растения. Наиболее пригодны и удобны для производства прививки подвоя, выращенные в теплице. Однолетние теплические саженцы подвоя имеют среднюю высоту 24,4 см, средний диаметр 5–8 см.

Привойный материал необходимо заготавливать в апреле, до того, как листовница тронется в рост. В качестве привоя использовать только черенки однолетнего прироста с верхушечной почкой, длиной 8–12 см. Технически проще провести прививку с более толстым привоем.

Выводы

1. Метод прививки листовницы сибирской «в приклад сердцевинной на камбий» в условиях Среднего Поволжья показал себя наиболее надежным и приемлемым. Он обеспечивает высокий процент приживаемости прививок, как в условиях теплицы, так и в открытом грунте.

2. Для удобства транспортировки и обеспечения высокой приживаемости ценных селекционных прививок подвой, а потом и сами прививки необходимо выращивать в полиэтиленовых пакетах, которые заполняются плодородной почвой. Выращивание подвоев в полиэтиленовых пакетах в теплице увеличивает рост растений по сравнению с открытым грунтом в 1,7–2,1 раза.

3. Применение комплекса органоминеральных удобрений дает возможность в ус-

ловиях теплицы за один год вырастить подвой листовницы, вполне пригодные для прививки.

4. Стадийное состояние подвоя в весенний период не оказывает резкого влияния на приживаемость прививок. Однако прививочные работы необходимо заканчивать до момента образования на подвоях первых настоящих хвоинок.

5. Черенки для привоя маточных деревьев необходимо заготавливать в зимний период, когда они находятся в состоянии покоя. Хранение черенков в снегу в течение 1,5–2 месяцев обеспечивает их высокую приживаемость при весенних прививочных работах.

6. В качестве обвязочного материала следует применять полихлорвиниловую пленку ГОСТ 10272-79, которая обеспечивает достаточно плотное прилегание привоя к подвою, своей эластичностью не препятствует росту прививки по диаметру.

Список литературы

1. Бамбе В.Т. Выращивание привитых саженцев некоторых лесных древесных пород в теплицах с полиэтиленовым покрытием: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Елгава, 1974. – 25 с.
2. Зеленьяк А.К., Иозус А.П., Морозова Е.В. Разработка технологии выращивания листовницы сибирской в сухой степи Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14320>.
3. Кундзиньш А.В., Игаунис Т.А., Гайлис Я.Я., Пирагс Д.М., Роне В.М., Ронис Э.Я., Сарма В.П., Смилга Я.Я. Лесная селекция. – М., 1972. – 200 с.
4. Правдин Л.Ф., Яркин В.П. Научные основы организации устойчивой лесосеменной базы // Научные основы селекции хвойных древесных пород. – М.: Наука, 1978. – С. 125–142.
5. Проказин Е.П. Новый метод прививки хвойных для создания семенных участков // Лесное хозяйство. – 1960. – № 5. – С. 22–28.

УДК 633.15:631.52

ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫМИ ПРИЗНАКАМИ У ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

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

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. Основой для создания таких раннеспелых гибридов должны стать инбредные линии, которые должны быть донорами хозяйственно ценных признаков, отвечающих за адаптацию созданных при их участии гибридов к лимитированным агроклиматическим условиям Сибири. Для эффективной работы селекционеров по созданию коллекции ценных раннеспелых гибридов кукурузы необходимо понимать принципы взаимодействия ценных признаков в генотипе инбредных линий местного экотипа. В статье приведены результаты изучения корреляционных связей между основными хозяйственно ценными признаками у инбредных линий кукурузы омской селекции. На основе полученных данных даны рекомендации практической селекции.

Ключевые слова: кукуруза, инбредные линии, коэффициент корреляции, корреляционные взаимодействия, хозяйственно ценные признаки

THE STUDY OF CORRELATIONS BETWEEN THE BASIC ECONOMIC-USEFUL TRAITS IN INBRED LINES OF MAIZE BREEDING IN OMSK

Ilyin V.S., Getts G.V., Gubin S.V., Loginova A.M.

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

Corn is the base forage for most livestock industries throughout the world. Domestic and foreign breeders are working to create early maturing hybrids suitable for cultivation in the Northern regions, including Western Siberia. The basis for the creation of such early maturing hybrids should be inbred lines, which must be donors of economically valuable traits responsible for the adaptation, created with the participation of hybrids is limited to the agro-climatic conditions of Siberia. For effective work of breeders to create a collection of valuable early maturing maize hybrids is necessary to understand the principles of interaction valuable traits in the genotype of the inbred lines of the local ecotype. The article presents the results of a study of correlations between the main economically valuable traits in inbred lines of maize Omsk selection. Based on these results recommendations are practical selection.

Keywords: maize, inbred lines, coefficient of correlation, correlation and interaction of economic and valuable signs

Успех гетерозисной селекции кукурузы определяется правильным подбором исходных родительских форм – гомозиготных линий. Создание коллекции гомозиготных инбредных линий, их изучение и подбор оптимальных родительских пар из них – сложный, долгий и трудоемкий процесс, малейшая ошибка в котором ставит под угрозу успех всей селекционной программы. Особенно актуален этот аспект селекционной работы в регионах, климатические условия периода вегетации культуры в которых могут существенно отличаться год от года. Здесь для изучения каждого отдельного признака может понадобиться срок в несколько раз больший, чем в регионах с более стабильным климатом. Тем не менее вести первичную селекцию и испытание готовых гибридов в агроклиматических зонах отличных от тех, для которых предназначены создаваемые коммерческие гибриды, не-

целесообразно. Многими исследователями подтверждено, что в различных морфобиологических группах растений возможны отличия в коэффициентах корреляции между признаками. Выходом из такой ситуации будет определение корреляционных связей между высоконаследуемыми хозяйственно ценными признаками инбредных линий в конкретной экологической подгруппе, для более полного анализа хозяйственной ценности и экономической эффективности выращивания исходных родительских инбредных линий кукурузы. Обнаружение и определение величины таких корреляционных связей помогают более четко составлять план селекционной работы, повышать эффективность труда селекционера [2, 5, 7].

В данной статье приведены результаты исследования корреляционных связей между основными хозяйственно ценными признаками у инбредных линий кукурузы,

созданных в Сибирском филиале Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы (СФ ВНИИК, г. Омск). Данная группа инбредных линий была отобрана в ходе изучения большой коллекции линий Сибирского филиала ВНИИК по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Материалы и методика исследований

Объектом исследования была группа из 48 инбредных линий кукурузы, отобранных по комплексу признаков из коллекции линий, созданной в Сибирском филиале ВНИИК с 1997 по 2009 г., а также линия Ом 136, выделенная в 1985 г., но ранее не достаточно изученная. Проводился опыт по изучению линий кукурузы по комплексу признаков и выделению источников раннеспелости, холодостойкости, комбинационной способности и других хозяйственно ценных признаков.

Исследования проводились с 2010 по 2013 гг. Погодные условия в период проведения опыта значительно отличались по годам. Наиболее благоприятным для роста и развития кукурузы был 2011 г. – в течение вегетационного периода выпало 195 мм осадков, а среднесуточная температура воздуха составила 17,3°C. Наиболее стрессовым был 2012 г., в июле которого выпало всего 8,2 мм осадков, при том что среднесуточная температура воздуха за летние месяцы превысила климатическую норму на 2,3°C, и составила 20,4°C. В 2010 г. наблюдался дефицит осадков, а в 2013 г. по климатическим показателям был близок к среднестатистическому [3].

Растения в опыте высевались квадратно-гнездовым способом по схеме 70×70 см, на делянках площадью 9,8 м². Размещение вариантов систематизированное. В трёхкратной повторности. Проводились следующие измерения и учёт: высота растения, высота прикрепления верхнего початка, длина метелки, число веточек метелки, масса 1000 семян, масса сухого початка, длина початка, диаметр початка, число рядов зерен и число зерен в ряду, масса зерна с початка, выход сухого зерна из початка. Определялась урожайность зерна в пересчете на стандартную 14%-ную влажность и густоту стояния растений 60 тыс. на 1 га.

Коэффициенты корреляции Пирсона (r) рассчитывались по методике, изложенной Б.А. Доспеховым [1]. Для всей изучаемой группы линий, а также по подгруппам, выделенным по признаку «продолжительность периода – всходы – цветение початка». Значение коэффициента корреляции r от 0 до 0,500 показывает слабую корреляционную связь между признаками, от 0,501 до 0,700 – среднюю и от 0,701 до 0,999 – сильную.

Результаты исследования и их обсуждение

После вычисления коэффициентов корреляции для всей изучаемой группы инбредных линий кукурузы обнаружены сильные положительные корреляционные связи между следующими парами признаков:

- Высота растения и Высота прикрепления верхнего початка ($r = 0,72$).

- Масса початка и Масса 1000 семян ($r = 0,73$).

- Масса початка и Длина початка ($r = 0,79$).

- Длина початка и Число зерен в ряду ($r = 0,71$).

- Число зерен в ряду и Число зерен в початке ($r = 0,87$).

- Масса 1000 семян и Масса зерна с початка ($r = 0,73$).

- Масса початка и Масса зерна с початка ($r = 0,97$).

- Масса початка и Длина початка ($r = 0,78$).

- Число зерен в ряду и Масса зерна с початка ($r = 0,72$).

Сильная отрицательная корреляционная связь обнаружена между признаками:

- Продолжительность периода «всходы – цветение початка» и Масса 1000 семян ($r = -0,74$).

Средними значениями коэффициента корреляции ($0,501 < r < 0,700$) связаны признаки:

- Урожайность зерна и Масса початка, Длина початка, Число зерен в ряду, Масса зерна с початка.

- Продолжительность периода «всходы – цветение початка» и Масса початка, Масса зерна с початка.

- Масса 1000 семян и Длина початка.

- Масса початка и Число зерен в ряду, Число зерен в початке.

- Длина початка и Число зерен в початке.

- Число зерен в початке и Масса зерна с початка.

Значения коэффициентов корреляции по всем изучаемым в опыте признакам приведены в табл. 1.

Следует отметить, что вся коллекция сибирских инбредных линий кукурузы относится к ультрараннеспелой по классификации ФАО [6]. Но в экстремальных для этой культуры агроклиматических условиях мы подразделяем ее на более узкие подгруппы (по потребности в сумме активных температур, необходимых для достижения растениями фенологической фазы «цветение початка»). Потребность растений инбредных линий кукурузы, изучаемых в опыте, приведена в табл. 2.

Определение величины корреляционных связей внутри общей группы изучаемых инбредных линий кукурузы позволяет в целом изучить особенности генетически обусловленного адаптивного механизма растений кукурузы сибирского экотипа и использовать эти сведения в практической селекции раннеспелых гибридов кукурузы для регионов с лимитированными агроклиматическими, прежде всего тепловыми, ресурсами.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (r) между основными хозяйственно полезными признаками у изучаемой группы инбредных линий кукурузы омской селекции

Количественные признаки												
	Урожайность зерна при 14 % влажности	Продолжительность периода «всходы – цветение початка»	Высота растения	Высота прикрепления верхнего початка	Количество початков на растении	Масса 1000 семян	Масса сухого початка	Длина початка	Диаметр початка	Число рядов зерен на початке	Число зерен в ряду	Число зерен в початке
Продолжительность периода «всходы – цветение початка»	-0,434											
Высота растения	0,486	0,016										
Высота прикрепления верхнего початка	0,112	0,231	0,723									
Количество початков на растении	0,031	0,386	0,192	0,324								
Масса 1000 семян	0,478	-0,735	0,150	-0,085	-0,258							
Масса сухого початка	0,632	-0,555	0,222	-0,237	-0,251	0,726						
Длина початка	0,542	-0,435	0,141	-0,239	-0,120	0,518	0,741					
Диаметр початка	0,071	-0,079	0,165	-0,079	-0,245	0,305	0,450	-0,076				
Число рядов зерен на початке	-0,213	0,241	0,091	0,131	-0,252	-0,331	-0,102	-0,204	0,406			
Число зерен в ряду	0,585	-0,228	0,227	-0,229	-0,082	0,205	0,689	0,700	0,053	-0,083		
Число зерен в початке	0,430	-0,091	0,261	-0,135	-0,196	0,007	0,562	0,526	0,243	0,414	0,868	
Масса зерна с початка	0,622	-0,582	0,176	-0,258	-0,279	0,725	0,978	0,781	0,375	-0,134	0,721	0,577

Таблица 2

Разделение инбредных линий кукурузы омской селекции на подгруппы по потребности в сумме активных температур выше +10°C, для прохождения периода «всходы – цветение початка» и средней продолжительности межфазного периода «всходы – цветение початка»

Инбредные линии, изучаемые в опыте, по подгруппам	Средняя продолжительность межфазного периода «всходы – цветение початка», суток	Сумма активных температур выше +10°C, необходимая для прохождения периода «всходы – цветение початка», °C
Первая подгруппа: Ом 14, Ом 136, Ом 143, Ом 196, Ом 397, Ом 398	50	946,7
Вторая подгруппа: Ом 15, Ом 388, Ом 400, Ом 414	52	999,2
Третья подгруппа: Ом 20, Ом 25, Ом 149, Ом 404, Ом 410	54	1022,7

Селекция кукурузы зернового направления в Западной Сибири направлена на создание малокустящихся гибридов с одним хорошо развитым початком на растении. Величина коэффициентов корреляции урожайности зерна и массы початка (0,63), массы початка с массой 1000 семян

(0,73), массой початка (0,97), длиной початка (0,78) и числом зерен в ряду (0,72) подтверждает правильность выбранной стратегии.

Далее рассмотрим значения коэффициентов корреляции в подгруппах, выделенных по скороспелости (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции (r) между основными хозяйственно полезными признаками у изучаемой группы инбредных линий кукурузы омской селекции, по подгруппам спелости

	Урожайность зерна при 14 % влажности	Продолжительность периода «всходы – цветение початка»	Высота растения	Высота прикрепления верхнего початка	Количество початков на растении	Масса 1000 семян	Масса сухого початка	Длина початка	Диаметр початка	Число рядов зерен на початке	Число зерен в ряду	Число зерен в початке	Масса зерна с початка
Продолжительность периода «всходы – цветение початка»	-0,388												
	-0,232												
	-0,150												
Высота растения	0,761	-0,213											
	0,466	0,048											
	0,171	0,356											
Высота прикрепления верхнего початка	0,488	-0,066	0,834										
	0,544	-0,035	0,825										
	0,050	0,216	0,734										
Количество початков на растении	0,110	0,517	0,143	0,313									
	0,128	0,413	-0,108	0,137									
	-0,104	0,409	0,429	0,530									
Масса 1000 семян	0,452	-0,679	0,456	0,272	-0,329								
	0,326	-0,788	0,003	0,174	-0,213								
	0,205	-0,671	-0,263	-0,255	-0,329								
Масса сухого початка	0,622	-0,502	0,554	0,271	-0,180	0,795							
	-0,029	-0,316	-0,439	-0,288	-0,335	0,421							
	0,567	-0,378	-0,129	-0,522	-0,458	0,594							
Длина початка	0,598	-0,418	0,512	0,251	-0,089	0,725	0,832						
	-0,314	-0,252	-0,566	-0,672	-0,075	0,231	0,476						
	0,393	-0,114	-0,515	-0,486	-0,280	-0,195	0,316						
Диаметр початка	-0,136	-0,133	0,039	0,056	-0,313	0,295	0,342	-0,384					
	0,125	0,358	0,369	0,494	-0,205	-0,140	0,128	0,485					
	0,023	-0,027	0,247	-0,337	-0,249	0,356	0,661	-0,059					
Число рядов зерен на початке	-0,246	-0,042	-0,058	0,050	-0,141	-0,063	0,064	-0,180	0,737				
	0,149	0,536	0,609	0,578	-0,035	-0,498	-0,422	-0,664	0,676				
	-0,202	0,119	-0,098	-0,322	-0,468	-0,276	0,095	0,216	0,303				
Число зерен в ряду	0,601	-0,235	0,418	0,067	0,039	0,372	0,757	0,769	0,010	-0,073			
	-0,014	0,043	-0,369	-0,602	-0,123	-0,303	0,358	0,451	-0,266	-0,295			
	0,688	0,079	0,133	-0,168	-0,273	-0,114	0,543	0,507	0,134	0,072			
Число зерен в початке	0,500	-0,241	0,385	0,081	-0,015	0,313	0,729	0,677	0,235	0,279	0,933		
	0,113	0,466	0,207	-0,014	-0,161	-0,651	-0,042	-0,189	0,359	0,588	0,596		
	0,429	0,118	0,086	-0,278	-0,456	-0,258	0,472	0,507	0,275	0,598	0,839		
Масса зерна с початка	0,611	-0,532	0,481	0,179	-0,229	0,810	0,974	0,903	0,253	-0,024	0,793	0,739	
	0,019	-0,404	-0,460	-0,309	-0,319	0,466	0,979	0,468	0,071	-0,478	0,402	-0,049	
	0,577	-0,415	-0,129	-0,449	-0,473	0,606	0,978	0,335	0,591	0,108	0,545	0,479	
Выход зерна из сухих початков	0,377	-0,381	0,121	-0,200	-0,255	0,387	0,564	0,702	-0,298	-0,284	0,703	0,593	0,678
	0,126	-0,558	-0,420	-0,349	-0,272	0,458	0,707	0,353	-0,141	-0,541	0,490	-0,019	0,831
	0,274	-0,322	-0,059	0,092	-0,295	0,327	0,343	0,225	-0,030	0,126	0,258	0,261	0,527

Таблица 4

Различия в сильных взаимосвязях между основными хозяйственно полезными признаками у изучаемой группы инбредных линий кукурузы омской селекции, по подгруппам скороспелости

Корреляционно взаимосвязанные пары хозяйственно полезных признаков	Значение коэффициента корреляции по подгруппам, r		
	Первая подгруппа: Ом 14, Ом 136, Ом 143, Ом 196, Ом 397, Ом 398	Вторая подгруппа: Ом 15, Ом 388, Ом 400, Ом 414	Третья подгруппа: Ом 20, Ом 25, Ом 149, Ом 404, Ом 410
Урожайность зерна – Высота растений	0,761	0,466	0,171
Масса 1000 семян – Продолжительность периода «всходы – цветение початка»	–0,679	–0,788	–0,671
Высота прикрепления верхнего початка – Высота растений	0,834	0,825	0,734
Масса початка – Масса 1000 семян	0,795	0,421	0,594
Длина початка – Масса 1000 семян	0,725	0,231	–0,195
Длина початка – Масса початка	0,832	0,476	0,316
Масса початка – Длина початка	0,769	0,451	0,507
Число зерен в початке – Масса початка	0,729	–0,042	0,472
Число зерен в початке – Число зерен в ряду	0,933	0,596	0,839
Масса зерна с початка – Масса початка	0,974	0,979	0,978
Масса зерна с початка – Длина початка	0,903	0,468	0,335
Масса зерна с початка – Число зерен в ряду	0,793	0,402	0,545
Масса зерна с початка – Число зерен в початке	0,739	–0,049	0,479
Выход зерна из сухих початков – Масса початка	0,564	0,707	0,343
Выход зерна из сухих початков – Длина початка	0,702	0,353	0,225
Выход зерна из сухих початков – Число зерен в ряду	0,703	0,490	0,258
Выход зерна из сухих початков – Масса зерна с початка	0,678	0,831	0,527

Значения коэффициентов корреляции по группам спелости внутри изучаемой группы инбредных линий кукурузы омской селекции значительно различаются. Сравнительное соотношение сильных взаимосвязей в различных подгруппах приведено в табл. 4.

Различия сильных взаимосвязей между основными хозяйственно полезными признаками у изучаемой группы инбредных линий кукурузы омской селекции, по подгруппам скороспелости, показывают, что наибольшее число высоких значений коэффициентов корреляции наблюдается

у самой раннеспелой подгруппы омских инбредных линий.

Выводы и рекомендации

1. При создании раннеспелых гибридов с высокой урожайностью зерна на основе инбредных линий сибирского экотипа необходимо учитывать сильные корреляционные связи признаков «Масса 1000 семян» с «Масса зерна с початка», «Масса початка» и «Длина початка».

2. У наиболее раннеспелых инбредных линий кукурузы омской селекции отмечаются наиболее сильные корреляционные

взаимодействия между основными хозяйственно ценными признаками растений. Что свидетельствует о том, что в более экстремальных для этой культуры условиях возделывания роль каждого отдельного признака и их взаимодействий значительно возрастает, что повышает экологическую адаптацию генотипа к условиям Западной Сибири.

3. Высокие значения коэффициентов корреляции между значениями определённых пар признаков позволяют описать модель родительской инбредной линии для создания раннеспелых гибридов с высокой урожайностью зерна. Такая линия должна обладать следующими признаками [4]:

- Растения – высокие.
- Масса 1000 семян – зерно крупное.
- Початок – длинный.
- Количество початков на растении – один хорошо развитый.

Значения остальных признаков, не связанных с перечисленными высокими кор-

реляционными взаимодействиями, могут варьировать в зависимости от цели селекционера.

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Герасенков Б.И. Биология и особенности культуры сибирского экотипа кукурузы: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1964 – 42 с.
3. Губин С.В., Логинова А.М., Гетц Г.В. Оценка экологической адаптивности инбредных линий кукурузы омской селекции / Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20812>.
4. Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы: методические указания / под ред. д-ра с.-х. наук, проф. Г.Е. Шмараева. – Л.: Изд-во ВИР, 1985 – 52 с.
5. Шмараев Г.Е., Веденеев Г.И., Подольская А.П., Баба-янц А.Ф. Генетика количественных и качественных признаков кукурузы / под ред. чл.-корр. РАСХН В.А. Драгавцева. – СПб.: Изд-во ВИР, 1995 – 168 с.
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.
7. Чучмий И.П., Моргун В.В. Генетические основы и методы селекции скороспелых гибридов кукурузы. – Киев: Наукова думка, 1990. – 284 с.

УДК 631.53

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ВИДОВ И БИОТИПОВ СОСНЫ ДЛЯ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В РАЙОНЕ СТЕПЕЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Иозус А.П., Морозова Е.В.

Камышинский технологический институт (филиал) ГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: end@kti.ru, kti@mail.ru

Единственным эффективным методом создания клоновых лесосеменных плантаций является метод вегетативного размножения, который позволяет полностью передать саженцу генетические свойства плюсового материнского дерева. В литературе практически отсутствуют материалы по вегетативному размножению различных видов и биотипов сосны в районе степей европейской части Российской Федерации. Установлено, что наиболее надежным и приемлемым методом прививки всех видов сосны является метод «в приклад сердцевинной на камбий». Для обеспечения приживаемости саженцев на лесосеменной плантации прививки целесообразно выращивать в теплицах. Состояние подвоя в весенний период не оказывает резкого влияния на приживаемость прививок. Однако прививочные работы необходимо заканчивать до момента образования на подвоях первых хвоинок. Хранение черенков в снегу в течение 1,5–2 месяцев обеспечивает их высокую приживаемость при весенних прививочных работах.

Ключевые слова: сосна, вегетативное размножение, привой, подвой, защитное лесоразведение, лесосеменные плантации

FEATURES OF VEGETATIVE PROPAGATION SPECIES AND BIOTYPES OF PINE FOR PROTECTIVE AFFORESTATION IN THE REGION OF THE STEPPES OF THE EUROPEAN PART OF THE RUSSIAN FEDERATION

Iozus A.P., Morozova E.V.

Kamyshinsky Institute of Technology (branch) of the Public Educational Institution «Volgograd State Technical University», Kamyshin, e-mail: end@kti.ru, kti@mail.ru

The only effective method of creating a clonal forest-seed plantations is the method of vegetative propagation, which allows you to fully convey the sapling the genetic properties of the plus mother tree. In the literature, there are practically no material for vegetative propagation of various species and biotypes of pine trees in the region of the steppes of the European part of the Russian Federation. It was found that the most reliable and affordable method of grafting of all species of pine is grafting method «in the butt heartwood on the cambium». To ensure the survival of saplings in the forest-seed plantations grafting must be grown in the greenhouse. State of rootstock in the spring does not have a sharp impact on the survival rate of grafting. However, necessary to finish grafting works prior to education on the rootstock the first needles. Storage of cuttings in the snow for 1,5–2 months ensures their high survival rate during the spring grafting works.

Keywords: pine, vegetative propagation (cloning), cion (graft), rootstock, protective wood cultivation, seed orchards

Сосна является одной из основных пород защитного лесоразведения. Ее доля составляет 60–70 % от породного состава вновь создаваемых защитных насаждений в районе степей европейской части Российской Федерации. В связи с приказом Рослесхоза от 09.03.2011 г. № 61 «Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации» и приказа Рослесхоза от 28.03.2016 г. № 100 «Об установлении лесосеменного районирования», согласно которому Волгоградская область включает три лесосеменных района, для каждого из которых необходимо создавать специализированные лесосеменные плантации. Это подразумевает большой объем работ по вегетативному

размножению перспективных сосен обыкновенной, крымской и желтой.

Прививка черенков размножаемого клона в настоящее время является основным приемом создания семенных плантаций, предназначенных для промышленного получения семян с высокими наследственными свойствами [1, 2, 3, 4, 5].

Необходимо установить оптимальные сроки прививок и заготовки привойного материала, выявить зависимость приживаемости от физиологического состояния подвоя и погодных условий и др.

Цель исследования: разработка эффективной технологии вегетативного размножения различных видов и биотипов сосны в районе степей европейской части Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

Основным методом прививки хвойных пород, и в частности сосны, до настоящего времени признан способ прививки «в приклад сердцевинной на камбий» Е.П. Проказина [4]. Поэтому этот метод и был принят за основу при проведении нами исследовательских работ. Данный метод был принят в качестве основного при вегетативном размножении маточных деревьев лиственницы сибирской. Прививку производили в весенний период, после начала вегетации подвоя. В качестве подвоя использовались одно-, двухлетние саженцы открытого грунта и однолетние саженцы сосны, выращенные в теплице.

Результаты исследования и их обсуждение

Для изучения влияния сроков заготовки черенков на приживаемость прививок черенки прививали на трехлетний подвой в открытом грунте. Черенки хранили сначала в снежном бурту, а после его таяния, примерно 10 мая, в холодильнике. В первый год проведения исследований снега не было до середины января и заготовленные в декабре и январе ветви до выпадения снега хранились в траншее, поэтому черенки декабрьской и январской заготовки показали самую низкую приживаемость. Во второй год, когда заготовленные ветви сразу положили под снег, приживаемость была гораздо выше, следовательно, в исключительных случаях, когда есть возможность хранить при-

вивочный материал в снегу, черенки можно заготавливать в декабре и январе. По всем вариантам опыта лучшую приживаемость показали черенки мартовской и апрельской заготовки (табл. 1).

Изучали возможность прививок неодревесневшими черенками. По каждому варианту опыта делали по 25 прививок. Одревесневшие черенки представляют из себя обычные черенки мартовской заготовки. Зеленые черенки – это побег, ткани которого еще не сформировались, зеленые черенки заготавливаются непосредственно перед прививкой с начала мая до начала июня. Лучшая приживаемость зеленых черенков объясняется тем, что у одревесневших черенков с подвоем срастается только камбий, а у зеленых черенков с подвоем срастаются физиологически активные клетки несформировавшихся коры, луба и древесины, вследствие этого происходит быстрое срастание и уже через несколько дней начинается рост привоя. Результаты опыта (табл. 2) убедительно показывают, что вегетативное размножение прививкой зеленых черенков можно с успехом использовать в условиях сухой степи. Прививку зелеными черенками можно начинать, когда они достигнут длины 5–10 см и заканчивать при начале их одревеснения, обычно в условиях г. Волгограда – г. Камышина с 10 мая по 1 июня.

Таблица 1

Приживаемость прививок сосны в зависимости от сроков заготовки черенков и времени проведения прививочных работ

Сроки заготовки черенков		Время проведения прививочных работ			
Месяц	год	начало апреля	начало мая	середина мая	начало июня
Декабрь	1 год	8	4		
	2 год	24	24	20	
Январь	1 год	20	36	42	24
	2 год	24	20	20	16
Март	1 год	32	52	68	36
	2 год	36	60	60	56
Апрель	1 год	36	56	56	28
	2 год	44	72	72	68

Таблица 2

Приживаемость зеленых и одревесневших черенков, %

Вид привойного материала	1 год		2 год	
	7 мая	15 мая	04 мая	12 мая
Одревесневшие черенки	52	68	72	64
Зеленые черенки	68	75	72	68

Другим очень важным вопросом является вопрос о сроках прививок. Как было установлено рядом исследователей [1, 4], приживаемость в весенний период в первую очередь зависит от фенологического состояния подвоя. Поэтому при постановке опыта по срокам прививок мы ориентировались на фенологическое состояние подвоев, которое определяли по началу и интенсивности роста побегов и сумме температур выше 10°C. Если сопоставить результаты фенологических наблюдений за период наблюдений с суммой активных температур в эти годы (табл. 3), то прослеживается связь между суммой тепла и прохождением растением фаз развития.

Как показали результаты опытов по зависимости приживаемости прививок от фенофазы подвоя, вначале сокодвижения приживаемость невелика – 32–40%, в начальную фазу роста побегов 52–64%, в фазу

интенсивного роста – 76–80%, в фазу окончания роста побегов 24%.

Между суммой активных температур и приживаемостью прививок существует взаимосвязь ($r = 0,86$), выражающаяся уравнением регрессии

$$y = 0,36x - 0,0009x^2 + 32,$$

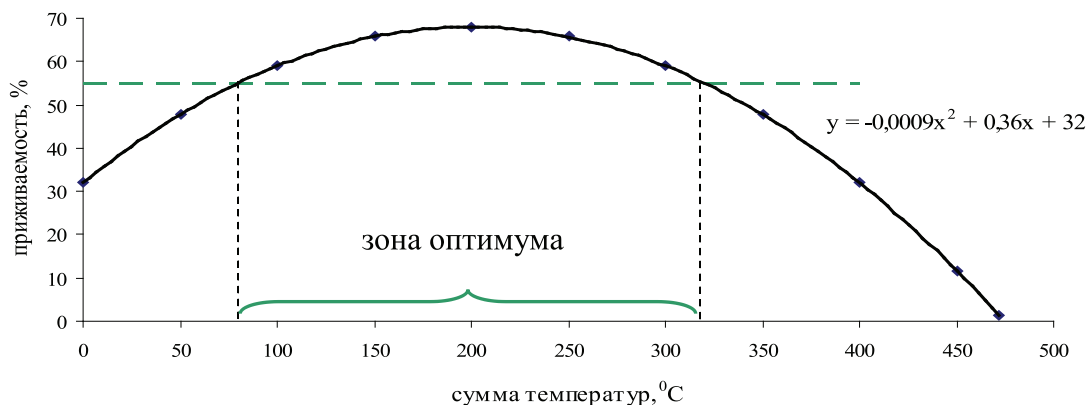
где y – приживаемость прививок (%); x – сумма температур выше 10°C (°C).

Кривая регрессии изображена на рисунке. По этому графику для условий г. Волгограда – г. Камышина и, видимо, для других близких по климату лесорастительных зон можно прогнозировать приживаемость, зная сумму климатических температур выше 10°C. На графике показано, что при проведении прививочных работ в диапазоне сумм температур выше 10 от 50°C до 350°C приживаемость должна быть 55–60%.

Таблица 3

Зависимость между фенологическим состоянием подвоя, суммой активных температур и приживаемостью прививок

Сумма температур выше 10°C	Интенсивность роста побегов в подвое, см/сутки			Наименование фаз развития	Приживаемость, %	
	1 год	2 год	3 год		2 год	3 год
1	2	3	4	5	6	7
0–10	0	0	0	Начало сокодвижения	32	40
50	0,01	0,03	0,02	Начало роста побегов	52	64
100	0,08	0,08	0,05			
150	0,19	0,31	0,18			
200	0,38	0,39	0,31	Интенсивный рост побегов	76	80
250	0,36	0,38	0,37			
300	0,26	0,28	0,27			
350	0,21	0,19	0,20			
400	0,14	0,12	0,11	Окончание роста побегов	24	24
450	0,08	0,10	0,09			
500–550	0,01	0,00	0,01			



Взаимосвязь между приживаемостью прививок и суммой активных температур выше 10°C на основе уравнения регрессии

По проведению летних прививочных работ в районе степей европейской части Российской Федерации совсем не имеется литературных данных, по-видимому, наш опыт первый. Опыты по влиянию сроков летних прививок на приживаемость проводились также в течение двух лет. Для прививок брали трехлетний подвой. Подвой поливался. Черенки заготавливались накануне прививок. Приживаемость и сохранность прививок была довольно высокой в течение всего периода проведения опыта. Приживаемость даже лучше, чем в весенние сроки (табл. 4).

Таким образом, при поливе подвоев приживаемость летних прививок в сухостепной зоне довольно высока, и этот срок можно использовать для перепрививки неприжившихся весной саженцев и прививочных работ в других целях.

Очень большое влияние на приживаемость оказывают климатические факторы, из которых важнейшими являются температура и относительная влажность воздуха. Как видно (табл. 5), по всем вариантам опыта приживаемость прививок выше в утренние и вечерние часы, когда выше относительная влажность воздуха, а температура самая низкая, в вечерние часы несколько ниже, а самая низкая – в дневные часы, когда влажность воздуха наименьшая, а температура наибольшая.

Это связано с физиологическим состоянием подвоя и привоя, в условиях высокой температуры и низкой относительной влажности черенки усиленно транспирируют, и водный баланс нарушается. Кроме того, в жаркие дневные часы интенсивно идет смоловыделение, что усложняет проведение прививочных работ.

Полученные результаты согласуются с данными Е.П. Проказина [4] для средней полосы. Защита привоев в период срастания от необратимых потерь влаги при сухой и жаркой погоде может оказать решающее влияние на результаты приживаемости черенков. Некоторые авторы рекомендуют защищать прививки от ветра и солнечных лучей небольшими бумажными мешками и воронками, помещая на их дно влажные опилки или мох. Рекомендуется также парафинировать привой или обмазывать их жидким пластилином. На наш взгляд, для сухой степи самыми удачными являются способы, предложенные С.С. Пятницким [5], когда прививка защищается полиэтиленовым колпачком, и метод, описанный К.В. Dorman [6], когда конец привоя помещается в пробирку с водой.

На основании этих двух способов для условий сухой степи, предложили свой способ: прививка защищена полиэтиленовым колпачком, оттененным

Таблица 4

Приживаемость летних прививок в различные календарные сроки

Дата прививки	Сумма температур выше 10°C	Приживаемость прививок, %	
		1 год	2 год
Начало июля	1200–1400	60	68
Середина июля		72	76
Начало августа		78	78
Середина августа		96	92
Конец августа	2600	88	84

Таблица 5

Приживаемость черенков в зависимости от климатических факторов

Дата проведения опыта	Приживаемость, %			Температура воздуха, °C			Относительная влажность воздуха, %		
	9 ч	14 ч	17 ч	9 ч	14 ч	17 ч	9 ч	14 ч	17 ч
6 мая	80	80	80	13	17,2	14	92	82	85
14 мая	80	60	60	16	24,2	20	48	30	34
10 июня	40	20	20	13	29,2	19,4	42	29	38
2 июля	80	40	60	23	34	26,7	48	34	44
18 июля	80	40	40	17	28	22,5	68	43	43
30 августа	60	20	40	19	32	24	64	29	40

крафт-бумагой, а конец привоя погружен в пробирку с водой или питательным раствором. Полиэтиленовый колпачок создает вокруг прививки повышенную влажность воздуха, что снижает транспирацию привоя. Пробирка с водой способствует постоянному поддержанию в черенке положительного водного баланса. Все это позволяет стимулировать срастание компонентов и получать высокую приживаемость. Для сравнения разных способов защиты привоев поставили опыт.

Как видно (табл. 6), предложенный метод обеспечивает лучшую приживаемость прививок в летний период, по сравнению с контролем и другими способами защиты привоев. Правда, он несколько более трудоемок и требует большей затраты материалов. Поэтому мы рекомендуем его при размножении особо ценного селекционного материала, где очень важна высокая приживаемость.

Изучалась возможность вегетативного размножения сосен крымской и желтой. В качестве подвоев служили разновозрастные (3–6 лет) производственные культуры ФГБНУ «Нижеволжская станция по селекции древесных пород ВНИАЛМИ». Как видно (табл. 7), прививки этих сосен имеют неплохую приживаемость

и вполне могут выполняться в условиях сухостепной зоны.

У длиннохвойных сосен толстая кора, в связи с этим для лучшего сочетания с привоем в качестве подвоя целесообразно брать 4–6-летние культуры. У сосен крымской и желтой очень сильное смоловыделение, поэтому прививку лучше вести только в утренние и вечерние часы. При прививке этих сосен целесообразно по полихлорвиниловой обвязке обмотать место соединения ниткой или двойной штоккой, для лучшего примыкания привоя к подвою.

Выводы

1. Лучшими сроками заготовки черенков для проведения прививочных работ в районе степей европейской части Российской Федерации является март – начало апреля. При условии, что черенки сразу после заготовки помещались под снег, в исключительных случаях, можно пользоваться черенками декабрьской и январской заготовки.

2. Хорошую приживаемость дает прививка зелеными черенками.

3. При определении сроков проведения весенних прививок лучше всего ориентироваться на фенофазу подвоя. В районе степей европейской части Российской

Таблица 6
Приживаемость прививок при разных способах защиты привоев

Время прививки	Приживаемость прививок, %							
	Контроль		Защита полиэтиленовым колпачком		Конец привоя в пробирке с водой		Сочетание колпачка и пробирки	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
Начало апреля	24	28	28	28	36	40	52	56
Начало мая	52	48	60	64	64	64	72	72
Середина мая	64	60	76	80	82	86	82	86
Середина июня	52	24	28	24	36	36	36	36
Середина июля	72	76	72	80	76	76	92	96
Начало августа	76	76	76	80	100	100	100	100
Середина августа	96	92	96	96	96	92	100	100
Конец августа	88	84	88	92	88	92	96	–

Таблица 7
Приживаемость прививок сосен крымской и желтой (Камышин, 18 мая)

Привой	Подвой	Приживаемость, %
Сосна крымская	Сосна крымская 4 года	58
	Сосна обыкновенная 6 лет	40
Сосна желтая	Сосна желтая 4 года	52
	Сосна обыкновенная 6 лет	36

Федерации лучшая приживаемость достигается в фазу интенсивного роста побегов, эта фаза обычно проходит в диапазоне сумм температур 150–400 °С – в этом диапазоне наиболее целесообразно проводить прививочные работы.

4. При поливе подвоев в районе степей европейской части Российской Федерации летние прививки дают хорошую приживаемость и могут заполняться в опытных и производственных целях с начала июля до конца августа в диапазоне сумм температур 1200–2600 °С.

5. В условиях сухого и жаркого климата в районе степей Европейской части Российской Федерации прививки целесообразно проводить в утренние и вечерние часы, когда относительная влажность воздуха не ниже 80%.

6. Хорошие результаты дает защита привоев полиэтиленовым колпаком, погружение конца привоя в пробирку с водой. Самая высокая приживаемость получается при разработанном нами способе защиты прививок, когда вся прививка закрыта полиэтиленовым колпачком,

а конец привоя погружен в пробирку с водой.

7. Сосна крымская и сосна желтая в Нижнем Поволжье дают хорошую приживаемость при прививке на такой же вид, а также на сосну обыкновенную. Подвой должен иметь возраст 4–6 лет для лучшего совмещения с привоем.

Список литературы

1. Бамбе В.Т. Выращивание привитых саженцев некоторых лесных древесных пород в теплицах с полиэтиленовым покрытием: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Елгава, 1974. – 25 с.
2. Крючков С.Н., Иозус А.П., Стольников А.С. Селекционно-генетические методы повышения устойчивости лесомелиоративных комплексов в Нижнем Поволжье // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – URL: www.science-education.ru/100-5121.
3. Правдин Л.Ф., Яркин В.П. Научные основы организации устойчивой лесосеменной базы // Научные основы селекции хвойных древесных пород. – М.: Наука, 1978. – С. 125–142.
4. Проказин Е.П. Новый метод прививки хвойных для создания семенных участков // Лесное хозяйство. – 1960. – № 5. – С. 22–28.
5. Пятницкий С.С. Практикум по лесной селекции. – М., 1961 – 271 с.
6. Dorman Keith V. The Tenetics end Breeding of Soufthern Pines. Washington, D.C. 1976. – 407 p.

УДК 630.165.7: 631.96

ВЫДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ ТОПОЛЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ НА ОСНОВЕ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ

Морозова Е.В., Иозус А.П.

Камышинский технологический институт (филиал) ГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: end@kti.ru

Приводятся результаты сравнительного комплексного изучения роста, состояния, устойчивости к засухе, отзывчивости на увлажнение видов, гибридов и форм тополей на объектах ФГБНУ «Нижеволжская станция ВНИАЛМИ». В коллекции из 25 гибридов тополей методом комплексной интегральной оценки Ю.Е. Булыгина выделены как перспективные 6 гибридов тополя, как среднеперспективные – 13 гибридов, и остальные были отнесены к малоперспективным для использования в защитных и озеленительных насаждениях сухой степи Нижнего Поволжья. Перспективность выделенных гибридов подтверждается результатами исследований, проведенных в других регионах России. Поэтому из отобранных гибридов необходимо создавать черенковые плантации с целью широкого внедрения в разные типы защитных, озеленительных и промышленных насаждений. Для целей озеленения черенковые плантации нужно специально создавать из мужских непылящих экземпляров.

Ключевые слова: тополь, гибрид, отбор, сухая степь, комплексная интегральная оценка, защитное лесоразведение

THE IDENTIFICATION OF PROMISING HYBRIDS OF POPLAR FOR CONDITIONS OF DRY STEPPE IN THE LOWER VOLGA REGION ON THE BASIS OF THEIR COMPREHENSIVE INTEGRATED ASSESSMENT

Morozova E.V., Iozus A.P.

*Kamyshin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University,
Kamyshin, e-mail: end@kti.ru*

The results of a comprehensive study of the comparative growth state, resistance to drought, responsiveness to wetting species, hybrids and forms of poplars on the Lower Volga station facilities of ALL-Russian Research Institut of Agro-forest Melioration. The collection of 25 poplar hybrids by a comprehensive integrated assessment Yu.E. Bulygin identified as perspective 6 hybrid, of poplar as medium promising hybrids – 13 hybrids and the rest were classified as not very promising for use in the protection and greening plantations in the dry steppe the Lower Volga region. The perspectives of dedicated hybrids confirmed by results of the research carried out in other regions of Russia. Therefore, the selected hybrids is necessary to create cutting plantation with a view to wider implementation in different types of protective planting, landscaping and industrial plantations. The cutting plantation need to specifically create for purposes of landscaping from non-dusting men's exemplars.

Keywords: poplar, hybrid, selection, dry steppe, a comprehensive integrated assessment, protective afforestation

Волгоградская область до сих пор относится к остролесодефицитным регионам. Ее лесистость равна 3,9%. Собственные леса обеспечивают потребность области в древесине лишь на 10–15% и не способны в полной мере защитить пахотные земли и ландшафты от водной, ветровой эрозии и не позволяют решать задачи по озеленению и рекреации. Основными лесообразующими породами в защитных и озеленительных насаждениях являются дуб, сосна, вяз, ясень и другие. К настоящему времени большая часть защитных насаждений расстроена и находится на грани гибели по ряду факторов природных и антропогенных. Среди них основными являются природные засухи, суховеи, участвовавшие в связи с глобальным потеплением и аридизацией климата многочисленные пожары.

Кроме того, большинство пород, составляющих защитные насаждения, являются интродуцентами и достигли предельного для данных условий возраста, усыхают и подвергаются болезням и массовому нападению вредителей.

В сложившихся условиях в целях восстановления защитных, озеленительных и рекреационных насаждений ландшафтов перспективно использование быстрорастущих видов, в первую очередь тополей. Тем более что в регионе уже проведена селекционная работа с этой породой и имеются маточники.

Вопросами селекции древесных пород в данном регионе начали заниматься в 1950-х гг. Широкую известность получил гибрид селекции профессора А.В. Альбенского тополь Пирамидальный×осокорь,

который обладал адаптивным и соматическим гетерозисом, так как был получен при скрещивании тополя черного пирамидального с осокором [5, 6]. Впоследствии в данном регионе научные исследования были продолжены на Нижневолжской станции по селекции древесных пород ВНИАЛМИ.

Цель исследования. На основании комплексного изучения роста, состояния, устойчивости и их связи с особенностями водного режима гибридов тополей отечественной и зарубежной селекции в коллекциях ФГБНУ «Нижневолжская станция ВНИАЛМИ» выделить наиболее перспективные на орошении и богаре для защитного лесоразведения, озеленения и создания рекреационных ландшафтов.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на ФГБНУ «Нижневолжская станция по селекции древесных пород Всероссийского НИИ агролесомелиорации» в 1983 г. под руководством И.В. Калининой, Е.Е. Смертиным на опорном пункте ВНИАЛМИ была создана коллекция гибридов отечественной селекции, насчитывающая около 56 видов и гибридов.

В коллекцию вошли 11 гибридов селекции А.В. Альбенского, 5 гибридов селекции Башкирской ЛОС, 5 видов тополей селекции П.Л. Богданова, 20 видов тополей получено из коллекции ЦНИИЛГиС, 7 видов тополей из коллекции УкрНИИЛХА, в основном селекции Н.В. Старовой.

В 1986 г. коллекция была высажена в богарных условиях в дендрарии Камышинского опорного пункта ВНИАЛМИ.

Коллекции создавались в виде сортоиспытательных участков в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания лесных пород и Методикой сортоиспытания тополей, разработанных в Центральном НИИ лесной генетики и селекции. Метод оценки гибридов с точки зрения их пригодности для защитного лесоразведения проводился с помощью комплексной интегральной оценки Ю.Е. Булыгина [1]. Интенсивность транспирации определялась по методу быстрых взвешиваний Л.А. Иванова, а водоудерживающая способность – взвешиванием через определенные промежутки времени в течение суток [2].

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам исследований, проведенных на Нижневолжской станции по селекции древесных пород ВНИАЛМИ, наиболее перспективными в условиях сухой степи оказались гибриды от скрещиваний, где материнским видом является тополь пирамидальный, который хорошо воспринимает пыльцу других видов.

Лучшие экземпляры полученных гибридов тополя пирамидального, выделявшиеся по активности роста, высоте, состоянию,

были размножены черенкованием и широко распространены в лесостепных районах, а в Поволжье – на поливных землях. Гибриды тополя пирамидального унаследовали от опылителей короткий вегетационный период, обусловивший зимостойкость и рост одним стройным стволом, не имеют сучьев в нижней части ствола, что очень важно для защитных полос [3, 4].

Это согласуется с результатами многолетних исследований И.В. Калининой, А.В. Альбенского [6].

Одним из основных прямых показателей, характеризующих устойчивость, является сохранность, которая определяется по результатам ежегодной инвентаризации. Так, по результатам инвентаризации 1987 г. количество тополей высаженных гибридов было неодинаковым: от 1 у Осокорь×пирамидальный до 57 у стреловидного. Поэтому процент сохранившихся деревьев не всегда точно отражает сложившееся положение. Наиболее высокая сохранность из достаточно большого количества высаженных сеянцев у Э.С.-38 – 90%, Ноктюрн – 98%, Московский×берлинский×краснонервный 1399 – 94%. Наименьшая сохранность у Максимовича×краснонервный, Московский×краснонервный 1191, Московский×краснонервный 1113 и некоторых других.

Считается, что наиболее полная реализация генотипа в определенных почвенно-климатических условиях выражается через успешность роста. По таксационным показателям лучшие результаты у Львовского, Э.С.-38, Э.С.-53, Ноктюрн, Невский и другие. Плохо растут Удивительный, Максимовича×краснонервный и некоторые другие.

Одним из важнейших физиологических показателей древесных пород, определяющих устойчивость при произрастании в условиях сухой степи, является водный режим. Поэтому в коллекции тополей проводили изучение водоудерживающей способности и интенсивности транспирации.

Вследствие большого числа видов и гибридов в коллекции они были разбиты на две группы и у каждой из групп в течение вегетационного периода проводили изучение водоудерживающей способности и интенсивности транспирации.

Как видно из таблицы, лучше удерживали влагу Э.С.-38, Регенерата, Робуста-173, Львовский. Быстрее остальных теряли влагу Колоновидный, Волосистоплодный, Ленинградский 13/8. Наиболее транспирировали влагу Волосистоплодный, Черный

гибрид 120. Эти два гибрида имели наивысшую интенсивность транспирации, остальные намного меньше. Для богарных условий высокая интенсивность транспирации является отрицательным фактором, тогда как для посадки вдоль магистральных, сбросных каналов, избыточно увлажненных мест с целью дренажа желательное использование тополей с достаточно высокой интенсивностью транспирации. Наиболее экономно теряли влагу Ноктюрн, Удивительный, Львовский, Э.С.-38, Невский 20/5. Для наиболее объективной комплексной оценки гибридов коллекции по методу Ю.Е. Булыгина [1] составили матрицу, в которую включили наиболее существенные, на наш взгляд, показатели (таблица).

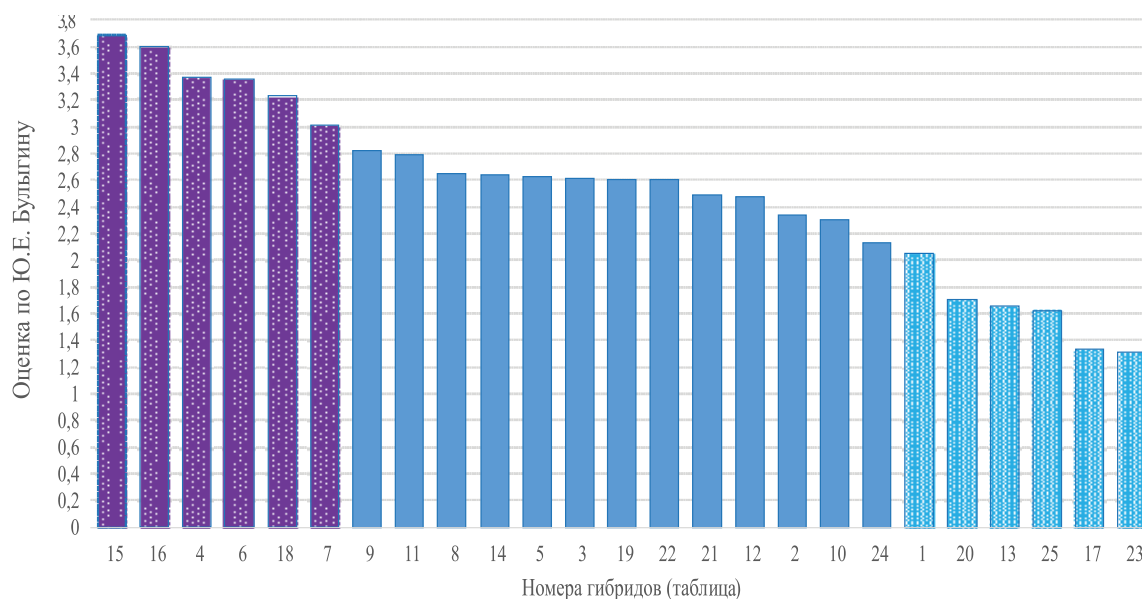
Как видно, интенсивность транспирации не всегда согласуется с успешно-

стью роста, имеющие наиболее высокую интенсивность транспирации Волосисто-плодный, Черный гибрид отстают в росте от имеющих низкую и среднюю интенсивность транспирации. Интенсивность транспирации в основном согласуется с водоудерживающей способностью, обладающие хорошей водоудерживающей способностью Э.С.-38, Ноктюрн, Максимовича×краснонервный имеют низкую интенсивность транспирации.

На основе данной матрицы суммировали оценки, вычислили 0 и произвели ранжирование ряда (таблица). В данную таблицу вошли только 26 гибридов, так как по остальным не проводилось изучение водного режима. В дальнейшем подобной оценке мы подвергнем все гибриды, имеющиеся в коллекции.

Матрица основных показателей по определению перспективности гибридных тополей методом комплексной оценки Ю.Е. Булыгина

№ п/п	Гибрид	Показатели						Оценка по Ю.Е. Булыгину	Место по рангу	Дисперсия оценки
		Высота	Диаметр	Сохранность	Интенсивность транспирации	Водоудержив. Способность	Длина листа			
1.	Черный гибрид 120	0,18	0,15	0,20	0,74	0,59	0,09	2,05	20	0,221
2.	Колоновидный	0,48	0,49	0,25	0,55	0,40	0,17	2,34	17	0,032
3.	Волосистоплодный	0,22	0,25	0,48	1,0	0,44	0,23	2,62	12	0,010
4.	Вернирубенс 54	0,44	0,64	0,81	0,57	0,55	0,36	3,37	3	0,723
5.	P-128	0,26	0,49	0,68	0,28	0,69	0,23	2,63	11	0,012
6.	Робуста-173	0,66	0,64	0,88	0,22	0,82	0,14	3,36	4	0,706
7.	Казахстанский	0,47	0,81	0,37	0,28	0,75	0,33	3,01	6	0,240
8.	Брабантика-175	0,25	0,49	0,51	0,35	0,73	0,27	2,65	9	0,017
9.	P-16	0,22	0,36	0,39	0,17	0,68	1,0	2,82	7	0,090
10.	Регенерата	0,31	0,49	0,30	0,25	0,79	0,16	2,30	18	0,048
11.	Э.С.-53	0,60	0,49	0,68	0,21	0,70	0,11	2,79	8	0,078
12.	Бахильери	0,50	1,0	0,77	0,13	0,70	0,28	2,48	16	0,002
13.	Бальзамический×черный 86/19	0,31	0,25	0,18	0,13	0,53	0,26	1,66	21	0,740
14.	Невский 20/15	0,50	0,64	0,62	0,09	0,57	0,22	2,64	10	0,014
15.	Э.С.-38	0,57	0,64	0,84	0,07	1,0	0,57	3,69	1	1,369
16.	Львовский	1,0	0,81	0,52	0,08	0,85	0,31	3,60	2	1,166
17.	Удивительный	0,08	0,36	0,06	0,06	0,55	0,23	1,34	24	1,392
18.	Ноктюрн	0,47	0,64	1,0	0,06	0,76	0,30	3,23	5	0,504
19.	Дружба	0,47	0,49	0,72	0,19	0,51	0,22	2,60	13	0,006
20.	Стреловидный	0,20	0,25	0,22	0,11	0,64	0,28	1,70	22	0,672
21.	Ленинградский 13/8	0,29	0,49	0,94	0,26	0,31	0,30	2,49	15	0,001
22.	Вегетативный 10	0,34	0,64	0,33	0,28	0,80	0,21	2,60	14	0,006
23.	Максимовича×краснонервный	0,14	0,16	0,04	0,11	0,64	0,23	1,31	25	1,464
24.	Сакрау-79	0,32	0,36	0,45	0,10	0,63	0,23	2,13	19	0,152
25.	Белый×Болле	0,32	0,36	0,03	0,24	0,63	0,04	1,62	23	0,810



Оценка перспективности гибридных тополей методом комплексной оценки Ю.Е. Булыгина:

■ – перспективные; ■ – среднеперспективные; ■ – неперспективные

К перспективным отнесено 6 гибридов: Э.С.-38 (№ 15), Львовский (№ 16), Вернирубенс 54 (№ 4), Робуста 173 (№ 6) и др. К неперспективным – Черный гибрид 120 (№ 1), Стреловидный (№ 20) и др. В эту же группу вошел Удивительный (№ 17) – гибрид, рекомендованный для использования в защитных насаждениях на неорошаемых землях, хотя у него хорошие показатели водоудерживающей способности, невысока интенсивность транспирации, данный гибрид требует дальнейшего длительного изучения. Наибольшее число гибридов, 13 из 25, отнесено к средним.

Анализ зимостойкости тополей в условиях резко континентального климата Волгоградской области показал, что практически все тополя изучаемой коллекции достаточно устойчивы. При зимних температурах в диапазоне от -25 до -30°C повреждений верхушечных почек практически не наблюдалось. Наиболее зимостойкими были представители бальзамических тополей и межсекционные гибриды. Однако они хуже росли и менее засухоустойчивы, судя по показателям водного режима.

Все гибриды тополей, отнесенные нами к перспективным и среднеперспективным, можно рекомендовать как в разные типы защитных и озеленительных лесных насаждений, в том числе и на

орошаемых землях, так и для создания массивных насаждений для выращивания балансовой древесины.

Эффективность отобранного ассортимента гибридов тополя несомненна. Более ранние результаты исследований, проведенных в других регионах страны: Центрально-Черноземных областей, Астраханской области – подтверждают преимущества отобранных тополей над местным тополем осокорем. Например, по данным В.А. Царева, в условиях Астраханской области на орошении в 9-летнем возрасте тополя Робуста-173, Брантика-175 имели высоту около 15 м, диаметр – 21–26 см; в пойме Среднего Дона экземпляры этих гибридов в 14-летнем возрасте достигали в высоту 16–17,5 м и по диаметру – 16 см; в Центрально-Черноземной области в популетуме ЦНИИЛГиС средняя высота рекомендуемых выше клонов евро-американских тополей в 24-летнем возрасте была 28,6–31,4 м и диаметр – 36–45 см [7].

Заключение

Учитывая, что рост тополей, выделенных нами как перспективные, превышает среднестатистический показатель остальных тополей по высоте на 40%, по диаметру – на 80%, а также тенденцию сохранения этих различий в течение периода наблюдений, можно

прогнозировать, что к возрасту возможной рубки 20–40 лет запас древесины этих сортов в условиях Волгоградской области будет минимум на 40–80 % выше, чем средне- и малоперспективных гибридов тополей. Поэтому из отобранных гибридов необходимо создавать черенковые плантации с целью широкого внедрения в разные типы защитных, озеленительных и промышленных насаждений. Для целей озеленения черенковые плантации нужно специально создавать из мужских непылящих экземпляров, что и реализовано на Нижневолжской станции для гибридов Пирамидальный×осокорь, Белый×Болле.

Список литературы

1. Булыгин Ю.Е. Улучшенная математическая модель комплексной оценки экотипов древесных пород // Лесное хозяйство. – 1985. – № 11. – С. 41–43.
2. Иванов Л.А., Силина Л.А., Цельникер Ю.Л. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // Ботанический журнал. – 1950. – Т. 35. – № 2. – С. 171–185.
3. Иозус А.П., Морозова Е.В., Макаров В.М. Основные результаты селекции и гибридизации лиственных древесных пород для защитного лесоразведения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11–4. – С. 613–617.
4. Иозус А.П., Макаров В.М. Выделение перспективных гибридов тополей для лесозащитного лесоразведения в Нижнем Поволжье // Современные проблемы науки и образования. – 2010. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=4517>.
5. Каргов В.А., Долгих А.А. Предложения по использованию гибридных тополей для создания полезащитных лесных полос в степной зоне Поволжья и Западной Сибири. – Волгоград, 1974. – 16 с.
6. Озолин Г.П., Маттис Г.Я., Калинина И.В. Селекция древесных пород для защитного лесоразведения. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 152 с.
7. Царев В.А. Эффективность сортовых тополей в степной зоне // Resources and Technology. – 2003. – № 4. – С. 147–150.

УДК 630*181.351

**ЗИМОСТОЙКОСТЬ ГРУШИ УССУРИЙСКОЙ В УСЛОВИЯХ
РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ****Рунова Е.М., Аношкина Л.В., Золотухина Г.И.***ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: runova0710@mail.ru*

Проведено исследование морозостойчивости груши уссурийской в условиях резко континентального климата г. Братска. Зимостойкость оценивалась по методике М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой. По I компоненту исследуемые растения испытывались в естественных условиях без видимых внешних изменений. Максимальная морозостойчивость в закаленном состоянии (II компонент) проводилась в лабораторных условиях, методом промораживания в камере искусственного климата MKF-240. Всего обработано более 50 образцов для получения достоверных результатов. Дана характеристика климатических особенностей, прослежена динамика зимних температур. Климат в г. Братске резко континентальный, средняя температура января составляет -21°C . Абсолютный минимум температур зафиксирован в 2001 г. – $-45,9^{\circ}\text{C}$. Продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 136 дней. Для оценки морозостойчивости были сделаны поперечные срезы однолетних побегов груши уссурийской, выдержавшие ранние зимние морозы. В климатической камере моделировались отрицательные температуры воздуха: -35°C ; -40°C и -45°C , характерные для января. Степень повреждения древесины оценивалась по пятибалльной шкале. После испытаний в полевых условиях по I компоненту наблюдались только повреждения перидермы. При промораживании побегов до температуры -35°C по II компоненту, перидерма повреждена у всех образцов, также наблюдаются повреждения флоэмы. При температуре -40°C , кроме повреждений перидермы и флоэмы, у нескольких образцов наблюдается разрыв камбиального слоя. При снижении температуры до -45°C у двенадцати образцов повреждена ксилема. Кора и камбий, находящиеся в состоянии глубокого органического покоя, обладают высокой морозостойчивостью (1–2 балла), ксилема только при понижении температуры до -45°C имеет частичные незначительные повреждения. Сердцевина при воздействии низких температур не пострадала. Основываясь на полученных результатах и учитывая высокие декоративные качества груши уссурийской, данный интродуцент рекомендуется использовать в городском озеленении, при наличии поврежденных однолетних побегов рекомендуется проведение санитарной формовки кроны.

Ключевые слова: интродуцент, зимостойкость, морозостойчивость, перидерма, флоэма, камбий, ксилема**IN WINTER-HARDY PEAR USSURIISK HARSH CONTINENTAL CLIMATE
OF EASTERN SIBERIA****Runova E.M., Anoshkina L.V., Zolotukhina G.I.***Bratsk State University, Bratsk, e-mail: runova0710@mail.ru*

The study of cold hardiness Ussuri pear in a sharply continental climate of Bratsk. Winter hardiness was evaluated by the method of MM Tyurin and GA Gogoleva. As I researched component of plants were tested under natural conditions without visible external measurable-tions. Maximum frost resistance in the hardened condition (II component) conducted in-labo-valued conditions by freezing the camera MKF-240 artificial climate. Total Obrat more than 50 samples to obtain reliable results. The characteristic climatic features, traces dynamics of winter temperatures. The climate in the town of Bratsk is sharply continental, the average January temperature is -21°C . The absolute minimum temperature was recorded in 2001 – $-45,9^{\circ}\text{C}$. The growing season averages 136 days. To evaluate the hardiness were made cross sections of annual shoots Ussuri pear, vyder-huddling early winter frosts. In the climatic chamber simulated the negative temperature -35°C ; -40°C and -45°C , typical for January. The extent of wood failure was assessed on a scale. After Field Test at I component damage observed only periderm. At freezing temperature shoots up to -35°C for component II, periderm intact for all samples, and observed damage to the phloem. At a temperature of -40°C but damages the periderm and phloem, several samples observed cambial layer break. When temperatures drop to -45°C in twelve samples damaged xylem. The bark and the cambium, are in a state of deep organic rest has a high frost resistance (1–2 points), xylem only when the temperature is lowered to -45°C has a partial minor in damage. The core when exposed to low temperatures is not affected. Based on the results obtained-tion and given the high quality decorative pear Ussuriisk, the introduced plant is recommended to use in urban landscaping, sanitary crown molding is recommended in the presence of damaged annual shoots.

Keywords: introduced tree, winter hardiness, frost, periderm, phloem, cambium, xylem

Суровый климат Восточной Сибири с длительными морозными зимами и коротким периодом вегетации, а также сложная экологическая обстановка промышленного города сказываются на системе озеленения г. Братска. Ассортимент городской растительности довольно беден. Чаще всего в озеленении встречается тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), акация жел-

тая карагана (*Caragana arborescens* Lam.), а также участки естественных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы повислой (*Betula pendula* Roth), березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh), осины (*Populus tremula* L.). Одним из перспективных направлений обогащения скудного ассортимента сибирской флоры является интродукция [3, 4]. Известно также,

что многие европейские и дальневосточные виды, отличающиеся высокой декоративностью, экологическими и санитарно-гигиеническими свойствами, часто оказываются более долговечными и устойчивыми в городских посадках, чем местные виды [1]. Исследования по введению в ассортимент городских посадок на территории г. Братска видов древесно-кустарниковых насаждений, природным ареалом которых являются Европа, Северная Америка, Дальний Восток и др. регионы, ранее не проводились. В настоящее время изучением инорайонных растений занимаются сотрудники кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов Братского государственного университета. Ведутся работы по изучению акклиматизации, сезонных ритмов развития, зимостойкости растений.

Интродуценты, произрастающие в настоящее время на территории г. Братска, адаптировались к суровым климатическим условиям и являются украшением городских улиц. Среди них – представитель дальневосточной флоры – груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim), высаженная в 1988 г. трехлетним саженцем на территории университета в виде живых изгородей.

Целью настоящих исследований является изучение адаптивности груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim) к климатическим особенностям Восточной Сибири по компонентам зимостойкости и выявление потенциала использования данного вида в городских посадках.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2011–2015 гг. В качестве объекта исследований взяты однолетние побеги груши уссурийской. Зимостойкость оценивалась по методике М.М. Тюриной и Г.А. Гоголевой (1978) [5]. I компонент – устойчивость вида к ранним морозам; II – максимальная морозоустойчивость в закаленном состоянии; III – способность сохранять высокую устойчивость к морозам в период оттепели; IV компонент – способность восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей.

По I компоненту исследуемые растения испытывались в естественных условиях без видимых внешних изменений. По II компоненту – в лабораторных условиях, методом промораживания в камере искусственного климата MKF-240. Однолетние побеги, вы-

державшие ранние зимние морозы, были заготовлены в середине декабря и подверглись испытаниям при заданных режимах (табл. 1).

Степень повреждения древесины оценивалась по пятибалльной шкале: 0 баллов – повреждения отсутствуют; 1 балл – 20% повреждений; 2 балла – 40%; 3 балла – 60%; 4 балла – 80%; 5 баллов – 100% повреждений, ткани погибли. Полученные результаты обрабатывались статистически с использованием программы Excel. Всего обработано более 50 образцов для получения достоверных результатов. До и после промораживания делались срезы однолетних побегов и оценивалась их анатомическая структура с помощью микроскопа Микмед-5. Полученные срезы фиксировались с помощью цифровой фотокамеры и выводились на монитор компьютера.

Результаты исследований и их обсуждение

Зимостойкость и морозоустойчивость характеризуют результат адаптации древесно-кустарниковой растительности и являются важнейшими показателями при выборе ассортимента насаждений для озеленения городских территорий. Особенно важно учитывать данные показатели в условиях озеленения северных городов.

Географическое положение г. Братска в центре Среднесибирского плоскогорья, вдали от морских побережий, придает климату резко континентальный характер. Средняя температура самого холодного месяца – января составляет -21°C . Абсолютный минимум температур в 2001 г. составил $-45,9^{\circ}\text{C}$. Наиболее теплые зимы за последние десятилетия наблюдались в 1990-е гг., зимой 2015 г. температура воздуха не опускалась ниже $-28,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

По многолетним наблюдениям дата первых осенних заморозков была отмечена 3 сентября в 1965 г., последних весенних – 9 июня в 1987 г. Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 114 дней. Причем, если в 1960-е гг. продолжительность безморозного периода составляла 106 дней, в 1990-е гг. – 119, а с 2000 по 2015 гг. – 125 дней. Продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 136 дней [2]. В таких суровых условиях довольно проблематично использование в городском озеленении инорайонных видов деревьев и кустарников.

Таблица 1

Параметры испытаний по II компоненту

Климатические воздействия	Моделирование мороза до температуры					
	-35°C		-40°C		-45°C	
Закалка	5 дней	$t - 5^{\circ}\text{C}$	5 дней	$t - 5^{\circ}\text{C}$	5 дней	$t - 5^{\circ}\text{C}$
Закалка	5 дней	$t - 10^{\circ}\text{C}$	5 дней	$t - 10^{\circ}\text{C}$	5 дней	$t - 10^{\circ}\text{C}$
Промораживание	12 часов	$t - 35^{\circ}\text{C}$	12 часов	$t - 40^{\circ}\text{C}$	12 часов	$t - 45^{\circ}\text{C}$



Рис. 1. Динамика зимних температур (по данным метеостанции г. Братска)

Для оценки зимостойкости были сделаны поперечные срезы однолетних побегов груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim), на которых выделяются основные зоны: перидерма, флоэма, камбий, ксилема, сердцевина (рис. 2).

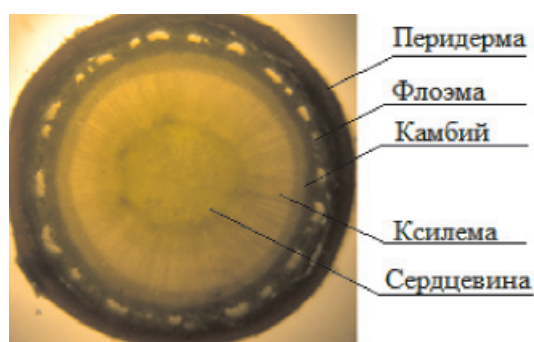


Рис. 2. Зоны среза однолетнего побега

После испытаний в полевых условиях по I компоненту максимальные повреждения 41,3% наблюдаются в зоне перидермы, в среднем при проверке устойчивости данного вида к ранним морозам повреждения составляют 25,8%. Далее, в камере искусственного климата смоделирована температура, близкая к минимальным температурам воздуха в зимний период.

При промораживании побегов до температуры -35°C по II компоненту перидерма повреждена у всех образцов, повреждения варьируют от 24,6 до 55,4%, в среднем 36,5%. Флоэма оказалась поврежденной у девятнадцати образцов от 3 до 12%. В остальных зонах среза повреждений не наблюдается.

Затем проверялась морозоустойчивость в закаленном состоянии при температуре -40°C . После промораживания в камере искусственного климата перидерма повреждена у всех образцов. Максимальные повреждения составили 58,5%, кроме того, у двадцати двух образцов отмечаются повреждения флоэмы от 2,5 до 18,7%. Повреждения камбия на 0,5–2,8% отмечаются у трех образцов, что не оказывает значительного влияния на жизнеспособность побегов и при наступлении вегетационного периода будет компенсировано восстановительными тканями, в т.ч. феллемой.

При достижении температуры промораживания -45°C видны повреждения жизненно важных тканей, перидерма повреждена у всех образцов, повреждения флоэмы наблюдаются у сорока четырех образцов и варьируют в пределах от 2,3 до 32,6%.

Таблица 2

Средние значения повреждений однолетних срезов побегов груши уссурийской при промораживании

Зона	Повреждения, % при температуре промораживания					
	-35°C		-40°C		-45°C	
	после I компонента	после II компонента	после I компонента	после II компонента	после I компонента	после II компонента
Перидерма	19,3	36,5	29,5	40,3	28,8	38,0
Флоэма	—	7,7	—	9,8	—	15,5
Камбий	—	—	—	0,1	—	1,5
Ксилема	—	—	—	—	—	2,25
Серцевина	—	—	—	—	—	—

Отмечаются повреждения камбия в виде разрывов у 18 образцов на 0,8–5,8%. Ксилема повреждена у двенадцати образцов на 1,2–8,7%. Повреждений сердцевины на срезах

побегов не наблюдалось. Средние значения повреждений представлены в табл. 2.

Наиболее характерные образцы срезов показаны на рис. 3.

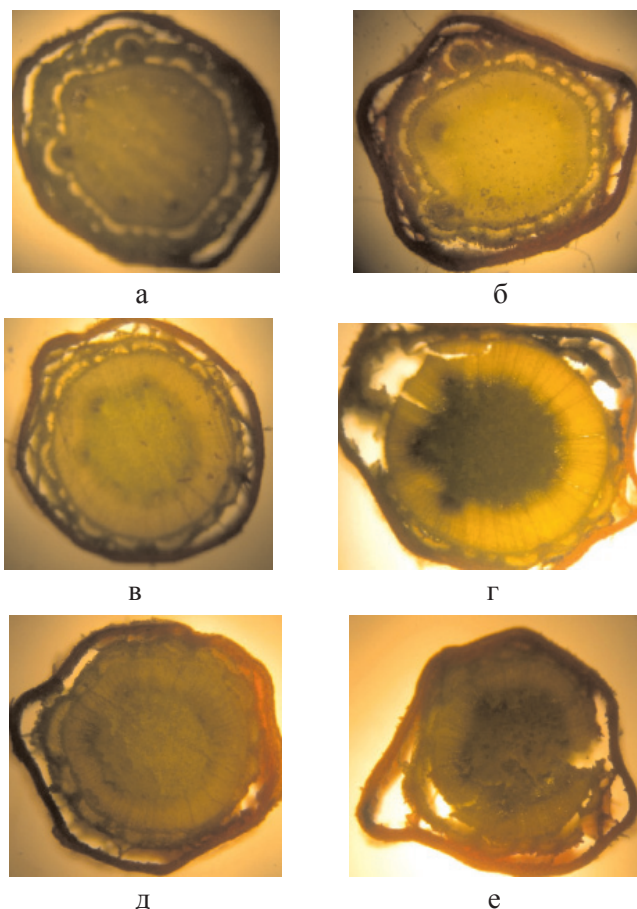


Рис. 3. Образцы срезов однолетних побегов после испытания при отрицательных температурах: а – после I компонента при температуре -35°C ; б – после II при температуре -35°C ; в – после I компонента при температуре -40°C ; г – после II при температуре -40°C ; д – после I компонента при температуре -45°C ; е – после II при температуре -45°C

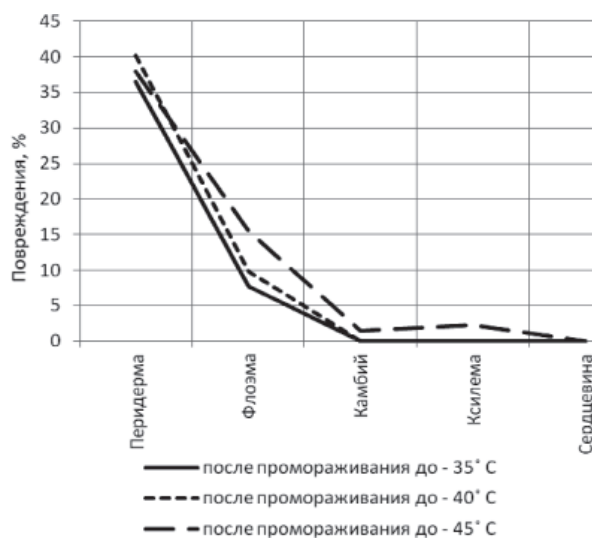


Рис. 4. Изменение морозоустойчивости однолетних побегов груши уссурийской при различных отрицательных температурах воздуха.

По результатам оценки морозоустойчивости однолетних побегов груши уссурийской построен график (рис. 4), на котором можно отметить, что у испытуемых образцов устойчивость тканей к температурным стрессам возрастает в следующем порядке: перидерма, флоэма, камбий, ксилема.

Оценивая степень повреждений древесины по пятибалльной шкале, следует отметить, что у большинства образцов наблюдаются в среднем около 40% повреждений перидермы, что соответствует 2 баллам, повреждения флоэмы до 15,5% – 1 балл, повреждения камбия при понижении температуры до –40 и –45°C, соответствующие 1 баллу, и при понижении температуры воздуха до –45°C зафиксированы повреждения ксилемы в 1 балл (табл. 3).

Таблица 3
Оценка морозостойкости образцов
по II компоненту в баллах

Наименование зоны среза	Температура промораживания		
	–35°C	–40°C	–45°C
Перидерма	2	2	2
Флоэма	1	1	1
Камбий	–	1	1
Ксилема	–	–	1
Сердцевина	–	–	–

Выводы и рекомендации

По результатам проведенных исследований можно отметить, что зимостойкость *Pyrus ussuriensis* Maxim в Братском районе позволяет переносить морозы до –45°C с незначительными повреждениями основных тканей побегов. Кора и камбий, находящиеся в состоянии глубокого органического покоя, обладают высокой морозоустойчивостью (1–2 балла), ксилема только при понижении температуры до –45°C имеет частичные незначительные повреждения. Камбий и флоэма, имеющие повреждения, соответствующие 1 баллу, за счет восстановительной ткани – филлемы с частичным торможением

ростового процесса и ослаблением образования генеративных почек в начале вегетационного периода способны восстановить свою жизнедеятельность. Сердцевина при воздействии низких температур не пострадала.

Основываясь на полученных результатах и учитывая, что данный интродуцент не является производителем плодов для употребления в пищу, но при этом обладает высокими декоративными свойствами, *Pyrus ussuriensis* Maxim рекомендуется использовать в городском озеленении в виде живых изгородей и солитеров.

При наличии поврежденных однолетних побегов рекомендуется проведение санитарной формовки кроны, что придает большую декоративность, создает дополнительные побеги, в результате чего кроны груши уссурийской увеличивают плотность, что является важным фактором при формировании живых изгородей.

В настоящее время ведутся обширные исследования по морозостойкости других интродуцентов, произрастающих в условиях г. Братска (клен остролистный *Acer platanoides* L., липа мелколистная *Tilia cordata* Mill, дуб монгольский *Quercus mongolica* Fisch и др.). Полученные результаты позволят разработать биологические и агротехнические методы для повышения устойчивости интродуцентов в условиях севера Восточной Сибири.

Список литературы

1. Бабич Н.А., Залывская О.С., Травникова Г.И. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов: монография – Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. – 144 с.
2. Климат Братска / под ред. Ц.А. Шепер, В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 168 с.
3. Рунова Е.М., Аношкина Л.В., Золотухина Г.И. Использование груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) в озеленении городов Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2015. – Вып. 5. – С. 121–126.
4. Рунова Е.М., Аношкина Л.В., Крамская Н.В. Перспективы интродукции древесно-кустарниковой растительности г. Братска // Труды Братского государственного университета: Сер.: Естественные и инженерные науки: в 2 т. – Братск: Изд-во БрГУ, 2013. – 217 с.
5. Тюрина М.М., Гоголева Г.А. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и годных растений: методические рекомендации. – М., 1978. – 48 с.

УДК 635.07:57.045

УРОЖАЙНОСТЬ СРЕДНЕСПЕЛЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ПАРАМЕТРЫ ИХ АДАПТИВНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

¹Сапега В.А., ²Турсумбекова Г.Ш.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,

Тюмень, e-mail: sapegavalerii@rambler.ru;

²ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»,

Тюмень, e-mail: galina_tursumbekova@rambler.ru

Цель исследования – комплексная оценка среднеспелых сортов яровой пшеницы по урожайности, экологической пластичности и устойчивости в различных природно-климатических зонах Северного Зауралья. Объектом исследования служили 11 среднеспелых сортов яровой пшеницы, в том числе 9 – допущенных к использованию, которые испытывались в 2013–2015 гг. в двух контрастных природно-климатических зонах Тюменской области – подтайге (II зона, Аромашевский ГСУ) и южной лесостепи (IV зона, Бердюжский ГСУ). Индексы условий среды и экологическую пластичность сортов определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell, а реализацию потенциала урожайности и размах урожайности – по методике Э.Д. Неттевича и В.А. Зыкина. Показатель экологической устойчивости сортов определяли по методике D. Levis. В пунктах (ГСУ) испытания отмечена сильная вариабельность условий среды, а также урожайности сортов. Наибольшей урожайностью в среднем за 2013–2015 гг. в условиях подтайги характеризовались сорта Скэнт 3 и Тюменская 25 (соответственно 2,53 т/га), а в зоне южной лесостепи – Авида (2,89 т/га). Лучшими сортами по величине реализации потенциала урожайности были Рикс (78,5% – подтайга) и Икар (89,8% – южная лесостепь). По величине коэффициента регрессии (пластичности) выделились три группы сортов: сильно отзывчивые на изменение условий ($b_i > 1$), пластичные (b_i равно или близко единице) и слабо отзывчивые на изменение условий ($b_i < 1$). Наибольшие значения показателя экологической устойчивости в условиях подтайги отмечены у сортов Рикс (SF = 1,52) и Лютесценс 70 (SF = 1,80), а в южной лесостепи – у сортов Лютесценс 70 (SF = 1,38) и Тюменская 25 (SF = 1,39). На основе комплексной оценки урожайности и параметров адаптивности лучшими сортами в зоне подтайги признаны Скэнт 3, а в южной лесостепи – Тюменская 29.

Ключевые слова: яровая пшеница, среднеспелые сорта, урожайность, реализация потенциала урожайности, размах урожайности, пластичность, экологическая устойчивость

PRODUCTIVITY OF MID-SEASON SPRING WHEAT VARIETIES AND PARAMETERS OF THEIR ADAPTABILITY IN VARIOUS CLIMATIC ZONES OF NORTHERN TRANSURALIA

¹Sapega V.A., ²Tursumbekova G.Sh.

¹Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: sapegavalerii@rambler.ru;

²State Agricultural University of Northern Zauralie, Tyumen, e-mail: galina_tursumbekova@rambler.ru

The purpose of research – complex assessment of productivity, ecological plasticity and stability of mid-season spring wheat varieties in various climatic zones of Northern Zauralie. The material of research were 11 mid-season spring wheat varieties, including 9 – allowed to use which were tested in 2013–2015 in two contrast climatic zones of the Tyumen region – a subtaiga (the II zone, Aromashevsky GSU) and the southern forest-steppe (the IV zone, Berdyuzhsky GSU). Indexes of conditions of the environment and ecological plasticity of varieties were determined by a technique of S.A. Eberhart, W.A. Russell, and realization of potential of productivity and scope of productivity – by E.D. Nettevich and V.A. Zykin's technique. The indicator of ecological stability of varieties was determined by a technique of D. Levis. In points (GSU) of test strong variability of conditions of the environment, and also productivity of varieties is noted. The varieties Skent 3 and Tyumenskaya 25 (respectively 2,53 t/hectare) in the conditions of a subtaiga, and Aviada (2,89 t/hectare) in a zone of the southern forest-steppe characterized greatest productivity on average for 2013–2015. Riks (78,5% – a subtaiga) and Icar (89,8% – the southern forest-steppe) were the best varieties in size of realization of potential of productivity. Three groups of varieties were allocated in size of coefficient of regression (plasticity): strongly responsive on change of conditions ($b_i > 1$), plastic (b_i is equal or close to unit) and poorly responsive on change of conditions ($b_i < 1$). The greatest values of an indicator of ecological stability in the conditions of a subtaiga are noted at varieties Riks (SF = 1,52) and the Lutescens 70 (SF = 1,80), and in the southern forest-steppe – at varieties Lutescens 70 (SF = 1,38) and Tyumenskaya 25 (SF = 1,39). Skent 3 in a zone of a subtaiga and Tyumenskaya 29 in the southern forest-steppe are recognized as the best varieties on the basis of complex assessment of productivity and parameters of adaptability.

Keywords: spring wheat, mid-season varieties, productivity, realization of potential of productivity, scope of productivity, plasticity, ecological stability

Растениеводство Тюменской области сосредоточено в основном в южных сельскохозяйственных районах умеренно холодного и умеренного биоклиматических поясов. Показатель гидротермического

коэффициента (ГТК) данной территории варьирует от 1,5 (подтайга) до 1,0 (южная лесостепь), а сумма среднесуточных температур выше 10°C – от 1800°C (подтайга) до 2050°C (южная лесостепь) [11].

Почвенный покров представлен в основном двумя типами почв: серыми лесными (западная часть) и черноземами выщелоченными (восточная часть) [8].

Яровая пшеница – основная зерновая культура в Северном Зауралье. Площадь ее посева в Тюменской области в среднем за 2011–2015 гг. составила 407,7 тыс. га, или 58,4% от площади зерновых культур. В решении проблемы повышения урожайности и качества продукции одно из главных мест принадлежит сорту, вклад которого в продуктивность составляет не менее 25% [3, 12].

В условиях Западной Сибири, где отмечается значительная вариабельность основных агрометеорологических параметров по годам и непредсказуемость проявления тех или иных стресс-факторов, эффективное растениеводство возможно лишь на базе адаптированных к местным условиям сортов сельскохозяйственных культур, в том числе и яровой пшеницы [4]. В связи с этим для данного региона актуальным является создание и внедрение в производство высокоадаптивных, экологически пластичных сортов, сочетающих высокий уровень урожайности с ее стабильностью в различных условиях произрастания [6, 9, 13].

Цель исследования – комплексная оценка среднеспелых сортов яровой пшеницы по урожайности, экологической пластичности и устойчивости в контрастных природно-климатических зонах Северного Зауралья.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования служили 11 среднеспелых сортов яровой пшеницы, в том числе – 9 допущенных к использованию и 2 – перспективных. Сорта испытывались в 2013–2015 гг. в двух контрастных природно-климатических зонах Тюменской области – подтайге (II зона, Аромашевский ГСУ) и южной лесостепи (IV зона, Бердюжский ГСУ) [1]. Учетная площадь делянки в годы испы-

тания – 25 м², повторность 4-кратная, размещение сортов в опыте – рендомизированное. Предшественник в годы испытания – чистый пар.

Индексы условий среды и экологическую пластичность сортов определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [14], а реализацию потенциала урожайности и размах урожайности – соответственно по методике Э.Д. Неттевича [10] и В.А. Зыкина с соавт. [7]. Показатель экологической устойчивости сортов определяли по методике D. Levis [15] в изложении А.А. Гончаренко [2].

Результаты исследований и их обсуждение

В пунктах (ГСУ) испытания среднеспелых сортов яровой пшеницы нами отмечена сильная вариабельность условий среды. Так, в зоне подтайги (Аромашевский ГСУ) индексы условий среды характеризовались величиной от –0,55 (2014 г.) до 1,16 (2015 г.) (табл. 1).

Это отразилось на среднесортowej урожайности, которая в годы испытания на вышеотмеченном ГСУ соответственно была на уровне от 1,89 т/га (2014 г.) до 3,60 т/га (2015 г.). Как видно из представленных данных, в жестких условиях среды в зависимости от природно-климатической зоны урожайность снижается на 20–50%. Это диктует необходимость создания в процессе селекционной работы и внедрения в производство экологически устойчивых сортов, что обеспечит повышение как урожайности, так и ее стабильности в регионе.

В среднем за 2013–2015 гг. в условиях южной лесостепи сорта яровой пшеницы характеризовались более высокой урожайностью по сравнению с зоной подтайги. Вместе с тем по величине средней урожайности в опыте различия между сравниваемыми зонами не столь существенные – 2,44 т/га (подтайга) и 2,78 т/га (южная лесостепь) (табл. 2).

Таблица 1

Индексы условий среды и среднесортowej урожайность яровой пшеницы

Год	II зона – подтайга		IV зона – южная лесостепь		Отклонение и доля среднесортowej урожайности в годы с отрицательным индексом условий от урожайности в годы с положительным индексом условий			
					II зона – подтайга		IV зона – южная лесостепь	
	индекс условий среды I_j	среднесортowej урожайность, т/га	индекс условий среды I_j	среднесортowej урожайность, т/га	т/га	%	т/га	%
2013	–0,61	1,83	–0,52	2,26	1,77	50,8	1,18	65,7
2014	–0,55	1,89	0,66	3,44	1,71	52,5	–	–
2015	1,16	3,60	–0,13	2,65	–	–	0,79	77,0

По величине средней урожайности в условиях подтайги лучшими в группе допущенных к использованию были сорта Скэнт 3 и Тюменская 25 (соответственно 2,53 т/га), а в зоне южной лесостепи – Авиада (2,89 т/га). Независимо от природно-климатической зоны среди перспективных наибольшей урожайностью характеризовался сорт Тобольская (2,70 т/га – подтайга; 3,34 т/га – южная лесостепь).

Размах урожайности сортов сильный независимо от природно-климатической зоны, особенно в подтайге, что связано со значительной вариабельностью условий в годы испытания сортов в данной зоне. Наименьшие его значения в зоне

подтайги отмечены у сорта Рикс (34,2 %), а в южной лесостепи – у Лютесценс 70 (27,3 %) (табл. 2).

Важной характеристикой сорта является величина реализации потенциала его урожайности в тех или иных условиях. По данным наших исследований в условиях подтайги среднеспелые сорта яровой пшеницы характеризуются сравнительно низким уровнем реализации потенциала урожайности и по величине данного параметра уступают сортам в южной лесостепной зоне. Такие низкие его значения в зоне подтайги в первую очередь связаны с сильной вариабельностью урожайности, на что указывает величина ее размаха в данной зоне.

Таблица 2

Урожайность и адаптивность среднеспелых сортов яровой пшеницы

Сорт	Год до- пуска к ис- пользо- ванию	Урожайность, т/га				Размах уро- жайно- сти (d, %)	Реали- зация по- тенциала урожай- ности, %	Пластич- ность (коэф- фициент регрес- сии, b_i)	Показа- тель эколо- гической устойчиво- сти (SF)
		2013	2014	2015	$\bar{x}$				
II зона, подтайга (Аромашевский ГСУ)									
Лютесценс 70	1993	1,95	1,92	3,45	2,44	44,3	70,7	0,87	1,80
Чернява 13	2000	1,74	1,86	3,66	2,42	52,4	66,1	1,07	2,10
Икар	2001	1,92	1,78	3,40	2,37	47,6	69,7	0,89	1,91
Скэнт 3	2003	1,95	1,94	2,71	2,53	47,7	68,2	1,01	1,91
Авиада	2004	1,63	1,99	3,50	2,37	53,4	67,7	0,98	2,15
Омская 36	2008	1,90	2,00	3,50	2,47	45,7	70,6	0,89	1,84
Рикс	2011	1,81	1,93	2,75	2,16	34,2	78,5	0,51	1,52
Тюменская 25	2012	1,76	1,99	3,84	2,53	54,2	65,9	1,13	2,18
Тюменская 29	2013	1,67	1,59	3,99	2,42	60,2	60,6	1,35	2,51
Тобольская	–	1,88	2,04	4,19	2,70	55,1	64,4	1,28	2,23
Тюменская 33	–	1,92	1,72	3,61	2,42	52,4	67,0	1,02	2,10
НСР ₀₅		0,15	0,04	0,32					
Средняя урожай- ность в опыте, т/га					2,44				
IV зона – южная лесостепь (Бердюжский ГСУ)									
Лютесценс 70	1993	2,24	3,08	2,37	2,56	27,3	83,1	0,77	1,38
Чернява 13	2000	2,13	3,60	2,88	2,87	40,8	79,7	1,24	1,69
Икар	2001	2,08	2,94	2,90	2,64	29,2	89,8	0,67	1,41
Скэнт 3	2003	2,02	3,12	2,60	2,58	35,2	82,7	0,93	1,54
Авиада	2004	2,25	3,74	2,67	2,89	39,8	77,3	1,32	1,66
Омская 36	2008	2,16	3,19	2,55	2,63	32,3	82,4	0,90	1,48
Рикс	2011	2,40	3,73	2,38	2,84	36,2	76,1	1,25	1,57
Тюменская 25	2012	2,42	3,37	2,68	2,82	28,2	83,7	0,85	1,39
Тюменская 29	2013	2,38	3,52	2,67	2,86	32,4	81,2	1,02	1,48
Тобольская	–	2,69	4,40	2,93	3,34	38,9	75,9	1,56	1,64
Тюменская 33	–	2,10	3,18	2,50	2,59	34,0	81,4	0,94	1,51
НСР ₀₅		0,19	0,21	0,23					
Средняя урожай- ность в опыте, т/га					2,78				

В среднем за 2013–2015 гг. наибольшая величина реализации потенциала урожайности в условиях подтайги отмечена у сорта Рикс (78,5%), а в южной лесостепи – у сорта Икар (89,8%) (табл. 2). У допущенных к использованию сортов наименьшие значения данного показателя выявлены у Тюменской 29 (60,6%, подтайга) и Рикс (76,1%, южная лесостепь). Главными направлениями дальнейшего роста, как величины урожайности, так и реализации ее потенциала у сортов в условиях производства являются соблюдение технологии их возделывания, повышение уровня агротехники, а также адаптивности районированного сортимента, которая будет способствовать снижению уровня вариабельности урожайности.

В основе метода оценки экологической пластичности сортов, предложенного S.A. Eberhart, W.A. Russell [14], лежит расчет коэффициента линейной регрессии, который позволяет дать оценку степени реакции генотипа на изменение условий среды.

По данным наших исследований сильная отзывчивость на изменение условий ($b_i > 1$) в подтайге выявлена у сортов Тюменская 25, Тюменская 29 и Тобольская, а в южной лесостепи – у сортов Чернява 13, Авиада, Рикс и Тобольская (табл. 2). Данные сорта относятся к группе интенсивных, но вместе с тем они менее приспособлены к неблагоприятным условиям.

К пластичным сортам, с коэффициентом регрессии равным и близким единице, в зоне подтайги нами отнесены сорта Чернява 13, Скэнт 3, Авиада и Тюменская 33, а в зоне южной лесостепи – Скэнт 3, Омская 36, Тюменская 29 и Тюменская 33. Изменение урожайности у данных сортов полностью соответствуют изменению условий выращивания.

Слабой отзывчивостью на изменение условий ($b_i < 1$) в зоне подтайги характеризовались сорта Лютесценс 70, Икар, Омская 36 и Рикс, а в южной лесостепи – Лютесценс 70, Икар и Тюменская 25. Сорта с уровнем такой отзывчивости лучше адаптированы к средним и худшим средам, что необходимо учитывать в производственных условиях при формировании сортовой структуры посевов.

В качестве показателя экологической устойчивости сортов нами использован «фактор стабильности» (SF), предложенный D. Levis [15]. Проведенные исследования показали, все изученные сорта яровой пшеницы независимо от природно-климатической зоны характеризовались низкой эко-

логической устойчивостью ($SF > 1$) (табл. 2). Сравнительно лучшие показатели данного параметра в условиях подтайги выявлены у сортов Рикс ($SF = 1,52$) и Лютесценс 70 ($SF = 1,80$), а в южной лесостепи – у сортов Лютесценс 70 ($SF = 1,38$) и Тюменская 25 ($SF = 1,39$).

Во временной динамике допуска сортов к использованию нами отмечено незначительное повышение средней урожайности при одновременном росте ее вариабельности и снижение экологической устойчивости сортов. Полученные результаты согласуются с данными ряда авторов, где указывается на снижение экологической устойчивости сортов по мере роста их потенциала продуктивности [5, 6, 10].

Исходя из комплексной оценки по урожайности, величине реализации ее потенциала, а также параметрам адаптивности лучшим сортом в зоне подтайги признан Скэнт 3, а в южной лесостепи – Тюменская 29.

Выводы

1. Независимо от природно-климатической зоны выявлена значительная вариабельность условий среды в годы испытания сортов яровой пшеницы, а также их урожайности.

2. В среднем за годы исследования наибольшей урожайностью в зоне подтайги характеризовались сорта Скэнт 3 и Тюменская 25 (соответственно 2,55 т/га), а в южной лесостепи – Авиада (2,89 т/га).

3. Наибольшие значения величины реализации потенциала урожайности в зоне подтайги отмечены у сорта Рикс (78,5%), а в южной лесостепи – Икар (89,8%).

4. По величине коэффициента регрессии (пластичности) выделились три группы сортов: сильно отзывчивые на изменение условий (Тюменская 25, Тюменская 29, Тобольская – подтайга; Чернява 13, Авиада, Рикс, Тобольская – южная лесостепь), пластичные (Чернява 13, Скэнт 3, Авиада, Тюменская 33 – подтайга; Скэнт 3, Омская 36, Тюменская 29, Тюменская 33 – южная лесостепь) и слабо отзывчивые на изменение условий (Лютесценс 70, Икар, Омская 36, Рикс – подтайга; Лютесценс 70, Икар, Тюменская 25 – южная лесостепь).

5. Независимо от природно-климатической зоны среднеспелые сорта яровой пшеницы характеризовались низкими показателями экологической устойчивости. Сравнительно высокие значения данного параметра в условиях подтайги отмечены

у сортов Рикс (SF = 1,52) и Лютесценс 70 (SF = 1,80), а в южной лесостепи – у сортов Лютесценс 70 (SF = 1,38) и Тюменская 25 (SF = 1,39).

6. На основе комплексной оценки урожайности и параметров адаптивности лучшими сортами в зоне подтайги признан Скэнт 3, а в южной лесостепи – Тюменская 29.

Список литературы

1. Выдрин В.В. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2015 год / В.В. Выдрин, Т.К. Федорук. – Тюмень: Тюменский издательский дом, 2015. – 92 с.
2. Гончаренко А.А. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи / А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2015. – № 1–2. – С. 3–9.
3. Гончаров П.Л. Комплексность в селекции сельскохозяйственных растений // Принципы и методы селекции интенсивных сортов сельскохозяйственных растений: сб. науч. трудов. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1987. – С. 4–15.
4. Гончаров П.Л. Растениеводство начала XXI столетия // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Башкортостана: матер. 5-й Межд. науч.-практ. конф. (Абакан, 10–12 июля 2002 г.). – Новосибирск, 2002. – С. 177–181.
5. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – М.: РУДН, 2001. – Т.1. – 780 с.
6. Зыкин В.А. Селекция яровой пшеницы на адаптивность: результаты и перспективы / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.М. Россеев, С.В. Пашков // Доклады РАСХН. – 2000. – № 2. – С. 5–7.
7. Зыкин В.А. Особенности эволюции и пути селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири / В.А. Зыкин, И.А. Белан, Г.Я. Козлова, Г.П. Антипова // Доклады РАСХН. – 2001. – № 1. – С. 3–5.
8. Каретин Л.Н. Почвы южной части Тюменской области и их агрономическая оценка. – Омск, 1974. – 56 с.
9. Коробейников Н.И. Принципы и основные результаты селекции яровой мягкой пшеницы в Алтайском крае (2007-2014 гг.) // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т.29. – № 6. – С. 21–26.
10. Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. – 2001. – № 3. – С. 3–6.
11. Новохатин В.В. Биоклиматические ресурсы Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 8 (138). – С. 22–27.
12. Рутц Р.И. История развития селекционной работы и сорта сельскохозяйственных культур СибНИИСХ. – Новосибирск, 2004. – 152 с.
13. Сапега В.А. Потенциал урожайности, стрессоустойчивость и экологическая пластичность среднеранних сортов яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 2(44). – С. 6–9.
14. Eberhart S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop.Sci. – 1966. – Vol. 6. – № 1. – P. 36–40.
15. Lewis D. Gene-environmental interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. – 1954. – Vol. 8. – P. 333–356.

УДК 630*165.6

**ВЫРАЩИВАНИЕ КРУПНОМЕРНЫХ СЕЯНЦЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО
С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**¹Сиволапов А.И., ²Благодарова Т.А., ¹Кошелёв А.Ю.¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, e-mail: Aleksey-Sivolapov@yandex.ru;²ФГБУ «Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж

Показаны особенности всхожести семян, роста стволиков и развитие корневых систем сеянцев дуба черешчатого на черноземовидных супесях питомника лесопаркового участка ВНИИЛГИСбиотех. Подготовка почвы под посевы проведена на глубину 20–25 см, что дает возможность хорошему развитию корневых систем. Посев желудей выполнен осенью в середине октября 2010 г. Припосевное внесение мочевины из расчета 50 кг/га действующего вещества в первый год оказывает незначительное влияние на рост надземной части, к четвертому году различия влияния мочевины на рост сеянцев по сравнению с контролем не достоверны. Изучение корневых систем четырехлетних сеянцев показало, что длина осевого побега надземной части равна длине стержневого корня. Коэффициент корреляции высоты стволика и длины стержневого корня равен 0,71–0,95. Наибольшая высота стволиков 4-летних сеянцев достигает 72 см, длина стержневого корня около 70 см.

Ключевые слова: крупномерные сеянцы, дуб черешчатый, минеральные удобрения, рост, всхожесть, сохранность, корневые системы

**CULTIVATION OF LARGE-SIZED SEEDLINGS OF ENGLISH OAK USING
OF MINERAL FERTILIZERS**¹Sivolapov A.I., ²Blagodarova T.A., ¹Koshelev A.Yu.¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
e-mail: Aleksey-Sivolapov@yandex.ru;²All-Russian Research Institute of Forest, Generics, Breeding and Biotechnology, Voronezh

Features of viability of seeds, growth of stipitates and development of root systems of seedlings of English oak black soil sandy loams of nursery of forest-park site of All-Russian Research Institute of Forest, Generics, Breeding and Biotechnology are shown. Preparation of the soil under crops is carried out on depth of 20–25 cm that gives the chance for good development of root systems. Crops of acorns are made in the fall in the middle of October, 2010. Starter treatment of urea at the rate of 50 kg/hectare of active ingredient in the first year gives insignificant impact on growth of elevated part, by four years distinctions of influence of urea on growth of seedlings in comparison with control aren't reliable. Studying of root systems of four-year seedlings has shown that length of axial escape of elevated part is equal to length of a rod root. The coefficient of correlation of height of a stipitate and length of a rod root is equal to 0,71–0,95. The greatest height of stipitate of 4-year seedlings reaches 72 cm, length of a rod root is about 70 cm.

Keywords: large-sized seedlings, oak english, mineral fertilizers, growth, sprout, safety, root systems

В Центральной лесостепи России главной лесообразующей породой является дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), занимающий более 49% лесопокрытой площади. Дуб является не только гордостью лесного хозяйства России, но и служит источником исключительно ценной древесины. В условиях расчлененного рельефа лесостепи и степи дубравы выполняют важные водоохраные и водорегулирующие функции, приостанавливают водную и ветровую эрозию, сохраняют ценные земли, способствуют получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. В последние годы возрастает их рекреационная и эстетическая роль. Многогранность функций дубрав требует комплексного, научно обоснованного подхода к их использованию и воспроизводству. Особые труд-

ности представляет создание культур дуба в поймах рек. Для этого лесоводы разрабатывают технологии выращивания крупномерного посадочного материала дуба и создания лесных культур в поймах рек.

В настоящее время развитие сети лесных питомников и ускоренное получение в них высококачественного посадочного материала — одна из важных задач лесного хозяйства. Однако в ряде регионов России в действующих питомниках не всегда удается обеспечить выход с единицы площади качественных сеянцев и саженцев. Поэтому в последние годы особое внимание ученых и производственников обращено на совершенствование агротехники их выращивания с применением минеральных удобрений.

Минеральные удобрения не нашли широкого применения в лесном хозяйстве

России. В основном они используются при плантационном лесоразведении и в посевных отделениях питомников. В то время как в зарубежных странах – США, Германии, Австрии – доказана эффективность их использования [8].

Ценность предложенного агроприема (внесение удобрений) состоит в том, что с помощью специально подобранных доз, в нашем опыте мочевины, можно обосновать их применение, в определенных дозах в предпосевной обработке семян для повышения выхода и качества посадочного материала хозяйственно – ценной древесной породы (дуба черешчатого) [1, 5, 7].

Большую роль в питании растений играют корневые системы, следует отметить, что химические элементы поглощаются корневыми системами и накапливаются в растениях, обеспечивая их питание. Однако корневая система является сложным расчлененным органом, выполняющим ряд функций, в ряд которых входит и функция поглощения веществ. Несмотря на сложное строение в корневой системе, можно без труда выделить часть ее с тонкими, покрытыми корневыми волосками конечными разветвлениями и значительно большую по массе часть корневой системы, представленную более толстыми кутинизированными корнями с явно физиологическими функциями.

Ряд авторов при исследованиях изучают корневые системы в разных слоях почвы и судят об активности корневых систем по их функциональным признакам. Проведенные опыты позволяют судить об очень значительном усвоении питательных веществ частями корневой системы, расположенными в глубоких слоях почвы. Эти данные подтверждаются в опытах с очень глубокой заделкой удобрений (на глубину 50 см), возможно считать, что у растений с возрастом происходит смещение в глубину зоны наибольшего поглощения корневой системы, то есть вопрос о «физиологическом центре тяжести» корневой системы. Очевидно, что части корневой системы большого веса меньше всего участвуют в процессе поглощения веществ из почвы. Представление о локализации зоны интенсивного поглощения веществ вблизи меристематического кончика корня является абсолютно правильным и убедительным. На участках корня, удаленных от кончика корня, даже при отсутствии трудно проходимой экзодермы, поглощение растворенных веществ прекращается. Через стареющие части корня, отмечал еще Д.А. Сабинин [2], будет

проходить вода, а вместе с ней и растворенные вещества, но активное накопление веществ в этих частях прекращается. Это говорит о различиях между поглощением воды и растворенных веществ корнями.

Целью нашей работы явились исследования роста надземной части и корневых систем крупномерных сеянцев дуба при выращивании в питомнике.

Материалы и методы исследований

Опытные посевы желудей дуба (четыре варианта) проведены на питомнике лесопаркового участка ВНИИЛГИСбиотех в трех повторностях каждого варианта. Крупные желуди по 6 г и мелкие по 3 г отдельно высевали по вариантам и соответственно контролю. На один погонный метр высевали 25 шт. желудей. В качестве припосевного удобрения была взята аммиачная селитра NO_3 (N – 34...35% д.в.). Контроль – без обработки. Проведены дендрометрические исследования всхожести семян, роста надземной части и корневых систем. Данные, полученные в результате замеров, обработаны методами математической статистики с определением средних показателей, ошибки средних и достоверности выявленных различий по критерию Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение

В 2010 г. в Воронеже наблюдался хороший урожай желудей дуба черешчатого ранней фенологической формы. На территории опытной станции Воронежского агроуниверситета произрастают 80–90-летние деревья дуба, от лучших из них собраны желуди, часть из которых использована для опытных посевов с применением удобрений. Изучено совместное влияние двух агротехнических приемов (массы желудей и удобрений) на рост (высота, диаметр, длина стержневого корня). Результаты измерения линейных показателей у опытных и контрольных сеянцев приведены в таблице. Было изучено влияние азотных удобрений (мочевины) на рост сеянцев дуба черешчатого, внесенных перед посевом семян, в условиях свежих супесчаных почв питомника лесопаркового участка ВНИИЛГИСбиотех с оптимальным поливом.

Согласно нашим исследованиям почвы питомника характеризуются низкой обеспеченностью основными химическими элементами, поэтому для предпосевного удобрения принята однократная доза для аммиачной селитры – 50 кг/га д.в.

В работе рассматривается влияние внесения припосевного удобрения мочевины на рост и развитие стволика и корневых систем. Нами изучены особенности роста корней дуба черешчатого по длине

на супесчаных черноземовидных почвах лесного питомника в возрасте 4 лет. В литературе нет сведений о размерах корневых систем 4-летних сеянцев дуба, хотя при механизированной выкопке крупномерных сеянцев важно иметь знания о морфологии корней, их дендрометрических показателях в этом возрасте.

Азотное удобрение незначительно влияет на рост сеянцев дуба черешчатого в изучаемых почвенных условиях. Важным показателем характеристики качества сеянцев являются корневые системы [1, 3, 4, 5]. Внесение удобрений мало влияет на рост центрального корня в данных условиях. И хотя глубина залегания корневой системы в опытных вариантах чуть больше

контроля, различия эти во многих случаях незначительны.

Наличие стержневого корня присуще всем древесным породам, однако интенсивность и продолжительность его развития, обусловленные генетическими особенностями, у отдельных пород могут существенно отличаться. Например, в благоприятных условиях на обыкновенных черноземах с относительно достаточным увлажнением глубина проникновения стержневого корня у дуба черешчатого к 40-летнему возрасту может достигать 6–8 м [3].

Наши исследования показали, что в возрасте 4 лет длина стержневого корня примерно равна высоте надземной части (рис. 1, 2, 3).

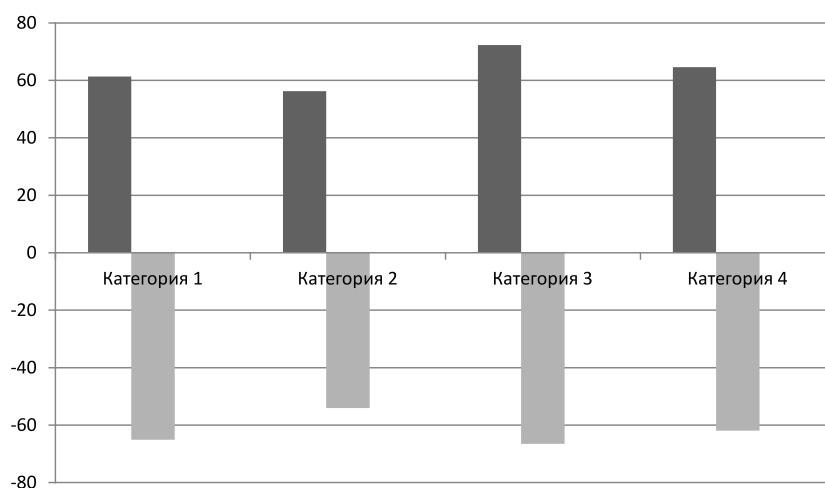


Рис. 1. Обработанные удобрениями. Категория 1, 3 – надземная часть и корневые системы крупных желудей; категория 2, 4 – надземная часть и корневые системы мелких желудей

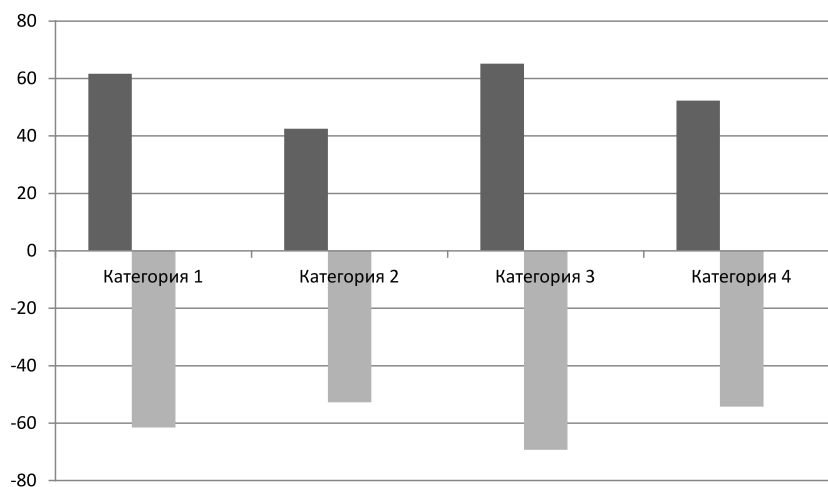


Рис. 2. Контроль без обработки. Категория 1, 3 надземная часть и корневые системы крупных желудей; категория 2, 4 надземная часть и корневые системы мелких желудей



Рис. 3. Общий вид 4-летних сеянцев дуба черешчатого. Слева четыре сеянца с прикорневым внесением мочевины, справа четыре – без внесения мочевины

Получены данные размеров надземной части, длины корней, диаметра у корневой шейки. Дендрометрические исследования показали, что средние показатели надземной части и длины стержневого корня были одинаковы и составили 61,0 см, средний диаметр корневой шейки составил 0,73 см, а длина надземной части 61,4 см.

Сравнение биометрических показателей, проведенное по 3 повторностям, показало, что наблюдаемые различия между дисперсиями выборок не достоверны на 5 % уровне доверия, что позволяет сделать

заключение о том, что внесение мочевины в почву при посеве желудей в данных почвенных условиях не оказывает существенного влияния на высоту стволиков, толщину, длину корня 4-летних сеянцев дуба в сравнении с контролем. Коэффициент корреляции длины стволика и длины стержневого корня в данных условиях выращивания колеблется от 0,71–0,95 (таблица).

В четырехлетнем возрасте длина стержневого корня почти равна высоте стволика или незначительно длиннее (коэффициент корреляции достигает 0,9).

Биометрические показатели роста 4-летних сеянцев дуба черешчатого

Номер ряда, повторность	Средняя высота стволика, см	Средняя длина стержневого корня, см	Средний диаметр корневой шейки, см	Коэффициент корреляции между высотой стволика и длиной стержневого корня
С внесением мочевины при посеве				
1 крупные	61,3 ± 5,71	65,1 ± 4,54	0,84 ± 0,069	0,82
2 мелкие	56,2 ± 7,73	54,1 ± 6,78	0,84 ± 0,011	0,95
3 крупные	72,3 ± 10,91	66,5 ± 5,80	0,89 ± 0,140	0,93
4 мелкие	64,6 ± 6,31	61,9 ± 4,44	0,67 ± 0,040	0,81
Контроль				
5 крупные	61,7 ± 7,54	61,5 ± 3,83	0,66 ± 0,070	0,73
6 мелкие	42,5 ± 8,11	52,7 ± 6,73	0,46 ± 0,061	0,89
7 крупные	65,2 ± 5,13	69,3 ± 4,53	0,71 ± 0,062	0,83
8 мелкие	52,3 ± 5,81	54,2 ± 6,78	0,66 ± 0,081	0,71

Рост в высоту сеянцев дуба черешчатого в возрасте четырех лет, выращенных из крупных семян, с припосевной обработкой мочевиной превышает по высоте сеянцы из мелких семян на 6,4 см; без обработки мочевиной – на 16 см. Но различия не достоверны. Внесение удобрений, видимо, влияет на рост сеянцев в высоту, и различия осевого побега мелких и крупных семян на 10 см меньше, чем у мелких и крупных семян без обработки мочевиной.

Рост корневой системы в значительной степени определяется условиями питания. Отношение длины надземной части к длине корней не постоянно и изменяется в зависимости от условий питания. С внесением удобрения отношение увеличивается, т.е. увеличение надземной части идет быстрее, чем корневых систем, поэтому отношение в опытном варианте составляет 0,28 по сравнению с 0,22 в контроле. При этом надо отметить увеличение длины корневой системы, которая способна осваивать питательные вещества почвы из более глубоких слоев почвы.

Сеянцы-однолетки на легких песчаных почвах в первый год достигали стандартных размеров, имели глубокую корневую систему [4].

Закключение

1. Проведенные исследования влияния припосевного удобрения при выращивании сеянцев дуба черешчатого на супесчаных черноземовидных почвах позволяют отметить, что внесение азотных удобрений в дозе 50 кг/га действующего вещества в сочетании с высокой агротехникой выращивания незначительно влияет на всхожесть

и рост сеянцев. Различия высоты сеянцев в опыте и контроле не достоверны.

2. Изучение роста в высоту сеянцев дуба черешчатого в возрасте четырех лет показывает, что сеянцы, выращенные из крупных семян, с припосевной обработкой мочевиной превышают по высоте сеянцы из мелких семян на 6,4 см; без обработки мочевиной – на 16 см. Но различия не достоверны.

3. Исследования роста и развития корневых систем 4-летних сеянцев дуба показали, что длина стержневого корня имеет высокий коэффициент корреляции с высотой осевого побега надземной части сеянца (0,71–0,95). Результаты данных исследований важны для настройки выкопчной скобы при механизированной выкопке крупных сеянцев дуба.

Список литературы

1. Абу-Газия Х.А. Применение минеральных удобрений при выращивании дуба черешчатого и сосны обыкновенной в питомнике Уч.-оп. лесхоза ВЛТИ / Х.А. Абу-Газия, Т.С. Смогунова. Деп. ЦБНТИлесхоз, 303ЛХ-1984 – 11 с.
2. Гузь Н.М. Корневые системы деревьев пород Правобережной лесостепи Украины. – Киев: ВК «Ясмина», 1996. – 145 с.
3. Калинин, М.И. Корневедение. – М.: Экология, 1991. – 173 с.
4. Наставление по системам применения удобрений в лесном хозяйстве на Европейской территории СССР. Госкомитет СССР по лесу. Утвержден 25.09.1991 г.; <http://docs.cntd.ru/document/9014009ю>
5. ОСТ 56-98-93. Сеянцы и саженцы древесных и кустарниковых пород: Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 40 с.
6. Родин, А. Р. Лесные культуры: учеб. / А.Р. Родин, С.А. Калашникова. – М.: МГУЛ, 2011. – 311 с.
7. Сабинин, Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений. – М: Наука, 1971. – 512 с.
8. Pregitzer, K.S. The structure and function of Populus root systems // Stettler R.F. и др. Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation / K.S. Pregitzer, A.L. Friend. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, 1996. – P. 331–354.

УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КУЛЬТУРАХ

Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А.

ФГБУН «Институт леса» Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, e-mail: alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru, haritonov@krc.karelia.ru

Исследовано влияние периодического внесения (через 4–6 лет) азотного и полного удобрений на рост и качество древесины 53-летних культур сосны обыкновенной на паловых вырубках с песчаными почвами. С лесоводственной точки зрения для восстановления деградированных в результате палов сосновых местообитаний более эффективно использование полного удобрения. Спустя три десятилетия после окончания его внесения рост сосны по диаметру на 25, а по высоте на 20% превосходил контроль. Объем среднего дерева при подкормках азотным удобрением не имел существенных различий с контролем, а при применении полного был выше его в 1,8 раза. Последствие при внесении одного азотного удобрения прослеживалось на протяжении 5, а полного – 6 лет. Количество слоев в 1 см древесины составляло 8–10 шт., процент поздних зон – 28–29%, а плотность – 432–446 кг/м³. При использовании полного удобрения в период его внесения отмечено достоверное снижение плотности древесины на 6,5%. В дальнейшем данный показатель приблизился к уровню контрольных значений. В целом качество сформированной древесины не уступало древесине сосняков естественного происхождения таежной зоны России.

Ключевые слова: лесные пожары, культуры сосны, минеральные удобрения, радиальный прирост, поздняя древесина, базисная плотность

EFFECT OF REGULARLY REPEATED APPLICATIONS OF NITROUS FERTILIZERS ON TIMBER QUALITY IN SCOTS PINE CROPS

Sokolov A.I., Pekkoiev A.N., Kharitonov V.A.

Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the RAS, Petrozavodsk, e-mail: alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru, haritonov@krc.karelia.ru

The effect of repeated applications (every 4–6 years) of nitrous and complete fertilizers on the growth and timber quality of 53-year-old pine crops in burnt clearcuts with sandy soils was investigated. From a silvicultural point of view, application of a complete fertilizer is more effective for restoration of pine habitats affected by burning. Three decades after the last treatment, pine growth in the plots exceeded that of the control by 25% in terms of diameter and by 20% in terms of height. Average tree volume in treatments with nitrous fertilizer showed no significant difference from the control, whereas in treatments with complete fertilizer it increased 1.8-fold. The after-effect of treatment with nitrous fertilizer alone was observed for 5 years, and for 6 years in the case of complete fertilizer. The number of layers per 1 cm of timber was 8–10, the percentage of latewood was 28–29%, and the density was 432–446 kg/m³. During the period of application of complete fertilizer timber density reliably decreased by 6.5%. Later on, this parameter nearly recovered to the control values. Generally speaking, the final timber quality matched that of natural pine stands of the Russian boreal zone.

Keywords: forest fires, pine crops, mineral fertilizers, radial increment, latewood, wood density

В связи с участвовавшими в последние десятилетия на территории России лесными пожарами весьма актуальной является проблема восстановления нарушенных после воздействия огня лесных экосистем. Особенно сильно от неоднократных или интенсивных пожаров страдают сосняки, произрастающие на песчаных почвах, из-за сгорания лесной подстилки, резкого ухудшения гидрологического режима и значительного снижения почвенного плодородия вследствие прогорания лесной подстилки [15, 24]. Одним из возможных путей решения проблемы является применение минеральных удобрений. Благодаря дополнительному питанию, улучшается рост растений, повышается сохранность лесных культур, значительно сокращаются сроки восстановления коренного типа леса [26]. Однако есть сведения, что в сосновых дре-

востях удобрения не всегда положительно влияют на качественные показатели формируемой древесины. Это вызвано изменением анатомического строения трахеид сосны [11, 22] и уменьшением процента поздних зон [1, 5, 10], что непосредственно сказывается на плотности древесины и ее физико-механических свойствах [17, 19, 27]. Степень влияния дополнительного минерального питания на качество древесины сосны зависит от возраста насаждений, условий местопроизрастания, длительности использования, видов и доз применяемых удобрений. Влияние удобрений на качество древесины сосны в культурфитоценозах в условиях таежной зоны изучали Г.А. Чибисов, С.А. Москалева [25], В.И. Мелехов, Н.А. Бабич, С.А. Корчагов [16], А.М. Антонов [1], С.А. Корчагов, В.И. Мелехов [12], А.Н. Пеккоев [18] и др. В большинстве

публикаций приводятся данные о влиянии удобрений на радиальный рост сосны и качество древесины в период их внесения и ближайшие годы после окончания подкормок [5, 22, 23, 26 и др.]. В то же время работы по изучению длительного последствия удобрений на качество древесины крайне малочисленны, выполнены в разных лесорастительных условиях, поэтому не всегда сопоставимы.

Цель данной работы – исследовать последствия длительного периодического применения азотных удобрений на формирование годичного кольца и качество древесины в посевах сосны на деградированных в результате пожара песчаных почвах.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили культуры сосны, созданные посевом в 1962 г. на вересково-пальной вырубке. К моменту исследования культуры достигли возраста 53 года. Почва на участке – поверхностно-подзолистая песчаная на озерно-ледниковых песчаных отложениях. Она характеризуется низкой влагообеспеченностью, крайне бедна доступными элементами питания, особенно азотом и калием, поэтому внесение удобрений здесь является необходимым мероприятием для ускорения роста сосны [15]. Подкормки сосны минеральными удобрениями проводились 4 раза (в возрасте 9, 14, 18 и 24 года). Общая продолжительность внесения удобрений составила 15 лет. Использовали мочевины (N), суперфосфат гранулированный (P) и хлористый калий (K), которые вносились вручную в весенний период. Схема опыта: контроль (без удобрений), N, NPK. Дозы удобрений: в 1970 – N и K по 60 кг/га, P – 120, в 1975, 1979, 1985 все удобрения по 120 кг/га по д.в. [26].

Исследования культур вели в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами [2, 16, 20]. На каждой пробной площади проводили сплошной перебор деревьев. Затем методом пропорционального представительства отбирали по 20–24 учетных дерева, у которых буравом Пресслера на высоте 1,3 м брали керны для анализа радиального прироста. Измерение ширины ранней и поздней зон годичных слоев по кернам проводили в лабораторных условиях на приборе Э. Шпалте с точностью 0,01 мм, в дальнейшем

осуществляли расчет процента поздней древесины по ГОСТ 16483.18-72 [7]. Базисную плотность определяли способом измерения выталкивающей силы по методике О.И. Полубояринова [19] в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.6-84 [6] на тех же образцах, которые использовались для измерения радиального прироста. Плотности древесины исследовали по 10-летним периодам, что позволило проследить изменение данного показателя с возрастом. Достоверность различий оценивалась с вероятностью 95 %.

Результаты исследования и их обсуждение

По прошествии трех десятилетий после прекращения внесения одного азотного удобрения средний диаметр и объем среднего дерева отличались от данных показателей на контроле несущественно (табл. 1). Более эффективным оказались подкормки полным удобрением, где к 53-летнему возрасту культуры превосходили контроль по среднему диаметру и высоте соответственно на 25 и 20%, а по объему среднего дерева в 1,8 раза. При этом бонитет древостоя повысился на 0,8 класса. Различия в густоте стояния между вариантами обусловлены изреживанием посевов сосны в первые годы в результате поражения грибными болезнями и вредителями [14].

Дополнительное минеральное питание ускорило рост сосны по диаметру (рис. 1). Наибольшую отзывчивость на удобрения сосна проявила в возрасте 20–22 лет. По данным О.И. Гавриловой, И.Т. Кищенко [4], это связано с тем, что в первые два десятилетия камбий у сосны гораздо дольше и более заметно реагирует на подкормки, чем в более старшем возрасте. К моменту прекращения подкормок различия с контролем по среднему диаметру варианта с полным удобрением составили 46%, с одним азотным – 11%. В период последствия удобрений существенных различий в темпах роста по диаметру между вариантами не наблюдалось.

Таблица 1

Таксационная характеристика 53-летних культур сосны

Показатели	Контроль	N	NPK
Густота стояния, тыс. шт./га	3,16	3,42	2,66
Средний диаметр, см	8,3 ± 0,18	8,7 ± 0,11	10,4 ± 0,14
Средняя высота, м	10,5	10,5	12,6
Полнота: абсолютная, м ²	19,6	22,9	25,1
относительная	0,87	1,02	1,00
Запас древостоя, м ³ /га	113	133	167
Объем среднего дерева, м ³	0,036	0,039	0,063
Класс бонитета	IV, 4	IV, 4	III, 6

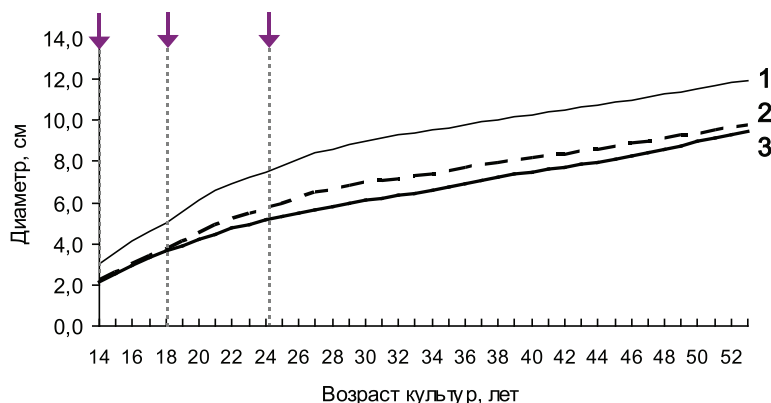


Рис. 1. Ход роста 53-летних культур сосны по диаметру:
1 – NPK; 2 – N; 3 – контроль

К 53-летнему возрасту средняя ширина годичного слоя в удобренных вариантах составляла $1,0 \pm 0,09$ (N) – $1,2 \pm 0,13$ мм (NPK), и существенно не отличалась от контроля. Однако в период подкормок при использовании полного удобрения наблюдалось увеличение средней ширины годичного слоя на 49%, а одного азотного – только на 17% (рис. 2). Достоверное увеличение радиального прироста после внесения азотного удобрения сохранялось на протяжении 5 лет, а полного удобрения – 6 лет. За период эффективного действия удобрений, когда радиальный прирост достоверно превышал контрольные значения, средняя ширина годичного слоя в вариантах с внесением N и NPK была выше на 23 и 54%. В последующем здесь наблюдалось уменьшение радиального прироста ниже контрольных значений на 13–14%. Большинство исследователей считают, что на песчаных почвах продолжительность действия внесенных азотных удобрений составляет 5–7 лет [4, 9], но последствие их за счет биологического круговорота веществ может проявляться значительно дольше [3].

В результате действия минеральных удобрений содержание поздней древесины уменьшилось на 9–13%, однако плотность древесины при применении азотного удобрения была близка к контрольным значениям, а при внесении полного – уменьшилась на 2,5%, но различия с контролем несущественны (табл. 2).

В период подкормок (до 24-летнего возраста) при внесении полного удобрения, вследствие формирования более широких годичных слоев, плотность древесины сосны снизилась на 6,5% (табл. 3), но затем приблизилась к уровню контроля. Однако за весь период наблюдений плотность древесины здесь находилась в пределах величины, характерной для древостоев естественного происхождения европейской части России, где она составляет от 405 до 436 кг/м³ [19]. Вариант с азотными удобрениями по этому показателю существенно не отличался от контроля. Древесина культур сосны, выращенных без применения удобрений в брусничном типе леса, регионов, граничащих с Карелией, также имела схожие значения плотности: в Архангельской области – 491 [16], в Вологодской – 445–480 кг/м³ [8, 13].

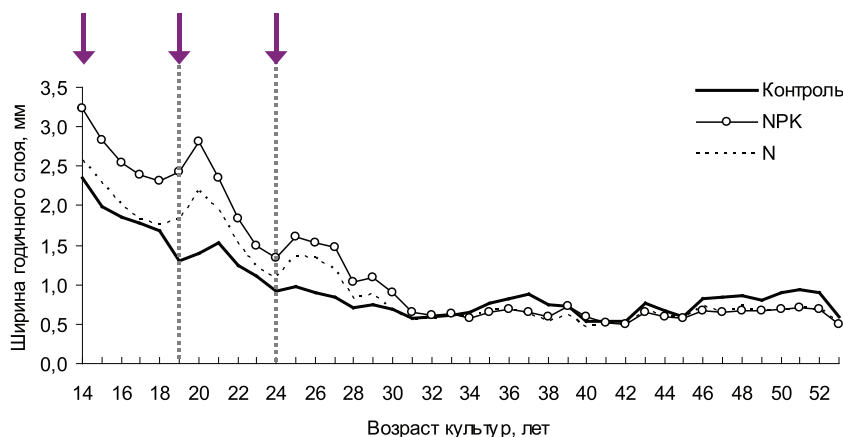


Рис. 2. Динамика ширины годичного слоя при периодическом внесении азотных удобрений

Таблица 2

Качество древесины 53-летних культур сосны

Вариант опыта	Среднее количество слоев в 1 см древесины	Средняя ширина годичного слоя, мм	t^*	Доля поздней древесины, %	t^*	Базисная плотность древесины, кг/м ³	t^*
Контроль	10,0	1,0 ± 0,07	—	32 ± 0,9	—	443 ± 4	—
NPK	8,8	1,2 ± 0,13	1,54	29 ± 0,9	2,56	432 ± 4	1,94
N	10,0	1,0 ± 0,09	0,43	28 ± 0,7	4,12	446 ± 4	0,53

Примечание. * $t_{st} = 1,99$.

Таблица 3

Динамика базисной плотности древесины при периодическом внесении удобрений

Вариант опыта	Базисная плотность (кг/м ³) в возрасте, лет				
	14–23	24–33	34–43	44–53	за весь период (14–53 года)
Контроль	400 ± 5	428 ± 7	451 ± 6	489 ± 6	443 ± 4
NPK	374 ± 5*	426 ± 6	449 ± 6	465 ± 6*	432 ± 4
N	392 ± 10	437 ± 5	456 ± 6	479 ± 5	446 ± 4

Примечание: * – различия достоверны с контролем (при $t_{st} = 2,00$).

Заключение

После сильных или неоднократных павов резко ухудшается гидротермический режим песчаных почв на гарях, происходят значительные потери органического вещества, а также азота и калия. В результате восстановление сосняков растягивается на длительный период, значительно снижается продуктивность древостоев [21]. В этих условиях применение удобрений позволяет повысить сохранность и рост культур [26], но при этом важно обеспечить получение качественной древесины.

С лесоводственной точки зрения в культурах сосны на гарях более эффективно применение полного удобрения, по сравнению с одним азотом. При 4-кратном внесении полного удобрения средний диаметр сосны увеличился на 25%, запас древостоя на 48%, а объем среднего дерева в 1,8 раза. Под влиянием удобрений отмечалось снижение доли поздней древесины (на 9–13%), однако различия с контролем по базисной плотности были незначительными. В целом она находилась в пределах соответствующих средним значениям сосняков естественного происхождения, произрастающих в Европейской части России.

С учетом хода роста культур сосны для ускорения процессов формирования сосновых молодняков на гарях можно рекомендовать внесение полного удобрения в течение первых 15–20 лет с 5-летним интервалом (3–4 приема). В дальнейшем

формирование древостоев должно вестись с помощью рубок ухода, с обеспечением в их составе участия березы.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН № 0220-2014-0002.

Список литературы

1. Антонов А.М. Изменчивость макроструктуры древесины сосны в культурах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 17 с.
2. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесная промышленность. – 1982. – 552 с.
3. Бузыкин А.И., Дашковская И.С., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Реакция сосны на изменение азотного питания // Экологические проблемы Севера: Межвуз. сб. науч. тр. – Архангельск: АГТУ, 2003. – Вып. 6. – С. 91–97.
4. Гаврилова О.И., Кищенко И.Т. Влияние минеральных удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии // Лесн. журн. – 2003. – № 6. – С. 7–15. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Гелес И.С., Шубин В.И., Коржицкая З.А. Влияние удобрений на рост и свойства древесины // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюзного совещания (12–13 августа 1986 г.) – Архангельск: Правда Севера, 1986. – С. 94–95.
6. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
7. ГОСТ 16483.18-72. Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 4 с.
8. Грибов С.Е. Влияние природных и антропогенных факторов на качество древесины хвойных пород в культурах средней и южной тайги (на примере Вологодской области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – СПб.: ИЦ ВГМХА, 2007. – 19 с.
9. Казимиров В.Н., Горбунова Т.Н. Лесоводственная эффективность применения азотных удобрений // Структура и производительность сосновых лесов на Европейском Севере. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1981. – С. 29–48.

10. Кищенко И.Т. Формирование годичного слоя стволовой древесины сосны в Южной Карелии в связи с удобрением // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. VII симпозиума. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1976. – С. 72–74.
11. Козлов В.А., Кистерная М.В., Аксененкова Я.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной: долговременные прогнозы // Лесоводственно-экологические аспекты лесохозяйственных мероприятий в условиях Карелии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. – С. 86–100.
12. Корчагов С.А., Мелехов В.И. Влияние удобрений и комплексных уходов на формирование древесины сосны в лесных культурах // Известия ТСХА. – 2009. – Вып. 2. – С. 64–67.
13. Корчагов С.А., Грибов С.Е., Щекалев Р.В. Влияние условий местопроизрастания на качество древесины сосны в культурах // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. Вып. 15. – Брянск: БГИТА, 2006. – С. 93–95.
14. Крутов В.И., Волкова И.П., Кивиниemi С.Н., Тимофеев А.Ф. Влияние удобрений на сохранность культур сосны и распространение грибных болезней и энтомофитов // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. – Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. – С. 93–113.
15. Куликова В.К. Изменение агрохимических свойств почв при внесении минеральных удобрений // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. – Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. – С. 24–41.
16. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качество древесины сосны в культурах. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. – 110 с.
17. Мухамедшин К.Д., Солдатчиков В.И., Алексеев В.А. Влияние минеральных удобрений на распределение элементов надземной фитомассы сосны // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюзного совещания (12–13 августа 1986 г.) – Архангельск: Правда Севера, 1986. – С. 16–17.
18. Пеккоев А.Н. Ускоренное выращивание культур сосны обыкновенной в среднетаежной подзоне Карелии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – СПб., 2010. – 20 с.
19. Полубояринов О.И. Плотность древесины. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
20. Поляков А.Н. Практикум по лесной таксации и лесоустройству: учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. – 240 с.
21. Ронконен Н.И. Введение почвоулучшающих растений в культуры сосны на вырубках // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. – Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. – С. 78–87.
22. Степаненко И.И. Влияние удобрений на анатомическое строение древесины сосны в разных типах леса // Лесн. журн. – 2000. – № 4. – С. 126–134. (Изв. высш. учеб. заведений).
23. Степаненко И.И. Влияние удобрений сосняков брусничных на динамику радиального прироста сосны // Лесохоз. информ. – 2008. – № 5. – С. 3–10.
24. Фуряев В.В., Злобина Л.П. Глобальные изменения экологических функций бореальных лесов Евразии вследствие нарушения их пожарами // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 6. – С. 661–665.
25. Чибисов Г.А., Москалева С.А. Влияние комплексных уходов на анатомические свойства древесины сосны // Лесоводственно-экономические вопросы воспроизводства лесных ресурсов Европейского Севера: сб. науч. тр. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2000. – С. 74–82.
26. Шубин В.И., Гелес И.С., Крутов В.И., Морозова Р.М., Соколов А.И. Повышение производительности культур сосны и ели на вырубках. – Петрозаводск: Карельский НЦ СССР, 1991. – 176 с.
27. Mäkinen H., Hynynen J. Wood density and tracheid properties of Scots pine: responses to repeated fertilization and timing of the first commercial thinning // Forestry. – 2014. – Vol. 87(3). – P. 437–447.

УДК 631.811

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ В АДАПТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**Сутягин В.П., Тюлин В.А.***Тверская государственная сельскохозяйственная академия,
Тверь, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru*

Почва является сложной биосистемой, которая состоит из подсистем более низкого порядка. Поэтому внесение минеральных удобрений оказывает многостороннее действие на почву как на биологический объект и как на физическое тело. Применение удобрений остается одним из важнейших приемов адаптивного земледелия. В Тверской ГСХА на основании регрессионного анализа установили, что действие удобрений зависит от метеорологических условий года, от содержания в почве энергии органических субстратов, гумуса, доступных соединений фосфора и калия. Установлено, что многолетние травы и озимая рожь более чувствительны к показателям плодородия почвы, чем ячмень и картофель. Ячмень в большей степени реагирует на температуру воздуха, чем на осадки и приход ФАР в апреле, мае, июне и июле месяце. Под бобово-злаковым травостоем органическое вещество сохранилось в вариантах, где № 60 вносили во второй половине лета. В почве под злаковыми травосмесями при полном минеральном удобрении отмечена тенденция подкисления почвенного раствора. Под злаковыми травостоями весной аммонийной формы азота в почве меньше при обильном минеральном питании, особенно в первый год пользования. Нитратной формы отмечено больше в варианте без удобрений. В целом содержание форм минерального азота в почве максимальное при повышенной дозе минеральных удобрений.

Ключевые слова: минеральные удобрения, почва, азот, элементы питания, плодородие почвы, гумус, фосфор, калий, севооборот, модели плодородия почвы

MINERAL NUTRITION IN ADAPTIVE AGRICULTURE**Sutyagin V.P., Tyulin V.A.***Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru*

Soil is biosystem complex, which consists of the subsystems of lower order. Therefore, application of mineral fertilizers has a multifaceted effect on the soil as a bio-logical entity and how the physical body. The use of fertilizers is one of the most important methods of Shih-adaptive agriculture. In the Tver State Agricultural Academy based on regression analysis of the mouth-novili that the effect of fertilizer depends on the meteorological conditions of the year, the content of soil organic substrates energy, humus, available phosphorus and potassium compounds. It was found that the perennial grasses and winter rye are most sensitive to soil fertility indicators than barley and potatoes. Barley is more responsive to the air temperature than precipitation and arrival of FAS in April, May, June and July. Under the legume-grass herbage organic substances ve preserved in embodiments where the N60 was added in the second half of the summer. The soil under cereals Vym-grass mixtures with a complete fertilizer showed a trend of soil acidification-strength solution. By cereal herbage spring ammonium forms of nitrogen in the soil is less with abundant mineral nutrition, especially in the first year of use. While noting the nitrate form but more in the variant without fertilizers. In general, the content forms of mineral nitrogen in the soil maxi mum at the elevated dose of fertilizers.

Keywords: mineral fertilizers, soil, nitrogen, elements of nutrition, soil fertility, gu-mus, phosphorus, potassium, crop rotation, soil fertility model

Почва является важным звеном биосферы. Она подвергается сложному комплексному воздействию вносимых удобрений, которые могут оказывать на нее следующее влияние: вызывать подкисление или защелачивание среды, улучшать или ухудшать агрохимические и физические свойства, способствовать обмену поглощению ионов или вытеснять их в почвенный раствор; способствовать или препятствовать химическому поглощению катионов (биогенных и токсических элементов); способствовать минерализации или синтезу гумуса; усиливать или ослаблять действие других питательных элементов почвы или удобрений; мобилизовать или иммобилизовать питательные элементы почвы; вызывать антагонизм или синергизм питательных элементов и, следовательно, существенно влиять на их поглощение и метаболизм в растениях [4].

Применение удобрений остается одним из важнейших приемов повышения продуктивности кормовых угодий. Минеральные удобрения не должны ухудшать агрохимические показатели почвы. Однако в результате длительного применения минеральных удобрений увеличивается гидролитическая кислотность почвы, уменьшается сумма поглощенных оснований и степень насыщенности поглощающего комплекса почвы, снижается содержание обменного кальция и магния, возрастает количество подвижного алюминия.

Модели плодородия почвы, предложенные рядом учёных [2, 3], ценны в теоретическом понимании влияния свойств почв на урожайность полевых культур. В наших исследованиях прослеживается чёткое влияние погодных условий не только на рост и развитие растений, но и на показатели плодородия почвы, биохимический состав

растений. Поэтому без учёта климатических факторов и данных о поступлении энергетического материала в почву модель плодородия почвы не будет корректна при переносе её в другой регион с другими климатическими параметрами.

Влажные годы в Нечерноземной зоне могут вызвать обеднение почв вследствие чрезмерного вымывания питательных веществ. Азот вымывается в основном в виде нитратов. Нитраты теряются при первом отрастании растений весной (май) и осенью (сентябрь-октябрь). Следовательно, азот вымывается на злаковых травостоях в незначительных количествах даже при внесении повышенных норм азотных удобрений. Что касается калия, то на дерново-подзолистой почве он теряется в основном в осеннее время, если предшествующий вегетационный период отличался недостаточной влажностью, и летом, если оно было избыточно влажным. Тем не менее общие потери калия незначительны [5]. В условиях избыточного увлажнения резко уменьшается поступление в растения азота, как из почвы, так и из внесенного удобрения [1]. На супесчаных и суглинистых почвах не происходит существенного вымывания питательных веществ из зоны основного расположения корней многолетних трав [6].

В Тверской ГСХА в течение 15 лет изучали изменение плодородия почвы в зависимости от доз, соотношения минеральных удобрений и в зависимости от климатических условий и вида севооборота.

Множественный корреляционный анализ зависимости урожайности полевых культур от агрохимических показателей почвы показал достаточно высокую тесноту связи (табл. 1). В данных расчётах в качестве независимых переменных были взяты результаты почвенных анализов по содержанию органического вещества в % (гумус) (x_1), содержанию доступного фосфора в мг/кг (x_2), содержанию доступного калия в мг/кг (x_3).

Интересные данные получены по клеверу, где на фоне без удобрений теснота связи урожая с климатическими показателями средняя, а при внесении минеральных удобрений она возрастает до функциональной связи. Это положение показывает отрицательное действие удобрений в посевах бобовых трав. В то же время, частные коэффициенты корреляции показывали слабую тесноту связи содержания органического вещества и доступных форм фосфора и калия в почве с урожайностью полевых культур. Данные табл. 1 свидетельствуют, что урожайность ячменя и картофеля в слабой степени контролировалась агрохимическими свойствами почв.

В посевах озимой ржи степень влияния агрохимических свойств почв снижается при внесении органических удобрений, а в посевах многолетних трав 1 и 2 г.п. – при внесении минеральных удобрений. Слабое влияние агрохимических показателей на урожайность культур объясняется поступлением большого количества органического вещества в почву с пожнивно-корневыми остатками.

Ввод в функцию дополнительных переменных в виде суммы осадков и температуры воздуха или приход ФАР за период вегетации значительно повышает существенность связи урожайности полевых культур с изучаемыми факторами (табл. 2).

Данные табл. 1 и 2 позволяют оценить отношение к почвенным и климатическим условиям каждой культуры. Например, многолетние травы и озимая рожь наиболее чувствительны к показателям плодородия почвы, чем ячмень и картофель. Ячмень, при том количестве питательных веществ, которое сложилось в опыте, больше реагирует на температуру воздуха, чем на осадки и приход ФАР за апрель, май, июнь и июль месяц. Для каждой культуры севооборота можно оценить реакцию на внесение минеральных и органических удобрений на фоне отдельных параметров климатических условий.

Таблица 1
Коэффициенты детерминации зависимости урожайности культур от агрохимических свойств почвы (C1)

Культура	Независимые переменные – «гумус (x_1) – фосфор (x_2) – калий (x_3)»		
	0	НРК	навоз
Клевер	0,30	0,91	0,51
Картофель	0,15	0,22	0,08
Ячмень	0,45	0,08	0,52
Травы 1 г.п.	0,81	0,56	0,90
Травы 2 г.п.	0,79	0,19	0,93
Озимая рожь	0,85	0,78	0,20

Таблица 2

Коэффициенты детерминации зависимости урожайности культур от климатических и почвенных условий (C1)

Культура	Сумма осадков (x_1) – гумус (x_2) – фосфор (x_3) – калий (x_4)			Температура (x_1) – гумус (x_2) – фосфор (x_3) – калий (x_4)			ФАР (x_1) – гумус (x_2) – фосфор (x_3) – калий (x_4)		
	0	NPK	навоз	0	NPK	навоз	0	NPK	навоз
Клевер	0,84	0,92	0,84	0,74	0,91	0,64	0,34	0,99	0,53
Картофель	0,91	0,96	0,92	0,99	0,98	0,97	0,26	0,29	0,43
Ячмень	0,60	0,30	0,80	0,97	0,68	0,83	0,45	0,15	0,63
Травы 1 г.п.	0,93	0,93	0,91	0,89	0,28	0,90	0,92	0,56	0,97
Травы 2 г.п.	0,53	0,65	0,82	0,94	0,96	0,92	0,88	0,79	0,76
Травы 3 г.п.	0,35	0,32	0,73	0,35	0,35	0,77	0,31	0,45	0,78
Озимая рожь	0,98	0,96	0,81	0,99	0,99	0,37	0,89	0,80	0,23

Если частные коэффициенты корреляции показывали снижение зависимости культур от погодных условий, то множественные коэффициенты детерминации показывают, что при определённом уровне плодородия почв культуры при внесении удобрений также зависят от климата, как и без их применения.

На основании проведённых исследований предпринята попытка создания математической модели формирования урожайности полевых культур севооборота, на основании которой проведено определение доли участия каждого фактора в формировании урожайности культур. В уравнении регрессии в качестве независимой переменной (y) принят фактический урожай культур. Факторный анализ показал более высокую степень зависимости урожайности культур от суммы осадков, поэтому первой переменной была сумма осадков за апрель, май, июнь и июль месяц (мм) (x_1).

Для увеличения веса переменных и снижения их количества рассчитана энергетическая составляющая, которая отражает потоки энергии в севообороте и увязывает поступление энергии с растительными остатками,

семенным материалом, минеральными и органическими удобрениями, органическим веществом почвы. Сумма энергетического эквивалента перечисленных показателей (МДж/га) является второй переменной математической модели (x_2). Третьей переменной является содержание доступного фосфора (мг/кг) в почве (x_3), а четвёртой – содержание калия в почве (мг/кг) (x_4). Форма зависимости представлена полиномом $(y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4)$. Данная модель отражает связь климатических и почвенных условий формирования урожайности полевых культур. Принятая форма зависимости адекватно описывает влияние изучаемых показателей на урожайность полевых культур при уровне значимости 0,05 (табл. 3).

Анализ результатов исследований показал существенную зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от климатических условий года и показателей плодородия почвы (табл. 4). Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск путей снижения зависимости продуктивности севооборотов от погодных условий.

Таблица 3

Коэффициенты полинома формирования урожайности полевых культур в плодосменном севообороте на фоне без удобрений

$$(y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4)$$

Культура	y (факт.)	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	R^2
Клевер	82,2	69,90	-0,496	0,00025	+0,086	+0,207	0,99
Картофель	156,5	22,49	+0,398	-0,00052	+0,213	+3,527	0,99
Ячмень	21,6	24,67	-0,044	-0,00008	+0,102	+0,315	0,90
Травы 1 г.п.	85,7	-271,74	-0,614	+0,00100	+0,655	-0,051	0,98
Травы 2 г.п.	74,4	18,00	-1,193	+0,00150	-0,245	-1,809	0,99
Травы 3 г.п.	58,8	457,29	-1,903	+0,00150	-1,988	-2,243	0,98
Озимая рожь	29,0	57,37	-0,025	+0,00001	-0,065	-0,177	0,99

Таблица 4

Коэффициенты уравнения полинома формирования культур в зернотравяном (С2),
двупольном (С3) и бессменном (С4) севооборотах на фоне без удобрений

	Культура	y (факт.)	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	R^2
С2	Травы 1 г.п.	90,1	-717,03	-0,563	+0,0020	+1,070	-0,235	0,98
	Травы 2 г.п.	81,9	+73,31	-0,663	+0,0008	+0,044	-1,927	0,58
	Травы 3 г.п.	93,7	+190,71	+0,184	-0,0005	-0,329	+0,900	0,96
	Травы 4 г.п.	81,5	-1270,87	-1,100	+0,3340	+0,607	-0,692	0,88
	Ячмень	22,7	+6,77	-0,241	+0,0005	-0,547	-0,939	0,99
С3	Клевер	94,3	-303,78	-0,196	+0,0010	+0,009	+3,105	0,94
	Ячмень	24,3	+53,17	-0,027	-0,0001	-0,019	+0,401	0,91
С4	Картофель	118,5	58,08	-0,438	-0,0007	-0,119	-0,428	0,99

Одним из направлений может быть разработка структуры посевных площадей и составление на её основе коротко ротационных севооборотов, позволяющих максимально использовать фитоценотические особенности культур с целью приближения функционирования агроценоза к работе естественных биоценозов с компромиссной нормой внесения удобрений.

По нашему мнению, данное уравнение регрессии имеет многофункциональное значение. Во-первых, теоретически увязаны метеоусловия, поступление органического вещества в почву с растительными остатками, семенами и органическими удобрениями, почвенные факторы формирования урожайности полевых культур. Во-вторых, возможность использования в программировании урожайности культур математической модели. В-третьих, есть возможность определить долю участия каждого фактора в накоплении биологической массы растений, хозяйственном выносе элементов питания с урожаем. Продолжительность наших исследований не позволяет корректно использовать предложенные коэффициенты регрессии во всём регионе. Очевидна перспектива исследований в этом направлении для получения банка данных, необходимых в мотивированном математическом моделировании взаимного влияния факторов формирования урожайности полевых культур.

Возделывание многолетних трав, особенно злаковых, при интенсивном использовании и удобрении сопровождается изменением агрохимических показателей почвы. Под бобово-злаковым травостоем к 4-му году использования органическое вещество сохранилось в вариантах, где N60 вносили во второй половине лета или при перераспределении в первые два года большей дозы азота к осени. Содержание подвижных форм калия во всех вариантах упа-

ло, количество подвижного фосфора почти не изменилось. В опыте с травосмесями, где удобрения вносили фоном N60P60K130 (в т.ч. N60K65 после первого укоса) содержание органического вещества в почве к пятому году исследований снизилось при трех скашиваниях, особенно под травосмесью: тимофеевка луговая + овсяница красная + клевер луговой. Суммы обменных оснований, подвижных форм калия стало меньше, подвижного фосфора – больше.

В почве под злаковыми травосмесями при полном минеральном удобрении отмечена тенденция подкисления среды. Только за первый год опыта установленная закономерность аппроксимируется следующим уравнением:

$$Y = 6,696 - 0,013N^{0,5} + 0,0013K; \\ R = 0,754. \quad (1)$$

Сопряженность изменений содержания подвижных форм калия под влиянием минеральных удобрений выражается функцией

$$Y = 108,356 - 0,402P + 1,942K^{0,5} - \\ - 0,22(NK)^{0,5} + 0,053(NPK)^{0,5}; \quad (2) \\ R = 0,949.$$

К шестому году исследований с распределением азотных удобрений при многократном скашивании, где разовая норма азота меньше, запасы органического вещества, кислотность почвы сохранились на исходном уровне. Содержание подвижных форм калия во всех вариантах снизилось, подвижного фосфора в почве некоторых вариантов даже возросло.

Аммиачных форм азота почвы под бобово-злаковым травостоем к весне 4-го года пользования накапливалось больше там, где азотные удобрения или совсем не вносили, или начали вносить с весны первого года

пользования. Аммонийный азот в большей степени задерживался в верхних слоях почвы. В варианте с убывающими дозами азота к осени он равномерно распределялся по профилю. Концентрация нитратного азота по слоям почвы одинаковая.

В опыте с травосмесями к весне 5-го года жизни аммонийный азот концентрировался в основном в слоях 0–20; 20–40 см; при трех скашиваниях его больше, чем при двух. Нитратный азот находился во всем профиле 0–60 см, в слое 40–60 см его, как правило, больше, чем в предыдущих.

Под злаковыми травостоями весной аммонийной формы азота в почве меньше, чем при обильном минеральном питании, особенно в первый год пользования. Нитратной формы отмечено больше в варианте без удобрений. В целом содержание форм минерального азота в почве максимальное при повышенной дозе минеральных удобрений. Сбалансированное N:P:K сопровождается увеличением содержания $N-NO_3$ и $N-NH_4$ в вариантах азота со средним уровнем удобрения азотом. В начале сезона их содержание в слое почвы 0–60 см зависит от доз и соотношений минеральных удобрений.

$$Y = 50,968 - 5,062P^{0,5} + 0,535(NP)^{0,5};$$

$$R = 0,744. \quad (3)$$

Установлена обратная связь между эффективностью азота удобрений (Y) и содержанием $N-NO_3$ в почве (X) в слое 0–60 см. Выражается эта связь степенной функцией

$$Y = \log 4,07 \cdot X^{-0,46}. \quad (4)$$

В опыте с распределением доз азотного удобрения по укосам аммиачных форм азота к весне 7-го года опыта накапливалось больше при трех укосах (табл. 5). Заметим, что варианты контрольные и фосфорно-калийные при всех режимах использования не уступали (при 2-х укосах превосходили) по содержанию $N-NH_4$ вариантам с внесением аммиачной селитры. Аммонийный азот в большей степени задерживался в верхних слоях почвы. В варианте $N96 + 72 + 48 + 24$ на фоне $P_{80}K_{150}$ равномерно распределяется по профилю.

Концентрация нитратного азота была выше, чем аммиачного при двух укосах, при трех и четырех наоборот. В контрольных вариантах $N-NO_3$ вообще не обнаружено за исключением верхнего слоя почвы при трех укосах, где нитратный азот не опускается ниже слоя 20 см.

Заключение

Множественный корреляционный анализ зависимости урожайности полевых культур от агрохимических показателей почвы показал достаточно высокую тесноту связи. На фоне без удобрений теснота связи средняя, а при внесении минеральных удобрений она возрастает до функциональной связи. Частные коэффициенты корреляции показывали слабую тесноту связи содержания органического вещества и доступных форм фосфора и калия в почве с урожайностью полевых культур. Форма зависимости

Таблица 5

Содержание минерального азота
под злаковым травостоем 7-го года пользования в мг на 1 кг почвы

Вариант	N-NH ₄ в слое, см			N-NO ₃ в слое, см		
	0–20	20–40	40–60	0–20	20–40	40–60
Двухукосное использование						
Без удобрений	10,5	14,8	1,0	–	–	–
P80K75 + 75-фон	5,0	1,3	1,3	–	–	–
Фон + N240	3,4	2,4	2,3	7,38	34,17	2,67
Фон + N144 + 96	–	2,4	–	9,52	4,24	2,18
Трехукосное использование						
Без удобрений (контроль)	26,2	20,1	19,0	3,87	–	–
P80K75 + 0 + 75-фон	22,0	4,6	10,4	–	–	–
Фон + N240	22,4	9,8	11,7	6,55	–	–
Фон + N120 + 80 + 40	26,5	9,5	11,7	6,78	–	–
Четырехукосное использование						
Без удобрений (контроль)	7,5	2,5	2,4	–	–	–
P80K75 + 0 + 0 + 75-фон	9,7	4,8	2,8	–	–	–
Фон + N240	7,4	2,9	2,7	2,43	–	2,69
Фон + N96 + 72 + 48 + 24	6,0	6,1	6,2	2,87	2,24	2,04

($y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4$) отражает связь климатических и почвенных условий формирования урожайности полевых культур.

Под бобово-злаковым травостоем органическое вещество сохранилось в вариантах, где N60 вносили во второй половине лета. В почве под злаковыми травосмесями при полном минеральном удобрении отмечена тенденция подкисления почвенного раствора. Под злаковыми травостоями весной аммонийной формы азота в почве меньше при обильном минеральном питании, особенно в первый год пользования. Нитратной формы отмечено больше в варианте без удобрений. В целом содержание форм минерального азота в почве максимальное при повышенной

дозе минеральных удобрений. Предложена модель связи климатических, почвенных условий и формирования урожайности полевых культур.

Список литературы

1. Азот в земледелии нечерноземной полосы. – Л.: Колос, 1973. – 329 с.
2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
3. Лыков А.М. Гумус и плодородие почв. – М.: Московский рабочий, 1985. – 200 с.
4. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
5. Орошаемые пастбища и сенокосы в Нечерноземье. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 191 с.
6. Сау Л., Ольдер Х., Вийральт Р. Содержание и динамика подвижных питательных веществ в поймах культурных пастбищ // Сборник трудов ЭСХА. Труды по луговодству. – 1974. – Т. 95. – С. 31–36.

УДК 633.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Тарасенко Н.А., Баранова З.А., Быкова Н.С., Третьякова Н.Р.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,

Краснодар, e-mail: natagafonova@mail.ru

Статья посвящена решению актуальной задачи – поиску новых видов функциональных ингредиентов для пищевой промышленности. В статье критически проанализированы многочисленные литературные источники и обобщен материал по получению пищевых волокон из растительного сырья. Статья имеет исследовательский характер, выражающийся в том, что дан обзор истории появления, получения и свойств пищевым волокнам растительного сырья. Актуальным также является использование вторичных продуктов переработки растительного сырья, которые позволяют повысить профилактические свойства изделий и обогатить их пищевыми волокнами и белком, минеральными элементами. Научная новизна подтверждена патентами РФ на изобретение. Обсуждаются наиболее важные технологические свойства пищевых волокон цитрусовых, сахарной свеклы и пшеничных пищевых волокон, внесение которых придаст функциональность продуктам питания. Экономически выгодно использовать культуры, произрастающие в наших регионах или стране, для разработки функционального продукта.

Ключевые слова: вторичное растительное сырье, пищевые волокна, обогащение

USE OF FOOD FIBRES IN FUNCTIONAL CONFECTIONERY

Tarasenko N.A., Baranova Z.A., Bykova N.S., Tretyakova N.R.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: natagafonova@mail.ru

Article is devoted to the solution of an urgent task – to search of new types of functional ingredients for the food industry. In article numerous references are critically analysed and material on receipt of food fibers is generalized from vegetable raw materials. Article has the research nature which is expressed that the overview of history of emergence, obtaining and to properties is this to food fibers of vegetable raw materials. Use of by-products of conversion of vegetable raw materials which allow to increase preventive properties of products and to enrich them with food fibers and protein, mineral elements also is urgent. Scientific novelty is confirmed with patents of the Russian Federation for the invention. The most important technological properties of food fibers of a citrus, sugar beet and wheat food fibers which introduction will give functionality to food are discussed. Economic to use the cultures growing in our regions or the country therefore for development of a functional product.

Keywords: secondary vegetable raw materials, food fibers, enrichment

Современным прогрессивным направлением развития кондитерского производства является создание кондитерских изделий пониженной энергетической ценности, обогащенных белками, различными витаминами и многим другим на основе применения различных видов нетрадиционного сырья, разработка новых видов продуктов диетически-профилактической направленности, способных корректировать углеводный, жировой и белковый виды обменов веществ. Все это способствует разработке и внедрению технологий и созданию новых видов кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья, а также ускорению научно-технического прогресса в отрасли, совершенствованию технологических процессов, повышению эффективности, повышению их пищевой ценности, рациональному использованию пищевых ресурсов.

Мучные и кондитерские изделия пользуются большой популярностью

и по энергетической ценности значительно превосходят многие другие продукты. Также такие продукты являются источником легко усвояемых углеводов, поэтому разработка функциональных продуктов является весьма актуальной. При создании кондитерских изделий функциональной направленности пытаются охватить различные виды изделий, таких как пряники, печенье, вафли, мармелад и другие. Так, например, исследована возможность внесения картофельных волокон в бисквитные полуфабрикаты [4]. Поскольку бисквитные полуфабрикаты являются составной частью многих мучных кондитерских изделий, они пользуются большим спросом. При внесении в их рецептуру картофельных волокон происходит связывание влаги, в связи с этим тесто становится менее вязким, что благоприятно влияет на физико-химические показатели изделия и приводит к увеличению сроков хранения.

Авторами [11] исследована возможность усовершенствования пряничных изделий. Сырьем для производства пряников функционального назначения могут быть апельсиновые пищевые волокна Citri-Fi, внесенные в рецептуру. Была исследована возможность получения пряничного теста с использованием экологически безопасного вторичного сырья, которое решало бы важную проблему обогащения их биологически активными компонентами. Для того чтобы снизить жироемкость пряничного теста, частично заменяли жир на пищевые волокна и воду в определенном соотношении. Помимо того, что апельсиновые волокна обогащают продукт, они влияют на технологические параметры, увеличивая интенсивность процесса набухания белковых веществ. Поскольку в настоящее время проблема обогащения становится важной проблемой современного питания, возникает необходимость разработки новых функциональных продуктов питания, например некоторые разработчики пошли дальше в усовершенствовании и создали пряники, обогащенные не только пищевыми апельсиновыми волокнами, но и порошком топинамбура [14], так же данное изделие будет без сахара. На данное изделие, при внесении в него определенного количества компонентов, была разработана рецептура и технологическая инструкция.

Исследование разработки технологии заварных пряничных изделий из муки, полученной из пророщенных семян дыни [25], способствует улучшению органолептических свойств и показателей качества готовой продукции. Пряничные изделия составляют 20 % от общего объема потребления мучных кондитерских изделий, но возникает необходимость обогатить их для повышения биологической ценности и физико-химических показателей, так как нетрадиционное сырье – семена дыни богаты высокомолекулярными белками, содержат незаменимые аминокислоты и т.д. Так же по аналогии были разработаны пряничные изделия с использованием в качестве нетрадиционного сырья топинамбура, топинсолнечника и скорцонера.

Среди кондитерских изделий одними из популярных являются вафли, поэтому создание вафель функциональной направленности с использованием апельсиновых пищевых волокон [23] не-

обходимо для людей, страдающих ожирением, сахарным диабетом, атеросклерозом и другими заболеваниями. Известна возможность использования пшеничных волокон при производстве мягких вафель [5], которая позволяет не только повысить пищевую ценность, но и влияет на технологические параметры, например повышает водопоглотительную способность, также влияет на формирование реологических свойств теста для вафельных изделий.

Разработаны и исследованы в кондитерском производстве кексы с функциональными свойствами с добавлением различных пищевых волокон [2], такие изделия имеют улучшенную структуру. Внесение ПВ в рецептуру для кексов позволит увеличить ассортимент кондитерских изделий. Ярким примером функциональных продуктов среди кондитерского производства могут являться кексы «Хлебный Спас» [13], особенностью которых является производство на фруктозе и отсутствие в них гидрогенизированных жиров.

Известна разработка технологии приготовления сухарного пудинга с шоколадной кофейной добавкой [26], повышающей пищевую ценность продукта. Для создания кондитерского продукта функционального назначения разработали компонент – кофе, так как он способствует понижению аппетита, ускоряет обмен веществ, увеличивает умственную и физиологическую активность. Также такое сырье, как кофе, понижает уровень сахара в крови, стимулирует регенерацию клеток печени, обладает способностью выводить свободные радикалы из организма, является мочегонным продуктом.

Инновации коснулись и такого лакомства, как мороженое. Разработка рецептуры низкокалорийного мороженого с функциональными ингредиентами [9] приводит к созданию нового продукта питания для людей, страдающих ожирением, или для тех, которые хотят следить за своей внешностью, но при этом не хотят отказываться от сладкого, а также людей с непереносимостью молочного сахара. Разработан новый продукт функционального назначения со сниженным содержанием лактозы, который обеспечивает сбалансированность пищевого рациона. Он по сравнению с обычным сливочным мороженым менее калориен, также увеличивается биологическая ценность.

В настоящее время прогресс не стоит на месте, создаются полезные лакомства, которые способны справляться с нагрузками и переутомлениями, например антистрессовый мармелад [1]. В состав такого мармелада входят экстракты различных ягод, например калины, дикого винограда и других, а также травы. Такой состав, по мнению ученых, поможет справиться с некачественной пищей, снимать интоксикацию, повышает работоспособность. Также для создания мармелада функциональной направленности предложено использование такого нетрадиционного сырья, как гидропектин, полученный из одуванчика лекарственного [24]. Значение пектина важно при производстве мармелада, потому что он способен выводить тяжелые металлы из организма.

Еще одной из полезных разработок представлено производство глюкозной помадки [15], в которую введены водные и водно-спиртовые компоненты из лекарственного растительного сырья и плодово-ягодные соки, которые сочетаются с глюкозой. В итоге созданы помадные изделия, например с клюквой, черной смородиной и другие. Данные лечебно-профилактические помадки оказывают положительное действие, например глюкозная помадка с экстрактом шиповника имеет витаминную и иммуностимулирующую активность.

Экономически выгодно использовать культуры, произрастающие в наших регионах или стране, поэтому для разработки функционального продукта в кондитерском производстве предложен выпуск пралине с ценным льняным маслом [7]. Так функциональный продукт ставится актуальным, так как содержит те самые необходимые человеку полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе семейства омега-3.

Учеными [8] исследована возможность внесения в рецептуру полуфабриката из сахарной свеклы для создания зефира, который богат пищевыми волокнами, белками и органическими кислотами. Таким образом, получают продукт пониженной калорийности с увеличенной фруктово-овощной частью и ценными пищевыми волокнами.

Разработка рациональных путей применения новых видов сырья должна осуществляться на основе его функциональных свойств, обусловленных раз-

нообразием химического состава строго индивидуального для разных видов мучных кондитерских изделий с учетом их влияния на формирование реологических свойств теста и качества готовой продукции.

Кондитерское тесто относится к коагуляционным дисперсным системам и обладает упруго-пластично-вязкими свойствами, которые в зависимости от вида продукции проявляются по-разному, поэтому при разработке нового кондитерского продукта функциональной направленности необходимо это учитывать.

Используя нетрадиционное сырье, решают следующие задачи: снижение расхода дорогостоящего сырья (сахара, муки) путем замены его более дешёвым; изменение технологических режимов, снижение сахароёмкости и энергетической ценности кондитерских изделий путем частичной или полной замены сахара сахаросодержащими продуктами; повышение пищевой и биологической ценности за счет внесения белоксодержащих, обогащения пищевыми волокнами, витаминами, макро- и микроэлементами; расширения ассортимента кондитерских изделий.

По содержанию белка бобовые растения близки к белкам мяса, поэтому целесообразно создавать комбинированные продукты питания. Также стоит отметить, что белок более дешевый, чем белок мяса. Причем белок гороха, сои или фасоли усваивается нашим организмом намного легче мясного. Также в бобовых много необходимых нам органических кислот, жиров, витаминов и минеральных солей.

Недостаток грубой пищи в организме человека способствует развитию многих заболеваний, поэтому в последние годы ведутся исследования в области разработки продуктов питания с использованием гомогенных и гетерогенных ПВ, которые получают из овощей, плодово-ягодных выжимок. При исследовании было выяснено, что богатым источником нерастворимых ПВ являются створки зеленого гороха [3], которые являются сырьем для создания продуктов функционального назначения, который позволит расширить ассортимент лечебного и профилактического питания. Помимо створок гороха, как источника пищевых волокон можно использовать оболочки зерна гороха как перспективное вторичное сырье для

получения пищевых волокон [27]. Были проведены исследования современных сортов гороха, и из них выявлены сорта с наибольшим содержанием оболочек. Такая разработка является перспективной в безотходных технологиях переработки зерна гороха при отделении оболочек и получении из них пищевых волокон.

Известно использование гороха в кондитерском производстве для изготовления марципана [6], что обеспечивает получение продукции богатой белком, так же немаловажным фактором является получение недорогого продукта.

В кондитерской промышленности известно производство пряников [17], содержащих гороховую муку из экструдированных зерен гороха. Внесение такой добавки способствует улучшению органолептических показателей пряников, и повышению их формоустойчивости и структурно-механических свойств.

Перспективными источниками нетрадиционного сырья могут быть мука, полученная из бобов маша, и клетчатка топинамбура [12]. Мука, полученная из маша, способствует хорошей усвояемости и содержит мало жира.

Известно использование нута в кондитерском производстве, в начинке маковой [10], для производства, например, пирогов, рулетов, булочек. Его применяют для того, чтобы снизить калорийность кондитерских изделий и обогатить продукты белком, минеральными элементами, витаминами и пищевыми волокнами.

Привлекательным сырьем для производства функциональных продуктов является нут [16], так как эта бобовая культура богата белком до 32% и приближена по своему аминокислотному составу к белку говядины, что поможет в дальнейшем решать актуальную проблему дефицита белка у населения.

Нут в пищевой промышленности и общественном питании может быть использован в качестве начинки [19] при производстве кондитерских и мучных кондитерских изделий.

Получают с использованием нута орехоплодную массу [20] для производства кондитерских изделий, причем его использование позволяет повысить биологическую ценность готового продукта, а также увеличить сроки хранения. Применение нута в производстве вафельных листов [18], которые готовятся из муки нута или смеси муки нута и пшеничной

муки. В результате полученные изделия приобретают оригинальные органолептические свойства, повышенную пищевую и биологическую ценность.

Изготовление кондитерских изделий, а именно кексов повышенной пищевой ценности, изготовленных с внесением в рецептуру полуфабриката из нута [21], такое изобретение позволит помимо многочисленных плюсов так же снизить себестоимость продукции и расширить ассортимент мучных кондитерских изделий. Производство коржиков повышенной пищевой ценности [22] с использованием муки из цельносмолотых семян нута, вследствие чего качество продукции повышается.

В настоящее время следует отдать предпочтение интенсификации традиционных способов производства белоксодержащих продуктов, с одной стороны, и в разработке технологий многокомпонентных белковых продуктов с использованием полноценного белка растительного происхождения, с другой. Исследуется и рассматривается возможность использования семян люпина [20] как продукта с достаточным содержанием белка, по сравнению с соей, оно в полной мере становится конкурентоспособным.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта № 15-36-01235/16 от 11.05.2016 г. «Социальные аспекты и профилактика сахарного диабета и ожирения».

Список литературы

1. Антистрессовый мармелад // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2008. – № 3. – С. 27.
2. Влияние пищевых волокон на качество кексов / Е.В. Коновалова [и др.] // Пищевая технология. – 2013. – № 4. – С. 119–120.
3. Джабоева А.С. Получение нерастворимых пищевых волокон из створок гороха // Пищевая технология. – 2013. – № 4. – С. 118–119.
4. Использование картофельных волокон в производстве бисквита / Т. Хандамова [и др.] // Хлебопекарный кондитерский форум. – 2015. – С. 34–36.
5. Использование пшеничных пищевых волокон при производстве мягких вафель / Н.А. Тарасенко [и др.] // Пищевая технология. – 2013. – № 1. – С. 50–52.
6. Кондитерская смесь для изготовления марципана: пат. 2331200 Рос. Федерация. № 2006146115/13; заявка 25.12.2006; Оpubл. 20.08.2008. Бюл. № 23.
7. Льняное масло – функциональный ингредиент в производстве пралине / И.Б. Красина и др. // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2012. – С. 28.
8. Магомедов М.Г. Производство зефира повышенной пищевой ценности с использованием пасты из сахарной свеклы // Кондитерское производство. – 2015. – № 1. – С. 6.

9. Мельникова Е.И., Попова Е.Е., Станиславская Е.Б. Разработка рецептуры низкокалорийного мороженого с функциональными ингредиентами // Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 48–49.
10. Начинка маковая: пат. 249269 Рос. Федерация. № 9279; заявка 12.05.2015; Оpubл. 20.09.2013. Бюл. № 26.
11. Никонович Ю.Н., Тарасенко Н.А., Красина И.Б. Структурно-механические свойства пряничного теста при внесении апельсиновых пищевых волокон Citri-Fi // Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 58–59.
12. Пашенко Л.П., Курчаева Е.Е., Бахмет М.П. Функциональные пищевые продукты на основе пищевой комбинаторики // Пищевая технология. – 2012. – № 2–3. – С. 84–87.
13. Пресс-служба «Союз» Продукты для здорового питания // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2012. – № 1. – С. 4.
14. Применение новых видов углесодержащего сырья для разработки функциональных мучных кондитерских изделий / И.Б. Красина и др. // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2013. – № 11–12. – С. 8–10.
15. Производство глюкозной помадки // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2008. – № 3. – С. 24.
16. Разработка электрохимической технологии выделения пищевого белка из нута / Ю.А. Тырсин [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2014. – № 6. – С. 10.
17. Состав для производства пряников: пат. 2215415 Рос. Федерация. № 101720; заявка 17.01.2002; Оpubл. 10.11.2013. Бюл. № 3.
18. Состав вафельных листов: пат. 2305942 Рос. Федерация. № 131393 // заявка 10.10.2005; Оpubл. 20.09.2007. Бюл. № 26.
19. Способ изготовления начинки: пат. 2561927 Рос. Федерация. № 110874; заявка 21.03.2014; Оpubл. 10.09.2015. Бюл. № 25.
20. Способ получения орехоподобной массы из растительного сырья: пат. 2246238 Рос. Федерация. № 126810; заявка 01.09.2003; Оpubл. 20.02.2015. Бюл. № 5.
21. Способ производства кекса повышенной пищевой ценности: пат. 2412597 Рос. Федерация. № 141061; заявка 2009 // 141061 от 05.11.2009. Оpubл. 27.02.2011. Бюл. № 6.
22. Способ производств коржиков повышенной пищевой ценности: пат. 2542118 Рос. Федерация. № 144108; заявка 2013 // 144108 от 02.10.2013. Оpubл. 20.02.2015. Бюл. № 5.
23. Тарасенко Н.А. Влияние пищевых волокон на формирование потребительских свойств и сроки хранения сахарных вафель // Пищевая технология. – 2013. – № 4. – С. 81–82.
24. Тигунцева Н.П., Евстафьев. Приготовление мармелада, обогащенного пектиновыми веществами одуванчика лекарственного. Пищевая технология. – 2015. – № 4. – 36.
25. Харьков С.Е., Гончар В.В., Росляков Ю.Ф. Новая технология заварных пряничных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья // Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 112–113.
26. Чаплинский В.В., Тошев А.Д., Павлова Е.Д. Разработка технологии приготовления сухарного пудинга с шоколадной кофейной добавкой // Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 46–47.
27. Шелепина Н.В., Польшкова Н.Э. Оболочки зерна гороха-перспективное вторичное сырье для получения пищевых волокон // Пищевая технология. – 2012. – № 5–6. – С. 113–114.

УДК 631.8

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Тюлин В.А., Сутягин В.П.

Тверская государственная сельскохозяйственная академия,

Тверь, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru

Исследованиями установлено, что наибольшую прибавку урожая (11,3 и 12,8 ц/га) имели варианты с внесением NPK на глубину 10 см и перемешивание их со слоем 0–10 см. Поверхностное внесение удобрений или же их применение в слое почвы 5 см снижает на 5–7% эффективность азотных удобрений. Доля сорняков надземной массы многолетних трав составляет от 2 до 26%. Сорные растения выступают в качестве хотя и неучтенных, но равноправных, а при высокой засоренности посевов и доминирующим потребителем минеральных элементов из вносимых удобрений. Коэффициент использования азотного удобрения в первом укосе выше, чем во втором, при распределении меченого азотного удобрения под укосы.

Ключевые слова: удобрения, дерново-подзолистые почвы, элементы питания, сорные растения, севообороты, коэффициент использования элементов питания

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FERTILIZERS IN THE ENVIRONMENTAL AGRICULTURE

Tyulin V.A., Sutyagin V.P.

Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru

Research has shown that the greatest yield increase (11,3 and 12,8 kg/d) were variants with outside-by grievous NPK at a depth of 10 cm and mixing them with a layer of 0–10 cm. The surface application of fertilizers or their use of the soil layer 5 cm to 5,7% reduces the efficiency of nitrogen fertilizers. Share nyakov litter-aboveground mass of perennial grasses ranges from 2 to 26%. Weeds appear in qual-stve though unrecorded, but equal, and high contamination of crops and dominant con-sumers of mineral elements fertilizer. The utilization of nitrogen-convenient rhenium in the first mowing is higher than the second in the distribution of the labeled nitrogen fertilizer under the cut.

Keywords: fertilizer, sod-podzolic soils, batteries, weeds, crop rotations, utilization of nutrients

Использование минеральных удобрений обеспечивает по оценкам ученых от 41 до 50% прироста урожая культурных растений [1, 3, 6, 7]. По сообщениям ВИУА им. Д.Н. Прянишникова окупаемость минеральных удобрений составляет на дерново-подзолистых почвах от 4,9 до 6,5 кг зерновых единиц на 1 кг действующего вещества NPK. При этом окупаемость удобрений снижается от дерново-подзолистых к чернозёмным почвам [4, 5].

При внесении минеральных удобрений исходят из широко установившейся концепции, что элементы питания используются прежде всего культурой, под посевы которой вносятся эти удобрения. Однако в производственных условиях чаще всего имеют дело не с одновидовым посевом культуры, а с полевым растительным сообществом. Поэтому кроме культуры другим важным компонентом такого сообщества оказываются еще и сорные растения [2, 8, 10]. Они также выступают в качестве хотя и неучтенных, но равноправных, а при высокой засоренности посевов и доминирующих потребителей минеральных элементов из вносимых удобрений.

Удобрения оказывают разнообразное и глубокое воздействие на весь комплекс факторов, определяющих характер и направленность видовых взаимоотношений между ботаническими группами растений. А.М. Туликов [8] выделяет группу «элемент-позитивных» сорных растений, положительно реагирующих на увеличение в почве элементов питания, и группу «элемент-негативных» сорняков, которые резко снижают свою конкурентную способность по отношению к культурам при внесении минеральных удобрений.

Многочисленными агрохимическими исследованиями, проведенными за последние два десятилетия с использованием изотопа азота ^{15}N как в нашей стране, так и за рубежом установлено, что коэффициент использования азота минеральных удобрений большинством сельскохозяйственных культур не превышает 40–50% от вносимой дозы; – 25–30% закрепляется в почве микрофлорой; 25–30% составляют безвозвратные газообразные потери [5]. Величина усвоения азота растениями в условиях вегетационных опытов составляет 50–60% от внесенного, в полевых условиях она меньше – около 40%.

С помощью стабильного азота установлено, что луговые травы используют из удобрений значительно больше азота, чем ячмень. Потери азота под луговыми травами 7,1–14,3% от внесенного азота, под ячменем 13,3–24,7% [4]. Применение меченого азота позволяет выяснить участие почвенного азота в питании растений на фоне внесения азотных удобрений, определить истинные коэффициенты использования азотных удобрений, определить потери на денитрификацию и вымывание.

Позиционная доступность минеральных удобрений оказала существенное влияние на рост и развитие ячменя. Данные рис. 1 позволяют отметить, что урожайность зерна ячменя в конкретный вегетационный период определялась глубиной и способом размещения минеральных удобрений по пахотному горизонту.

Так, три года из восьми внесение NPK на глубину 10 см имело преимущество

по сравнению с остальными вариантами и в трех случаях перемешивание NPK со слоем почвы 0–10 см, два года имело преимущество внесение NPK на глубину 5 см. Менее эффективны удобрения при заделке их на глубину 20 см или же перемешивание их с этим слоем.

В среднем за 8 лет исследований наибольшую прибавку урожая (11,3 и 12,8 ц/га) имели варианты с внесением NPK на глубину 10 см и перемешивание их со слоем 0–10 см. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений, который определялся балансовым методом, был выше именно на этих вариантах (около 32%).

Поверхностное внесение удобрений или же их применение в слое почвы 5 см снижает на 5–7% эффективность азотных удобрений по сравнению с выше указанными вариантами. Коэффициент использования фосфора из фосфорных удобрений в два-три раза меньше, чем азота (рис. 2).

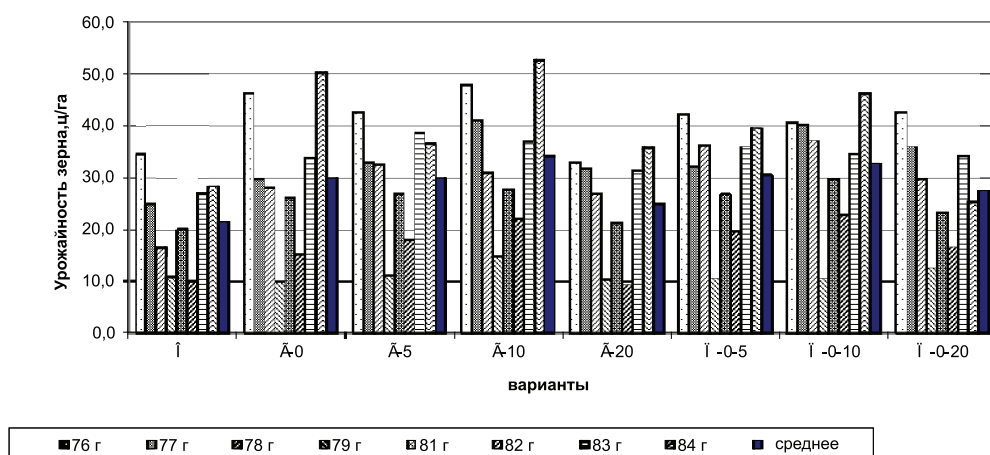


Рис. 1. Влияние глубины заделки удобрений на урожайность зерна ячменя

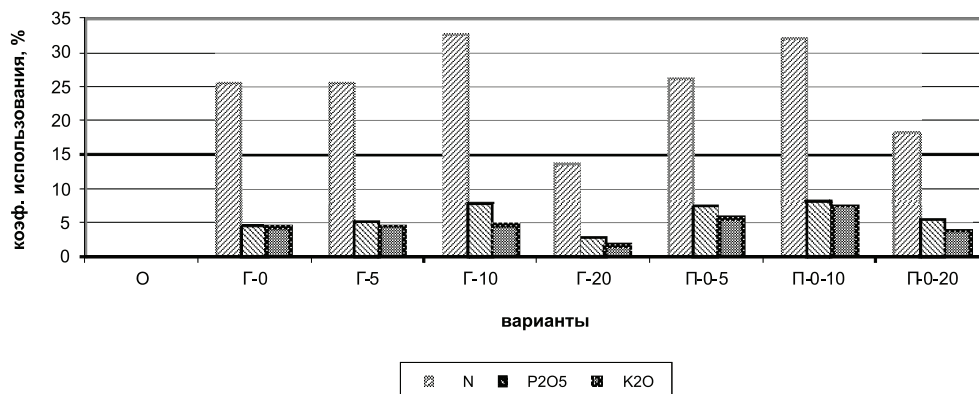


Рис. 2. Влияние способов и глубины размещения удобрений в пахотном горизонте на коэффициент использования из них азота, фосфора и калия ячменем (среднее за 8 лет)

Еще меньше коэффициент использования калия из калийных удобрений. Корреляционный анализ зависимости между использованием NPK ячменем и его урожайностью выявил существенную связь между выносом азота с зерном ($R = 0,95...0,97$) и среднюю степень зависимости по выносу фосфора и калия ($R = 0,45-0,60$).

Следовательно, определяющим фактором эффективности использования питательных веществ и параметров урожайности ячменя в условиях Центральных районов Нечерноземной зоны является позиционная доступность азотных удобрений.

В наших исследованиях в посевах клевера и многолетних трав 1 г.п. без внесения удобрений малолетние и многолетние виды сорняков имеют примерно равную сырую массу. Внесение минеральных и органических удобрений в посевах клевера и многолетних трав 1 г.п. сдвигает соотношение массы сорняков в пользу малолетних видов сорняков. Увеличение срока пользования многолетними травами сопровождается повышением накопления массы многолетних видов сорняков с 15 до 60%.

Установлено, что в посевах клеверов и трав первого года пользования многолетние сорняки представлены в основном бодяком полевым, осотом жёлтым, пыреем ползучим. К третьему и четвёртому году пользования флористический состав представлен одуванчиком лекарственным, лапчаткой гусиной, васильком луговым, подорожником большим, пыреем ползучим и другими видами.

Результаты анализа ботанического состава трав показывают, что доля сорняков надземной массы многолетних трав составляет от 2 до 26%. Причём значительное влияние на соотношение компонентов агрофитоценоза оказывает ботанический состав культурного компонента агрофитоценоза и продолжительность использования многолетних трав.

Результаты ботанического состава, представленного на рис. 3, показывают, что в посевах клеверов и многолетних трав 1 г.п. преобладает клевер, зависимости от севооборотов C1, C2, C3.

Доля сорняков на этих вариантах составляет всего 2...10%, злаковый компонент многолетних трав, который представлен в основном тимофеевкой луговой, занимает примерно пятую часть. Внесение минеральных удобрений вызывает сокращение доли клевера в агрофитоценозе, место которого занимают злаки и сорняки, т.е. происходит выпадение клевера уже в первый год пользования. Увеличение продолжительности использования многолетних трав сопровождается устойчивой тенденцией сокращения клевера в травостое и повышения злаковых трав и сорняков, в ботаническом составе злаковых трав появляются овсяница луговая, мятлик луговой, ежа сборная. Выпадение клеверов при увеличении использования многолетних трав является одной из причин предпочтительности многолетних бобовых и бобово-злаковых трав одного года пользования.

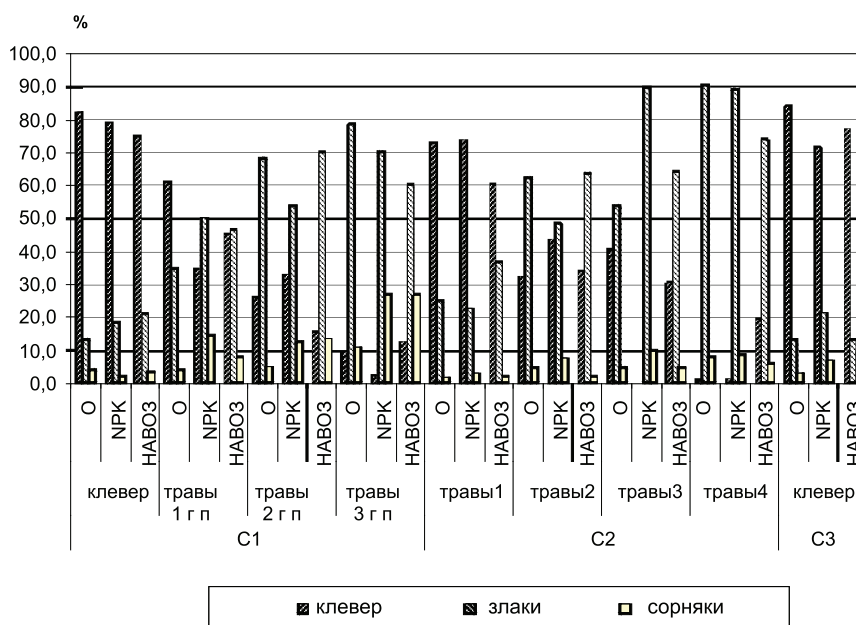


Рис. 3. Влияние культур севооборотов, фона питания и срока пользования многолетними травами на их ботанический состав (среднее 1993–1997 гг.)

Представители ботанических групп растений с разной интенсивностью используют минеральный азот удобрения и почвы. На кафедре ботаники и луговых экосистем Тверской ГСХА с помощью изотопной метки дали объективную оценку сроков внесения азотных удобрений для травостоев различного ботанического состава. Метод меченых атомов дал возможность определить истинные коэффициенты использования азотных удобрений. Метод изотопной индикации азота важен при решении проблемы повышения эффективности азотных удобрений и защиты окружающей среды в условиях экологизации земледелия.

В Тверской ГСХА заложили опыт с использованием метода меченых атомов стабильного изотопа ^{15}N . Эксперименты проведены в полиэтиленовых сосудах без дна площадью 0,25 м, врезанных в почву на глубину 40 см. Почва имела следующие агрохимические показатели в слое 0–20 см: гумус – 3,17%, рН(KCl) – 6,9; Нг – 0,75 мг-экв на 100 г почвы, подвижные формы P_2O_5 – 135; K_2O – 110 мг/кг почвы, Ca, Mg и Al соответственно 7,2; 0,70 и 0,216 мг-экв/100 г почвы.

Из тимopheевки луговой и клевера лугового были созданы два однокомпонентных травостоя – злаковый (14 кг/га тимopheевки луговой при 100 % п.г.), бобовый (13 кг/га клевера лугового при 100 % п.г.) и двухкомпонентный бобово-злаковый

(клевера лугового 11,1 кг/га и тимopheевки луговой – 5,6 кг/га).

В опыте применялась следующая схема удобрений: 1-й вариант – N0P80K120; 2-й вариант – N120P80K120; 3-й вариант – N240P80K120.

В первом году пользования травостой клевера лугового в чистом виде при удобрении только РК в первом укосе на 47,6 % состоял из бобовых, во втором укосе на 78,8 %. Посев тимopheевки почти на 100 % был злаковый во всех вариантах удобрений. Злаков в клеверо-тимopheечной смеси меньше 75 % не было при любом режиме удобрений.

При подкормке многолетних трав дважды по N60 усвоение азота почвы и удобрений различалось по укосам, в зависимости от происхождения травостоя (табл. 1).

Тимopheевка в смеси с клевером использовала азота удобрений меньше, чем в чистом виде. Во втором укосе процент азота удобрений в общем выносе вне зависимости от ботанического состава травостоя в два раза больше, чем в первом укосе. В этих условиях азота почвы в урожае первого укоса в злаковой и бобово-злаковой травосмесях в 2 раза больше, чем азота удобрений. В урожае второго укоса, наоборот, в смешанном травостое почти одинаковое количество N почвы и удобрений, а в урожае злаков азота удобрений в два раза больше, чем азота почвы.

Таблица 1

Использование азота мочевины и почвы многолетними травостоями

Группа трав	Общий вынос азота, кг/га	Вынос азота			
		из удобрения		из почвы	
		кг/га	% от общего выноса	кг/га	% от общего выноса
Клеверо-тимофеечный травостой (1-й укос)					
Злаки	79,03	16,84	21,3	62,19	78,7
Бобовые	23,63	1,83	7,7	21,80	92,3
Разнотравье	4,44	0,77	17,3	3,67	82,7
Травостоем	107,11	19,44	18,2	87,66	81,8
(2-й укос)					
Злаки	35,40	18,76	53,0	16,64	47,0
Бобовые	10,44	0,11	1,1	10,33	98,9
Разнотравье	0,25	0,02	0,8	0,25	99,2
Травостоем	46,09	18,87	40,9	27,22	59,1
Тимофеечный травостой (1-й укос)					
Злаки	77,04	21,83	28,3	55,21	71,7
Разнотравье	1,85	0,48	25,9	1,37	74,1
Травостоем	78,89	22,31	28,3	56,58	71,7
(2-й укос)					
Злаки	16,37	11,08	67,7	5,29	32,3
Разнотравье	0,12	0,01	5,8	0,11	94,2
Травостоем	16,49	11,09	67,2	5,40	32,8

Таблица 2

Коэффициент использования N мочевины ботаническими группами многолетних трав различными травостоями, в % от внесенного

Клеверо-тимофеечный травостой			
Злаки	Бобовые	Разнотравье	Всего травостоем
Первый укос			
28,1	3,0	1,3	32,4
Второй укос			
31,3	0,2	0,003	31,5
Тимофеечный травостой			
Первый укос			
36,4	–	0,8	37,2
Второй укос			
18,5	–	0,001	18,51

Коэффициент использования N мочевины различными травостоями колебался от 18,51 до 37,2 (табл. 2).

Во втором укосе коэффициент использования азота удобрений меньше, чем в первом, особенно в чисто злаковом травостое. Злаки в клеверо-тимофеечном травостое в первом укосе использовали 28,1 % от внесенного, во втором укосе 31,3 %, а в тимофеечном травостое соответственно по укосам 36,4 и 18,5 %. В монографии Д.А. Филимонова [9] при распределении меченого азотного удобрения равными дозами под все укосы коэффициент использования азотного удобрения в первом укосе в среднем в 1,5–2 раза выше, чем во втором и третьем укосах.

Удобрение весной в нашем исследовании клеверо-тимофеечной смеси N120 и второго укоса N60 обеспечивает коэффициент использования весеннего азота травой второго укоса только на 6,9 %. По Д.А. Филимонову [9], в третьем укосе (последствие) азот удобрений составил в среднем по опытам около 25 %.

Таким образом, сорные растения выступают в качестве хотя и неучтенных, но равноправных, а при высокой засоренности посевов и доминирующим потребителем минеральных элементов из вносимых удобрений. Определяющим фактором эффективности использования питательных веществ и параметров урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Центральные районы Нечерноземной зоны яв-

ляется позиционная доступность азотных удобрений. Результаты анализа ботанического состава трав показывают, что доля сорняков надземной массы многолетних трав составляет от 2 до 26 %. При распределении меченого азотного удобрения равными дозами под укосы коэффициент использования азотного удобрения в первом укосе выше, чем во втором.

Список литературы

1. Ефимов В.Н., Донских И.Н., Синицын Г.И. Система применения удобрений. – М.: Колос, 1984. – 272 с.
2. Камышев И.С. Пашенные сочетания как фитоценоз // Тр. Воронежского ун-та, т. XI. Ботанический отдел. – 1939. – Вып. 2. – С. 33–62.
3. Кореньков Д.А., Синягин И.И., Петербургский А.В., Авдониин Н.С. и др. Удобрения, их свойства и способы использования. – М.: Колос, 1982. – 415 с.
4. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
5. Минеев В.Г., Громыко О.И., Панкова Н.К., Хабарова А.И., Щербакова Н.И. Продуктивность севооборотов в зависимости от уровня применения удобрений в различных почвенно-климатических условиях // Основные условия эффективного применения удобрений: науч. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1983. – 298 с.
6. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. – М.: Колос, 1965. – т. 1, 2, 3.
7. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей и севооборотах. – М.: Изд. МСХ РСФСР, 1962. – 255 с.
8. Туликов А.М. Сорные растения и борьба с ними. – М.: Московский рабочий, 1982. – 157 с.
9. Филимонов Д.А., Лаврова И.А., Руделев Е.В. Превращение в почве и использование растениями азотных удобрений меченых N15 // 8 Международн. конгресс по минеральным удобрениям: докл. советских участников конгресса. – М., 1976. – ч. 2. – С. 240–247.
10. Часовенная А.А. Основы агрофитоценологии. – Л.: Изд. ЛГУ, 1975. – 188 с.

УДК 551.4 (571.5)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕГА НА АКВАТОРИИ СРЕДНЕЙ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ^{1,2}Белозерцева И.А., ¹Воробьева И.Б., ¹Власова Н.В., ¹Янчук М.С., ¹Лопатина Д.Н.¹ФАНО России ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск,
e-mail: belozia@mail.ru;²ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», Иркутск

По результатам снежгеохимической съемки Средней котловины озера Байкал проведена оценка загрязнения атмосферы. В результате проведенных исследований выявлено, что содержания HCO_3^- , Ca, K, Na, Mo, Mn, Pb, Fe, Zn и Sr в снеговой воде населенных пунктов, турбаз, Селенгинского промышленного узла превышают фоновые значения в 4, 7, 4, 4, 9, 3, 2, 3, 6 и 2 раза соответственно. Концентрации NH_4^+ , Hg и нефтепродуктов в снеге превышают санитарно-гигиенические нормы. Повышенное содержание химических элементов в снеге Приольхонья связано не только с антропогенной нагрузкой вблизи населенных пунктов, а также с терригенной пылью пород и почв. Загрязнение имеет локальный характер. Промышленные предприятия и котельные Улан-Удэ, Гусиноозерска и других городов, расположенных в буферной зоне Байкальской природной территории, а также Иркутско-Черемховский промышленный узел существенного влияния на озеро Байкал не имеют, вследствие удаленности, особенностей метеорологических условий и орографических препятствий.

Ключевые слова: озеро Байкал, геоэкология, загрязнение снега

POLLUTION OF SNOW ON THE WATER AREA OF THE AVERAGE HOLLOW OF LAKE BAIKAL AND THE ADJACENT TERRITORY^{1,2}Belozertseva I.A., ¹Vorobeva I.B., ¹Vlasova N.V., ¹Yanchuk M.S., ¹Lopatina D.N.¹V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: belozia@mail.ru;²Irkutsk State University, Irkutsk

By results of snegogekhimicheskoy shooting of the Average hollow of Lake Baikal the assessment of pollution of the atmosphere is carried out. As a result of the conducted researches it is revealed that contents of HCO_3^- , Ca, K, Na, Mo, Mn, Pb, Fe, Zn and Sr in snow water of settlements, camp sites, the Selenginsky industrial hub exceed background values in 4, 7, 4, 4, 9, 3, 2, 3, 6 and 2 times respectively. Concentration of NH_4^+ , Hg and oil products in snow exceed sanitary and hygienic regulations. The increased content of chemical elements in snow of Priolkhonya is connected not only with anthropogenous loading near settlements and camp sites, and with terrigenous dust of breeds and soils. Pollution has local nature. Industrial enterprises and boiler rooms of the cities of Ulan-Ude, Guseinozersk and others, located in a buffer zone of the Baikal natural territory, and also have no Irkutsk and Chermkhovsky industrial hub of significant effect on Lake Baikal, owing to remoteness, features of weather conditions and orographical obstacles.

Keywords: Lake Baikal, geoecology, technogenesis, pollution of a snow

Уникальность объекта исследования определяется наличием на его территории самого глубокого и чистого озера планеты, объекта всемирного наследия – Байкала.

Объект исследования – снежный покров Северной котловины озера Байкал и прилегающей территории. Снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью, представляется наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения атмосферы. Количество выпадающего со снегом твердого осадка характеризует запыленность территории, фильтрат талого снега отражает степень загрязнения воздушного бассейна наиболее растворимыми формами элементов, которые являются наиболее токсичными для растений и живых организмов.

В зимний – весенний периоды 2015 г. проводился отбор проб снега с целью

выявления загрязнения атмосферного воздуха. Наблюдения с отбором проб образцов осуществлялись по системе ключевых площадок и поперечных маршрутов с учетом источников атмосферного загрязнения и розы ветров с учетом требований ГОСТов [5, 6]. Всего отобрано 65 проб снега в Средней котловине оз. Байкал и на прилегающей территории. На момент отбора проб период снегонакопления составил 131–140 дней. Места отбора проб показаны на рисунке. В табл. 1 приведены сведения о координатах точек отбора проб.

Аналитические работы проводились в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в лабораторных условиях по стандартизованным методикам на современном аналитическом оборудовании. Величина pH определена в суспензии потенциометрическим

методом с использованием комбинированных электродов. Концентрации основных анионов и катионов в снеговой воде определены стандартными химическими методами [13]. Содержание подвижных форм металлов установлено количественным атомно-эмиссионным спектральным методом на приборе Optima 2000DV (Optical Emission

Spectrometer). Содержание фтора измерялось на иономере Н-120 с применением фтор-селективного электрода. Нефтепродукты определены на флюорате. В работе учитывались ранее проведенные исследования [1–3, 9–12, 14], отчеты о состоянии окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии России [7, 8].



Схема ключевых участков и профилей в Средней котловине оз. Байкал (февраль – март 2015 г.):
● – ключевой участок отбора проб снега; 211–316; — номер площадки; профиль.

Таблица 1

Координаты и местоположение площадок отбора проб снега

Номер площадки	Координаты	Местоположение
1	2	3
211	N53 39 27.3 E109 42 10.3	р. Нестериха (Баргузинская котловина)
212	N53 36 12.4 E109 34 09.3	р. Гремячая (Баргузинская котловина)
213	N53 34 00.0 E109 31 32.8	р. Баргузин (русло, Баргузинская котловина)
214	N53 34 02.1 E109 31 28.1	109 м от пл. № 213 (Баргузинская котловина)
215	N53 29 29.1 E109 20 00.6	м\у Зорино и Адамово (Баргузинская котловина)
216	N53 25 15.0 E109 00 36.4	Усть-Баргузин (дельта р. Баргузин)
217	N53 16 47.9 E108 49 17.0	Склон к долине р. Духовная
218	N53 16 13.9 E108 45 07.7	Источник на берегу Байкала
219	N53 16 19.6 E108 45 03.5	Окраина с. Максимиха, оз. Байкал
221	N53 17 16.2 E108 41 40.9	12 км на З от о. Ольхон, оз. Байкал
222	N53 17 14.5 E108 41 34.9	Мыс в 3 км от с. Максимиха, берег
223	N52 56 59.0 E107 12 58.2	За о. Ольхон, оз. Байкал

Окончание табл. 1

1	2	3
224	N52 54 55.5 E107 41 58.9	Ольхонские ворота, за о. Ольхон, оз. Байкал
230	N53 14 36.8 E108 31 54.2	Мыс Телегина, берег
231	N53 14 38.1 E108 31 54.5	Мыс Телегина, берег
232	N53 10 11.1 E108 25 35.8	с. Катково, оз. Байкал
233	N51 31 21.8 E105 12 10.9	Долина р. Переемная
234	N51 33 58.1 E105 94 75.8	Долина р. Переемная
235	N53 07 39.4 E108 20 39.6	7 км Ю-З от Катково, берег
236	N53 06 38.4 E108 17 53.8	Залив мыс Катково, оз. Байкал
237	N51 51 50.1 E104 57 33.7	Залив мыс Катково, берег
238	N51 51 52.0 E104 57 37.6	Залив мыс Катково, оз. Байкал
239	N53 06 31.9 E108 18 01.6	Залив мыс Катково, берег
240	N53 03 05.2 E108 19 45.1	р. Безымянка
241	N52 59 12.5 E108 16 47.2	Горячинск, оз. Байкал
242	N53 32 39.9 E108 65 60.2	с. Турка, оз. Байкал
243	N52 59 40.8 E107 54 08.8	Напротив с. Турки, оз. Байкал
244	N52 53 55.4 E108 08 45.5	7 км от Турки, берег
245	N52 57 37.4 E107 47 99.1	Напротив мыса Гремячинский, оз. Байкал
246	N52 49 41.5 E107 59 13.6	Мыс Гремячинский 3 км от с Гремячинск, берег
247	N52 31 97.2 E106 51 53.8	12 км от д. Дулан, оз. Байкал
248	N52 27 40.9 E106 51 44.5	10 км от д. Дулан, берег
249	N52 20 07.5 E106 50 01.9	д. Оймур напротив впадения р. Оймур, оз. Байкал
250	N52 19 12.0 E106 47 37.7	д. Оймур, оз. Байкал
251	N52 08 11.9 E106 17 21.1	с. Итомино, оз. Байкал
252	N51 45 19.8 E105 44 12.9	м\у Бабушкиным и Ключевкой, оз. Байкал
253	N52 02 10.9 E106 11 39.4	Перед с. Посольское, берег
254	N51 39 57.1 E105 55 41.7	За с. Бабашкин, оз. Байкал
255	N51 42 01.3 E105 49 07.1	м\у Бабушкиным и Ключевкой, оз. Байкал
256	N51 37 34.4 E105 35 71.2	Напротив устья р. Переемной, оз. Байкал
257	N51 34 10.3 E105 09 52.7	В 100 м от устья р. Переемной, оз. Байкал
293	N53 10 42.0 E106 58 47.6	Северная оконечность оз. Курма, оз. Байкал
294	N52 48 35.2 E106 35 45.8	20 км от пр. Ольхонские ворота
295	N53 10 21.6 E106 58 27.6	Курминский залив, оз. Байкал
296	N52 45 29.2 E106 49 19.9	За Малым морем, оз. Байкал
297	N53 10 24.4 E106 58 13.1	Курминский залив, берег
298	N52 49 16.3 E106 50 47.3	За Малым морем, оз. Байкал
299	N53 10 22.8 E106 57 55.0	Курминский залив, берег
300	N53 09 40.4 E106 56 59.5	м/м. Уюга и Хадарта, залив Хагдан-Далай, оз. Байкал
301	N53 09 11.3 E106 55 29.3	мыс Хадарта, оз. Байкал
302	N53 09 12.2 E106 55 11.2	Малое море, берег
303	N53 09 11.9 E106 55 10.5	Малое море, берег
304	N53 08 13.8 E106 53 05.7	Малое море, оз. Байкал
305	N53 07 51.5 E106 52 15.5	Малое море, берег
306	N52 51 51.9 E106 41 52.7	18 км от пр. Ольхонские ворота
307	N52 57 23.3 E106 51 41.0	За Малым морем, оз. Байкал
308	N53 03 21.6 E106 46 43.2	Шида
309	N53 01 20.9 E106 45 02.5	ур. Кулура (Байкал)
310	N53 01 09.8 E106 54 06.2	пролив Ольхонские ворота (Байкал)
311	N52 52 56.8 E106 35 20.3	оз. Холбо-Нур
312	N52 52 38.3 E106 35 09.9	оз. Шадар-Нур
313	N52 31 25.1 E106 02 18.1	Бугульдейка, оз. Байкал
314	N52 45 27.3 E106 18 05.8	Приморский хребет
315	N52 45 27.6 E106 18 05.8	Приморский хребет
316	N52 45 26.6 E106 18 05.6	Приморский хребет

Загрязнение атмосферы и снега

Формирование на территории Бурятии высокого уровня загрязнения атмосферы обусловлено выбросами предприятий энергетики, целлюлозно-бумажной промышленности и т.д., а также наличием в холодный период года длительных периодов с неблагоприятными для рассеивания примесей метеорологическими условиями, которые создаются на территории Забайкалья, чаще в зимний период при действии антициклона, когда мощные инверсии температуры образуют задерживающий слой, распространяющийся на сотни км и препятствующие переносу примесей в верхние слои атмосферы.

Ареал Нижнеселенгинского промузла занимает западную часть Кабанского района Бурятии и вытянут вдоль левобережья р. Селенги. Здесь имеются два крупных промышленных центра – поселки Селенгинск и Кабанск.

Основной вклад в выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в п. Селенгинск вносит ОАО «Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат», который составляет более 90 %. Сероуглерод и формальдегид в выбросах ОАО «Селенгинский ЦКК» не содержался. Источниками загрязнения атмосферы пылегазовыбросами служат цехи самого комбината, локомотивы и автотранспорт. Выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения составляют 3,2 тыс. т в год, в том числе твердых взвешенных веществ 1,3 тыс. т; диоксида серы 0,8 тыс. т; окиси углерода 0,8 тыс. т; окислов азота – 0,2 тыс. т; углеводов – 0,004 тыс. т. Основной вклад в загрязнения атмосферного воздуха вносит Селенгинский ЦКК (около 100 %). Приоритетными загрязнителями явились сероуглерод (2,5 ПДК), формальдегид (2,9 ПДК), фенол (1,1 ПДК). От предприятий ЖКХ, транспорта, материально-технического снабжения загрязняющие вещества поступают в атмосферу без очистки.

В поселке Каменск в 2014 г. выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников составили – 3,9 тыс. т (2012 г. – 3,8 тыс. т) в том

числе: твердых веществ – 1,8 тыс. т; диоксида серы – 0,5 тыс. т; окиси углерода – 1,2 тыс. т; окислов азота – 0,3 тыс. т.

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха от стационарных источников вносят предприятия производства прочих неметаллических минеральных ресурсов (74,8 %) и ОАО ТГК-14 «Генерация Бурятии» Тимлюйская ТЭЦ (17,8 %). Общая степень улавливания вредных веществ составляет 94,3 %, в том числе на предприятиях производства, передаче и распределения электроэнергии, газа, пара и горячей воды – 84,7 %, на предприятиях производства прочих неметаллических минеральных продуктов – 95,3 %.

Максимальные коэффициенты концентрации химических элементов в снежном покрове Средней котловины оз. Байкал по отношению к фону имеют следующие значения: F – 2,1; SO₄ – 4,4; NO₃ – 9; PO₄ – 20; K – 7; Na – 3,8; NH₄ – 35; Mo – 4,6; Mn – 6,8; Ba – 2,3; Al – 3,5; Pb – 10; Ni – 3; V – 2,3; Cr – 13; Fe – 2,3; Si – 10; Zn – 4,8; Sr – 4,6; Ti – 5; Hg – 3,5; нефтепродукты – 3,5 (табл. 2, 3). Содержания NH₄, Hg и нефтепродуктов в снеге превышают ПДК в 7, 3 и 3 раза.

Промышленные предприятия и котельные Улан-Удэ, Гусиноозерска, Петровска-Забайкальска, Кяхты и других городов, расположенных в буферной зоне Байкальской природной территории, существенного влияния на озеро Байкал не имеют, вследствие удаленности, особенностей метеорологических условий и орографических препятствий. Но они имеют влияние на экосистему всего Байкальского региона. Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат имеет существенное влияние на озеро Байкал не воздушным путем, а непосредственно по речным стокам.

По многочисленным исследованиям [2, 9–12, 14] в последние годы выявлено, что значительно меньшую часть общего объема загрязнения атмосферы над Байкалом представляют продукты воздушного переноса от Иркутско-Черемховской агломерации, из-за удаленности, большого количества штилей и туманов.

Таблица 2

Величина pH, содержание нефтепродуктов и основных ионов в снеговой воде Средней котловины оз. Байкал и прилегающей территории, март 2015 г.

№ п/п	pH	Анионы						Катионы						Взвешенное вещество, г/дм ³	Минерализация, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
		F ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
211	6,42	0,131	3,05	3,50	5,50	0,032	0,001	0,001	0,80	0,19	0,273	0,831	0,001	0,221	14,31	0,018
212	6,08	0,070	3,05	4,03	23,65	0,032	0,001	0,001	2,54	0,25	0,220	0,331	0,001	0,085	34,18	0,046
213	6,38	0,055	9,76	3,68	0,11	0,005	0,001	0,003	1,65	0,33	0,124	0,517	0,001	0,203	16,24	0,022
214	6,09	0,052	1,83	3,15	0,11	0,006	0,001	0,001	2,21	0,33	0,672	0,609	0,001	0,339	8,97	0,014
215	6,18	0,058	3,05	3,04	0,11	0,004	0,001	0,001	0,90	0,25	0,145	0,280	0,001	0,337	7,84	0,044
216	6,20	0,061	1,98	4,20	0,11	0,009	0,001	0,005	0,91	0,26	0,245	0,279	0,001	0,301	8,06	0,026
217	6,46	0,099	1,22	3,25	0,22	0,022	0,001	0,001	0,91	0,27	0,346	0,330	0,001	0,221	6,67	0,035
218	6,30	0,120	1,56	3,50	0,11	0,024	0,001	0,001	2,05	0,12	0,276	0,438	0,001	0,210	8,20	0,013
219	6,42	0,135	3,05	3,28	0,33	0,009	0,001	0,004	1,73	0,33	0,301	0,922	0,25	0,051	10,34	0,059
221	6,50	0,076	4,27	3,85	0,11	0,015	0,001	0,005	1,75	0,35	0,233	0,414	0,40	0,086	11,47	0,060
222	6,00	0,079	1,83	4,20	0,11	0,006	0,001	0,001	1,25	0,21	0,546	0,578	0,001	0,690	8,81	0,065
223	6,57	0,050	4,27	4,20	12,10	0,005	0,001	0,006	0,39	0,26	0,267	0,189	0,001	0,410	21,74	0,023
224	6,68	0,060	3,66	4,38	0,11	0,008	0,001	0,001	1,11	0,25	0,181	0,282	0,001	0,108	10,04	0,009
230	6,05	0,075	3,66	3,76	0,22	0,008	0,350	0,001	1,01	0,19	0,370	0,428	0,001	0,092	10,07	0,126
231	6,10	0,072	1,85	3,85	26,40	0,009	0,010	0,003	4,22	0,68	0,273	0,657	0,009	0,091	38,03	0,034
232	6,36	0,070	1,83	3,68	12,10	0,006	0,001	0,002	1,23	0,35	0,211	0,416	0,001	0,093	19,90	0,042
233	6,48	0,083	2,44	4,30	0,11	0,007	0,001	0,001	1,02	0,26	0,200	0,220	0,001	0,089	8,64	0,035
234	6,62	0,080	1,37	4,38	0,11	0,047	0,001	0,080	2,30	0,37	2,111	1,849	0,001	0,058	12,70	0,071
235	6,31	0,060	3,66	4,03	12,10	0,040	0,35	0,001	0,89	0,19	0,319	0,431	0,001	0,083	22,07	0,068
236	6,42	0,048	1,83	3,98	9,35	0,010	0,001	0,002	0,57	0,15	0,077	0,137	0,001	0,069	16,16	0,032
237	6,30	0,050	1,87	3,84	9,79	0,008	0,010	0,001	1,08	0,22	0,254	0,576	0,005	0,065	17,71	0,025
238	6,25	0,045	1,98	4,38	12,10	0,009	0,010	0,002	0,64	0,14	0,060	1,052	0,009	0,065	20,43	0,030
239	6,14	0,074	2,44	3,94	0,99	0,030	0,010	0,001	0,39	0,11	0,225	0,317	0,01	0,060	8,54	0,034
240	6,20	0,061	1,89	4,03	0,11	0,020	0,001	0,001	2,22	0,48	0,260	0,557	0,001	0,050	9,63	0,010
241	6,44	0,093	1,83	3,50	3,30	0,004	0,001	0,002	1,26	0,23	0,273	0,904	0,001	0,104	11,40	0,042
242	6,34	0,098	6,10	3,33	0,11	0,020	0,010	0,001	3,90	1,00	0,365	1,503	0,01	0,063	16,45	0,091
243	6,27	0,060	1,22	3,85	0,99	0,001	0,001	0,001	4,22	0,68	0,273	0,657	0,001	0,150	11,95	0,061

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
244	7,39	0,067	1,22	2,98	0,11	0,013	0,001	0,003	1,47	0,16	0,055	0,195	0,001	0,134	6,28	0,104
245	6,17	0,082	1,83	3,50	0,11	0,025	0,001	0,001	1,61	0,36	0,141	0,321	0,001	0,071	7,98	0,032
246	6,15	0,073	1,83	3,68	0,11	0,015	0,001	0,001	1,03	0,27	0,117	0,179	0,001	0,090	7,31	0,037
247	6,34	0,121	5,49	5,25	0,11	0,020	0,001	0,002	2,72	0,36	0,412	0,949	0,001	0,057	15,44	0,033
248	6,52	0,080	1,83	3,15	0,11	0,001	0,350	0,005	2,52	0,56	0,048	0,312	0,001	0,164	8,97	0,023
249	6,74	0,122	14,64	3,85	0,11	0,047	0,450	0,001	3,46	0,81	1,048	1,955	0,50	0,094	27,00	0,030
250	7,20	0,054	12,81	4,03	0,11	0,053	0,001	0,010	8,30	1,00	0,460	1,449	0,001	0,110	28,28	0,036
251	6,67	0,104	8,54	3,85	9,90	0,001	0,001	0,001	3,05	0,55	0,308	0,950	0,001	0,178	27,26	0,048
252	6,45	0,102	2,44	3,85	13,20	0,030	0,010	0,001	0,75	0,14	0,188	0,389	0,01	0,037	21,11	0,024
253	6,33	0,133	6,10	5,43	5,50	0,033	0,010	0,002	2,28	0,50	0,998	0,810	2,80	0,102	24,60	0,140
254	6,86	0,155	7,93	3,33	0,11	0,025	0,200	0,004	5,17	1,06	0,521	0,762	0,001	0,136	19,27	0,026
255	6,37	0,092	4,27	3,50	6,60	0,041	0,200	0,001	3,07	0,68	0,244	0,770	0,001	0,060	19,47	0,037
256	6,46	0,130	2,44	3,78	0,11	0,029	0,010	0,005	0,62	0,18	0,214	0,824	0,01	0,109	8,35	0,033
257	6,68	0,116	3,66	2,10	11,00	0,040	0,001	0,001	1,20	0,26	0,390	1,456	0,001	0,124	20,23	0,051
293	6,56	0,059	3,66	3,50	0,11	0,040	0,012	0,012	4,64	0,25	0,175	0,213	0,020	0,057	12,69	0,007
294	6,70	0,100	3,05	3,50	0,11	0,030	0,009	0,001	0,61	0,13	0,161	0,129	0,010	0,063	7,84	0,032
295	6,17	0,090	2,44	3,33	0,11	0,040	0,005	0,001	0,84	0,18	0,200	0,191	0,009	0,005	7,44	0,026
296	6,16	0,100	2,44	2,98	0,11	0,030	0,250	0,005	0,34	0,09	0,112	0,131	0,001	0,149	6,59	0,029
297	6,12	0,078	1,83	3,15	0,11	0,050	0,205	0,001	1,30	0,30	0,750	0,352	0,001	0,131	8,13	0,033
298	6,67	0,088	4,88	3,50	0,11	0,050	0,350	0,001	0,42	0,10	0,141	0,314	0,20	0,256	10,15	0,043
299	6,71	0,084	6,10	3,68	0,11	0,044	0,250	0,001	0,07	0,11	0,140	0,196	0,15	0,141	10,94	0,069
300	6,34	0,080	1,22	2,80	0,11	0,028	0,010	0,001	0,68	0,15	0,123	0,359	0,009	0,044	5,57	0,021
301	6,35	0,085	3,05	3,15	0,11	0,040	0,015	0,001	0,61	0,13	0,161	0,229	0,05	0,067	7,63	0,020
302	6,50	0,103	4,27	1,75	23,1	0,050	0,206	0,001	0,84	0,17	0,200	0,191	0,08	0,204	30,96	0,034
303	6,54	0,022	6,71	1,58	20,90	0,049	0,010	0,012	4,64	0,27	0,175	0,213	0,01	0,106	34,59	0,028
304	6,82	0,097	3,05	3,15	2,75	0,051	0,015	0,001	0,61	0,13	0,161	0,229	0,50	0,003	10,74	0,045
305	6,39	0,029	3,66	2,28	13,20	0,030	0,010	0,001	0,84	0,17	0,200	0,191	0,01	0,181	20,62	0,034
306	6,37	0,029	7,32	1,93	13,20	0,051	0,050	0,001	0,97	0,21	0,137	0,196	0,01	0,233	24,10	0,037
307	6,22	0,064	3,05	2,63	2,75	0,051	0,010	0,001	0,42	0,10	0,149	0,314	0,01	0,005	9,55	0,039
308	6,31	0,015	6,71	3,33	2,75	0,039	0,012	0,001	2,30	0,40	0,850	0,452	0,10	0,458	16,96	0,039
309	6,45	0,016	1,83	2,28	17,60	0,020	0,010	0,001	0,69	0,15	0,223	0,359	0,01	0,401	23,19	0,020
310	6,03	0,045	3,66	2,28	17,60	0,034	0,010	0,015	0,34	0,09	0,112	0,131	0,01	0,035	24,33	0,032

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
311	6,13	0,080	3,56	2,78	25,30	0,025	0,006	0,009	0,40	0,30	0,228	0,225	0,04	0,030	32,95	0,009
312	6,55	0,082	4,06	1,56	12,10	0,028	0,007	0,008	0,43	0,25	0,245	0,254	0,03	0,025	19,05	0,008
313	6,61	0,020	6,42	1,45	12,65	0,030	0,010	0,001	0,69	0,28	0,193	0,500	0,04	0,024	22,28	0,018
314	6,34	0,027	2,44	2,10	17,60	0,050	0,070	0,009	0,54	0,19	0,187	0,395	0,01	0,055	23,62	0,046
315	6,22	0,022	5,49	2,63	19,25	0,035	0,010	0,007	0,48	0,19	0,126	0,153	0,01	0,029	28,40	0,066
316	7,33	0,019	4,88	2,10	17,60	0,050	0,011	0,001	0,37	0,17	0,261	0,286	0,01	0,124	25,76	0,044
Среднее	6,42	0,075	3,81	3,37	6,05	0,03	0,05	0,004	1,61	0,31	0,300	0,510	0,08	0,130	10,9	0,040
max	7,39	0,155	14,64	5,43	26,4	0,053	0,45	0,080	8,30	1,06	2,111	1,955	2,80	0,690	28,3	0,140
min	6,00	0,015	1,22	1,45	0,01	0,001	0,001	0,001	0,07	0,09	0,048	0,129	0,001	0,003	5,47	0,007
ПДК, ОДК	0,7–1,5	–	–	350	500	–	130	0,001	180	50	40–50	120–200	0,40	–	–	0,050

Примечание. ПДК, ОДК вод для питьевых и рыбохозяйственных нужд ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03; прочерк – ПДК и ОДК не установлены.

Таблица 3
Содержание макро- и микроэлементов в снеговой воде Средней котловины оз. Байкал и прилегающей территории, март 2015 г.

№ пл.	мг/дм ³																мкг/дм ³
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1																	
211	0,004	0,007	0,002	0,032	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,023	0,001	0,003	0,004	0,003	0,001	0,50
212	0,001	0,018	0,003	0,024	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,012	0,001	0,013	0,007	0,001	0,001	0,55
213	0,006	0,002	0,002	0,014	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,021	0,001	0,002	0,50
214	0,001	0,054	0,005	0,077	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,052	0,014	0,010	0,009	0,006	0,001	0,55
215	0,001	0,010	0,002	0,030	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,024	0,046	0,003	0,005	0,002	0,002	0,30
216	0,001	0,015	0,004	0,031	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,028	0,041	0,003	0,005	0,003	0,001	0,38
217	0,001	0,017	0,003	0,033	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,031	0,023	0,003	0,005	0,004	0,001	0,30
218	0,001	0,005	0,002	0,008	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,31
219	0,007	0,008	0,004	0,021	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,012	0,251	0,001	0,008	0,001	0,001	0,15
221	0,005	0,007	0,003	0,016	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,009	0,001	0,004	0,008	0,001	0,001	0,11
222	0,001	0,010	0,004	0,017	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007	0,061	0,008	0,005	0,001	0,001	0,15
223	0,001	0,010	0,002	0,025	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,019	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,08

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
224	0,001	0,001	0,002	0,008	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,006	0,001	0,002	0,002	0,15
230	0,001	0,015	0,003	0,022	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,013	0,001	0,004	0,004	0,001	0,001	0,001	0,20
231	0,013	0,003	0,004	0,013	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,025	0,001	0,001	0,001	0,18
232	0,001	0,003	0,002	0,006	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,010	0,009	0,001	0,001	0,001	0,20
233	0,001	0,008	0,003	0,013	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,013	0,001	0,011	0,006	0,001	0,001	0,001	0,25
234	0,001	0,007	0,003	0,016	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,086	0,016	0,009	0,001	0,001	0,001	0,15
235	0,001	0,010	0,002	0,017	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,006	0,056	0,004	0,004	0,001	0,001	0,001	0,14
236	0,001	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,007	0,003	0,001	0,001	0,001	0,20
237	0,001	0,003	0,002	0,010	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,006	0,01	0,001	0,001	0,15
238	0,001	0,006	0,003	0,019	0,01	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,008	0,085	0,002	0,004	0,001	0,001	0,001	0,18
239	0,005	0,003	0,002	0,011	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,187	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,10
240	0,011	0,003	0,003	0,015	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,010	0,001	0,001	0,001	0,16
241	0,004	0,007	0,002	0,016	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,002	0,004	0,006	0,001	0,001	0,001	0,20
242	0,013	0,011	0,004	0,013	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,008	0,017	0,010	0,024	0,001	0,001	0,001	0,10
243	0,013	0,003	0,004	0,013	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,025	0,001	0,001	0,001	0,11
244	0,005	0,002	0,002	0,009	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,12
245	0,004	0,008	0,003	0,020	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,012	0,001	0,013	0,009	0,001	0,001	0,001	0,10
246	0,001	0,010	0,003	0,029	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,020	0,001	0,013	0,006	0,002	0,001	0,001	0,12
247	0,011	0,011	0,003	0,019	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,009	0,001	0,014	0,010	0,001	0,001	0,001	0,13
248	0,001	0,012	0,005	0,014	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,004	0,020	0,013	0,010	0,001	0,001	0,001	0,14
249	0,011	0,024	0,007	0,028	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,015	0,409	0,023	0,022	0,002	0,001	0,001	0,15
250	0,012	0,017	0,007	0,050	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,022	0,048	0,011	0,027	0,002	0,001	0,001	0,16
251	0,001	0,009	0,004	0,013	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004	0,156	0,001	0,015	0,001	0,001	0,001	0,18
252	0,009	0,007	0,002	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,006	0,004	0,001	0,002	0,002	0,15
253	0,007	0,026	0,006	0,035	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,021	0,001	0,024	0,012	0,003	0,002	0,002	0,20
254	0,007	0,008	0,003	0,016	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,002	0,008	0,001	0,007	0,026	0,001	0,002	0,002	0,18
255	0,008	0,007	0,005	0,028	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,026	0,017	0,052	0,002	0,019	0,001	0,001	0,001	0,20
256	0,002	0,006	0,002	0,018	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,020	0,147	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,15
257	0,009	0,007	0,004	0,020	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,028	0,465	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,20

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
293	0,001	0,001	0,003	0,021	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,014	0,138	0,001	0,007	0,002	0,002	0,001	0,26
294	0,003	0,002	0,004	0,008	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002	0,006	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,002	0,10
295	0,001	0,009	0,002	0,038	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,034	0,061	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,12
296	0,004	0,003	0,001	0,008	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,004	0,005	0,365	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,11
297	0,001	0,008	0,006	0,071	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,069	0,113	0,002	0,010	0,006	0,001	0,001	0,10
298	0,004	0,003	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	0,002	0,047	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,12
299	0,002	0,006	0,002	0,072	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,070	0,146	0,001	0,004	0,008	0,002	0,002	0,14
300	0,001	0,005	0,001	0,004	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,11
301	0,005	0,001	0,004	0,008	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002	0,006	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,08
302	0,023	0,006	0,002	0,072	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,070	0,246	0,001	0,004	0,008	0,001	0,001	0,10
303	0,001	0,001	0,003	0,021	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,014	0,138	0,001	0,007	0,002	0,002	0,001	0,15
304	0,005	0,002	0,004	0,008	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002	0,006	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,21
305	0,001	0,009	0,002	0,038	0,001	0,002	0,001	0,001	0,004	0,001	0,034	0,061	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,18
306	0,001	0,009	0,002	0,038	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,001	0,034	0,061	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,14
307	0,004	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,005	0,002	0,047	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,14
308	0,001	0,028	0,006	0,071	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,069	0,113	0,002	0,010	0,006	0,002	0,002	0,15
309	0,001	0,004	0,001	0,004	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,004	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,18
310	0,004	0,003	0,001	0,008	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,004	0,005	0,765	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,10
311	0,002	0,004	0,006	0,010	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,010	0,005	0,010	0,002	0,002	0,002	0,15
312	0,010	0,003	0,005	0,009	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,005	0,012	0,004	0,015	0,002	0,002	0,001	0,66
313	0,002	0,003	0,007	0,011	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	0,004	0,004	0,001	0,005	0,041	0,001	0,001	0,001	0,14
314	0,012	0,004	0,001	0,024	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,015	0,463	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,19
315	0,016	0,001	0,001	0,015	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007	0,001	0,011	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,20
316	0,006	0,004	0,002	0,028	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,022	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,20
Среднее	0,005	0,008	0,003	0,022	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,020	0,077	0,005	0,009	0,002	0,001	0,001	0,19
max	0,023	0,054	0,007	0,077	0,010	0,003	0,004	0,002	0,007	0,026	0,070	0,765	0,024	0,041	0,010	0,002	0,002	0,66
min	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,08
ПДК, ОДК	0,25	0,1	0,7	0,5	0,001	0,02	1,0	0,002	–	0,05	0,3	10	5,0–1,0	7	–	0,1	0,001–0,005	0,3–0,5

Примечание. ПДК, ОДК вод ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03; прочерк – ПДК и ОДК не установлены.

Выводы

Результаты проведенных работ в Средней котловине оз. Байкал выявили три района аномальных концентраций химических веществ в снежном покрове. Первый имеет локальное распространение в прибрежной зоне Приольхонья, где наблюдается повышенное содержание химических элементов в снеге, что, по нашему мнению, связано не только с антропогенной нагрузкой вблизи населенных пунктов и турбаз, а также с терригенной пылью пород и почв. Снег легко выдувается на остепненных участках. Прибреговые оголенные бесснежные остепненные участки Приольхонья имеют относительно большую площадь, с которых сильными ветрами переносятся макро- и микрочастицы почв и пород, характерных для данного региона, на акваторию озера. Данное загрязнение имеет локальный и природный характер. Второй район регионального загрязнения снежного покрова приурочен к долине р. Селенга, по которой переносятся техногенные выбросы Селенгинского промышленного узла. Третий – имеет локальное распространение в районе п. Баргузина и Усть-Баргузина. Реакция снеговых вод (рН) вблизи населенных пунктов и Селенгинского промышленного узла варьирует от 6,3 до 7,2; содержания HCO_3^- , Ca, K, Na, Mo, Mn, Pb, Fe, Zn и Sr превышают фоновые значения в 4, 7, 4, 4, 9, 3, 2, 3, 6 и 2 раза соответственно. Содержания NH_4^+ , Hg и нефтепродуктов в снеге превышают санитарно-гигиенические нормы.

Список литературы

1. Белоголовов В.Ф. Геохимический атлас г. Улан-Удэ. – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1989. – 52 с.
2. Белозерцева И.А., Матушкина О.А. Загрязнение атмосферы // Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Байкальская природная территория. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2002. – С. 31–37.
3. Воробьева И.Б., Напрасникова Е.В., Власова Н.В. Эколого-геохимическая оценка системы: снег на льду – лед – подледная вода оз. Байкал // Ледовые и термические процессы на водных объектах России. – Архангельск: Институт водных проблем РАН, 2007. – С. 87–90.
4. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». – 2003. – http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41363/index.htm.
5. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – 1983. – <http://docs.cntd.ru/document/1200012472>.
6. ГОСТ 17.1.5.05.85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков (дождь, роса, снег, град, изморозь). – М.: Государственный комитет России по гидрометеорологии и контролю природной среды. – 1985. – <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9215/index.htm>.
7. Государственный доклад о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2006 г. МПР РФ, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – М.-Иркутск: Сибирский филиал ФРУНПП «Росгеофонд», 2007. – 420 с.
8. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011–2013 году». Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2012–2014. – <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101>
9. Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 156 с.
10. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / науч. ред. акад. М.И. Кузьмин; Рос. акад. наук, сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А.П. Виноградова. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 234 с.
11. Михеева А.С. Загрязнение атмосферы // Антропогенная трансформация природных систем и социально-экономические последствия в бассейне реки Селенги. Министерство образования и науки Российской Федерации, Бурятский государственный университет, Байкальский институт природопользования СО РАН. – Улан-Удэ, 2012. – С. 124–133.
12. Нечаева Е.Г., Белозерцева И.А., Напрасникова Е.В., Воробьева И.Б., Дубынина С.С., Давыдова Н.Д., Власова Н.В. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. – Новосибирск: НАУКА, 2010. – 315 с.
13. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 486 с.
14. Ходжер Т.В., Сорокикова Л.М. Оценка поступления растворимых веществ из атмосферы и с речным стоком в озеро Байкал // География и природные ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 185–191.

АТТРАКТОРЫ РОСТА МОЩНОСТИ ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА ЧЕРНОЗЁМОВ

Голеусов П.В.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: Goleusov@bsu.edu.ru

В статье с позиций синергетики рассматривается феномен резкого замедления скорости формирования гумусового горизонта чернозёмов суббореальной зоны. Предлагается обоснование существования двух динамически устойчивых состояний (аттракторов) в развитии данного морфологического признака почвы. Первый аттрактор – «экосистемный» – обусловлен спецификой гумусонакопления «*in situ*» в слое с максимальным количеством ежегодного подземного опада травянистой растительной группировки. Второй аттрактор – «климатический» – определяется биоклиматическим потенциалом почвообразования, от которого зависит предельная мощность гумусового горизонта. Представлены статистические характеристики аттракторов. В практическом отношении при управлении почвообразовательным процессом важно уделять особое внимание достижению «экосистемного аттрактора», обеспечивающего основные продукционные возможности биоценоза. Задачи охраны почв обязательно должны включать сохранение полноценного габитуса гумусового профиля, как депонирующего углерод блока биосферы.

Ключевые слова: синергетика, аттракторы развития почв, чернозёмы, мощность гумусового горизонта, скорость почвообразования

ATTRACTORS OF HUMUS HORIZON FORMATION IN CHERNOZEMS

Goleusov P.V.

Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: Goleusov@bsu.edu.ru

The article from the position of synergetics phenomenon of abrupt deceleration of humus horizon formation rate in subboreal zone is considered. It is proposed to study the existence of two dynamically stable states (attractors) in the development of the soil morphological characteristic. The first attractor – «ecosystem» – due to the specifics of humus accumulation «*in situ*» in the layer with the highest quantity of annual plant underground litter of herbaceous groups. The second attractor – «climate» – defined bioclimatic potential of soil, on which depends the ultimate thickness of the humus horizon. The statistical characteristics of the attractors are presented. In practical terms, under the management of soil-forming process it is important to pay particular attention to the achievement of the «ecosystem attractor», which provides the main productional opportunities of biocenosis.

Keywords: synergetics, soil development attractors, chernozems, humus horizon, soil formation rate

Формирование почвы как высокоорганизованной многофазно-твердофазной биокосной природной системы обеспечивается (в соответствии с центральной парадигмой почвоведения – формулой Докучаева – Иенни) взаимодействием факторов почвообразования (материнских пород, климата, биоты, рельефа, времени), которое реализуется в протекании элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) [7]. Результатом протекания ЭПП становится накопление и распределение в толще литоматрицы твердофазных остаточных продуктов функционирования (ТОПФ) [5, 6]. В концептуальном отношении самоорганизация почв выражается в переходе от функционирования почвенной системы, которое начинается с ноль-момента ее состояния и потенциально бесконечно, к собственно педогенезу – необратимому самотормозящему процессу, имеющему экзогенно и эндогенно обусловленные пределы реализации [8] в рамках биосферного, ландшафтного, эко-

системного и собственно почвенного аттракторов. Под аттрактором в синергетике понимается [4] «притягивающее» состояние относительной устойчивости системы определённого типа, к которому сходятся индивидуальные траектории её развития, различающиеся начальными условиями. Это своего рода «цель развития» системы. В экологии этому понятию соответствует представление о климаксе (моноклимаксе, поликлимаксе, квазиклимаксе) экосистем, в географии – эквифинальное состояние геосистемы, а в почвоведении – понятие зональной, климаксовой почвы. В представлении В.О. Таргульяна аттракторы развития почвы – это устойчивые диагностические признаки (горизонты) определенного типа почвообразования [8]. В данной статье представлена попытка выявления аттракторов развития гумусового горизонта чернозёмов путём анализа траекторий формирования его мощности, по результатам почвенно-хронологических исследований, проведённых автором в 1998–2015 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Гумусовый горизонт – наиболее важный в биосферном отношении почвенный морфон, развитие которого удобно исследовать методом хронорядов экспонированных почв. Нами (в сотрудничестве с проф. Ф.Н. Лисецким) составлен банк данных о мощности гумусового горизонта разновозрастных чернозёмов (База почвенно-хронологических данных. Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2010620434. За-рег. в Реестре баз данных 16.08.2010 г.), на основе изучения морфологии новообразо-ванных почв, сформировавшихся на датиро-ванных поверхностях различного происхож-дения (археологические, беллигеративные, техногенные и др. объекты). Общий анализ этих данных представлен в монографии [2].

В развитии чернозёмов лесостепной и степной зон нами был установлен феномен резкого (на два порядка) замедления скорости формирования гумусового горизонта в хроно-интервале $n \cdot 10^2$ лет. На графике, объединяю-щем траектории индивидуального развития почв в различных по благоприятности для почвообразования условиях это замедление выглядит следующим образом (рис. 1). За-медление происходит при достижении 20% от наибольшей среднестатистической мощ-ности гумусового горизонта лесостепных чернозёмов. Для разных условий почвообра-зования можно сказать, что скорость роста гумусового горизонта резко замедляется при достижении мощности 150–200 мм.

Логике процесса формирования гумусо-вого горизонта чернозёмов в первые десяти-летия образования почв на экспонированном рыхлом субстрате, вероятно, соответствует модель, отражающая довольно быстрое воз-

растание скорости почвообразования (вслед-ствие увеличения поступления органического вещества в субстрат в ходе развития фитоце-ноза, становления микробиоценоза, почвенной фауны). Затем, после достижения пика, модель должна отражать постепенное снижение ско-рости почвообразования по мере установле-ния баланса органического вещества в зоне максимального освоения субстрата почвен-ной биотой. В дальнейшем, на тысячелетнем этапе педогенеза скорость формирования гу-мусового горизонта суббореальных черно-зёмов может несколько возрастать (от 0,11 до 0,18 мм/год) как следствие перераспреде-ления органического вещества по профилю, но в итоге медленно снижается до значений около 0,05 мм/год. В имитационном моделировании такие динамические особенности процесса могут быть описаны с помощью *s*-образной функции Гомперца [2] (рис. 2).

Гумусовый горизонт на ранних стадиях развития почв должен выполнять экосистем-ные функции накопления гумуса и элементов минерального питания, создания слоя, бла-гоприятного по физическим свойствам для развития подземных органов растений (пре-жде всего, почек возобновления криптофитов и гемикриптофитов), для обитания почвенной фауны сапрофагов. Эти функции реализуют-ся в слое мощностью до 200 мм, которая из-начально обусловлена структурой подземных ярусов фитоценоза. Именно в этом слое гуми-фицируется значительная часть подземного опада травянистых растительных группиро-вок, в которых доминируют злаки. Вероятно, на данном этапе почвообразования ведущую роль проявляют факторы биоты и материн-ской породы. Таким образом, в первые десяти-летия роста мощности гумусового горизонта почвенная система достигает первого attrak-

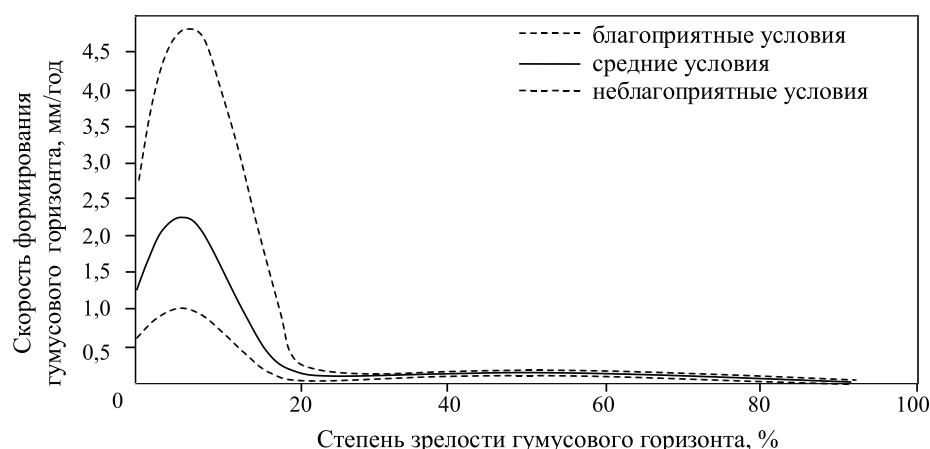


Рис. 1. Зависимость скорости формирования гумусового горизонта лесостепных чернозёмов от степени его зрелости (предельной мощности, 1200 мм) в разных условиях почвообразования

тора развития, сохраняя асимптотическую устойчивость на протяжении нескольких столетий. При этом в процессе достижения гумусовым горизонтом определённого предела в функциональном развитии формируются предпосылки для медленного роста в области «притяжения» второго аттрактора, соответствующего климатически обусловленной предельной мощности гумусового горизонта. Возникает область перехода, характеризующаяся повышенной сенсорностью почвенной

системы к действию нового ведущего фактора почвообразования – климата (рис. 2).

На рис. 3 представлена схема теоретических оснований для моделирования процесса роста гумусового горизонта новообразованных чернозёмных почв.

Процесс формирования гумусового горизонта лесостепных чернозёмов можно описать следующей системой уравнений, построенных на основе функции Гомперца:

$$\begin{cases} H_t = 200 \cdot \exp(-\exp(0,769 - 0,028) \cdot t), & (t < 70); \\ H_t = 1200 \cdot \exp(-\exp(0,742 - 0,00029) \cdot t), & (t \geq 70), \end{cases} \quad (1)$$

где H_t – мощность гумусового горизонта, мм; t – время почвообразования, годы.

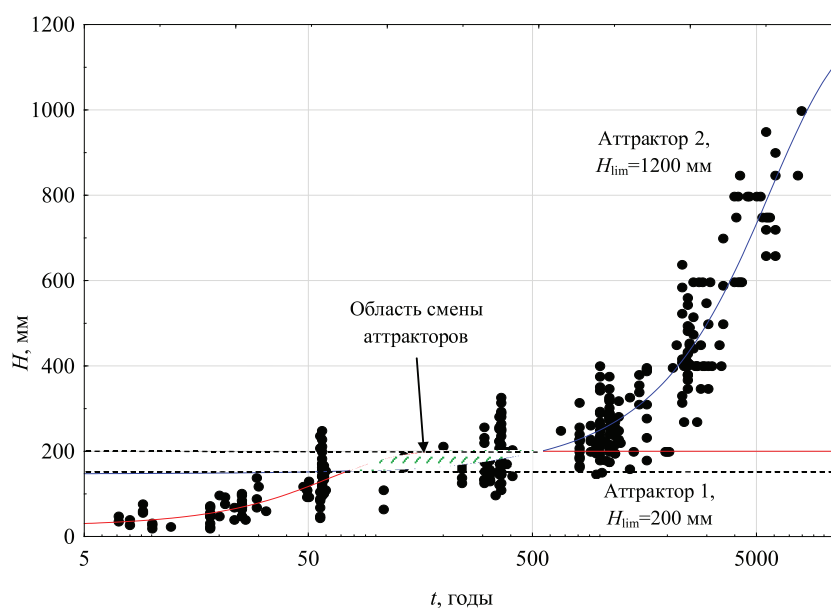


Рис. 2. Области действия и смены аттракторов на графике роста мощности гумусового горизонта лесостепных чернозёмов (H , мм) во времени (t , годы).
Ось времени представлена в логарифмированном виде

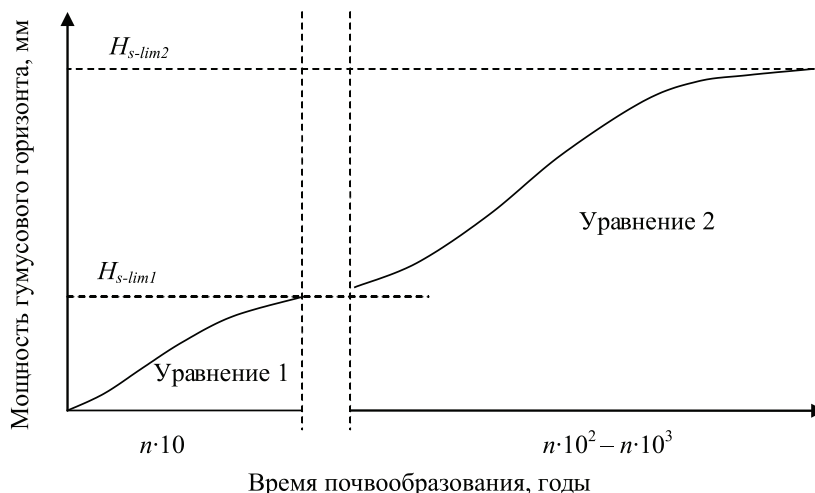


Рис. 3. Схема процесса роста гумусового горизонта лесостепных чернозёмов

Исследование полученного уравнения даёт следующие результаты. Скорость формирования гумусового горизонта лесостепных чернозёмов в основную фазу роста на начальном этапе рецессного почвообразования составляет 1,5–2,1 мм/год с максимумом в 28-летнем возрасте почвы. В наиболее благоприятных условиях скорость формирования генетического профиля почвы превышает 8 мм/год. Стабилизация процесса начинается в 60-летнем возрасте почвы. В это время, очевидно, происходит изменение соотношения механизмов роста гумусового горизонта: преимущественно «инситное» его формирование в зоне активного гумусонакопления сменяется превалированием элювиально-иллювиальной ассимиляции породного материала нижележащих горизонтов почвы. В масштабах общего характерного времени формирования гумусового горизон-

та чернозёмов этот период «перестройки» довольно узок: его продолжительность вряд ли превышает 100–200 лет. Расчетным путем (решением системы уравнений (1) и их производных) можно определить хроноинтервал развития почвы, в котором динамика формирования гумусового горизонта начинает описываться уравнением «медленного роста» – 70–170 лет.

С позиций синергетики такое поведение почвенной системы соответствует схеме кризиса в её развитии, обусловленного онтогенетическими причинами. Результатом этого кризиса является смена аттрактора. Это хорошо заметно на графике объединённых фазовых траекторий (рис. 3), построенном для хронология развития гумусового горизонта лесостепных чернозёмов с возрастом 7–7900 лет. В таблице представлены статистические характеристики выделенных аттракторов.

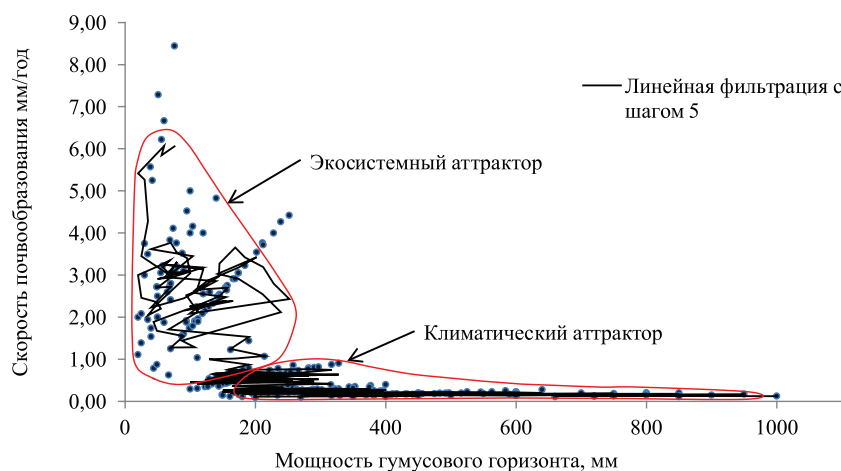


Рис. 4. Зависимость скорости формирования гумусового горизонта лесостепных чернозёмов от его мощности

Статистические характеристики аттракторов
формирования гумусового горизонта чернозёмов

Статистическая характеристика	Экосистемный аттрактор		Климатический аттрактор	
	Скорость, мм/год	Мощность, мм	Скорость, мм/год	Мощность, мм
Среднее	2,88	100,64	0,31	337,57
Доверительный интервал среднего ($p = 95\%$)	0,29	11,26	0,03	24,67
Стандартная ошибка	0,15	5,75	0,01	12,58
Медиана	2,64	94	0,23	271
Мода	2,00	70	0,45	400
Стандартное отклонение	1,40	54,20	0,20	191,68
Коэффициент вариации	48,65	53,86	64,07	56,78
Экссесс	3,07	0,02	1,43	1,16
Асимметричность	1,45	0,74	1,45	1,34
Минимум	0,63	20	0,10	100
Максимум	8,44	252	1,07	1000
Объём выборки	89	232		

Первый аттрактор, названный нами «экосистемным», характеризуется медианной скоростью 2,67 мм/год, имеет более «рыхлую» структуру, по сравнению со вторым – «климатическим». Это связано с большей «свободой поиска» устойчивого состояния почвенной системы и, вероятно, с большей управляемостью её развитием. Главный предиктор роста гумусового горизонта на данном этапе почвообразования – мощность зоны активного гумусонакопления, соответствующая слою с наибольшей концентрацией подземного опада травянистых экосистем [3]. Второй аттрактор, с медианной скоростью роста гумусового горизонта 0,23 мм/год, обусловлен более жёстким предиктором – зональным биоклиматическим потенциалом почвообразования [1], который характеризуется меньшей вариабельностью в пределах одной климатической зоны, чем, например, разнообразие субстратно-фитоценологических условий почвообразования. Медианные центроиды аттракторов имеют следующие значения в системе координат мощность/скорость роста:

- 1) 94 мм; 2,64 мм/год;
- 2) 271 мм; 0,23 мм/год.

В онтогенетической шкале это положение соответствует 8 и 23% от предельной мощности, а в хронологической – возрасту почв в 38 и 1188 лет.

Заключение

В эмпирически установленной смене режимов формирования гумусового профиля черноземов, очевидно, проявляется наличие кризиса, связанного со снижением фиксации гумусовых веществ в почвенном материале в зоне «инситного» гумусонакопления и высокой интенсивности зоогенного перемешивания, а также переходом к медленному распределению гумусовых веществ вниз по профилю за счёт преиму-

щественно абиотических процессов. Это позволяет судить о разных по значимости уровнях мощности гумусового горизонта:

1) экологически достаточном, обеспечивающем устойчивое функционирование экосистемы;

2) климатически обусловленном – имеющем биосферное значение.

В управлении развитием почв необходимо особое внимание уделить воспроизводству почв в области «экосистемного аттрактора», т.к. это состояние почвенной системы определяет продукционные характеристики биоценоза. Вместе с тем задачи охраны почв обязательно должны включать сохранение полноценного габитуса гумусового профиля, как депонирующего углерод блока биосферы.

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента РФ МД-6807.2015.5.

Список литературы

1. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
2. Голёусов П.В. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи / П.В. Голёусов, Ф.Н. Лисецкий. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.
3. Голёусов П.В. Особенности воспроизводства ресурсных характеристик травянистых фитоценозов в антропогенно нарушенных экосистемах лесостепной зоны // Научные Вестники БелГУ. – Серия Естественные науки. – 2012. – № 3 (112). – Вып. 18. – С. 124–130.
4. Князева Е.Н. Законы эволюции и организации сложных систем / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 236 с.
5. Таргульян В.О. Почва как биокосная природная система: реактор, память и регулятор биосферных взаимодействий / В.О. Таргульян, Т.А. Соколова // Почвоведение. – 1996. – № 1. – С. 34–47.
6. Таргульян В.О. Почвообразование и элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. – 1985. – № 11. – С. 36–45.
7. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. – М.: Наука, 1992. – 184 с.
8. Targulian V.O. Soil system and pedogenic processes: Self-organization, time scales, and environmental significance / V.O. Targulian, P.V. Krasilnikov // Catena. – 2007. – Vol. 71. – Issue 3. – P. 373–381.

УДК 504.05

**МЕДИКО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ КРИЗИСНЫХ
МАРГИНАЛЬНЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
(НА ПРИМЕРЕ Г. НОВОКУЗНЕЦКА)**

¹Горбунов В.С., ²Межова Л.А., ³Луговской А.М., ³Дмитриева В.Т., ³Майнашева Г.М.

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»,
Москва, e-mail: 79164369421@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет»,
Воронеж, e-mail: lidiya09@rambler.ru;

³ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», Институт математики,
информатики и естественных наук, Москва,
e-mail: alug1961@yandex.ru, dvtmgpu@yandex.ru, gmaina@mail.ru

Одной из наиболее слабо изученных тем в геоэкономике, в пространственном анализе городских маргинальных территорий, в оценке и мониторинге состояния городской среды, является оценка геофизического загрязнения мест проживания людей. Наиболее актуальной эта проблема становится в условиях современного экологического кризиса депрессивных городских агломераций России. Известно, что геофизический фон оказывает влияние на состояние здоровья населения. Особенно геофизический фон нарушен в городах, где активно развивается горнодобывающая и металлургическая промышленность. Проблемы развития данных зон заключаются в том, что на данных территориях высок экологический риск. Классическим примером такого города может являться г. Новокузнецк, расположенный в Кемеровской области. Целью статьи стал медико-геофизический анализ состояния окружающей среды экологически кризисных маргинальных урбанизированных территорий в г. Новокузнецке.

Ключевые слова: городская среда, геоэкономика, маргинальные территории, геофизическое загрязнение, экология города, мониторинг окружающей среды, здоровье населения, промышленность

**MEDICAL-GEOPHYSICAL ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL CRISIS
OF ECOLOGICALLY MARGINAL URBANIZED TERRITORIES
(ON THE EXAMPLE OF NOVOKUZNETSK)**

¹Gorbunov V.S., ²Mezhova L.A., ³Lugovskoy A.M., ³Dmitrieva V.T., ³Maynasheva G.M.

¹State University on Land Management, Moscow, e-mail: 79164369421@yandex.ru;

²Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, e-mail: lidiya09@rambler.ru;

³Moscow City Pedagogical University, Institute of mathematics, Informatics and Natural Sciences,
Moscow, e-mail: alug1961@yandex.ru, dvtmgpu@yandex.ru, gmaina@mail.ru

One of the most poorly understood topics in geo-Economics, spatial analysis of urban marginalized areas, evaluating and monitoring the state of the urban environment, is a geophysical assessment of contamination of living spaces. The most actual this problem becomes in the conditions of modern ecological crisis depressed urban agglomerations of Russia. It is known that the geophysical background has an impact on the health status of the population. Especially the geophysical background is broken in cities where the rapidly developing mining and metallurgical industry. Problems of development of these areas lies in the fact that in these areas of high environmental risk. A classic example of this city may be the city of Novokuznetsk, located in the Kemerovo region. The purpose of this article was health-geophysical analysis of the environmental crisis of ecologically marginal urbanized areas in the city of Novokuznetsk.

Keywords: urban environment, geo-Economics, marginal areas, geophysical pollution, ecology, environmental monitoring, human health, industry

Угнетенные регионы часто приравнивают к маргинальным, противопоставляют главным или улучшенным, что можно объяснить сходством большого количества признаков. Маргинальные регионы имеют ресурсы еще неиспользуемые в результате характерных черт географического расположения и вследствие ухудшения экологической ситуации. Понятие «маргинальный» происходит от латинского Margo – край,

граница или от французского Marginal – побочный, второстепенный, в науке появилось недавно. В геоэкономике термин применяется для определения недоходной компании или депрессивной территории [7, 8]. Исходя из этого можно сказать, что маргинальными территориями называются крайние, пограничные, малодоступные, частично замкнутые, малообжитые, малозаселенные с низким качеством среды. Низкий

уровень развития оказывается результатом суммы сформировавшихся на данный момент обстоятельств, возможно, они имеют кратковременные особенности и существенно модифицируются со сменой главных задач в деятельности региональных органов власти. Одной из главных особенностей данных территорий является временное неиспользование их в социальных, хозяйственных и промышленных отношениях. В результате возможно повышение противопоставления центра за счёт увеличения его благосостояния и периферии, где идёт обнищание населения [6]. В условиях интенсивного техногенного прессинга на урбанизированных территориях возникают социолого-экономические и экологические проблемы [1, 2]. Негативные процессы природопользования на маргинальных территориях урбосистем отражаются на снижении здоровья населения [3, 4].

Город Новокузнецк входит в число наиболее загрязненных промышленных центров Сибири и может быть отнесен к маргинальным территориям по ряду признаков. Несмотря на то, что развиты основные виды промышленности – металлургическое производство, добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, район характеризуется как экологически кризисный. Функционируют два комбината полного металлургического цикла, а также один алюминиевый и два ферросплавных завода. Кроме этого в границах города располагаются угледобывающие предприятия, три теплоэлектроцентрали и ряд муниципальных котельных. Широко развит антропогенный рельеф, образованный в результате карьерной и шахтной добычи угля и железной руды, отвалообразования. Основными формами антропогенного рельефа являются породные отвалы, терриконы, карьерные выемки (разрезы), гидроотвалы и хвостохранилища. Все антропогенные формы рельефа достаточно хорошо вписываются в природные формы рельефа, что позволяет говорить о наличии комплекса природных и антропогенных форм рельефа. Высокое сосредоточение крупных промышленных объектов и уровень используемых технологических и очистных систем создает сложную экологическую ситуацию, а за счет орографических особенностей расположения источников загрязнения и котловинного характера рельефа расположения города создается неблагоприятный синергетический эффект, характерный для маргинальных территорий.

Наиболее сложные экологические условия, обусловленные накоплением примесей в нижних слоях атмосферы, возникают в осенне-зимний период и связаны продолжительностью и высокой повторяемостью слабых ветров и приземистых инверсий. В безветренные дни на высоте до 150 м образуется слой температурной инверсии, который задерживает загрязненные массы воздуха над городом. По климатическим особенностям земли города относятся к зоне высокого потенциала загрязнения атмосферы, так как для большинства районов характерна низкая рассеивающая способность атмосферы. Одним из важнейших факторов дополнительной аккумуляции примесей над городом является котловинный характер местности. В холодный период года котловина в основном находится под влиянием Сибирского антициклона. Для зимы характерны сильные морозы, обусловленные ночным выхолаживанием при ясной антициклональной погоде и стоком холодного воздуха в пониженные формы рельефа. Таким образом, в зависимости от сезонов года, природно-климатические факторы приводят к высоким уровням загрязнения атмосферы.

Одним из приоритетных направлений научно-исследовательской деятельности является выявление причин неблагоприятных тенденций в динамике природных комплексов и прогноз их последствий на основе разработки методов экологического мониторинга. Мониторинг радиационной ситуации как элемент территориального управления имеет практический характер на уровне контроля изменений состояния среды для принятия управленческих решений. Радиационный фон в г. Новокузнецке признан удовлетворительным и на протяжении длительного периода времени остается стабильным. В среднем гамма-фон от природных источников составляет 11,6 мкР/ч. На рис. 1 представлена динамика гамма-фона по месяцам в течение года.

Анализируя результаты измерений гамма-фона, можно сделать вывод, что мощность эффективной дозы внешнего излучения не превышает действующий в РФ контрольный уровень, равный 0,2 мкЗв/ч над гамма-фоном открытой местности. Наряду с природным фоном следует отметить радиоактивность атмосферных выпадений (рис. 2).



Рис. 1. Средний показатель гамма-фона, по данным Комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов г. Новокузнецка [5]

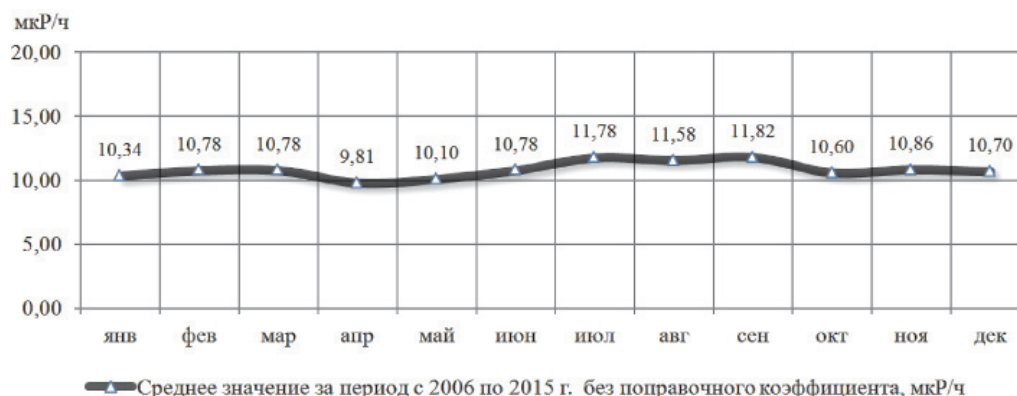


Рис. 2. Среднее значение радиоактивности атмосферных выпадений в период с 2006 по 2015 г., по данным Комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов г. Новокузнецка [5]

В структуре источников ионизирующего излучения на долю природных источников приходится порядка 75%, медицинского облучения – 24, других – 1. Индивидуальная годовая доза облучения за счет природных источников ионизирующего излучения в среднем на одного жителя составляет 4,23 мЗв/год. Около 2,5 мЗв/год – вклад в дозу внутреннего облучения приходится на долю природного радиоактивного газа радона и его дочерних продуктов распада, содержащихся в воздухе помещений. Примерно 1,14 мЗв/год в дозу облучения вносят внешние источники, к которым относятся космическое излучение и гамма-излучение природных радионуклидов (гамма-фон); 0,42 мЗв/год – доза за счет радионуклидов, поступающих в организм с пищей и водой; 0,17 мЗв/год – за счет ^{40}K , содержащегося в организме человека.

Природные источники ионизирующего излучения, прежде всего изотопы радона и его короткоживущие дочерние продукты, содержатся в воздухе жилых и общественных помещений. Для города характерно наличие глубинных разрывных нарушений земной

коры, определяют высокую вероятность выделения радона из недр в повышенных концентрациях. Радон поступает в воздушную среду рудников, производственных и жилых помещений в основном из почвы и строительных материалов, причем дозы облучения организма на 90–95% обусловлены вдыханием не самого радона, а короткоживущих дочерних продуктов его распада. В среднем за год концентрация радона в жилых и общественных зданиях не превышает нормируемые показатели и составляет 39,3 Бк/м³. Превышения допустимых уровней плотности радона при отводе земельных участков нет.

Наибольшую потенциальную опасность представляют организации, эксплуатирующие радиоизотопные приборы, технологические и терапевтические облучающие установки, имеющие большое количество источников или большую суммарную паспортную активность [10]. Среди антропогенных источников можно отметить: ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» – 252 источника, III категория; ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» – 45 источников,

III категория; Муниципальное лечебно-профилактическое учреждение «Онкологический диспансер» – 5 источников, III категория. Следует отметить и аварийные ситуации, к которым можно отнести радиационные аварии, связанные с поступлением на ОАО ЗСМК, ОАО НКМК загрязненного металлолома. Динамика антропогенных аварий представлена в среднем каждый год находится в диапазоне от 5 до 10.

Таким образом, радиационная обстановка в городе зависит от природных особенностей города. Нарушают радиационный фон следующие факторы: наличие в соседних регионах ядерных объектов, а также нарушения правил эксплуатации, приводящие к выбросам радиоактивных веществ в окружающую среду; транзитная перевозка веществ представляющих радиационную опасность; атмосферные ядерные испытания, проводимые в 1949–1962 гг. на Семипалатинском полигоне, вызвавшие повышение радиационного фона в результате выпадения продуктов распада с атмосферными осадками; извлечение полезных ископаемых из недр, угля, железной руды, строительных материалов, которое приводит к складированию твердых отходов, в состав которых входят долгоживущие радионуклиды.

Известны и отдельные случаи подземных ядерных взрывов: так, в 1984 г. в Чебулинском районе был произведен подземный ядерный взрыв мощностью 10 килотонн. Хотя выброса радиоактивных веществ в окружающую среду не наблюдалось, имеется возможность разгерметизации полости взрыва. Кроме того, здесь находится крупное месторождение урана, что также влияет на фон. Таким образом, радиационный фон г. Новокузнецка удовлетворительный, но наличие радиационных аномалий и аварийных ситуаций создает в некоторых районах города, таких как Заводский и Куйбышевский, зоны экологического риска.

Наиболее остро проблемы, связанные с акустическим дискомфортом, отмечены в местах исторически сложившейся застройки, так как при их строительстве не использовались соответствующие материалы. Основные источники шума и степень их влияния в городе представлена в таблице.

Шумовое загрязнение от предприятий добывающего и металлургического комплекса занимает второе место после автотранспорта. Наиболее шумными признаны КМК, Кузнецкая промзона, ЗСМК. По результатам наших исследований в городе выявлены территории вдоль автомагистралей с повышенным уровнем шума, снижающим комфортность среды проживания населения. На этих территориях проживает более 200 тыс. чел. Для оптимизации акустически неблагоприятных районов города необходимо внедрение шумопонижающих технологий во всех сферах городского хозяйства.

Важным направлением в развитии системы маргинальной территории является выявление объектов мониторинга, в том числе и шумового, что обеспечивает стандартизацию методик исследования как самих объектов, так и изменяющихся условий среды. Мониторинг радиационной ситуации в настоящее время актуален из-за нерациональной организации их использования. Благодаря организации системы мониторинга возможен эффективный механизм районирования территории, в итоге регион может стать привлекательным и комфортным.

Безусловно, необходим физико-химический мониторинг, применяющийся государственными органами при определении вклада предприятий в загрязнение среды для наложения штрафов на нарушителей природопользования. Однако необходимо оценить состояние здоровья населения под влиянием всей совокупности факторов различного происхождения с учетом большого количества пользователей. для этой цели

Источники шумового загрязнения и степень их воздействия [6]

№ п/п	Источник	Превышение нормативов, дБА	Площадь сверхнормативного воздействия, км ²	Продолжительность воздействия
1	2	3	4	5
1	Автотранспорт	15–25	545,5	постоянное
2	Ж/д транспорт	10–20	17,5	постоянное
3	Авиатранспорт	20–25	182,8	при нарушении маршрутов полетов
4	Промышленные предприятия	за границами СЗЗ превышений нет	локальное воздействие при нарушении СЗЗ	–
5	Строительные предприятия	20–30	локальное воздействие	–

медико-геофизический анализ состояния среды маргинальных территорий как метод оценки крайне эффективен. Результаты этой оценки необходимы для принятия управленческих решений и более эффективного использования потенциала этих территорий.

Резюмируя, следует отметить, в г. Новокузнецке за относительно небольшой пятидесятилетний период интенсивного развития и промышленного освоения произошли существенные, во многом необратимые, геоэкологические преобразования природной среды, налицо проблема геофизического загрязнения. Во многом именно эти основания оказывают негативное влияние на ключевые социально-демографические показатели развития города. Все больше людей отдают предпочтение проживанию в чистых благополучных районах страны, оставляя город Новокузнецк с его клубком назревших и нерешенных экологических проблем в разряде депрессивных и неблагополучных, неподходящих мест для комфортного проживания населения на урбанизированных территориях.

Практический каждый крупный город или регион сталкивается с подобной проблемой маргинальных территорий – районы с неблагополучной экологической ситуацией и с низким уровнем здоровья населения. Данные районы чаще всего характеризуются высоким уровнем заболевания и смертности. Пожелание населения этих городов избавиться от данных элементов вполне объяснимо [9]. Сложность решения этих вопросов заключается в масштабе задач правового, административного и экономического регулирования, полноценного финансового обеспечения, распределения полномочий между разными органами местного самоуправления и государственной власти. Управление геоэкологической ситуацией состоит в вовлечении в систему общественных, экономических, производственных отношений комплекса методов по технологическому перепрофилированию и смены парадиг-

мы территориального развития в рамках системы государственной хозяйственной специализации. Это комплексная задача, решаемая путем привлечения инвестиций для санации среды в процессе развития маргинальных территорий.

Исследование проведено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта № 14-02-00472 «Экономическая оценка потенциала при формировании кластерно-логистической структуры туристско-рекреационной системы маргинальных территорий урбанизированных районов».

Список литературы

1. Буров М.П. Региональная экономика и управление: учебник. – М.: Издательская Торговая Компания «Наука-Бизнес-Паритет», 2014. – 368 с.
2. Горбунов В.С. Анализ арбитражной практики проведения земельной реформы в России // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 4. – С. 62–63.
3. Буров М.П. Современные проблемы землепользования и государственного регулирования экономики // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2016. – № 7. – С. 6–16.
4. Горбунов В.С. Негативное влияние качества воздушной среды на комфортность жизни населения г. Новокузнецка // Естественные и технические науки. – М.: Спутник +, 2012. – № 2 – С. 163–168.
5. Комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов Администрации г. Новокузнецка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eko-nk.ru>.
6. Луговской А.М., Межова Л.А. Экономическая оценка потенциала при формировании кластерно-логистической структуры туристско-рекреационной системы // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса // Социально-экономические исследования в туризме в России и за рубежом. – 2014. – № 3, т. 8. – С. 4–8.
7. Луговской А.М., Плисецкий Е.Л. Мониторинг состояния окружающей среды маргинальных территорий для оценки потенциала развития туристско-рекреационных систем / А.М. Луговской, Е.Л. Плисецкий // Экономика. Налого. Право. – 2014. – № 6. – С. 61–64.
8. Луговской А.М. и др.. Экономическая оценка инвестиций в маргинальные территории при формировании туристско-рекреационных систем / А.М. Луговской, В.Т. Дмитриева, Г.М. Майнашева, Л.А. Межова, Л.А. Луговская // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 4. – С. 101–105.
9. Сапегина О.П. // Наука, техника и образование. Опубликовано 06.04.2015. – <http://nto-journal.ru/catalog/ekonomika-promyshlennosti/27>.
10. Хоружая Т.А. Методы оценки экологической опасности. – М.: Экспертное бюро-М, 1998. – 224 с.

УДК 004.42

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА GIA

Дударева О.В.*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, e-mail: odudareva@mail.ru*

В работе рассмотрена технология компьютерного геологического прогнозирования, основанная на использовании программного комплекса GIA. Указанная технология базируется на картографической информации, а также формализации имеющихся данных об объекте исследования. Основное назначение такой технологии – решение задач геологического прогнозирования, относящихся к распознаванию образов, созданию экспертных систем, моделированию состояния существующих геологических объектов. Практическая значимость технологии компьютерного прогнозирования с использованием программного комплекса GIA проиллюстрирована на примере обработки и анализа полей геолого-геофизических признаков с использованием методов интерполяции и разделения полей. Алгоритмы интерполяции, применяемые в GIA, разработаны на основе многолетнего практического опыта обработки массовых геологических данных. Первый из этих алгоритмов основан на аппроксимации поля гармоническими функциями (полем точечных источников). Второй включенный в GIA алгоритм интерполяции основан на анализе ситуации в окрестности каждого узла интерполяции, а также на применении кусочно-полиномиальной аппроксимации и статистической теории интерпретации.

Ключевые слова: геологическое прогнозирование, формализация исходных данных, программный комплекс GIA

GIS-BASED ANALYSIS ON THE BASIS OF THE TECHNOLOGY OF COMPUTER SIMULATION USING PROGRAM COMPLEX GIA

Dudareva O.V.*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: odudareva@mail.ru*

The paper considers the computer technology of geological prediction, based on the use of the software complex GIA. This technology is based on cartographic information, as well as the formalization of existing data about the object of study. The main purpose of such technology – solution of tasks of geological prediction related to the recognition of images, creation of expert systems, modelling the status of existing geological objects. The practical significance of the technology of computer forecasting using program complex GIA illustrated by processing and analyzing geological and geophysical fields signs using interpolation methods and fields. Interpolation algorithms used in GIA, developed based on many years of practical experience in mass processing of geological data. The first of these algorithms is based on approximation of the field by harmonic functions (field point sources). The second is included in GIA interpolation algorithm based on analysis of the situation in the neighborhood of each node interpolation, as well as on the use of piecewise polynomial approximation and statistical theory interpretation.

Keywords: geological prediction, formalization of source data, the program complex GIA

Поиски месторождений полезных ископаемых – многоэтапный процесс, начинающийся с региональных исследований и завершающийся поисково-разведочными работами. Задача каждого из этапов поисков – выбор площадей под более детальную работу следующего этапа. Прогнозирование – особая стадия исследований, завершающая каждый из этапов. Это процесс обоснования указанного выбора на основе имеющейся информации, полученной главным образом на данном этапе. Следовательно, прогнозирование является чрезвычайно ответственной, ключевой стадией, в значительной мере определяющей эффективность всего геологоразведочного процесса. В то же время это и весьма сложный вид исследований, в котором по каждому из возникающих вопросов обычно имеются

конкурирующие альтернативы. Поэтому на совершенствование методики прогнозирования с целью коренного улучшения качества прогнозных построений направлены усилия многих научных коллективов. Сложность же проблемы заключается в том, что районирование территории по степени перспективности обнаружения того или иного полезного ископаемого необходимо оценивать по косвенным признакам, связь которых с целевым признаком должна иметь теоретическое обоснование.

Основу практически всех геологических построений, теорий и гипотез традиционно составляют различные карты: геологические, геофизические, геохимические, многие другие. История использования карт в науках о Земле уходит вглубь веков. По мнению В.В.Марченко [8], это обусловлено

свойством, присущим самой карте, как наиболее адекватной модели действительности, отражающей реальные процессы, происходящие как на поверхности Земли, так и в ее глубинах. Анализ карт стал одним из ведущих научно-исследовательских методов. Важным свойством карты, как носителя информации, является принцип абстрагирования, т.е. возможность при создании карты выделять главное, существенное, очищенное от второстепенных деталей и аккумулирующее в себе черты, присущие родственным явлениям, при отображении тех или иных физико-геологических процессов. Такие абстрактные картографические модели, необходимые для разработки принципов и методик исследований, дают возможность изучать явление как бы в чистом, не затушеванном другими причинами виде. Другим важным свойством карты является ее информационная емкость, по объему превосходящая почти все другие способы передачи информации, хотя карта не решает проблему получения точных количественных оценок. Достоинством карты является ее обзорность, способность представлять в наглядной форме то, что скрыто от непосредственного наблюдения. Карта выступает в двойной форме: в качестве средства исследования и как его предмет в виде модели, т.е., с одной стороны, карта способствует выдвижению научных гипотез, а с другой – отображает разного рода априорные схемы и модели в наглядной картографической форме.

Наибольшее распространение в изучении природы на основе карт получил картографический метод. «Картографический метод исследования – это метод использования карт для познания отраженных на них явлений. Познание включает получение по картам качественных сведений и количественных характеристик явлений и процессов, изучение взаимосвязей и взаимозависимостей в геосистемах, их динамики и эволюции во времени и в пространстве, установление тенденций развития и прогноз будущих состояний геосистем» [2]. Этот метод применим на любых уровнях исследований: от систематизации исходных материалов до системно-структурного анализа, создания пространственных математических моделей.

Данная работа посвящена технологии и методам геоинформационного анализа, алгоритмам и технологии ввода картографической информации и технологии перехода от картографических данных и формализо-

ванных знаний к картам апостериорной вероятности обнаружения целевых объектов на основе применения программного комплекса GIA (Геоинформационный анализ).

Программный комплекс GIA

Программный комплекс GIA, разработанный под руководством доктора технических наук, профессора В.В. Ломтадзе, предназначен для решения широкого круга задач обработки и анализа геолого-геофизической информации. GIA включает в себя «оболочку» и функциональные программные модули, динамически вызываемые оболочкой для гибкого построения графов обработки данных. Оболочка построена в соответствии с такими требованиями к современному программному обеспечению, как событийная ориентированность, объектная ориентированность и унифицированный графический интерфейс пользователя [7]. Набор функциональных модулей может расширяться с одновременным включением в оболочку новых пунктов меню. Такая структура программного комплекса, а также ориентация на хранение исходных данных в реляционной базе данных позволяют оперативно конфигурировать GIA для решения конкретного круга задач.

В настоящее время GIA включает в себя программные средства для создания (или выбора ранее созданной) базы данных, для ввода в эту базу картографической информации и массовых геофизических данных по конкретной площади, для разделения полей, их интерполяции и построения карт с нанесением на них выбранных картографических объектов, для статистического анализа данных (одномерный, факторный, корреляционно-регрессионный) и прогнозирования геологических объектов и явлений (системно-модельный подход и метод аналогий). Рисунок иллюстрирует состав программного комплекса, а также процедуру выбора площади работ и базы данных. Ввиду эффективности применяемых методов интерполяции данных возможно включение в комплекс технологий подсчета запасов некоторых видов полезных ископаемых. После пункта меню ПО-общее (общее программное обеспечение) могут быть добавлены новые пункты меню. Для использования GIA необходим компьютер с операционной системой Windows. Карты строятся на любом струйном принтере или плоттере, если он поддерживается ОС Windows. Комплекс ориентирован на применение локальной СУБД Access [6]. Вся информация о работе

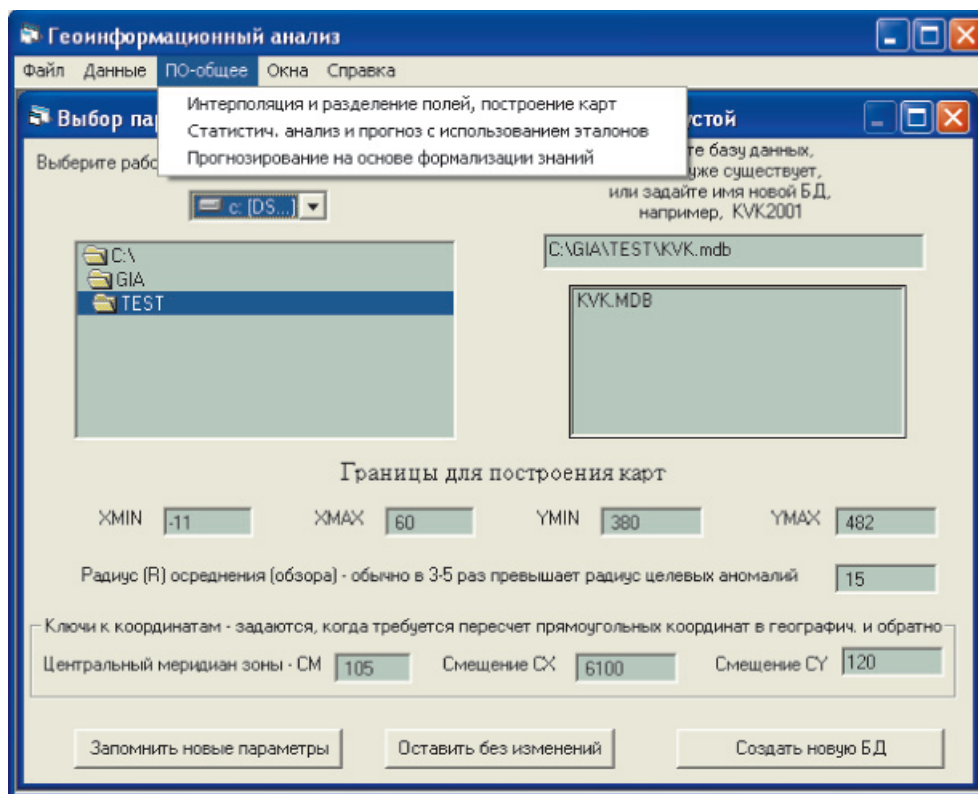


Иллюстрация состава программного комплекса GIA и процедуры его использования

функциональных модулей (протокол исполнения графов обработки данных) выводится в текстовый файл, который средствами GIA может преобразовываться в документ Word.

Обработка и анализ полей геолого-геофизических признаков

Возможности программного продукта GIA можно проиллюстрировать на примере обработки и анализа полей геолого-геофизических признаков с использованием методов интерполяции и разделения полей. Интерполяция часто применяется для того, чтобы по измеренным в разных точках площади значения различных геолого-геофизических признаков рассчитать их значения в узлах одной и той же сети – обычно квадратной. В результате применения алгоритмов интерполяции и разделения полей каждый узел сети становится охарактеризованным значениями геолого-геофизических полей или значениями их региональных и локальных составляющих. Тем самым формируется признаковое пространство – каждый объект в этом пространстве представляет собой точку, координатами которой являются значения изучаемых признаков. Образное мысленное представление признакового пространства позволяет луч-

ше понять смысл статистического анализа данных, в особенности многомерного статистического анализа.

В основе алгоритмов интерполяции и разделения полей лежат модельные представления. Чаще всего изучаемое поле рассматривается как сумма трех составляющих. Этими составляющими являются:

- поле целевых объектов (f_1), т.е. представляющих практический интерес, – поле модели;
- региональный фон (f_0) – поле объектов, которые в значительной степени (на порядок или более) превосходят целевые объекты по глубине залегания и (или) размерам;
- помеха (f_2) – поле неоднородностей среды, не учитываемых первыми двумя составляющими, и ошибки наблюдений.

Часто рассматривают только две составляющие: поле модели (детерминированную компоненту) и помеху (случайную компоненту поля). В этом случае поле модели включает в себя региональный фон или предполагается его постоянство в пределах площади анализа данных.

В программный комплекс GIA включены два метода интерполяции и только один метод разделения полей. Формальные пересчеты поля вверх, вниз и т.п. (типа свертки

матрицы значений поля в скользящем окне с матрицей постоянных коэффициентов), применявшиеся в первые десятилетия после появления электронных вычислительных машин, в этой работе не рассматриваются. Результаты таких преобразований сильно зависят от случайной компоненты поля, от рельефа, на котором задано поле, требуют использования большого скользящего окна. Эти результаты трудны для геологического истолкования. Более понятны такие приемы, как осреднение без учета «аномальных» точек или итерационное осреднение, при котором на каждой итерации уменьшается вес аномальных точек – тех, в которых велико отклонение осредненного поля от исходного. Именно итерационное осреднение и включено в комплекс GIA. Задав радиус скользящего окна R так, чтобы он превышал радиус локальных целевых аномалий примерно в три-четыре раза, этим способом можно надежно «подавить» локальные аномалии, не «размазывая» их в пределах скользящего окна, как при обычном осреднении или при пересчетах поля вверх. Остаточное поле в этом случае контрастно отображает локальные аномалии, вызываемые объектами, представляющими практический интерес.

Алгоритмы интерполяции, применяемые в GIA, также тщательно отобраны – как на основе теоретических обоснований, так и на основе многолетнего практического опыта обработки массовых геоданных. Первый из этих алгоритмов основан на аппроксимации поля гармоническими функциями (полем точечных источников). Этот способ представляет собой технологическое развитие идей В.И. Аронова [1]. Второй включенный в GIA алгоритм интерполяции основан на анализе ситуации в окрестности каждого узла интерполяции, а также на применении кусочно-полиномиальной аппроксимации и статистической теории интерпретации [4]. Ниже дано описание некоторых особенностей первого из упомянутых двух алгоритмов, включенный в GIA.

Особенность способа в том, что аномалии в исходном поле аппроксимируются полем точечных источников, и можно задать допустимое отклонение E интерполированного поля от поля в исходных точках. В GIA принимается $E = DC/5$, где DC – желаемое сечение изолиний на карте интерполируемого признака. Этот алгоритм особенно эффективен, когда количество исходных точек измеряется десятками (например, это скважины) или сотнями, и требуется, чтобы

значения интерполированного поля (изолинии) были бы близки (не сглажены сильно) к значениям в исходных точках. Поясним алгоритм подробнее:

1. Региональный фон (тренд) аппроксимируется плоским полем

$$F = aX + bY + c,$$

или же параболическим

$$F = a_{20} \cdot X \cdot X + a_{11} \cdot X \cdot Y + a_{02} \cdot Y \cdot Y + a_{10} \cdot X + a_{01} \cdot Y + a_{00},$$

которое вычитается из исходного поля. Коэффициенты тренда находятся из системы условных уравнений и запоминаются программой. Так, при аппроксимации фона плоским полем система условных уравнений имеет вид

$$F_i = aX_i + bY_i + c, \quad i = 1, \dots, M,$$

где M – число точек на площади.

Аналогично строится система условных уравнений при аппроксимации регионального фона параболическим трендом. Такие уравнения называют условными, т.к. их, как правило, нельзя превратить в тождества подбором искомых коэффициентов; можно только минимизировать невязки между левой и правой частями уравнений. Чаще всего для поиска параметров модели (здесь – коэффициентов тренда) используется метод наименьших квадратов. В рассматриваемой программе коэффициенты тренда также отыскиваются путем минимизации суммы квадратов невязок условных уравнений.

2. Далее программа среди всех исходных точек отыскивает точку A с максимальным по модулю значением FA аппроксимируемого поля и выполняет оконтуривание аномалии с максимумом в точке A . Для оконтуривания рассматриваются точки в 16 секторах вокруг точки A . Для каждого сектора выбираются и упорядочиваются по уменьшению абсолютного значения поля до 50 точек, ближайших к точке A . Одновременно находится радиус аномалии в секторе. Затем вычисляется средний (по секторам) радиус аномалии RA , минимальный радиус $RMIN$, и на глубине $H_0 = RA/2$ размещаются точечные массы под точками, в которых значение поля равно или превышает $FA/2$. Массы источников (точнее, их интенсивности, пропорциональные массам) находятся симплекс-методом [5]. Затем глубина H_0 варьируется в интервале от $RA/2$ до $RMIN/2$, и находится ее значение, при котором минимальна сумма модулей невязок модельного и исходного полей. Поле найденных источников вычитается

из исходного поля и вновь выполняется поиск наибольшей по модулю аномалии FA .

3. Процесс аппроксимации заканчивается, если $FA < E$ или если число уже аппроксимированных аномалий достигло NA (по умолчанию 300). В последнем случае программа сообщает реально достигнутую максимальную ошибку аппроксимации $EMAX$. Кроме того, всегда печатается гистограмма значений H_0 , показывающая распределение источников по глубине.

4. Вычисление поля в узлах интерполяции сводится к расчету тренда и добавлению к нему суммарного поля всех источников, найденных в процессе аппроксимации.

Оба алгоритма интерполяции – как на основе аппроксимации исходного поля по полю точечных источников, так и интерполяция с учетом анизотропии исходного поля с оценкой точности интерполяции – настраиваются на особенности каждого узла сети. Другими словами, эти алгоритмы являются интеллектуальными. Переход от формальных алгоритмов (типа свертки матрицы значений поля с матрицей коэффициентов) к интеллектуальным как раз и отличает по существу современное геолого-геофизическое программное обеспечение от программного обеспечения двадцатилетней давности. К числу интеллектуальных алгоритмов относится также самонастраивающаяся фильтрация [3, 9], применяемая для выделения слабых аномалий, форма которых приблизительно известна.

Заключение

В работе приводятся характеристики программного комплекса GIA, предназначается для решения широкого круга задач обработки и анализа геолого-геофи-

зической информации. Данный комплекс включает в себя «оболочку» и функциональные программные модули, динамически вызываемые оболочкой для гибкого построения графов обработки данных. Оболочка построена в соответствии с такими требованиями к современному программному обеспечению, как событийная ориентированность, объектная ориентированность и унифицированный графический интерфейс пользователя. Набор функциональных модулей может расширяться с одновременным включением в оболочку новых пунктов меню. Такая структура программного комплекса, а также ориентация на хранение исходных данных в реляционной базе данных позволяют оперативно конфигурировать GIA для решения конкретного круга задач.

Список литературы

1. Аронов В.И. Методы построения карт геолого-геофизических признаков и геометризация залежей нефти и газа на ЭВМ. – М.: Недра, 1990. – 301 с.
2. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. – М.: Мысль, 1986. – 238 с.
3. Вахромеев Г.С., Давыденко А.Ю. Моделирование в разведочной геофизике. – М.: Недра, 1987. – 192 с.
4. Гольцман Ф.М. Статистические модели интерпретации. – М.: Недра, 1971. – 327 с.
5. Зуховицкий С.И., Авдеева А.И. Линейное и выпуклое программирование. – М.: Наука, 1967. – 460 с.
6. Ломтадзе В.В. Программное и информационное обеспечение геофизических исследований. – М.: Недра, 1993. – 268 с.
7. Ломтадзе В.В., Дударева О.В. Программный комплекс GIA – современные методы и технологии геоинформационного анализа // Нефть и газ в современном мире: геолого-экономические и социально-культурные аспекты. – Иркутск: изд-во Иркутского государственного университета, 2003. – С. 67–81.
8. Марченко В.В. Человечно-машинные методы геологического прогнозирования. – М.: Недра, 1988. – 232 с.
9. Никитин А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации. – М.: Недра, 1986. – 342 с.

УДК 911.3

**РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ТРУДОВЫХ МИГРАЦИЙ
КУРСКОЙ ОБЛАСТИ****Дюканова Е.Н.***ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск, e-mail: evadyuk@gmail.com*

Массовая трудовая миграция – явление, усиливающее межрегиональное неравенство в регионах современной России. Значительная часть трудовых поездок не регистрируется, что порождает явление отходничества. В основу настоящего исследования положены выборочные ежегодные обследования населения по проблемам занятости, которые проводятся территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Курской области с 2011 г. Территориальная дифференциация трудовых миграций проанализирована по показателям сальдо, объема, интенсивности, эффективности миграций за пятилетний период. Установлено, что Курская область является регионом-донором, теряющим трудовые ресурсы за счет межрегиональной трудовой миграции. Сделан вывод о дальнейшей необходимости проведения подобных обследований и социологических опросов населения по проблемам занятости для решения проблем на региональном рынке труда.

Ключевые слова: Курская область, трудовая миграция, сальдо, объем, интенсивность, эффективность, результативность трудовой миграции

**THE PERFORMANCE OF CONTEMPORARY LABOUR MIGRATION
IN THE KURSK REGION****Dyukanova E.N.***Kursk State University, Kursk, e-mail: evadyuk@gmail.com*

Mass labor migration phenomenon, enhancing inter-regional inequality in the regions of modern Russia. Often, a significant part of labor is not registered travel that generates a new wave of seasonal work. In the Kursk region to 2011. Regional Statistics Committee were held annual sample survey on employment of population, the data which formed the basis for the study. The article analyzes statistical gauges of labor migration of the population of Kursk region for the period from 2011 to 2015. Territorial differentiation of labor migration is analyzed on the balance indicators, volume, intensity, efficiency migrations over a five year period. The role of labor migration in the population dynamics of territorial differentiation of administrative districts of the Kursk region. It was found that the Kursk region is a region of the donor, losing human resources, at the expense of inter-regional labor migration. The conclusion about the further need for such surveys and sociological surveys of the population on employment problems to solve problems on the regional labor market.

Keywords: Kursk region, labor migration, balance, volume, intensity, effectiveness, efficiency of labor migration

Миграции вносят существенный вклад в формирование территориальной структуры населения. Особенно крупные изменения в миграционных процессах происходили в 1990-х гг., что не могло не найти отражения в исследованиях. Обновилась направленность изучения миграционной ситуации, появились новые, ранее не затрагиваемые, темы.

Достаточно хорошей информационной базой обладают исследования, об общей характеристике миграционных процессов, которым посвящено наибольшее количество публикаций.

Большое внимание изменениям, связанным с миграционной ситуацией в России, уделяют О.И. Вендина [1], Ж.А. Зайончковская [5], В.И. Переведенцев [9], Л.Л. Рыбаковский [12] и др.

Значительно меньшим количеством работ представлены региональные исследования. Это обуславливается тем, что

статистическая база для региональных исследований миграционных процессов отличается слабой сопоставимостью данных. Это, очевидно, и является одной из причин недостаточно полного освещения особенностей миграционной ситуации в России и регионах.

Одним из наиболее значимых видов миграции населения для экономики и общества является внутренняя трудовая миграция, отражающаяся на развитии рынка труда. Оказывая влияние на демографическую ситуацию, расселенческие показатели, миграции изменяет количество и состав трудовых ресурсов. Миграция, совершаемая с целью получения достойного заработка, в отличие от переселения, не предполагает смены постоянного места жительства, по крайней мере на первоначальном этапе [4], и является важным политическим и экономическим фактором современного развития общества.

Исследование географической выраженности трудовых миграций Курской области осуществлялось на основе ранее достигнутых результатов [1, 4].

Мировой экономический кризис повлек за собой новый всплеск внутристрановых трудовых миграций, что вызвало интерес исследователей к проблеме и появление многочисленных публикаций таких авторов, как А.Г. Вишневский, М.Б. Денисенко, Л.Б. Карачурина, Н.В. Мкртчян, Т.Г. Рощина [2, 8, 11]. Однако работ, посвященных определению географической выраженности трудовых миграций регионов ЦЧР, в частности Курской области, явно недостаточно.

По оценкам Росстата межрегиональная трудовая миграция представляет собой достаточно крупный поток. В 2015 г. трудоспособное население России составило 85414747 чел., из них в межрегиональной трудовой миграции участвовало 2388000 чел. (2,8%).

Современными причинами трудовой миграции в регионах России являются падение уровня жизни населения, массовая безработица и экономический кризис. Так в 2014 г. 29100 чел., или 5,1 % граждан, выехало из Курской области в связи с работой в другие регионы.

Показатели миграции тесно связаны с уровнями занятости и безработицы населения. В 2014 г. в Курской области уровень занятости экономически активного населения составил 67%, что почти на 2 % ниже общероссийского показателя. Что касается безработицы, то в 2014 г. на фоне областей Центрального Черноземья Курская область занимала 4 место (3,9%) (рис. 1).

По уровню экономического развития Курскую область, по мнению П.И. Чистякова, можно отнести к «срединной» группе [14], ее ВРП (297 435,6 тыс. руб) составляет 65 % от среднего по ЦЧР (459 482,6 тыс. руб.) [13]. Уровни общей безработицы и ВРП представляют собой обратную корреляционную зависимость, так как при низком ВРП высоки показатели безработицы. В Центрально-Черноземном районе ВРП в среднем составил 459 482,6 тыс. руб., а уровень безработицы около 4 %.

Численность занятых в экономике и безработных существенно отличается по отдельным образовательным уровням. В 2014 г. среди безработных граждан, проживающих на территории Курской области, была выше доля лиц со средним профессиональным образованием (53,5 %).



Рис. 1. Безработица и уровень занятости в Курской области на фоне областей Центрально-Черноземного района в 2014 г.

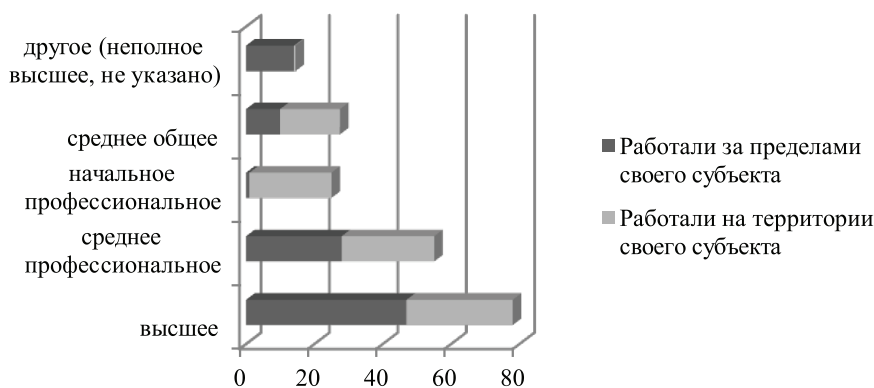


Рис. 2. Уровень образования занятого населения Курской области в 2014 г.

Структура образовательного уровня населения, занятого в экономике, выявляет различия среди населения, работающего в Курской области и за пределами домашнего региона. Так среди трудовых мигрантов выше доля лиц с высшим образованием (47% против 31% работающих на территории Курской области) и средним профессиональным (28% против 27%) и ниже доля лиц с начальным профессиональным образованием (1% против 24%) и средним (полным) общим образованием (10% против 17,5%) (рис. 2).

На диаграмме есть еще один столбец «другое (неполное высшее, не указано)», где доля населения, работающего за пределами своего субъекта выше, чем тех, кто трудится на территории «домашнего» региона (14% против 0,5%). Это связано с тем, что даже зарегистрированные статистическими органами трудовые мигранты зачастую не указывают полные данные об уровне своего образования. Анализ диаграммы свидетельствует о том, что чаще всего трудовыми мигрантами становятся люди с высшим и неоконченным высшим образованием, так как именно у них возникает большая потребность в достойном заработке.

Межрегиональная трудовая миграция в Курской области незначительна по своему объему и имеет отрицательные значения. Область является территорией, теряющей население, т.к. число выбытий в другие субъекты Российской Федерации превышает количество прибытий в регион. Это способствует вымыванию рабочей силы, что является одним из факторов нарастающего неблагополучия области.

Ключевой миграционный обмен происходит с регионами Центрального федерального округа. При этом в Курскую область в основном прибывают из соседних субъектов федерации: Белгородской, Орловской и Воронежской областей, а выбывают в г. Москву, Московскую и Белгородскую области [7].

Трудовые миграции зачастую не получают должного внимания от органов статистики. Существует огромный поток трудовых мигрантов, так называемых отходников, работающих вахтовым методом. Самым крупным научным трудом по этой тематике стала монография Ю.М. Плюснина «Отходники». По определению автора, — это современные российские внутренние возвратные трудовые мигранты из малых городов и сельской местности в промышленно развитые регионы, региональные столицы, Москву и Подмоскovie [10]. От-

ходничество, как один из видов внутренней трудовой миграции, являясь массовым феноменом, не учитывается в экономике и статистике, находясь за пределами интересов институтов управления [3].

Недостаток данных по вопросу отходничества создает необходимость непосредственных исследований территории на муниципальном уровне. В Курской области обследование по вопросам миграции трудовых ресурсов Курским областным комитетом статистики проводится лишь с 2011 г., носит выборочный характер и рассматривает только долгосрочные трудовые миграции (сроком более года).

Рассмотрение качественных характеристик трудовой миграции населения Курской области проводилось путем подсчета среднегодовых величин за пятилетний период (с 2011 по 2015 г.). В результате исследования выявлена территориальная дифференциация интенсивности и эффективности трудовых миграций, суть которой заключается в описании размеров и результатов миграционного обмена, совершающегося между районом выхода населения и районом вселения, и рассматривается как итоговая характеристика взаимного обмена населением между соответствующими территориями.

За исследуемый период пик трудовой миграции приходился на начало периода — 2012 г., когда чистая миграция составила —1508 чел. В последующие три года сальдо чистой миграции было чуть ниже и колебалось от —1436 до —1262 чел. Число желающих трудиться за пределами домашнего региона уменьшилось, благодаря началу реализации инвестиционных проектов по строительству сельскохозяйственных комплексов в Горшеченском, Пристенском, Конышевском, Фатежском, Железнодорожном, Курчатовском районах. В результате появления новых рабочих мест (в целом по области 7390) безработица снизилась на 4,9% (2009 г. — 8,8%; 2014 г. — 3,9%).

За пятилетний период прослеживается следующая картина чистой трудовой миграции в Курской области (рис. 3). Наибольшей миграционной активностью обладают Курский и близко расположенные к нему районы. На такую территориальную дифференциацию, прежде всего, влияет близость к областному центру с его развитой транспортной инфраструктурой, позволяющей населению проявлять высокую активность в поисках работы за пределами Курской области.



Рис. 3. Сальдо трудовых миграций населения Курской области в 2011–2015 гг.



Рис. 4. Объем трудовых миграций населения Курской области в 2011–2015 гг.

Объем трудовой миграции в Курской области является одной из основных характеристик механического движения населения (рис. 4). За период с 2011 по 2015 г. он изменялся волнообразно: минимальным был в начале (2011 г. – 1815 чел.), максимальным в середине (2012–2014 гг. – 2102 чел.) и обнаружил нисходящие тенденции в конце периода (2015 г. – 1896 чел.). Изменение объема миграции населения зависит во многом от экономического потенциала региона, так как готовность мигрировать дает возможность оценить стремление к развитию.

Картосхема, составленная по официальным данным Курскстата за пятилетний

период, показывает, что наибольшим миграционным оборотом обладают Железнодорожский, Рыльский, Курчатовский, Золотухинский и Курский районы. Высокие показатели объема миграции логично привязаны к районам, центрами которых выступают промышленные центры области – Курск, Железнодорожск, Курчатов. Рыльский район, является приграничным и наиболее благоприятным в агроклиматическом отношении для ведения сельского хозяйства. Высокий уровень объема трудовых миграций в Золотухинском районе довольно сложно объяснить в силу малой выраженности факторов трудовых миграций, сложившихся на его территории.

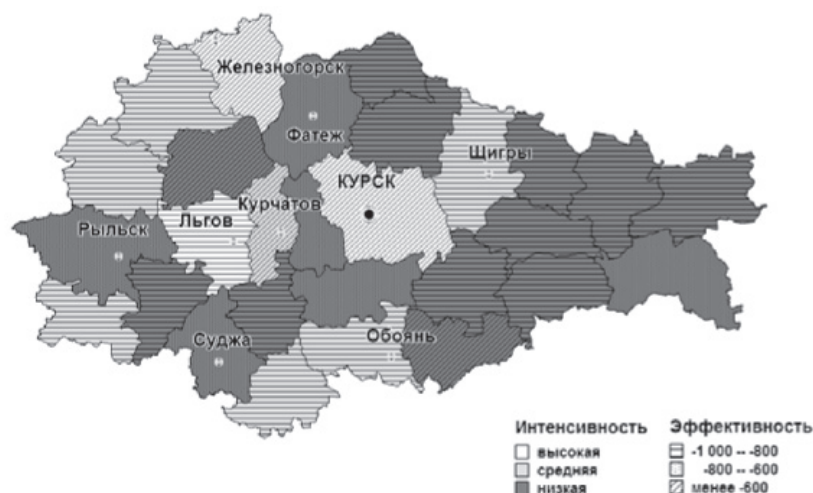


Рис. 5. Результативность трудовых миграций населения Курской области в 2011–2015 гг.

Миграционную активность населения определяют показатели сальдо и объема миграций, а коэффициент интенсивности позволяет сопоставлять между собой уровни подвижности населения административных районов области, выявлять динамику механического движения, соответствующую изменяющейся численности населения конкретной территории.

За рассматриваемый период наибольшей интенсивностью трудовых миграций отличались Курский, Львовский, Железногорский районы. Эти районы притягивают и закрепляют трудовых мигрантов. Высокая интенсивность в данных административных единицах объясняется, с одной стороны, потребностями в трудовых ресурсах и довольно высоким уровнем жизни, с другой – довольно неблагоприятной экологической обстановкой (Михайловский ГОК).

Интенсивность трудовой миграции в остальных административных единицах довольно низкая или вовсе не выражена, к тому же сложно поддается объяснению. Низкая интенсивность трудовых миграций наблюдается в группе районов, обладающих как хорошей инфраструктурной обеспеченностью, так и в удаленных, периферийных районах. Поэтому утверждать, что наибольшая интенсивность выбытия там, где хорошие пути сообщения или низкий или высокий уровень экономического развития, в данном случае невозможно.

Для исследования миграций населения необходимо определение их эффективности. Показателями высокой эффективности отличаются Курский, Курчатовский, Же-

лезногорский, Пристенский, Коньшевский районы. В этих административных единицах созданы наиболее благоприятные условия для размещения мигрантов: они хорошо обеспечены рабочими местами за счет строящихся с 2009 г. агрокомплексов.

Картосхема результативности миграций свидетельствует, что между показателями интенсивности и эффективности существует обратная зависимость. Чаще всего в районах с высокой интенсивностью эффективность трудовой миграции низкая, и наоборот.

Высокие значения интенсивности и эффективности трудовой миграции типичны для Курского, Железногорского, Курчатовского районов, низкие – для практически всех восточных районов области. Таким образом, Курская область не является привлекательным регионом для трудовых мигрантов, что говорит о кризисной экономической ситуации.

Анализ трудовой миграционной активности населения Курской области показывает, что масштабы мобильности, основанные на данных, полученных органами статистики, невелики. Но при этом не учитываются многообразные формы временной мобильности, не связанной со сменой постоянного места жительства, и не зарегистрированных официально (например, отходничество). Это обстоятельство осложняет оценку масштабов трудовой миграции населения в межрегиональном контексте.

Данные официальной статистики лишь частично могут помочь исследованию временных трудовых миграций. Дополнительным источником информации должны

стать регулярные обследования и социологические опросы населения по проблемам занятости. Для решения этих проблем на региональном рынке труда необходимо совершенствование системы учета временных трудовых мигрантов, осуществляемое со стороны органов власти на основе принципов комплексности и системности политики занятости населения на разных территориальных уровнях, в их взаимосвязи и взаимодействии между собой.

Список литературы

1. Вендина О.И. Мигранты в Москве: грозит ли российской столице этническая сегрегация? Миграционная ситуация в регионах России. – Вып. третий. – М.: Центр миграционных исследований, 2005. – 88 с.
2. Денисенко М.Б., Карачурина Л.Б., Мкртчян Н.В. Внутренняя миграция и рынок труда // Демоскоп Weekle: демографический интернет-еженедельник. – URL: <http://demoscope.ru/weekly/2010/0445/demoscope0445.pdf> (дата обращения: 02.08.16).
3. Дюканова Е.Н. К вопросу о современных миграциях Центрального Черноземья на примере Курской области // География и регион: материалы междунар. науч.-практ. конф. (23–25 сентября 2015 г.): в 6 т. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – Т. II: Социально-экономическая география. – С. 138–142.
4. Зайончковская Ж.А. Новая миграционная политика России: первые итоги // Новое миграционное законодательство Российской Федерации: правоприменительная практика / под ред. Г. Витковской, А. Платоновой и В. Школьников. Междунар. орг. по миграции, Федеральная миграционная служба России, Орг. по безопасности и сотрудничеству в Европе, – М.: ИТ «АдамантЪ», 2009. – С. 73–117.
5. Зайончковская Ж.А. Трудовая миграция в СНГ с позиций общества, семьи и личности // Миграция населения. Трудовая миграция в России. – 2001. – № 2. – С. 4.
6. Кретьева О.Г., Попкова Л.И. Естественное движение и миграция населения Курской области // Ученые записки. – 2011. – № 4. – URL: <http://www.scientific-notes.ru/index.php?page=6&new=22> (дата обращения: 17.08.16).
7. Кретьева О.Г., Попкова Л.И. Территориальная дифференциация миграционной подвижности населения Курской области // Вестник Воронежского государственного университета. – 2014. – № 2.
8. Миграция в России 2000–2012: Хрестоматия в 3 томах / А.Г. Вишневский, М.Б. Денисенко, Н.В. Мкртчян и др. – М.: Спецкнига, 2013.
9. Переведенцев В.М. Миграция в ритме времени / сост. Ж.А. Зайончковская. Предисловие – П.М. Полян. – Фонд «Новая Евразия», 2010.
10. Плюсин Ю.М., Заусаева Я.Д., Жидкевич Н.Н., Позаненко А.А. Отходники. – М.: Новый Хронограф, 2013. – 288 с.
11. Рощина Т.Г. Социально-экономические аспекты трудовой миграции [Электронный ресурс] // Российская академия наук. Институт народохозяйственного прогнозирования: сайт. – URL: <http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=books/sa2003/25> (дата обращения: 15.08.16).
12. Рыбаковский Л.Л. История и теория миграции населения. Книга первая, Мировые миграции: исторические фрагменты и их детерминанты. – М.: Изд-во «Экон-Информ» – 2016, 210 с.
13. Статистический ежегодник Курской области. 2015: Статистический сборник/ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Курской области. – Курск, 2015. – 445 с.
14. Чистяков Н.А. Портреты регионов. Курская область // Россия регионов: в каком социальном пространстве мы живем? – 2005. – С. 93–101.

УДК 551.465

ФОРМИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОКЕАНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УРАГАНА

Ксенофонов А.С., Москаленко Л.А.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик, e-mail: a_ksenofontov@mail.ru

Ураганы приносят неисчислимый моральный и огромный материальный ущерб. В работе рассмотрены вопросы моделирования реакции верхнего слоя океана на прохождение тропического циклона на примере урагана Элоиза. Для этих целей используется система нелинейных одномерных дифференциальных уравнений гидродинамики без учета адвекции и горизонтального турбулентного обмена. Модель замкнута оригинальной полумпирической гипотезой для масштаба турбулентности. Задача решена численно конечноразностными методами. Полученные численные схемы абсолютно устойчивы и имеют второй порядок аппроксимации. Выполненная работа позволяет глубже изучить закономерности формирования и эволюции вертикальной термогидродинамической структуры океана в тропической зоне и указывает на возможность использования предлагаемой модели в ходе таких исследований. Результаты работы будут полезны специалистам по природопользованию, охране окружающей среды, судовождению.

Ключевые слова: математическое моделирование, численные методы, верхний слой океана, масштаб турбулентности, воздействие урагана

FORMATION VERTICAL STRUCTURE OF THE UPPER OCEAN UNDER THE INFLUENCE OF HURRICANE

Ksenofontov A.S., Moskalenko L.A.

Federal State Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State University named after Berbekov», Nalchik, e-mail: a_ksenofontov@mail.ru

Hurricanes bring incalculable moral and enormous material damage. The paper deals with the modeling of the upper ocean response to the passage of a tropical cyclone in the example of Hurricane Eloise. For these purposes the system of one-dimensional non-linear differential equations of hydrodynamics excluding advection and vertical turbulent exchange. Model closed original semi-empirical hypothesis for turbulence scale. The problem is solved numerically by finite difference methods. The numerical scheme is absolutely stable and have a second-order approximation. My work allows you to further explore the regularities of the formation and evolution of thermohydrodynamic vertical structure of the ocean in the tropical zone, and point to the possibility of using the proposed model in this research. The results will be useful for specialists in environmental management, environmental protection, navigation.

Keywords: mathematical modeling, numerical methods, the upper layer of the ocean, the scale of turbulence, the effects of the hurricane

Неисчислимый моральный и огромный материальный ущерб приносят ураганы. Особенно в прибрежных районах тропического и субтропического пояса. Тропические ураганы и циклоны (ТЦ) зарождаются в открытом океане. В зоне своего влияния они кардинально трансформируют структуру верхнего слоя океана. В свою очередь, температура поверхности воды и теплоспас верхнего слоя определяют мощность и траекторию движения ТЦ.

Разработанная в [2, 4] модель используется для изучения формирования вертикальной термогидродинамической структуры верхнего слоя океана в районе буя ЕВ-10 во время прохождения урагана Элоиза 21–27 сентября 1975 года [5]. Модель описывает изменения вертикального распределения средних значений характеристик стратифицированной среды и параметров мелкомасштабной турбулентности в приближении

горизонтальной однородности нелинейной системой одномерных дифференциальных уравнений гидродинамики, записанных без учета адвекции и горизонтального турбулентного обмена в виде

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_u \frac{\partial u}{\partial z} \right) + fv; \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_u \frac{\partial v}{\partial z} \right) - fu; \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_p \frac{\partial p}{\partial z} \right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial b}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_b \frac{\partial b}{\partial z} \right) + K_u \psi^2 (1 - Rf) - \varepsilon; \quad (4)$$

$$K_u = \ell \sqrt{b} \cdot \overline{C_5} \frac{1 + \overline{C_3} C_\phi Ri}{[1 + \overline{C_2} C_\phi Ri][1 + \overline{C_4} C_\phi Ri]}; \quad (5)$$

$$K_p = \ell \sqrt{b} \frac{\bar{C}_1}{1 + \bar{C}_2 C_\phi Ri}; \quad (6)$$

$$\ell = \min(\ell_{st}, \ell_{unst}); \quad (7)$$

$$\ell_{st} = \frac{c_1}{1 + \sqrt{Ri/Ri_c}} \sqrt{\frac{b}{Sh^2}};$$

$$\ell_{unst} = c_l \int_0^{h(t)} \sqrt{b} z dz \Big/ \int_0^{h(t)} \sqrt{b} dz; \quad (8)$$

$$\varepsilon = b^{3/2} / \ell_t. \quad (9)$$

Здесь u, v – компоненты вектора скорости течения; ρ – плотность, как функция температуры и солёности морской воды; b – энергия турбулентности; ε – скорость вязкой диссипации; t – время; z – вертикальная координата, направленная от поверхности вглубь океана. Ri – градиентное число Ричардсона $Ri = N^2 / \psi^2$, где N^2 – частота Вайясяля – Брента $N^2 = g \rho_o (\partial \rho / \partial z)$; ψ^2 – квадрат вертикального сдвига скорости $\psi^2 = [(\partial u / \partial z)^2 + (\partial v / \partial z)^2]$.

В уравнение (7) входит масштаб турбулентности ℓ , который определен по комбинированной гипотезе (8) [2]. Скорость вязкой диссипации (9) определяется из гипотезы Колмогорова.

При моделировании турбулентных слоев трения особенно важно правильное и по возможности полное описание процессов вертикального турбулентного обмена с учетом стратификации морской воды, поскольку он является одним из основных механизмов быстрой перестройки верхнего слоя океана во время прохождения шторма. Выражения для вторых моментов компонентов скорости и плотности, выписанные в локально-равновесном приближении стратифицированного горизонтально-однородного течения (2), представляют собой гипотезу Буссинеска и в соответствии с К-замыканиями позволяют определить коэффициенты вертикального турбулентного обмена K_u и K_p в виде (5, 6). Для коэффициента турбулентного обмена K_b примем $K_b = c_b K_u$. Из-за отсутствия данных наблюдений считаем, что $c_b = 0,73$.

Краевая задача решается при следующих начальных и граничных условиях:

$$t = 0; u = u^o(z); v = v^o(z);$$

$$\rho = \rho^o(z); b = b^o(z);$$

$$z = 0; K_u \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\tau_x}{\rho_o}; K_v \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\tau_y}{\rho_o};$$

$$K_p \frac{\partial \rho}{\partial z} = -g \left(\frac{\beta_s}{\rho_o} P_s - \frac{\beta_T}{\rho_o c_{po}} P_T \right); K_b \frac{\partial b}{\partial z} = -P_b;$$

$$z = H; u = v = 0;$$

$$\partial \rho / \partial z = 0; \partial b / \partial z = 0. \quad (10)$$

Здесь τ_x, τ_y – составляющие касательного напряжения ветра на верхней границе водоема; P_T, P_s, P_b – потоки тепла, соли и энергии турбулентности из атмосферы в водную среду, ρ_o, c_{po} – характерное значение плотности и удельная теплоемкость жидкой среды; β_T, β_s – коэффициенты термического расширения и солёностного сжатия морской воды, H – глубина водоема. Для решения нестационарной задачи все потоки на верхней границе рассчитываются по стандартным методикам, приведенным в работе [1].

В силу нелинейности задача (1)–(4) с замыканиями (5)–(9) и краевыми условиями (10) решается численно конечно-разностными методами, для которых пока не существует общей теории сходимости приближенного решения к точному. Это требование удовлетворяется при использовании абсолютно устойчивых консервативных численных схем с высоким порядком аппроксимации производных по пространственной координате и времени.

Уравнения для плотности ρ и составляющих вектора скорости течения u, v рассчитывались хорошо зарекомендовавшим себя способом прогонки [3]. Сведение исходных уравнений к трехточечной схеме осуществляется бокс-методом, позволяющим искать решение в классе разрывных и высокоградиентных функций. Нелинейность диффузионных слагаемых из-за переменных коэффициентов вертикального турбулентного обмена вынуждает проводить их квазилинеаризацию путем явного задания значений коэффициентов из предыдущего шага. Возникающие вследствие этого погрешности численного решения могут быть компенсированы итерационным установлением с заданной точностью по всем коэффициентам вертикального турбулентного обмена.

Для интегрирования уравнений по времени используется схема второго порядка точности Кранка – Николсона:

$$\frac{\varphi^{j+1} - \varphi^j}{2\tau} + A \varphi^{j+1/2} = F^{j+1/2};$$

$$\varphi^{j+1/2} = 0,5(\varphi^j + \varphi^{j+1}), \quad (11)$$

где $\varphi = \{u, v, \rho\}$ – искомая функция;

$A = \frac{\partial}{\partial z} \left(K^j \frac{\partial}{\partial z} \right)$ – конечно-разностный оператор

диффузии; 2τ – шаг по времени, $j = 1, \dots, J$ – индекс аппроксимации по времени; F – правая часть конечно-разностного аналога.

После аппроксимации (11) по пространственной координате бокс-методом для функции φ_k^j , определенной в узлах сдвинутой сетки, получим трехточечное выражение

$$\left(\frac{K_{i+1}^j}{h_{i+1}h_k}\right)\varphi_{k+1}^{j+1/2} - \left(\frac{K_{i+1}^j}{h_{i+1}h_k} + \frac{K_i^j}{h_ih_k} + \frac{1}{\tau}\right)\varphi_k^{j+1/2} + \left(\frac{K_i^j}{h_ih_k}\right)\varphi_{k-1}^{j+1/2} = -\left(\frac{\varphi_k^j}{\tau} + F_k^j\right). \quad (12)$$

Коэффициенты трехточечной схемы равны

$$A_k = \left(\frac{K_{i+1}^j}{h_{i+1}h_k}\right); \quad B_k = \left(\frac{K_{i+1}^j}{h_{i+1}h_k} + \frac{K_i^j}{h_ih_k} + \frac{1}{\tau}\right); \\ C_k = \left(\frac{K_i^j}{h_ih_k}\right); \quad F_k = \left(\frac{\varphi_k^j}{\tau} + F_k^j\right). \quad (13)$$

Исходя из тех же принципов разработки конечно-разностных аналогов аппроксимируем уравнение баланса энергии турбулентности (4).

$$A_i = c_b \frac{K_{i+1} + K_i}{2h_{i+1}h_k}; \quad C_i = c_b \frac{K_i + K_{i-1}}{2h_ih_k}; \\ B_i = A_i + C_i + \frac{1}{\tau} + \left(\frac{\varepsilon}{b}\right)_i + \left(\frac{K_T(|N^2| + N^2)}{b \cdot 2}\right)_i^j; \\ F_i = \left(\frac{b}{\tau} + K_u \psi^2 + K_T \frac{(|N^2| - N^2)}{2}\right)_i^j. \quad (14)$$

Конечно-разностная задача (11)–(14) решается методом прогонки. При этом по рекуррентным формулам

$$\alpha_k = \frac{A_k}{B_k - C_k \alpha_{k-1}}; \\ \beta_k = \frac{\beta_{k-1} C_k + F_k}{B_k - C_k \alpha_{k-1}}, \quad k = 2, 3, \dots, N-2; \quad (15)$$

$$\alpha_1 = \frac{A_1}{B_1}; \quad \beta_1 = \frac{F_1}{B_1}, \quad k = 1 \quad (16)$$

находятся коэффициенты α_k, β_k , а обратной прогонкой рассчитываются значения $\varphi_k^{j+1/2}$:

$$\varphi_k^{j+1/2} = \alpha_k \varphi_{k+1}^{j+1/2} + \beta_k. \quad (17)$$

Краевые условия на одной из границ задаются в виде потока P_ϕ для физической величины ϕ . Все потоки рассчитываются с дискретностью стандартных наблюдений метеояда с шагом 1 или 3 часа, что создает затруднения при обеспечении краевых условий необходимыми потоками с регулярностью несколько секунд в соответствии с установленным временным шагом τ решения задачи. Это достигается интерполяцией данных метеонаблюдений в требуемые моменты времени. При вычислениях используется линейная интерполяция и интерполяция сплайнами.

Анализ теплового баланса показывает, что с 21 по 27 сентября общие потери тепла океаном составили значительную величину $13440 \text{ Дж}\cdot\text{см}^{-2}$. Столь большое выхолаживание произошло за счет интенсивного испарения с поверхности океана первоначально под действием ураганного ветра, а впоследствии за счет вторжения в след урагана холодного сухого воздуха с северо-запада. Потери тепла максимальны в период сильных ветров и составляют $297 \text{ Дж}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$. До прохождения ТЦ (0–36 ч) скорость ветра в среднем была 10 м/с. Во время урагана (36–60 ч) ветер усилился до 35 м/с и сменил направление на противоположное. К концу третьих суток установившаяся скорость ветра равнялась 8 м/с (72–120 ч). Такие изменения внешних условий привели к перестройке термической структуры ВСО (рис. 1).

За первые 36 часов толщина изотермического слоя увеличилась на 5 м, а температура понизилась на $0,25^\circ\text{C}$. В последующие сутки толщина квазиоднородного слоя составила 55 м, то есть возросла вдвое при понижении температуры на $1,3^\circ\text{C}$ (рис. 2).

После прохождения урагана температура продолжала незначительно падать ($0,1^\circ\text{C}/\text{сут}$) и нижняя граница термической однородности зафиксировалась на глубине 53 м. Сформировавшийся под воздействием урагана слой скачка температуры составляет $2,5^\circ\text{C}$ и носит ярко выраженный характер. Ослабление ветра, сопровождавшееся прогревом, привело к заметному размыванию слоя скачка (рис. 1).

После прохождения ТЦ в часы прогрева на фоне сложившейся термической структуры зафиксировано появление мелких, толщиной 15–20 м, новых термических образований с температурой примерно на $0,2^\circ\text{C}$ выше фоновой, которые легко разрушались в ночное время. Сравнение рассчитанного и наблюдаемого ходов температуры (рис. 2)

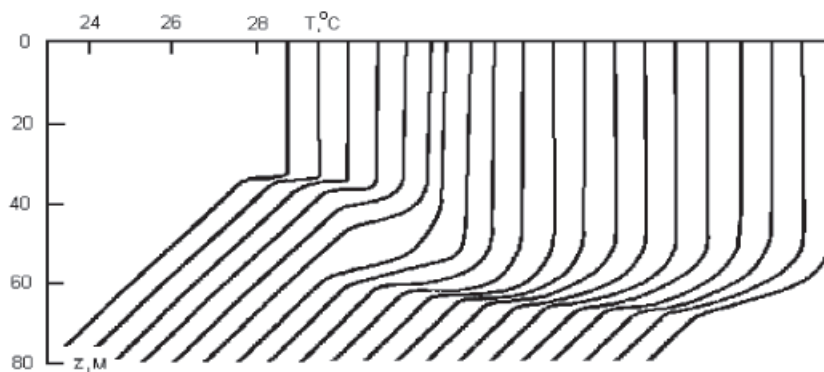


Рис. 1. Эволюция вертикальной термической структуры за период с 8 час 22.09.75 по 8 час 25.09.75 с интервалом 4 часа

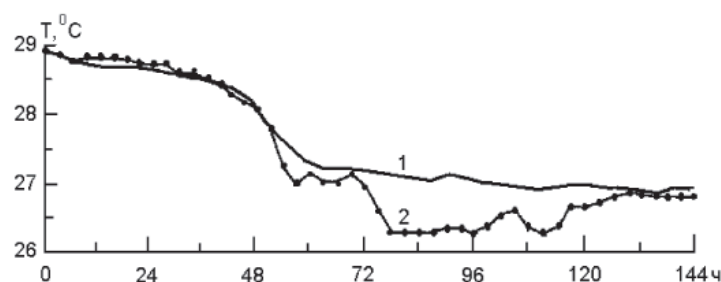


Рис. 2. Расчетная (1) и наблюдаемая (2) температура поверхности океана

показывает их хорошую согласованность в течение первых 8 часов после начала урагана. Примерно в это же время возникает не учтенный в модели апвеллинг, который дополнительно понижает температуру реального океана. Этим объясняется различие поведения теоретической и эмпирической кривых в период с 54 до 72 час от начала расчета. В дальнейшем не учтенные в модели механизмы адвективного переноса усиливались и привели к еще большему рассогласованию сравниваемых температур.

Одновременно с термической произошла резкая динамическая перестройка водных масс. Если первоначально дрейфовое течение охватывало слой толщиной 35 м и представляло собой четко выраженную спираль Экмана со скоростями, не превышающими 0,4 м/с, то под воздействием урагана скорости возросли до 1,2 м/с. Течение проникло до глубины 65–70 м, приняв инерционный характер с периодом 35 часов. При этом слой толщиной 50 метров стал двигаться с практически одинаковой скоростью, напоминая собой «плиту», ниже которой наблюдается быстрое замедление движения жидкости со средним градиентом $5 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$. Рассчитанная в модели скорость течения в следе урагана превышает наблюдаемые на горизонте 50 м значения на 15 %.

Это связано с тем, что в естественных условиях в океане под воздействием ТЦ наблюдается подъем холодных вод – апвеллинг, ведущий к увеличению доступной потенциальной энергии ВСО за счет уменьшения кинетической энергии и тем самым к снижению скорости течения.

Вертикальная турбулентная структура определяется энергией турбулентности. Динамическое уравнение (4) описывает её изменения за счет неустойчивости вертикальных градиентов скорости осредненного течения и за счет изменения потенциальной энергии стратификации среды. Анализ общей картины поведения турбулентных характеристик во время шторма показывает, что тангенциальное напряжение ветра является основным источником их изменений. Турбулентность ВСО в этот период определяется как обрушением поверхностных волн, учитываемым в виде потока P_b в краевом условии (11), так и сдвигом скорости дрейфового течения. Продукция вертикальных пульсаций скорости за счет потенциальной энергии неустойчивой стратификации среды во время урагана заметного влияния на турбулентность не оказывает. Увеличение всех характеристик турбулентности как у поверхности, так и во всем ВСО происходит практически одновременно с возрастанием скорости ветра.

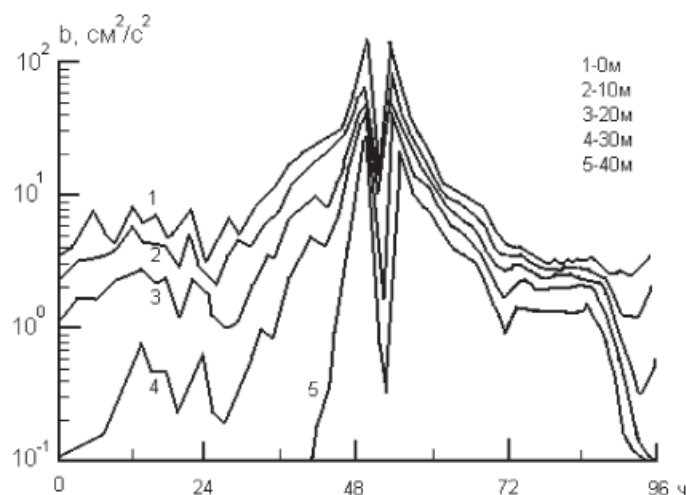


Рис. 3. Изменение энергии турбулентности в слое 0–40 м в ВСО при прохождении урагана

Максимальному ветру соответствует максимум энергии турбулентности. Вертикальная структура характеризуется её уменьшением с глубиной. Турбулентная структура ВСО до и после прохождения ТЦ заметно различается. Турбулентность в следе ТЦ испытывает большое влияние со стороны тепловых потоков на поверхности океана, которые в периоды прогрева приводят к повышению гидродинамической устойчивости водных масс и многократному уменьшению значений турбулентных характеристик в толще ВСО. Во время ночного выхолаживания поверхности океана в рассчитанной термической структуре возникает достаточно глубокий (порядка 20 м) слой положительных градиентов температуры. Это приводит к быстрому восстановлению значений турбулентных характеристик. Время релаксации турбулентности на горизонте 40 м составляет 3 часа. Особенно подвержены суточному ходу коэффициенты турбулентной вязкости и температуропроводности, характерные дневные значения которых составляют

100, а ночью могут достигать $2000 \text{ см}^2 \text{с}^{-2}$. Столь высокие значения коэффициентов K_u и K_T объясняются усилением вертикального турбулентного перемешивания, приводящего к увеличению турбулентного обмена теплом и количеством движения в ночное время в ходе конвективного выравнивания плотности.

Список литературы

1. Дикинов Х.Ж., Москаленко Л.А., Ксенофонтов А.А. Расчет потоков на границе раздела вода-воздух // Труды ВГИ. – 2001. – Вып. 91. – С. 160–176.
2. Ксенофонтов А.С. Вертикальная структура слоев трения в области океанического шельфа. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2005. – № S5. – С. 35–44.
3. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б. Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. – Л.: Гидрометеиздат. – 1987. – С. 296.
4. Lozovatsky I.D., Ksenofontov A.S., Erofeev A.Yu., Gibson C.H. Modeling of the evolution of vertical structure in the upper ocean by atmospheric forcing and intermittent turbulence in the pycnocline // Journal of Marine Systems. – 1993. – Vol. 4. – № 2–3. – P. 263–273.
5. Martin P.J. Mixed-layer simulation of buoy observations taken during hurricane Eloise // J. Geophys. Res. – 1982. – Vol. 87. – C1. – P. 409–427.

УДК 911.2:528.9 (571.5)

**ЛАНДШАФТНО-ОЦЕНОЧНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
ДЛЯ АТЛАСА БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ
(В ПРЕДЕЛАХ РОССИИ И МОНГОЛИИ)****Кузнецова Т.И.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru*

В работе, выполненной в рамках электронного Экологического атласа бассейна оз. Байкал, решается научная проблема создания карт природной среды территорий двух суверенных государств – России и Монголии – на основе представлений о геосистемах В.Б. Сочавы. Разработан научно-методический инструментальный информационно-картографического обеспечения анализа природных экологических рисков (ЭР), основывающийся на современных представлениях о природных системах и их характеристиках. Разработана специализированная классификация геосистем, в которой наряду с морфотипическими отражены их функциональные и динамические характеристики, позволяющие оценить чувствительность и экологическую устойчивость и обеспечить переход от инвентаризационного этапа исследования к прогнозу будущего состояния геосистем. Предложены способы модификации, комплексирования и интеграции междисциплинарной географической информации, а также структура и содержание блока электронных карт, разработанных на основе представлений о геосистемах и их свойствах.

Ключевые слова: бассейн оз. Байкал, геосистемы, признаки-индикаторы ЭР, модификации информации, чувствительность, экологическая устойчивость, картографирование

**LANDSCAPE-ESTIMATED MAPPING FOR THE ATLAS
OF THE LAKE BASIN BAIKAL (WITHIN RUSSIA AND MONGOLIA)****Kuznetsova T.I.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru*

The work, carried out within the framework of the electronic Environmental Atlas of Lake Baikal basin, deals with the scientific problem of creating maps for two sovereign states Russia and Mongolia, based on perceptions of geosystems by Sochavas. Proposed are scientific methodological tools of information -cartographical support for the natural environmental risks (ER) analysis developed as exemplified, based on the current understanding of natural systems and their characteristics. A specialized classification of geosystems is developed, which reflects both morphotypical and functional and dynamic features, allowing to assess their sensitivity and ecological sustainability as well as to support the transition from the inventory phase of the study to forecast the future state of geosystems. The methods of GIS analysis, modification, integration and interdisciplinary integration of geographic information, as well as the structure and contents of electronic maps developed based on ideas about the geosystems and their properties is proposed.

Keywords: Lake Baikal basin, geosystem, signs-indicators ER, modification of information, sensitivity, environmental sustainability, mapping

Исследование выполнено в лаборатории картографии, геоинформатики и дистанционных методов Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в рамках электронного атласа бассейна озера Байкал. Оно направлено на решение фундаментальной проблемы, касающейся повышения качества информационной базы для целей управления крупными регионами. Для информационного обеспечения анализа природных ЭР необходимы данные о том, в какой природной среде (ПС) находится человек, какой тип деятельности он может осуществлять, какие последствия могут возникать и как их можно минимизировать. К настоящему времени накоплен большой объем географической информации о ПС бассейна оз. Байкал. Но, как показывает анализ, он разобщен территориально и не согласован в концептуальном отношении. Существующие примеры картографирования часто не имеют

целостной формы представления объекта исследования. По-прежнему определяющее значение имеют карты природной среды, основанные на одноуровневых классификациях, в которых структурирование объекта исследования производится по какому-то одному признаку, а не их совокупности.

В качестве информационного обеспечения анализа ЭР должна служить специализированная картографическая информационная система (КИС) с обширным объемом систематизированной географической информации для практического использования специалистами. В научном плане процесс ее создания представляет собой соединение принципов традиционного геосистемного картографирования с возможностями современных ГИС-технологий. В этой связи:

1 – решается проблема структурирования географической информации посредством создания системы специализированных

классификаций, отражающих состояние геосистем (в трактовке В.Б. Сочавы), типы связей и взаимодействий их природных компонентов;

2 – рассматривается методический вопрос соединения теории комплексного геосистемного картографирования с возможностями современных ГИС-технологий, касающийся целевой модификации и интеграции междисциплинарной географической информации.

Для картографирования ПС среды бассейна оз. Байкал используется геосистемный подход, позволяющий рассматривать ПС как целостные образования, имеющие сложное организационно-иерархическое устройство и развивающиеся по законам, действующим в географической среде [8]. В исследовании свойств геосистем была использована научная концепция об «интегральном функционировании и его модификациях», разработанная А.А. Григорьевым и М.И. Будыко и дополненная впоследствии многими исследованиями [2, 5]. Информационную основу исследования составляют изданные тематические карты, в которых приводятся данные о зональных типах ландшафтов, их тепло-, влагообеспеченности и биологической продуктивности: Корреляционная карта эколого-фитоценологических комплексов Азиатской России (1977); Эколого-географическая карта Российской Федерации (1996); Природные ландшафты Байкальского региона и их использование (2009), а также ряд монографий и статей [1, 7]. Все они использовались для эколого-фитоценологической индикации состояния геосистем.

Для пространственной корректировки всех материалов использовались специально принятые обобщенные подразделения геосистем, разработанные на основе карт: Природные ландшафты Байкальского региона и их использование (2009), серии карт «Ландшафтная среда бассейна оз. Байкал» [9]. Наряду с этим использовались карты ландшафтов, климатического и природного районирования Национального атласа Монгольской Народной Республики [6].

В исследования основных закономерностей пространственно-временной дифференциации геосистем используется многоаспектный геосистемный анализ: иерархический, регионально-типологический, структурно-функциональный, структурно-динамический и экологические интерпретации информации, посредством которых чувствительность, экологическая

устойчивость и экологический потенциал геосистем (ЭПГ) [3, 4].

Иерархический анализ геосистем позволяет изучить организационное устройство природно-территориальной структуры исследуемого региона и провести декомпозицию базовой ландшафтной карты. Для этого

1 – устанавливается основной иерархический уровень исследования геосистем, наиболее соответствующий масштабу картографирования;

2 – проводится генерализация контурной основы карты посредством интеграции геосистем низшего ранга на таксономическом уровне, отвечающем целевой задаче;

3 – разрабатывается специализированная классификация геосистем. Функциональный анализ позволяет установить интенсивность функционирования геосистем и ее факторы: тепло-, влагообеспеченность и биологическую продуктивность наземной растительности. На основе этих данных определяется уровень относительной (резистентной) устойчивости геосистем, который соотносится с тепло- и влагообеспеченностью местоположений по принципу «оптимальности», а также с биологической продуктивностью растительности по принципу максимума – «чем больше, тем лучше».

Динамический анализ проводится для выявления потенциальной устойчивости, или экологической стабильности геосистем, определяющей наличие у них возможности достигать достаточно существенных структурных различий в пределах инварианта. Для этого устанавливаются пределы эколого-географических условий их внешнефункционального формирования. Неравнозначное отклонение природно-экологических характеристик геосистем, обусловленное характером внутри- и внешнеструктурных взаимосвязей, позволяет определить динамическое качество каждой из них. На этом основании строятся динамические ряды геосистем: коренные (к) – наиболее устойчивые, мнимокоренные (м) – устойчивые, серийные (с) – относительно устойчивые, переходные (п) – менее устойчивые. Ценностный анализ геосистем позволяет определить их экологические и социально-экономические функции. Конструктивный анализ геосистем обеспечивает решение организационных задач природопользования. На этом этапе обосновываются категории охраны и рекомендуемые режимы природопользования (строго защитный, защитный, защитно-эксплуатационный, эксплуатационно-защитный, охранный).

Экологическое комплексирование, или совмещение всех слоев полученной в процессе картографического анализа информации, обеспечивает возможность качественной оценки ЭПГ и зонирования исследуемой территории на классы земной поверхности, различающиеся вероятностью и степенью наступления различных неблагоприятных событий – ЭР. Эти группы геосистем объединяет общность характеристик материально-энергетического обмена, структурных и функциональных особенностей, биологической продуктивности, гидроклиматических условий, характера хозяйственного использования, антропогенного воздействия, возможных последствий и рекомендуемых природоохранных мероприятий.

Тематическое согласование информации. Система специализированных классификаций геосистем

Основной процедурой тематического согласования междисциплинарной географической информации о ПС бассейна оз. Байкал является разработка системы специализированных классификаций геосистем. Для этого сначала разрабатывается базовая классификация на принципах «общенаучной структурно-иерархической организации геосистем» [8, с. 108–120]. Она служит основой создания производных классификаций и определяет:

- 1 – выбор основного таксономического уровня исследования природной среды (топологического, регионального, планетарного);
- 2 – выбор пространственного классификационного ряда геосистем (типологиче-

ского, регионального) для анализа и отображения состояния, условий природной среды и их возможных изменений в результате спонтанного развития или внешнего воздействия;

3 – выбор и анализ тематического классификационного ряда геосистем (структурно-типологического, функционального, ценностного (полезность), динамического и др.), наиболее отвечающего целям и задачам картографирования;

4 – разделение структуры геосистемы на подсистемы в соответствии с принятой научной концепцией картографирования по разным типам системообразующих связей и зависимостей.

Базовая специализированная классификация геосистем

Выявлять самые разные аспекты ПС позволяют классификационные признаки геосистем (табл. 1). Так, характеристики состояния геосистем определяют ЭПГ как способность обеспечить потребности людей во всех необходимых первичных средствах существования. В этом плане характеристики геохор являются индикаторами общего фона формирования среды, а характеристики геомеров в рамках определенной геохоры определяют весь комплекс природных условий среды [8]. Гомогенитет геосистем свидетельствует об однородности всего комплекса природных условий и о возможности применения в соответствующей обстановке единообразных приемов эксплуатации природных богатств и оптимизации жизненных и ресурсных условий местности.

Таблица 1

Признаки специализированной типологической классификации геосистем

Признаки	Их характеристики
Иерархические	Локальный, региональный, планетарный уровень
Функциональные	Интенсивность функционирования, продуктивность растительности, чувствительность к воздействию
Динамические	Динамические категории, характеристики устойчивости и изменчивости, степень и темпы изменения, пр.
Экологические	Условия среды, экологический потенциал и нормирование антропогенной нагрузки, степень пригодности для выполнения конкретных функций и комфортности
Ценностные	Характер использования
Последствия воздействия	Характер, степень и темпы изменения
Острота ситуации	Стабильные, умеренно острые, острые, очень острые
Уровень проявления	Топологический, региональный, планетарный
Рекомендации оптимизации	Оптимизационные мероприятия по улучшению ситуации

Характеристики местоположения геосистем позволяют определять текущую гравитационную, циркуляционную, инсоляционную составляющую внешних и внутренних вещественных и энергетических потоков тепла, влаги, водных и воздушных масс, проходящих через геосистемы и связывающих с другими геосистемами. Приобретение новых или утрата прежних свойств зависит от пространственно-временной изменчивости геосистем, формами проявления которой являются функционирование, динамика и эволюция.

Количественные и качественные функциональные характеристики геосистем отражают их природно-ресурсный потенциал (продуктивность растительного компонента, тепло- и влагообеспеченность, степень благоприятности для конкретных видов деятельности, характер и степень антропогенного воздействия по преобладающим отраслям хозяйствования, наличие опасных природных процессов, уровень чувствительности к антропогенным нагрузкам, уровень стабильности и восстановительной устойчивости и пр.). Уровень чувствительности геосистем соотносится с тепло- и влагообеспеченностью местоположений по принципу «оптимальности», а также с биологической продуктивностью наземной растительности по принципу максимума – «чем больше, тем лучше» [8].

В инварианте геосистем воплощен их экологический и ресурсный потенциал, он же определяет наблюдаемые в природе переменные состояния геосистем и те производные структуры, которые могут быть созданы с целью оптимизации природной обстановки или использования природных ресурсов. Динамические и переменные состояния геосистем характеризуют относительное постоянство условий среды и ее «устойчивость» [5, 8] к внешним естественным или антропогенным воздействиям. Характеристики эволюционных процессов в составе того или иного таксономического уровня геосистем, а также учет влияния «узловых» геосистем и разная степень соответствия им других геосистем являются основой построения рядов экологической стабильности как способности геосистем восстанавливать свою структуру после внешнего, в том числе антропогенного воздействия. Выделяются коренные – наиболее стабильные, мимокоренные – стабильные, серийные – менее стабильные, переходные – условно стабильные, – устойчиво длительнопроизводные разной степени изменчивости геосистемы.

В целом характеристики геосистем обеспечивают:

1 – инвентаризацию состояния ПС как комплекса условий, оказывающих влияние на здоровье человека, функционирование хозяйственных систем, состояние биотозов, их чувствительность и устойчивость к техногенным воздействиям;

2 – оценку природного и экологического потенциала геосистем или их компонентов;

3 – оценку характера и степени внешнего воздействия на среду;

4 – прогноз возможных изменений состояния среды;

5 – прогноз возможных последствий изменения ПС, в том числе ЭР;

6 – разработку категорий охраны и рекомендательных мероприятий по ПС.

Производные классификации геосистем

Комплексная специализированная классификация геосистем всегда выпадает неизбежно громоздкой, и в ней используется специальная терминология геосистемного геоэкологического содержания. Это делает ее сложной для потребителя. Но если идти по предложенному пути, то возможно ее упрощение посредством создания системы параллельных взаимосвязанных классификаций, выполненных по различным основаниям.

Оценочные классификации. Оценочные производные классификации геосистем (группировки) создаются на основе комплексной качественной оценки свойств геосистем [3, 4].

Они имеют разное содержание природного, ресурсно-экологического, производственно-экологического, природоохранного направления. Первая группа характеризует природный потенциал геосистем, вторая и третья – разную степень преобразующей деятельности человека, направленную на обеспечение населения необходимыми природными благами, четвертая отражает специфические отношения, складывающиеся между людьми и окружающей средой, направленные на сохранение природы и оптимизацию среды.

Так, например, по результатам комплексной качественной оценки совокупности природных и антропогенных факторов формирования природной среды исследуемая территория дифференцируется по степени благоприятности геоэкологических ситуаций. Выделяются состояния: стабильные, умеренно острые (детерминированные геосистемы), острые (геосистемы экологического риска), очень острые (геосистемы

экологического бедствия). Детерминированные состояния характерны для геосистем, в которых случайная составляющая их изменения незначительна и ею можно пренебречь. Состояния ЭР характерны для геосистем, в структуре которых существует угроза необратимых изменений. Состояния экологического бедствия характерны для

геосистем, в которых изменения структуры достигли такой степени, что становятся практически необратимыми.

Прогнозные классификации. По комплексу эколого-географических условий природной среды (экологические функции, экологический потенциал, тепло- и влагообеспеченность, биологическая продуктивность наземной

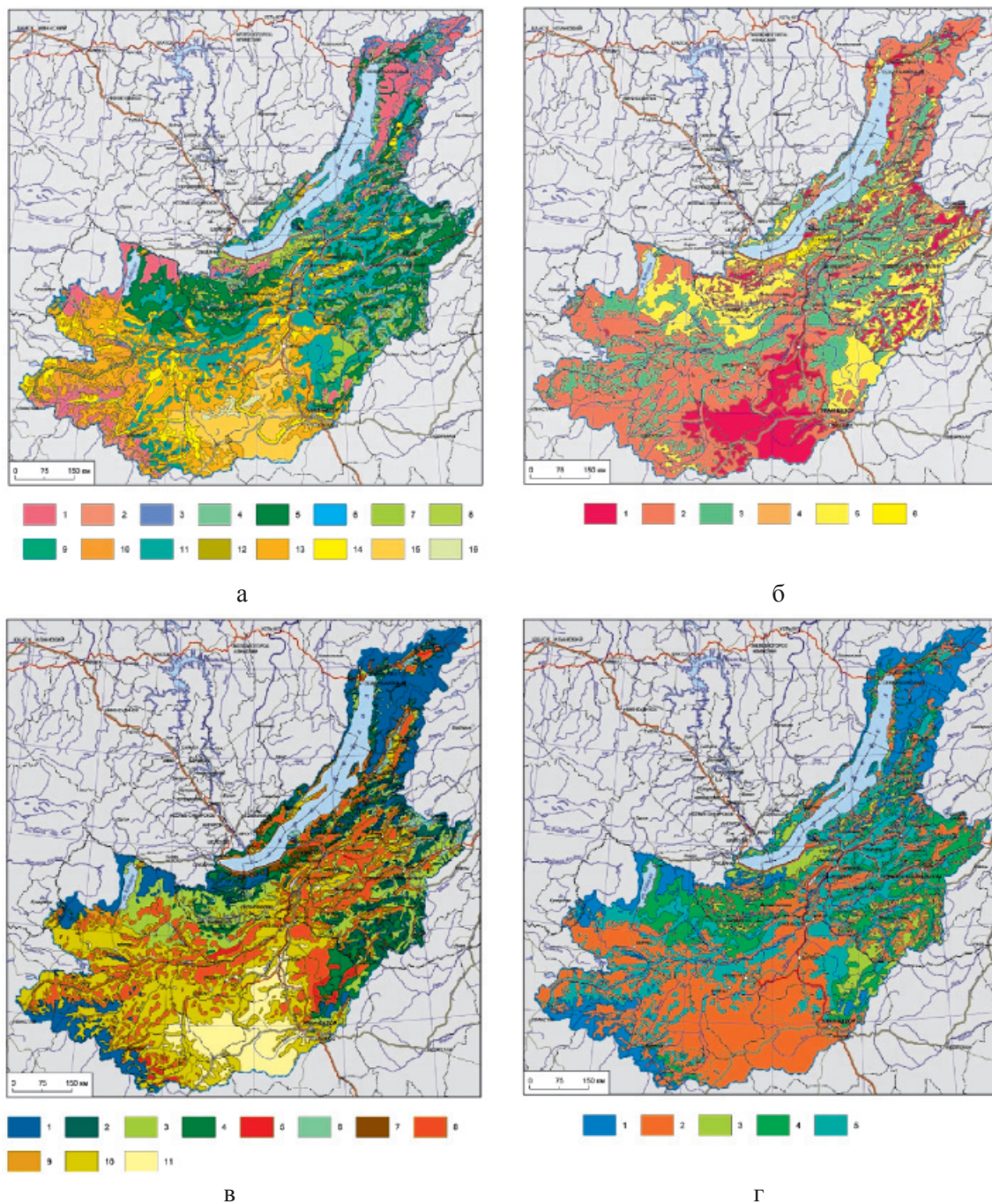


Рис. 1. Модификация базовой карты «Геосистемы бассейна оз. Байкал»: а – базовая карта; б – интеграция геосистем по степени чувствительности и устойчивости геосистем к внешнему воздействию; в – интеграция геосистем по комплексу условий, ориентированных на потребности человека; г – интеграция геосистем по комплексу рекомендуемых природоохранных мероприятий

растительности, степень чувствительности геосистем к антропогенному воздействию, возможные изменения геосистем) проведено геоэкологическое зонирование территории бассейна оз. Байкал по степени ЭР. Наряду с этим разработаны *рекомендательные классификации* геосистем [3, 4]. Для этого определены рекомендуемые режимы природопользования: охранный (заповедники, заказники, национальные парки и пр.); природоохранный со строго защитным режимом природопользования; природоохранный с защитным режимом природопользования; природоохранный с защитно-эксплуатационным режимом природопользования; природоохранный с эксплуатационно-защитным режимом природопользования.

Пространственное согласование информации. Структура КИС ПС бассейна оз. Байкал

Базовая специализированная структурно-иерархическая классификация геосистем, в которой на каждом уровне вводится новое основание деления, позволяет выбирать различный таксономический уровень исследования и картографического моделирования природной среды (топологический, региональный, планетарный). Для КИС ПС бассейна оз. Байкал создана система электронных карт, соответствующая типологическому классификационному ряду структурных подразделений геосистем (геомы – подгруппы геомов – группы геомов – подклассы геомов – классы геомов – типы природной среды).

Контурные геосистем разного уровня (рис. 1) рассматриваются как информационные ячейки сосредоточения междисциплинарной географической информации по региону исследования. Такой подход позволяет определять наиболее представительные комплексы природных условий, которыми описывается возможный инвентаризационный диапазон географических ситуаций региона и который наиболее отвечает целям и задачам картографирования. Базовой контурной основой служит карта

«Геосистемы бассейна оз. Байкал» (табл. 2). Ее модификация проводилась посредством генерализации и интеграции геосистем низшего ранга на иерархическом уровне, отвечающем целевой задаче (рис. 1). поэтапно процесс создания КИС включает:

- 1 – создание базовой карты геосистем;
- 2 – экологическую интерпретацию информации и создание системы производных классификаций геосистем;
- 3 – формализацию информации;
- 4 – модификацию контурной основы базовой карты и разработку сопряженной системы контуров производной и интерпретационных карт;
- 5 – создание программно-целевых тематических слоев КИС;
- 6 – формирование единой КИС.

Структурно-функциональные типы тематических слоев КИС (базовые и производные интерпретационные) определяют последовательность разработки и методы согласования содержания электронных карт. Основная роль в структуре КИС природной среды принадлежит специализированной карте «Геосистемы бассейна оз. Байкал». Методика ее создания была опубликована в [3, 4].

Экологическое зонирование. Система специализированных классификаций геосистем бассейна оз. Байкал позволила представить природу крупного региона как иерархию соподчиненных регионально-типологических подразделений и оценить степень природных ЭР. На рис. 2 представлены экологические зоны территории бассейна оз. Байкал, выделенные по комплексу эколого-географических условий природной среды и характеризующиеся разной степенью предрасположенности к ЭР.

В первую группу с максимально высоким экологическим риском вошли максимально чувствительные (очень нестабильные) геосистемы. К ним относятся североазиатские гольцовые тундровые и альпинотипные, высокогорные остепненно-луговые, подгольцовые кустарниковые,

Таблица 2

Структура КИС бассейна оз. Байкал

Функциональные типы карт	Название карт	Масштаб карт
I. Базовая	1. Геосистемы бассейна оз. Байкал	1:5000000
II. Интерпретационные	2. Чувствительность геосистем	1:5000000
	3. Устойчивость геосистем	1:5000000
	4. Экологические функции геосистем	1:5000000
	5. Экологический потенциал геосистем (ЭПГ)	1:5000000
	6. Рекомендуемые режимы использования	1:5000000
	7. Экологические риски	1:5000000

лиственнично-редколесные, каменноберезовые и темнохвойно-редколесные геосистемы холодных, часто избыточно влажных местообитаний с минимальной или низкой продуктивностью наземной растительности.

Их формирование обусловлено большими значениями абсолютной высоты над уровнем моря и связанной с ней относительно умеренной континентальностью климата, приходом солнечной радиации и прогреванием почвы, ветровым режимом и степенью увлажнения. В экологическом плане все они выполняют средоформирующую функцию. Особенно велика их снего- и водосборная роль. Обеспечивая трансформацию воды, ее регулирование, перевод во внутрипочвенный сток, эти геосистемы несут большие гидрологические нагрузки. В целом, характеризуясь значительным недостатком тепла, слабо развитыми почвами, они отличаются высокой чувствительно-

стью к внешнему воздействию и очень медленным восстановлением.

В эту же группу вошли горно-степные западнобайкальско-хангайско-хэнтэйские даурского типа геосистемы, в том числе склоновые и пологосклоновые разнотравно-дерновиннозлаковые и дерновинноразнотравные и среднехалхасско-монгольские гемикриофильные (полухолодные) степные геосистемы. Все они выполняют важную средостабилизирующую водозащитную функцию, хотя их роль в регулировании стока сравнительно невелика. Вместе с этим в условиях большого испарения влаги растительный компонент этих геосистем обеспечивает сохранение существующего природного равновесия, изменение которого может привести к нарушению существующего режима увлажнения, дальнейшей аридизации почвенно-растительного покрова и, как следствие, структуры геосистем.

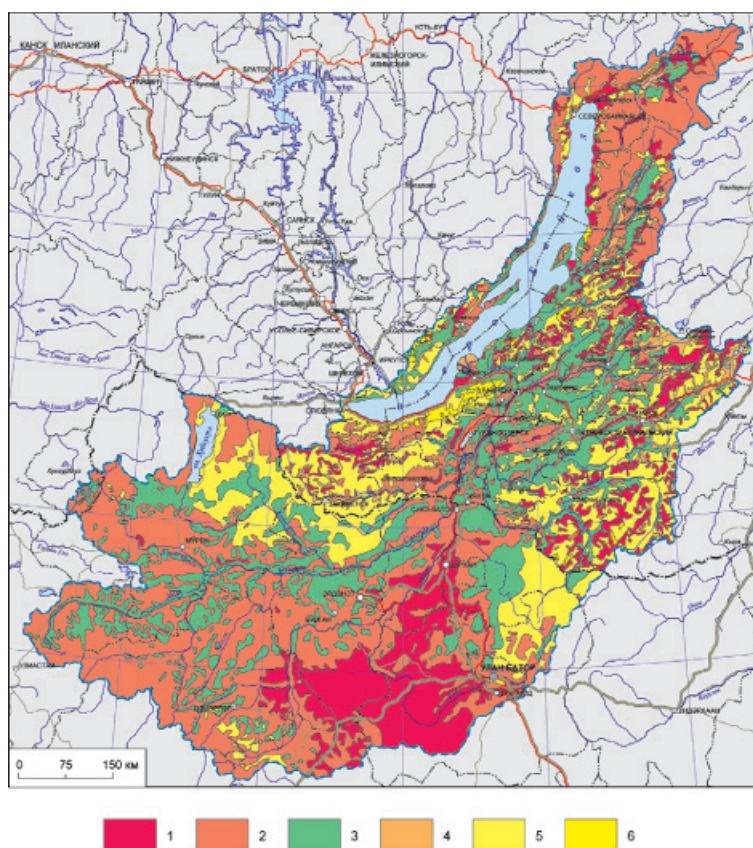


Рис. 2. Предрасположенность территории бассейна оз. Байкал к ЭР.
Степень предрасположенности территории к ЭР.

1 – экологический риск максимально высокий. Геосистемы максимально чувствительные, очень нестабильные; 2 – экологический риск очень высокий. Геосистемы очень чувствительные, нестабильные; 3 – экологический риск высокий. Геосистемы средней чувствительности, условно стабильные; 4 – экологический риск относительно высокий. Геосистемы чувствительные, относительно стабильные; 5 – экологический риск относительно невысокий. Геосистемы менее чувствительные наиболее стабильные; 6 – экологический риск невысокий. Геосистемы малочувствительные, стабильные

Сухость степей весной и в первой половине лета создает большую пожароопасность. Растительность степей на песках и каменистых шлейфах в условиях сухих и очень сухих местообитаний наряду с водорегулирующей функцией выполняет почвозащитную и закрепляющую пески функцию.

К категории с очень высокой степенью ЭР были отнесены очень чувствительные (нестабильные) геосистемы. К ним принадлежат горнотаежные геосистемы редуцированных условий развития, формирующиеся преимущественно на вершинных участках или вогнутых поверхностях склонов, а также склонах северной экспозиции. Они отличаются невысоким уровнем теплообеспеченности и высокой влажностью местообитаний. Все эти геосистемы чувствительны к воздействию, имеют большое мерзлотно-защитное и водорегулирующее значение, выполняя функцию стабилизации экологической ситуации. К этой же группе принадлежат сосновые боровые геосистемы с сильно остепненным разнотравным травостоем, которые развиваются на сухих песчаных почвах дюн или пологих склонов. Антропогенное воздействие, связанное с уничтожением здесь растительности без ее планомерного восстановления, может привести к развитию эоловых процессов.

Сюда же были отнесены псевдотаежные лиственничные геосистемы (разнотравно-ретидиевые, бруснично-ретидиевые, осочково-ретидиевые), формирующиеся преимущественно в резко континентальных местных условиях среднегорий Хангая и Прихубсугулья. Эти геосистемы относятся к переходному от южно-сибирского к центрально-азиатскому подклассу горнотаежных лиственничных геосистем. Их травяно-кустарничковый ярус сложен из тундрово-альпийских, лугово-лесных и лесостепных видов, в моховом покрове доминирует сухой мох, а в почвенном покрове распространены горные лесные мерзлотные грубогумусные почвы. Характерна слабая устойчивость этих геосистем к внешнему, в том числе антропогенному воздействию. При пожарах или сплошных рубках эти геосистемы плохо восстанавливаются и часто сменяются степями.

В группу с высокой степенью ЭР относятся геосистемы средней чувствительности (условно стабильные). Сюда вошли подтаежные темнохвойные южно-сибирского типа и подтаежные лиственничные кустарничково-травяные, травяные и остепненные геосистемы байкало-джугджурского

типа. Это наиболее освоенные и преобразованные человеческой деятельностью и лесными пожарами территории, находящиеся на разной стадии восстановления. В силу недостаточного увлажнения эти геосистемы в условиях лесосведения, особенно склоновых местоположений, могут быть подвержены аридизации. К тому же в поздний весенний и раннелетний периоды (до стадии формирования травяного растительного покрова) эти геосистемы очень пожароопасны. Сюда же были отнесены северо-азиатские долинно-луговые и остепненные лугов геосистемы южно-сибирского типа в составе лугово-кустарничково-лесных (лиственничных) серий аллювиальных равнин. В целом их местоположения характеризуются ограниченным количеством осадков. Биологическая продуктивность растительного компонента этих геосистем значительно меньше, чем подтаежных, она колеблется между средней и низкой. Антропогенные воздействия здесь могут привести к изменению гидрологического режима в сторону иссушения и, как следствие, нарушению структуры геосистем. Поэтому особенно возрастает их водозащитная и почвозащитная роль. Протаивание мерзлотных почвогрунтов геосистем байкало-джугджурского типа может, наоборот, способствовать заболачиванию местоположений. Для всех геосистем этой группы характерны разнообразные хозяйственные функции, поэтому они имеют большое техногенно-барьерное значение.

В группу с относительно высокой степенью ЭР относятся чувствительные (относительно стабильные) геосистемы. Это геосистемы байкало-джугджурского типа ограниченного и оптимального развития, формирующиеся в условиях распространения мерзлотных почвогрунтов. В целом для них характерна экологическая функция стабилизации. При лесосведении здесь может увеличиваться глубина протаивания почвогрунтов, которая, особенно в условиях местоположений плоских водоразделов, межгорных понижений и долин, ведет к накоплению влаги и появлению избыточного увлажнения. В геосистемах подгорных местоположений переувлажнение обусловлено еще и дополнительным поступлением вод со склонов. В лиственничных геосистемах при проявлении избыточного почвенно-грунтового увлажнения возможно появление влажных ерников, восстановление которых в лесные угодья происходит очень медленно.

В группу относительно невысокого ЭР отнесены геосистемы менее чувствительные (наиболее стабильные). Это все горнотаежные геосистемы условий ограниченного развития южносибирского типа. Это наиболее организованные в структурном отношении системы, выполняющие средостабилизирующую экологическую функцию. В данном регионе они находятся на территориальном пределе своего распространения, но тем не менее они экологически устойчивы и, как правило, быстро восстанавливаются после внешнего воздействия. В целом для этих преимущественно моховых геосистем характерна функция стабилизации (водорегулирование). В условиях континентального климата их моховая подушка обеспечивает существование особого типа экологических условий. Для сохранения моховой тайги необходимо осуществлять постоянный контроль ее состояния, соблюдать правила эксплуатации лесов и проводить мероприятия по предотвращению лесных пожаров.

В группу с невысоким ЭР определены малочувствительные (стабильные) геосистемы южносибирского типа – умеренно теплых или теплых и избыточно влажных местообитаний повышенно и высокопродуктивные: горнотаежные темнохвойные и подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные. Они формируются на наветренных местоположениях Хамар-Дабана и Баргузинского хребта и имеют наивысший потенциал биологической продуктивности наземной растительности. Эти травяные геосистемы выполняют средозащитную почво- и водорегулирующую функции и требуют особого подхода при их использовании. После пожаров и рубок в лесах этих местоположений лиственная фаза очень хорошо выражена и может длиться до 150 лет, кедровая фаза в развитии древостоя наступает лишь к 200–220 го-

дам. Если не способствовать восстановлению этих геосистем, то велика вероятность их изменений.

Обширный объем междисциплинарной географической информации, заключенный в тематическом содержании КИС, обеспечит массу возможностей при использовании её специалистами различного профиля. КИС обладает свойством оперативного обновления информации и обеспечивает создание новых оценочных, прогнозных и рекомендательных карт ПС бассейна озера Байкал.

Работа выполнена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» по договору 172014 / РГО-РФФИ от 13 июля 2015 г.

Список литературы

1. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
2. Исаченко А.Г. Интенсивность функционирования и продуктивность геосистем // Изв. АН СССР. – Сер. геогр. – № 5. – 1990. – С. 5–17.
3. Кузнецова Т.И. Анализ и картографирование геосистем для принятия природоохранных решений // «Информационные технологии в науке, образовании и управлении IT + S&E'15» (Гурзуф, 01–11 октября 2015 г.) / Ред. Е.Л. Глоризов. – М.: Изд-во Общество с ограниченной ответственностью «Институт новых информационных технологий». – 2015. – С. 51–60.
4. Кузнецова Т.И. Анализ и картографирование чувствительности и экологической устойчивости геосистем для информационного обеспечения географического прогноза (на примере бассейна оз. Байкал) // Проблемы анализа риска. – 2016. – Т. 13. – № 3. – С. 28–39.
5. Михеев В.С. Ландшафтный синтез географических знаний. – Новосибирск: Наука, 2001. – 216 с.
6. Монгольская Народная Республика. Национальный атлас. – Улан-Батор–М.: Изд-во: ГУГК СССР, 1990. – 144 с.
7. Назимова Д.И., Ермаков Н.Б., Андреева Н.М., Степанов Н.В. Концептуальная модель структурного разнообразия зональных классов лесных экосистем Северной Евразии // Сибирский Экологический журнал. – № 5. – 2004. – С. 745–755.
8. Сочава В.Б. Теоретическая и прикладная география. Избранные труды. – Новосибирск: Наука, 2005. – 288 с.
9. Экологический атлас бассейна оз. Байкал. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 145 с.

УДК 316.624:504.03

**ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И СОЦИАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ НАСЕЛЕНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИИ**¹Лозовская С.А., ¹Изергина Е.В., ²Косолапов А.Б., ¹Гилаури Т.Н.¹ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: geogr@tig.dvo.ru;²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: rectorat@dvfu.ru

В данной работе рассматривается воздействие комплекса факторов окружающей среды на возникновение социальной патологии общества (человеческие действия, типы поведения, которые общество рассматривает как вредные, подрывающие правопорядок и общественную мораль). Изучен комплекс факторов окружающей среды (природных, экологических, социально-экономических), формирующих региональные особенности социальной патологии общества. Исследованы корреляционные связи между факторами окружающей среды и уровнями девиантного поведения населения Дальнего Востока России. Число зарегистрированных преступлений по России за последние годы снижается, но остается на высоких уровнях в ее восточных регионах, особенно в ДВФО. Показана различная фактическая степень параллелизма между отдельными факторами среды и территориальными показателями социальной патологии населения, проанализированы установленные статистические зависимости, выделены основные группы внешних факторов, оказывающих гипотетически возможное влияние на формирование отдельных показателей социальной патологии.

Ключевые слова: социальная патология, девиантное поведение населения, факторы окружающей среды, коэффициенты корреляции

**ENVIRONMENT AND SOCIAL PATHOLOGY OF POPULATION
FAR-EASTERN FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA**¹Lozovskaya S.A., ¹Izergina E.V., ²Kosolapov A.B., ¹Gilauri T.N.¹Federal State Institution of Science Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: geogr@tig.dvo.ru;²Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: rectorat@dvfu.ru

In this paper, we consider the impact of environmental factors on the occurrence of complex social pathology of society (human activities, behaviors that society considers as harmful, undermining the rule of law and public morality). Studied the complex environmental factors (natural, environmental, social and economic), which form the regional features of social pathology of society. We investigated correlations between environmental factors and levels of deviant behavior of the Far East of the Russian population. The number of registered crimes in Russia in recent years decreased, but remains at high levels in its eastern regions, especially in the Far East Federal District. A different actual degree of parallelism between the individual factors of the environment and regional indicators of social pathology of the population, according to statistics analyzed installed, identified the main groups of external factors that have a hypothetical influence on the formation of separate indicators of social pathology.

Keywords: social pathology, behavior of population, factors of environment, coefficients of correlation

Основная идея социологического подхода к пониманию преступности заключается в том, что преступность – это болезнь социума, а преступления – симптомы этой болезни [12]. Совокупность преступлений и преступников является лишь внешними симптомами болезни, а сама болезнь и причины этой болезни – поле социальной напряженности общества. Своеобразное поле социальной напряженности порождает отклоняющееся, в том числе преступное, поведение индивидуумов. Таким образом, преступность является одним из показателей общественного здоровья, неотъемлемой частью всех здоровых обществ.

Социальная патология по определению Дюркгейма [4] является резким отклонением от норм обычных рядовых показателей преступности [2, 12]. Подход к обществу

как к определенному организму позволяет распространить на него понятия, характеризующие состояния живых существ, такие как здоровье и болезнь [3]. В переходные и кризисные периоды наблюдается явление патологии общества, выражающееся в ощущении отсутствия норм и затрагивающее при социальных потрясениях все слои населения. Таким образом, социальная патология – состояние общества, оцениваемое как нездоровое [2]. Этот термин образован по аналогии с соответствующим медицинским понятием – учением о заболеваниях.

Известны примеры зависимости характера человеческой деятельности от климатических условий и социально-экономических показателей. Если причины преступности – это негативные явления, вызывающие ее, то условия преступности – это явления,

не способствующие либо препятствующие порождению преступности. Дюркгейм [4] проводил различие между «нормальными» и «аномальными» состояниями общества. Для понимания нормы и патологии в мировой социологии употребляют термин «девиантное поведение», которое предусматривает нарушение общепризнанных (средних, наиболее распространенных) норм поведения в обществе [3]. К основным формам девиантного поведения в современном обществе относят преступность, наркоманию, алкоголизм, проституцию, суицид.

В 2003–2015 гг. общее число насильственных и имущественных преступлений в мире уменьшилось [9]. Число уголовных преступлений, касающихся незаконного оборота наркотиков, осталось относительно стабильным, тогда как число преступлений, связанных с хранением наркотиков, возросло. Взаимосвязь между масштабами насилия в форме убийства и уровнями социально-экономического развития подтверждается результатами криминологических исследований и работами по изучению факторов (неравенство, нищета и ослабленный правовой порядок), препятствующих развитию отдельных стран [8].

Российская Федерация (РФ) в списке стран по показателям ВВП в 2014 г. находилась на 6 месте из 188 стран, а по уровню экономического развития ВВП на душу населения на 49. В рейтинге стран по уровню жизни населения РФ в 2015 г. занимала 58 место из 142 стран [8]. В рейтинге стран мира по уровню преднамеренных убийств Россия занимала 154 место из 219 [9]. Социальное нездоровье российского общества затрагивает интересы миллионов людей, негативно сказывается на их жизни [6]. Среди основных симптомов социального нездоровья можно выделить глубокое неравенство между слоями общества; отчуждение государства от общества, расширение традиций теневой экономики, социальная зависть, искажение шкалы моральных ценностей, деполитизация населения; рост алкоголизма и наркомании. Комфортность жизни населения РФ значительно ниже, чем в других странах Европы [1]. Трудность оценивания социального здоровья состоит в том, что нет общепринятых критериев, позволяющих отличать больное общество от здорового, нет показателей, позволяющих сравнивать социальное здоровье населения России с социальным здоровьем населения других стран, ограничена доступность к статистике негативных явлений в России.

Целью работы явилось изучение комплекса факторов окружающей среды, формирующих социальную патологию общества, и их связей с показателями уровня девиантного поведения населения Дальневосточного федерального округа (ДВФО) России.

Материалы и методы исследования

С помощью метода ранговой корреляции Спирмена исследованы корреляционные связи между отдельными средовыми факторами и территориальными показателями девиантного поведения населения ДВФО. Изучены зависимости восьми видов правонарушений от трех групп факторов (19 показателей) окружающей среды: среднемесячные температуры января и июля, № 11, загрязнение атмосферы, № 7, и воды, выбросами предприятий и сточными водами, № 8; электромагнитное загрязнение излучением мобильных телефонов, № 9, и компьютеров, № 10), численность безработных, № 1; среднедушевые денежные доходы населения, № 2; площадь жилых помещений, приходящаяся на одного жителя, № 3; число дорожно-транспортных происшествий; потребление населением табачных изделий, мяса, сахара; продажа алкогольных напитков, № 5; психические расстройства, № 4, алкоголизм, № 5, и наркомания, № 6.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2005–2015 гг. в России общее число зарегистрированных преступлений (на 100 000 человек населения) имело тенденцию к снижению [10], однако остается на высоких уровнях в ее восточных регионах (значительно выше средних по России). Первое место в России в 2014 г. занимал Дальневосточный федеральный округ, второе – Сибирский федеральный округ, третье – Уральский федеральный округ. Показатели социальной патологии общества неоднородны в различных регионах ДВФО (2014 г.). Так, наиболее высокий уровень убийств и покушений на убийство зарегистрирован в Чукотском АО, Магаданской области и Приморском крае; умышленного причинения тяжкого вреда здоровью – в Чукотском автономном округе, Еврейской автономной области, Республике Саха (Якутия). Высокие показатели, разбоя, грабежей и краж зафиксированы в Приморском и Хабаровском краях, а также в Амурской области. Наибольшее число преступлений в сфере экономики отмечено в Магаданской, Сахалинской областях и Еврейской автономной области. Незаконный оборот наркотиков максимален в Приморском крае, Магаданской области и Еврейской автономной области (рис. 1, 2). Таким образом, по числу зарегистрированных в 2014 г. преступлений на 100 000 человек населения Приморский край занимал 3 место по России [10].

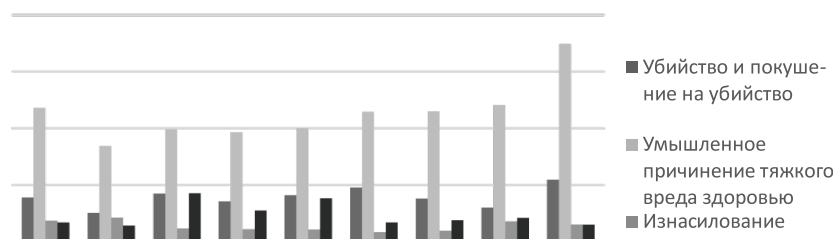


Рис. 1. Показатели социальной патологии общества (число преступлений на 100 000 населения) в регионах ДВФО России

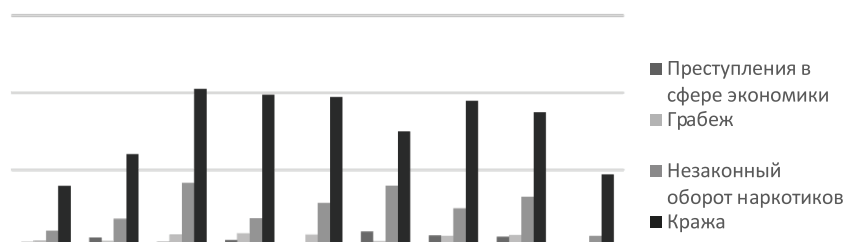


Рис. 2. Показатели социальной патологии общества (число преступлений на 100 000 населения) в регионах ДВФО России

Преступление, как и болезнь, – процесс, развертывающийся в пространстве и во времени и определяющийся одновременно характеристиками как самого человека, так и условиями среды [2]. Социально-психологические явления и процессы, играющие роль в детерминации преступности, формируются под влиянием факторов природной среды, единого потока взаимосвязанной биологической и социальной информации, и в большинстве случаев невозможно выделить ведущий фактор [5]. Биологические процессы на всех уровнях системной организации связаны с физическими природными факторами. Эти факторы могут формировать как конкретную жизненную ситуацию совершения преступления, так и играть роль предпосылки, особенно в случаях совершения тяжких насильственных преступлений [5].

Расчет коэффициентов ранговой корреляции (r) показал следующие результаты.

Социально-экономические факторы. Изучение корреляционных связей показателей преступности с социально-экономическими факторами среды показало, что самые высокие прямые статистически достоверные связи различных видов преступлений обнаружены с численностью безработных. Средние и низкие прямые связи наблюдались с психическими расстройствами и алкоголизмом. Средние обратные связи – со среднедушевыми денежными доходами населения и с общей площадью жилых по-

мещений на одного жителя. Достаточно высокие связи показателей преступности отмечены с наркоманией (таблица).

Чтобы выяснить, какие из видов правонарушений в наибольшей степени зависят от социально-экономических факторов регионов ДВФО, были подсчитаны общие суммы корреляций ($\sum R_s$) по каждому виду правонарушений [13]. Принимались во внимание значения коэффициентов от 0,3 и выше (прямые и обратные). Выяснилось, что исследованные социально-экономические условия в наибольшей степени влияют на совершение таких правонарушений, как умышленное причинение тяжкого вреда здоровью, разбой, кража, убийство, грабеж ($\sum R_s$ от 3,7 до 4,1). Наименьшая зависимость от социально-экономических условий характерна для преступлений против женщин, преступлений, связанных незаконным оборотом наркотиков, и преступлений в сфере экономики ($\sum R_s$ от 2,2 до 3,6). Преступность напрямую связана с социальными факторами среды и имеет обратную связь с экономическими факторами. При анализе степени действия каждого из исследованных социально-экономических факторов на преступность выяснилось, что наибольшее влияние имеет численность безработных в среднем за год ($\sum R_{sf} = 7,44$). Среднее влияние оказывают уровни наркомании и алкоголизма и среднедушевые денежные доходы ($\sum R_{sf} = 4,85; 4,01; 4,22$).

**Зависимость уровня социальной патологии населения регионов ДВФО
по отдельным видам правонарушений от некоторых факторов окружающей среды**

Виды правонарушений	Коэффициенты ранговой корреляции (r)										
	Социально-экономические факторы						Экологические факторы				Природные факторы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Убийство и покушение на убийство	0,963	-0,631	-0,519	0,517	0,53	0,743	0,883	0,932	0,916	0,916	0,709
Умышленное причинение тяжкого вреда здоровью	0,987	-0,575	-0,595	0,54	0,565	0,473	0,919	0,96	0,939	0,941	0,604
Преступления против женщин	0,844	-0,437	-0,58	нет	0,386	нет	0,905	0,864	0,872	0,843	0,454
Грабеж	0,98	-0,597	-0,567	0,569	0,56	0,786	0,902	0,972	0,928	0,929	0,697
Разбой	0,929	-0,598	-0,458	0,496	0,484	0,742	0,869	0,938	0,909	0,908	0,712
Кража	0,955	-0,562	-0,467	0,51	0,491	0,74	0,884	0,955	0,933	0,929	0,71
Экономические преступления	0,918	-0,382	-0,474	0,539	0,613	0,715	0,835	0,923	0,876	0,91	0,46
Незаконный оборот наркотиков	0,864	-0,442	нет	0,42	0,381	0,654	0,871	0,897	0,896	0,893	0,665

Экологические факторы. Для выявления влияния интенсивности техногенного воздействия на уровень правонарушений населения ДВФО рассчитаны коэффициенты связи основных показателей преступности с показателями промышленного и бытового загрязнения атмосферного воздуха и воды, а также с уровнем электромагнитного излучения (мобильные телефоны и компьютеры). Показано, что все изученные правонарушения населения ДВФО имеют практически одинаковые высокие прямые статистически достоверные связи ($\sum R_s$ от 3,5 до 3,8) со всеми видами промышленных и бытовых загрязнений окружающей среды (таблица). Причем действие всех исследованных экологических факторов на преступность оказалось, практически одинаково высоким ($\sum R_{sf} = 7,0-7,44$).

Природные факторы. При изучении метеорологических факторов зависимость правонарушений от средних январских температур воздуха не обнаружена; во всех случаях корреляция между показателями не достигала уровня статистической значимости. Вместе с тем выявлена статистически достоверная зависимость выше среднего уровня ($r = 0,7$) половины исследованных правонарушений от

средних июльских температур воздуха (таблица). Причем с повышением летней температуры коррелировали в основном преступления, связанные с тяжкими насильственными действиями.

Заключение

Таким образом, на формирование таких правонарушений, как убийство и покушение на убийство, умышленное причинение тяжкого вреда здоровью, разбой, грабеж, кража, преступления в сфере экономики, в большой степени влияют такие факторы окружающей среды, как численность безработных, факторы загрязнения окружающей среды ($r = 0,8-0,9$); в меньшей степени – наркомания и температура воздуха в июле ($r = 0,7-0,8$ и $r = 0,6-0,7$). Преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков, зависят от численности безработных ($r = 0,864$), экологических факторов ($r = 871-0,897$) и, в меньшей степени, от уровня наркомании ($r = 0,654$) и температуры воздуха в июле ($r = 0,665$); преступления в сфере экономики – от численности безработных ($r = 0,918$) и экологических факторов ($r = 0,835-0,923$).

Региональный прогноз на ближайшее будущее неблагоприятен. Наблюдаемые

изменения в современной преступности связаны, прежде всего, с кризисными явлениями в экономической, политической и духовной жизни российского общества. В связи с этим все большую актуальность приобретают исследования, позволяющие выявить дополнительные внешние причины и условия формирования региональных особенностей проявления асоциального поведения населения на различных территориях.

Список литературы

1. Атлас здоровья в Европе. – 2-е изд. – М., 2008. – 139 с.
2. Васильева И.И. Особенности социальной патологии в условиях кризиса современного общества: дис. ... канд. социол. наук. – Улан-Удэ, 2001.
3. Гилинский Я.И. Социология девиантного поведения как специальная социологическая теория // Социс. – 1991. – № 4. – С. 72–78.
4. Дюркгейм Э. Социология преступности (Современные буржуазные теории). – М.: Издательство «Прогресс», 1966. – С. 39–44.
5. Игнатов А.Н. Природные факторы детерминации преступности // Криминология: вчера, сегодня, завтра. – Вып. № 23. – 2011. – С. 21–24.
6. Лунев В.В. Политическая преступность в России: Прошлое и настоящее // Общественные науки и современность. – 1999. – № 5. – С. 66–69.
7. Мертон Р.К. Социальная структура и аномия // Социология преступности (Современные буржуазные теории). – М.: Прогресс, 1966. – С. 299–313.
8. Рейтинг стран мира по уровню валового внутреннего продукта. – <http://gtmarket.ru/ratings/rating-countries-gdp/> (Дата обращения 7 октября 2016 г.).
9. Рейтинг стран мира по уровню преднамеренных убийств. – <http://gtmarket.ru/ratings/homicide-rate/info> (Дата обращения 28 сентября 2016 г.).
10. Российский статистический ежегодник. 2015: Стат. сб. / Росстат. – 2015. – 728 с.
11. Тринадцатый Конгресс ООН по предупреждению преступности и уголовному правосудию. Доха, 12–19 апреля 2015 г. – <http://www.un.org/ru/events/crimecongress2015> (Дата обращения 7 октября 2016 г.).
12. Фромм Э. Анатомия человеческой деструктивности. – М.: АСТ, 2004. – 365 с.
13. Шкуринский Б.В. Медико-природное районирование Западно-Казахстанской области: история изучения вопроса и методика // Вестник ВГУ, серия География, Геоэкология. – 2012. – № 1. – С. 66–73.

УДК 796.51

ЭКОТРОПА КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**Ломакин И.А., Попова Е.И.***Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, e-mail: popova-3456@mail.ru*

В современном мире экологическое воспитание и культура стало приоритетным направлением. Деятельность человека в природе часто безграмотная, неправильная с экологической точки зрения, расточительная, ведущая к нарушению экологического равновесия, так как мало уделяется внимание экологической культуре. Одним из апробированных и достаточно эффективных способов достижения намеченных целей является создание экологической тропы или сети экотроп. Создание экологической тропы способствует повышению экологической грамотности и культуры населения. В статье приведен материал по созданию экологической тропы в городе Тобольске. Маршруты экологической тропы проложены таким образом, что посетители не просто пройдут через участки живой нетронутой тайги, но и познакомятся с уникальными объектами живой природы, что формирует экологическую культуру и позволяет сохранить и рационально использовать природную территорию, отведенную под экотропу.

Ключевые слова: экологическая тропа, маршруты, остановочные станции, экологическая культура, рациональное природопользование

ECOLOGICAL PATH AS A WAY TO FORM ECOLOGICAL CULTURE AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**Lomakin I.A., Popova E.I.***Federal State Institution of Science Tobolsk Complex Scientific Station UD RAS,
Tobolsk, e-mail: popova-3456@mail.ru*

In our modern world environmental education and culture have become a priority. The activity of people in nature, mostly incorrect from the ecological point of view is considered to be lavish that leads to the destruction of ecological balance. It happens due to the fact that very little attention is devoted to ecological culture. One of the tested and effective way to begin the environmental education is to create an ecological path or a number of paths. It will help to raise environmental awareness and culture of people. In the article you will find the information about the creation of the ecological path in Tobolsk town. The routes of the ecological path are organized in such a way that visitors can walk through the untouched Taiga forest and also see its unique wildlife. We believe that it will help to form the environmental culture and will help to preserve the nature of the ecological path.

Keywords: ecological path, routes, stopping stations, ecological culture, environmental management

Современный человек получает экологические знания в основном только из двух источников: из средств массовой информации и на уроках в школе. Но, к сожалению, этого недостаточно, чтобы научиться понимать природу, ценить ее богатства и красоту [1, 2, 3]. Формирование экологической культуры – важнейшая задача в настоящее время. Окружающая нас природа является доступным и неиссякаемым источником наглядно-чувственного, эстетического, творческого, эмоционального и речевого развития. Способствует формированию доброжелательности, внимания, чуткости, наблюдательности и других положительных качеств любого человека [4, 5, 6].

Организация экологической тропы – одна из форм воспитания экологического мышления и мировоззрения.

Экотропа – это демонстрационный, специально оборудованный маршрут, проходящий через различные природные

объекты. Во время движения по экотропе посетители получают информацию об экосистемах, природных объектах, процессах и явлениях [7, 8, 9].

Во время движения по экологической тропе посетители получают информацию об экологических системах, природных объектах, процессах и явлениях. Экскурсия по экотропе сочетает в себе познание, отдых и наслаждение красотой природы, также является методом формирования нравственного отношения к ней. На экотропе можно рассмотреть и изучить различные виды природных и антропогенных биогеоценозов, а также научные, исторические, культурные объекты и достопримечательности [10, 11, 12, 13].

Цель исследования – разработка форм и методов деятельности на экологической тропе, направленных на формирование экологической культуры, рациональное использование и сохранение природных ресурсов.

Материалы и методы исследования

При проектировании экологической тропы использовали стандартные методики [2]. В результате работы по созданию экологической тропы: проложены маршруты, обозначены остановочные станции, разработаны стенды и экскурсии. Маршруты экологических троп выбирались в зависимости от поставленной цели таким образом, чтобы в них были представлены участки естественной природной среды. Важным условием выбора места расположения экологической тропы является ее доступность для прохождения, привлекательность ландшафтов, ее информационная насыщенность.

Результаты исследования и их обсуждение

Город Тобольск расположен в подзоне южной тайги таежной зоны, примерно в 100 км к югу от границы южной и средней тайги. Такое расположение определяет все характерные особенности природной среды окрестностей Тобольска, как растительного покрова, так и животного населения, которые весьма разнообразны и богаты. Около села Верхние Аремзяны была создана экологическая тропа. Общая протяженность маршрутов экотропы составляет около 4 км. Они занимают площадь в 150 га.

Экологическая тропа состоит из трех маршрутов, каждый из которых проходит по разным типам лесов, встречающихся на рассматриваемой территории. Отправной точкой всех маршрутов является входная группа, оформленная в виде ворот с размещенными информационными стендами. Именно здесь посетители получают общую информацию о форме и длине маршрута, об основных природных и культурных достопримечательностях и правилах поведения на тропе. Рядом с входной группой сооружена мониторинговая площадка в форме беседки, на которой размещены информационные стенды, посвященные экологическому мониторингу на экотропе. На базе мониторинговой площадки проходят экспресс-анализы для экскурсантов на наличие загрязняющих веществ в почве, воде и атмосферном воздухе. Химические анализы в большей своей части проводятся в присутствии посетителей экотропы. Визуальная оценка состояния воды (снега) позволяет получить данные об её (его) состоянии: цвет, наличие запаха, количество взвешенных веществ, наличие масляной пленки на поверхности. Качественные реакции на исследование состава воды различного происхождения позволяют выявить наличие таких химических соединений, как хлориды, сульфаты, железо, аммиак, свинец,

медь, фенол, непредельные углеводороды. С помощью набора для экспресс-анализа воды можно определить в ней водородный показатель pH, окисляемость перманганатную, жесткость, марганец, нитраты, нитриты. Все это позволит убедить экскурсантов в экологичности данной территории.

Разработан паспорт экологической тропы. Паспорт экотропы – документ, содержащий описание экотропы: название, год закладки, протяженность, описание маршрутов, режим использования, допустимая нагрузка, необходимые мероприятия по уходу за экологической тропой.

В ходе организованных экскурсий пояснения дает экскурсовод. Он предлагает посетителям необходимые сведения о природных и других достопримечательностях экотропы, поясняет им правила поведения на ее отдельных объектах и контролирует соблюдение этих правил. Информацию также можно увидеть на информационных стендах, которые устанавливаются на остановочных станциях и других участках маршрута. На стендах размещается лаконичный текст с рисунками или фотографиями.

Для информационного насыщения тропы требуются проектные материалы, предлагающие оптимальное решение для организации экологического просвещения на экотропе. В рамках проекта создания экологической тропы в городе Тобольске были разработаны малые архитектурные формы. Основной материал изделий – обработанная древесина. Все изделия разработаны в единой стилистике.

В соответствии с общей концепцией экологической тропы названия маршрутов отражают целевую направленность данного проекта.

Кольцевой маршрут № 1 «Нефтехимия и живая природа: экология соседства» (протяженность – 2,0 км).

Экскурсантам предоставляется возможность узнать об индикаторных видах растений, животных и грибов, которые встречаются на территории экологической тропы. К числу основных задач маршрута относится развенчание наиболее распространенных «экологических мифов» о негативном антропогенном влиянии на природную среду.

На маршруте организовано семь остановочных станций, оснащенных комплексами информационных стендов по следующим группам: растения-индикаторы окружающей среды, лишайники, насекомые, почвенные микроартроподы и животные экотропы. Маршрут используется для проведения обзорных сезонных экскурсий (табл. 1).

Таблица 1

Средства визуализации на маршруте «Нефтехимия и живая природа: экология соседства»

№ п/п	Остановочные станции	Информационные стенды
1	«Легенды и мифы в мире растений»	«Сказки леса»
2	«Мир под ногами»	«Редкие и охраняемые виды насекомых»; «Осторожно, клещи!»
3	«Взаимосвязь растений с природной средой»	«Растения-биоиндикаторы».
4	«Биоиндикаторы окружающей среды»	«Лихеноиндикация»
5	«Интересные соседи»	«Животный мир в соседстве с производством: растительоядные животные»; «Животный мир в соседстве с производством: хищные млекопитающие»
6	«Остров на переходном болоте»	«Экосистема переходного болота»
7	«Обитатели почвы под микроскопом»	«Почвенная микрофауна как показатель здоровья экосистемы»

Кольцевой маршрут № 2 «Образ сибирской тайги» (протяженность – 1,0 км). Экскурсанты знакомятся с многообразием биоты, которая характерна для подзоны южной тайги. Основная задача маршрута – экологическое образование, воспитание и просвещение.

На маршруте создано восемь остановочных станций, оснащенных комплексами информационных стендов (по различным груп-

пам флоры и фауны). Здесь также проводятся обзорные сезонные экскурсии (табл. 2).

Кольцевой маршрут № 3 (протяженность – 1,0 км). На этом маршруте акцент сделан на редкие и охраняемые виды, включенные в состав Красной книги Тюменской области. Кроме того, представлена информация о лекарственных, съедобных и ядовитых видах растений и грибов.

Таблица 2

Средства визуализации на маршруте «Образ сибирской тайги»

№ п/п	Остановочные станции	Информационные стенды
1	«Азбука следопыта»	«Узнай животное по следу» «Как ориентироваться в лесу».
2	«Лесные звери»	«Млекопитающие Западной Сибири» «Редкие и исчезающие виды животных Тюменской области»
3	«Почвы экотропы»	«Почвенный покров экотропы и его экологическое значение»
4	«Фауна амфибий и рептилий»	«Разнообразие пресмыкающихся и земноводных Тюменской области» «Редкие и исчезающие виды амфибий и рептилий Тюменской области»
5	«Орнитофауна»	«Птицы Тобольска», «Редкие птицы Тюменской области»
6	«Лесные великаны»	«Хоровод деревьев»
7	«Кладовая леса»	«Дары природы»
8	«Мир насекомых»	«Вредители леса», «Жизнь муравьев»

Таблица 3

Средства визуализации на маршруте «Жемчужины тобольской флоры»

№ п/п	Остановочные станции	Информационные стенды
1	«Под пологом старой сосны»	«Патриарх Тобольской тайги»
2	«Аптекарский огород»	«Зеленая аптека».
3	«Музей под открытым небом»	«Растения Красной книги Тюменской области»
4	«Опасные зеленые соседи»	«Ядовитые растения»
5	«Смирная охота»	«Съедобные и ядовитые грибы» «Микообъекты экотропы»

Основной задачей маршрута является демонстрация богатства растительного мира сибирской тайги и окрестностей Тобольска.

На маршруте имеется пять остановочных станций, оснащенных комплексами информационных стендов по различным группам растений. Проводятся обзорные экскурсии.

Прогулка по экотропе – это не только источник получения новых знаний, но и отличный вид отдыха, возможность насладиться красотой природы, получить мощный заряд энергии.

Посетители экотропы могут увидеть богатые красивыми пейзажами участки природы, не нарушенные техногенным влиянием, почерпнуть жизненные силы, прикоснуться к источнику неповторимой красоты и наполнить свою жизнь гармонией.

На маршрутах экотропы можно увидеть сосновые леса, составленные сосной лесной, или обыкновенной (*Pinus sylvestris*), широко распространены в южной тайге Западной Сибири. Помимо сосны в таких лесах часто в небольшом количестве произрастают береза (*Betula pendula*) и осина (*Populus tremula*), липа (*Tilia cordata*), ель (*Picea obovata*) и пихта (*Abies sibirica*), они же могут присутствовать и в составе подростка. Как примесь могут встречаться также и единичные деревья кедра сибирского (*Pinus sibirica*), имеется выраженный подлесок, состоящий из рябины сибирской (*Sorbus sibirica*), черемухи (*Padus avium*), шиповника майского (*Rosa majalis*), малины (*Rubus idaeus*), жимолости лесной (*Lonicera xylosteum*), иногда ивы козьей (*Salix caprea*).

Экологическая тропа выполняет многие функции. Важнейшая из них – воспитательная. Посетители не только выполняют определенную исследовательскую работу, но и участвуют в пропаганде экологических знаний среди тех, кто оказался в районе

тропы. Основными формами просветительской деятельности в районе экологической тропы стали экскурсии, полевые практики студентов (рисунок).

Студенты не только расширяют свои естественнонаучные знания, но постигают отношения человека к окружающей среде в процессе труда и отдыха. Они учатся комплексно оценивать результаты труда, прогнозировать экологические следствия деятельности человека, в том числе своей и своих сокурсников. Высшим проявлением связи обучения с жизнью становится участие студентов в улучшении общего состояния природы в зоне экологической тропы.

Информационные стенды, экскурсии, беседы, мастер-классы – все это оказывает определенное влияние на сознание людей, заставляет задуматься о правильности своего поведения в природе, повышает экологическую грамотность.

Все компоненты флоры и фауны связаны настолько тесно, что, если изменится хотя бы один из них, рано или поздно это скажется на всех остальных. Последствием этого является исчезновение некоторых их разновидностей. Поэтому требуется создавать должную защиту всем растениям и животным, живущим на экологической тропе, и уделять особое внимание редким видам.

В результате научно-исследовательских работ, проведенных на экологической тропе, были выявлены редкие и охраняемые виды флоры (*Lobaria pulmonaria* L. Hoffm (Лобария легочная), *Polyporus badius* (Pers.) Schwein (Полипорус кштановый), *Neottia nidus-avis* L. Rich. (гнездовка настоящая), *Cypripedium guttatum* Sw. (Башмачок крапчатый), *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo (Пальчатокоренник пятнистый), *Malaxis monophyllos* (L.) Sw.



Полевая практика на экологической тропе

(Мякотница однолистная), *Tilia cordata* Mill. (Липа сердцелистная), *Stipa pennata* L. (Ковыль перистый), *Allium microdictyon* Prokh. (Лук черемша), *Astaea spicata* L. (Воронец колосистый) и т.д.).

Выводы

Таким образом, на протяжении маршрутов, разработанных на экологической тропе, можно показать посетителям много на первый взгляд простых, но очень важных объектов и явлений. Необходимо вовлечь их в активную оценку экологической ситуации своего места жительства, выработать активную жизненную позицию, привить нормы экологической культуры и нравственного отношения к природе.

В процессе общения с природой вырабатываются навыки правильного поведения, разумного, сознательного отношения к природе.

Экологическая тропа не только формирует экологическую культуру, но и позволяет сохранить и рационально использовать природную территорию, отведенную под экотропу.

Список литературы

1. Афонин А.В. Экологические тропы России. – М.: ПК Литфонда России, 1993. – 36 с.
2. Бешко Н.Ю. Экологическая тропа. Методическое пособие для учителей. – Ташкент, 2010. – 59 с.
3. Гребенников В.С. Экологическая тропа / Биология в школе. – 1994. – № 4. – С. 56–58.
4. Дерябо С.Д., Ясвин В.А. Экологическая педагогика и психология: учебное пособие для студентов вузов. – Ростов н/Д.: Феникс, 1996. – 480 с.
5. Захлебный А.Н. Учебная экологическая тропа // Биология в школе. – 1983. – № 3. – С. 54–62.
6. Захлебный А.Н. На экологической тропе: опыт экологического воспитания. – М.: Знание, 1986. – 457 с.
7. Захлебный А.Н. Суравегина И.Т. Экологическое образование школьников во внеклассной работе: пособие для учителя – М.: Просвещение, 1984. – 132 с.
8. Ремизова Н.И. Учебная экологическая тропа на пришкольном участке // Биология в школе. – 2000. – № 6. – С. 12–14.
9. Самарина И.А. Экологическая тропа как средство формирования экологического сознания школьников // Вопросы археологии, истории, культуры и природы Верхнего Поволжья: Материалы XI Всероссийской научной конференции 5–7 апреля 2005 г. – Калуга: Издательство «Полиграф-Интерформ», 2005. – С. 280–281.
10. Сластенина Е.С. Экологическое образование в подготовке учителя. – М.: Просвещение, 1984. – 211 с.
11. Тропа в гармонии с природой: Сборник российского и зарубежного опыта по созданию экологических троп. – М.: Р. Валент, 2007. – 176 с.
12. Харченкова Е.А. Развитие творческой активности школьников в процессе создания экологической тропы // Биология в школе. – 1984. – № 4. – С. 69–72.
13. Чижова В.П., Петрова Е.Г., Рыбаков А.В. Экологическое образование (учебные тропы) // Общество и природа. – 2000. – С. 21–33.

УДК 502.752

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УНИКАЛЬНЫХ НАГОРНЫХ ДУБРАВ БАССЕЙНА СРЕДНЕГО ДОНА

¹Луговская Л.А., ²Землякова А.В., ¹Межова Л.А., ³Луговской А.М.

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж,
e-mail: LLA1986@yandex.ru, lidiya09@rambler.ru;

²ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: zemlyakova@bsu.edu.ru;

³ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», Институт математики,
информатики и естественных наук, Москва, e-mail: alug1961@yandex.ru

В статье рассматриваются современные геоэкологические условия среды обитания дубрав бассейна Среднего Дона. Дается анализ природных условий трех естественных уникальных нагорных дубрав: Шипова леса, Воронежской нагорной дубравы и Теллермановской рощи. Особое внимание уделено нагорным дубравам, которые отличаются спецификой массоэнергообменных процессов и биотического потенциала. В последние годы особую актуальность приобретает инвентаризация существующих памятников природы и выделение новых. Анализ современного геоэкологического состояния позволит провести паспортизацию памятников природы, провести их картирование, расширить их границы, ограничить рекреационное воздействие. Геоэкологическое картирование позволит разработать рекомендации по оптимизации ландшафтов, дубрав. Геоэкологическое картирование позволит проводить природоохранную деятельность дифференцированно, в зависимости от местоположения и природных особенностей структуры и динамики ландшафтов.

Ключевые слова: геоэкологический анализ, нагорные дубравы, среда обитания, речные бассейны, комфортность условий, естественные и искусственные лесные массивы

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF A UNIQUE UPLAND OAK FORESTS OF THE BASIN OF THE MIDDLE DON

¹Lugovskaya L.A., ²Zemlyakova A.V., ¹Mezhova L.A., ³Lugovskoy A.M.

¹Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, e-mail: LLA1986@yandex.ru, lidiya09@rambler.ru;

²Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: zemlyakova@bsu.edu.ru;

³Moscow City Pedagogical University, Institute of mathematics, Informatics and Natural Sciences,
Moscow, e-mail: alug1961@yandex.ru

The article considers the modern geo-ecological conditions of habitat of oak forests of the basin of the Middle don. The analysis of natural conditions of the three natural and unique upland oak forests: Shipov forest, Voronezh upland oak and Tillermans groves. Special attention is paid to the Nagorno-oak forests, which differ in the specificity massenerhebung processes and biotic potential. In recent years, of particular relevance is the existing inventory of nature monuments and providing new. Analysis of modern geo-ecological condition will allow to hold the passports of monuments of nature, to conduct their mapping, expand their boundaries, to limit recreational exposure. Geoenvironmental mapping will allow to develop recommendations on optimization of landscapes, oak forests. Geoenvironmental mapping will allow to carry out environmental protection activities in a differentiated way, depending on the location and natural features of the structure and dynamics of landscapes.

Keywords: geoecological analysis, upland oak forests, habitat, watersheds, comfort, natural and artificial forests

Проблемы изучения геоэкологических условий дубрав Среднего Подонья привлекают внимание многих исследователей. Теоретические и прикладные вопросы ландшафтно-экологических исследований нашли отражение в работах Ф.Н. Милькова, К.А. Дроздова, В.Б. Михно, В.В. Козина, Ю.А. Нестерова, А.В. Бережной, Т.В. Бережной, О.А. Быковской, А.С. Горбунова, В.И. Бевза, А.И. Шишкина, В.И. Таранкова, А.И. Миленина, Л.А. Лепешкиной. Повышенный интерес к изучению нагорных дубрав вызван тем, что для лесостепня дубравы являются особо ценными ландшафтообразующими геосистемами. Разно-

образие природно-антропогенных условий бассейнов рек Среднего Дона определяют геоэкологические особенности нагорных дубрав. В зависимости от крутизны склонов изменяется характер биотического потенциала дубрав [15].

Бассейн Среднего Дона целиком находится в пределах лесостепной и степной зон, чем объясняется его относительно малая водность при большой площади водосбора. Средний годовой расход воды составляет 900 м³/с, модуль стока около 2 л/с·км² [10].

Нагорная дубрава в пределах Воронежской области имеет мозаичное распространение. Среди крупных нагорных дубрав

следует отметить Теллермановский лес, Шипов лес и Воронежскую нагорную дубраву. Наряду с крупными можно выделить целую серию мелких лесных массивов, расположенных в бассейнах малых рек [5].

Термин нагорная дубрава соответствует историко-дубравному ландшафтному комплексу. Все дубравы приурочены к бассейнам рек, к склоновому типу местности, имеют различные уклоны, расчлененный рельеф, более высокий уровень увлажнения и большую продуктивность биомассы. Диапазон колебания биомассы составляет для молодых дубрав около 1 тыс. ц/га, для старовозрастных более 5 тыс. ц/га. При этом мохово-травянисто-кустарниковые ярусы дают биомассы около 5 ц/га [7].

Дубравы занимают 29 % по отношению к аналогичным лесам ЦЧР. Среди различных типов дубрав нагорные являются более продуктивными. Крупные нагорные дубравы Воронежской области высокоствольные, они составляют 48 % и высокобонитетные, их величина достигает 41 %. Общая площадь дубрав в среднем сократилась на 4 %, а высокоствольных и высокопродуктивных увеличилась на 14 %. По отношению к площади ЦЧР дубравы в Воронежской области составляют 32 %, средняя лесистость 8,6 %, площадь ГЛФ 79 %, площадь дубрав 46,4 % [9].

Преобладающими ландшафтами дубрав являются снытьевые свежие дубравы, а также ясеневые липовые, произрастающие на серых лесных почвах и черноземах. Климатические условия характеризуются сравнительно теплым и сухим умеренно континентальным климатом. Зимы мягкие, с морозами. Высота снежного покрова достигает 30 см, переход через 0 °С происходит к 1 апреля. Характер увлажнения неустойчивый, часты засухи и суховеи. Коэффициент увлажнения близок к 0.

Дубравы склонового типа местности расчлененными балками принадлежат к разряду байрачных лесов. В своем распространении они тяготеют к эрозионной сети, внедряющейся вглубь нейтральных междуречий. Наиболее высоким бонитетом обладают дубравы пелитового варианта склонового типа местности, произрастающие на суглинистых и делювиальных отложениях с темно-серыми лесными почвами и деградированными черноземами. Это обычно трехярусные насаждения II–III класса бонитета, в напочвенном покрове которых распространены гравилат, сныть, ландыш, медуница, крапива, лопух. Дубравные

ландшафты склонового типа местности занимают преимущественно днища, верхние части балок, а также их откосы и склоны северной экспозиции. В пространственной структурной организации ландшафтов дубрав ведущую роль играют лесные геосистемы низкого таксономического уровня фации и урочища. Доминируют урочища балочных склоновых дубрав на среднесмытых темно-серых лесных почвах [12].

Байрачные дубравы размещаются по балкам и оврагам преимущественно в южной части Среднего Подонья. Их относят к разряду экстразональных лесов. В составе байрачных дубрав на суглинистых отложениях совместно с дубом черешчатым обычно произрастают вяз, клен, липа, береза, груша. В кустарниковом подлеске можно встретить бересклет бородавчатый, боярышник, орешник, клен татарский. Нижние влажные части склонов и днища балок иногда занимают заросли ивняков, осины, ольхи. Байрачные леса, как правило, небольших размеров (от 1–2 до 50–60 га) и различного класса бонитета. В южной части Среднерусской возвышенности на мело-мергельных отложениях с остаточнокarbonатными почвами сформировались угнетенные дубовые криволесья со слабо развитым древесно-кустарниковым подлеском и изреженным кальцефитно-степным травяным покровом. Доля байрачных лесов в составе общей площади дубрав Центрального Черноземья достаточно велика [3]. Например, для Воронежской области она составляет 27,3 %. По заключению специалистов байрачные леса характеризуются средней продуктивностью. Однако в зависимости от местных лесорастительных условий она сильно варьирует. Это преимущественно порослевые низкоствольные дубняки, имеющие высокую степень старения. В подлеске их часто присутствуют лугово-степные, луговые и сорные растения. В прошлом байрачные леса были не только распространены по всей овражно-балочной сети, но и имели более значительные запасы древесины. В условиях засушливого климата и высокой степени эродированности земель юга Среднего Подонья байрачные дубравы играют большую роль в поддержании оптимальной ландшафтно-экологической обстановки путем нейтрализации и сдерживания многих негативных естественных и антропогенных факторов, оказывающих пагубное влияние на природную среду региона.

Оценка влияния антропогенных факторов на динамику дубравных геосистем,

а также мониторинг и оценка их состояния является актуальной задачей в условиях Среднего Подонья. Так как лесные острова играют средообразующую роль экологического каркаса территории. Геоэкологический анализ их современного состояния невозможно провести без изучения истории их формирования, характеристики древостоев, изучения динамики лесопользования с учетом природных и антропогенных факторов [2]. Ядрами экологического каркаса территории могут служить наиболее крупные три нагорные дубравы, их характеристика представлена в таблице.

Шипов лес – это южно-степная нагорная дубрава. Состоит из трех частей и протянулась с северо-востока на юго-запад вдоль реки Осередь. Имеет сложный овражно-балочный рельеф. Снытьевые дубравы имеют высокую продуктивность, I бонитет и возраст более 180 лет. Величина бонитета в среднем достигает 1,7. Исследования показали, что в сухих дубравах средний диаметр ниже, чем в свежих, и для свежих дубрав характерна наи-

большая средняя высота. Накопление общего запаса древесины дуба происходит к 150-летнему возрасту. На территории Шипова леса были выделены 5 пробных площадок в разновозрастных дубравах, и было отмечено, чем старше древостой, тем меньше в них встречается видов. На местах где проводились лесные рубки, видовое разнообразие не снижается. Подрост на площадках представлен дубом, кленом, ясенем, липой, березой. Чем старше возраст дубрав, тем больше степень густоты подроста. Для Шипова леса характерно увеличение площади старовозрастных дубрав. Наибольшее количество подроста с возрастом в дубравах увеличивается [9, 13].

Теллермановский лес – этот массив относится к корабельным рощам петровского времени, и до 1904 года в нем сохранялись отдельные деревья дуба возрастом более 300 лет с клеймами Петра I. Исследование Теллермановского леса проводится Институтом лесоведения РАН с 1945 года. На территории Теллермановского лесничества был заложен экологический профиль.

Морфометрическая характеристика крупных нагорных дубрав
Воронежской области [1, 6, 13, 16]

Название дубравы	Координаты	Площадь	Величина стволовой древесины на 1 га	Возраст, средняя высота деревьев	Бонитет
Шипов лес	50°46' с. ш. 40°20' в. д.	Площадь Шипова леса 39,2 тыс. га (в том числе непосредственно под лесными насаждениями 35,6 тыс. га). 202 гектара наиболее сохранившихся дубрав объявлены памятником природы	до 600 м ³	Возраст колеблется от 35 до 150 лет; средняя высота около 25 м	1–2 класс
Теллермановская роща	51°23'23" с. ш. 41°58'12" в. д.	Площадь лесного массива составляет от 39,5 до 40 тыс. га, а протяженность с северо-востока на юго-запад – 65 км	до 600 м ³	Дубы достигают высоты в 30–35 м и диаметра около 75 см. Некоторые из них имеют возраст 200–300 лет и диаметр ствола до 1,5 м	1–2 класс
Воронежская нагорная дубрава	51°40'19" (51°40'32") с. ш. 39°11'3" (39°11'5") в. д. 51°54'37" с. ш. 39°20'32" в. д.	Общая площадь ООПТ: 7 027,7 га	От 500–550 м	Возраст отдельных дубов достигает 120 лет, а высота 30 м, диаметр ствола около 1 м	3 класс

Исследование биоморфологии и эко-фитоценологии Теллермановского леса свидетельствует о многообразии экологических условий. Географический анализ флоры Теллермановского леса выявил евразийско-европейские и западно-азиатские корни. Теллермановский лесной массив является классическим примером маргинальных территорий, так как он развивается в процессе взаимодействия леса и степи. Возрастающий антропогенный прессинг изменяет пространственную структуру флоры. Это проявляется в появлении новых ее элементов, таких как североамериканских, центрально-европейских и других видов [11, 16].

Геоэкологические особенности ландшафтов Теллермановского лесного массива были изучены Т.В. Завидовской, которая выделила и описала 32 экотопа нагорных и пойменных территорий лесного массива. Определены особенности биотического потенциала экотопов. Все экотопы на основе комплексных показателей: экологических, флористических, биоценологических – автором объединены в 8 типов флор [4, 11].

Склоновый тип местности Воронежской нагорной дубравы представлен крутыми коренными склонами с дубравой осоково-злаковой и комплексом средне и сильно смытых серых и светло-серых лесостепных почв и обнажения горных пород супесей, суглинков и глин. Лесной массив располагается в восточной части Доно-Воронежского водораздела, который геоморфологически достаточно хорошо очерчен. На западе его естественной границей служит русло р. Дон, на востоке и юге – русло р. Воронеж и акватория Воронежского водохранилища. Северная граница проводится условно так как совпадает с административной границей Воронежской области [14]. Нагорная дубрава тянется от северной окраины г. Воронежа до п. г. т. Рамонь, занимая площадь в рамках Правобережного лесничества более 3000 га.

Характерные урочища долинного варианта склонового типа местности: дубрава осоковая на склонах крутизной до 30° со смытыми серыми лесными почвами на покровных суглинках и дубрава разнотравная на склонах (крутизной до 10°) с намытыми серыми лесными почвами на покровных суглинках. В ландшафтном плане все балки Воронежской нагорной дубравы образуют балочный вариант склонового типа местности, который включает в себя склоны балок разных экспозиций. Выделяются

два семейства сложных балочных урочищ. Семейство сложных долинообразных балочных урочищ представлено крупными асимметричными балочными комплексами длиной до 4 км, шириной до 300 м при глубине относительно водоразделов 20–25 м. Они имеют слабовогнутое днище. В наиболее крупных балках местами можно проследить донный размыв шириной 2–3 м, глубиной 1–1,5 м. Почвенный покров – серые лесные почвы слабой и средней степени смытости в зависимости от крутизны склонов. В растительном покрове преобладают ассоциации: дубрава орешниковая осоковая, дубрава орешниковая снытево-осоковая, дубрава разнотравная, осинник орешниковый снытево-осоковый. Оригинальными формами рельефа склонового типа местности являются цирковидные суффузионные балки. В ландшафтном плане они образуют семейство сложных циркообразных балочных урочищ. Балки имеют округлую форму. Длина их обычно не превышает 150 м при ширине 100–120 м, глубина – до 10 м. В низовьях балки сужаются и теряют свою цирковидную форму. Ширина уменьшается до 30–50 м. В растительном покрове выделяются ассоциации дубравы липовой осоковой, дубравы липовой разнотравной. Геоморфологической спецификой Воронежской нагорной дубравы на правобережье Воронежского водохранилища следует считать широкое распространение эрозионных останцов. Останцами в геоморфологии называют изолированные на местности в силу различных причин положительные формы рельефа. Их присутствие на Дон-Воронежском водоразделе связано с широким распространением песчано-суглинистых пород четвертичного возраста. Один из таких останцов располагается на территории санатория имени М. Горького в устьевой части двух балок – Лесной и Ржавчик. От коренного склона долины он отделён хорошо оформленной седловиной, по которой в настоящее время проходит асфальтированная дорога. Сложен останец песчано-глинистой толщей плейстоценового возраста. Его наиболее характерным типом урочищ является крутой коренной склон с дубравой осоково-злаковой и комплексом средне и сильно смытых серых и светло-серых лесостепных почв и обнажения горных пород представленных супесями и суглинками [1, 5].

На геоэкологические условия дубрав оказывает влияние рекреационная нагрузка. Жизнеспособные деревья при сильной

степени рекреации в дубравах составляют 32 %, при слабой – 64 %, в среднем жизнеспособные деревья составляют лишь около половины древостоя (47 %). В насаждениях, непосредственно прилегающих к урбанизированным территориям, их доля снижается до одной трети. По материалам исследований и литературным данным напочвенный покров лесных насаждений Животиновского и Правобережного участковых лесничеств Пригородного лесничества Воронежской области представлен 2 отделами покрытосеменных и папоротниковидных, а также 3 классами двудольных, однодольных и папоротниковых, 15 порядками, 20 семействами, 29 родами и 31 ботаническими видами.

Для Воронежской нагорной дубравы характерен пелитовый тип склоновой микрозоональности, который выражен ландшафтными микрозонами. Каждая микрозона является элементом парагенетической геосистемы, для которой характерны общность происхождения и пространственная смежность [5].

Во всех трех объектах исследования за последние 30 лет идет увеличение площади старовозрастных дубрав. Наиболее продуктивными являются свежие дубравы Шипова леса. Увеличение запаса древостоя продолжается после 150-летнего возраста. Видовое разнообразие состава древостоя и травянистого покрова в дубравах отличается незначительно, всего на несколько видов. Различные виды, рубок в лесхозах не оказывают влияния на видовое разнообразие травянистых растений. Искусственные лесонасаждения обедняют породный состав дубрав, их возрастную структуру. В этой связи необходимо разработать способы естественного возобновления дуба. Дубовые леса, произрастающие в условиях степи и лесостепи Среднего Подонья выполняют важные природоохранные и рекреационные функции. В целях сохранения уникальных естественных дубрав созданы заповедники, на территории которых не проводятся хозяйственные мероприятия, более сложные проблемы испытывают памятники природы. Современная структурно-функциональная организация дубрав является результатом естественного отбора, наследственности, изменчивости, саморегуляции и способностью изменять свою среду обитания.

Итогом геоэкологических исследований должна стать ландшафтно-экологическая карта с выделенными типами комфортности условий среды обитания дубрав в пределах речных бассейнов. Геоэкологический

анализ дубрав лесостепья Среднего Подонья даст возможность научно обосновать программу сохранения биотического потенциала уникальных дубрав.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-5-0076.

Список литературы

1. Бережная Т.В. Особенности рельефа Воронежской нагорной дубравы / Т.В. Бережная, А.В. Березной // Вестник ВИБТ. – 2012. – № 9. – С. 88–93.
2. Деградация дубрав Центрального Черноземья / лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е.Е. Мельников. – Воронеж, 2009. – 22 с.
3. Евченко Ю.Н. Факторы, влияющие на устойчивость и продуктивность байрачных дубрав // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2007. – № 2. – С. 103–105.
4. Енькова Е.И. Теллермановский лес и его восстановление. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1976. – 214 с.
5. Ландшафтные памятники природы Воронежской области: современное состояние, проблемы и перспективы развития / В.Н. Бевз и др. // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 28–34.
6. Лесоводственные свойства древесных пород дубрав Центрального Черноземья / Н.А. Харченко и др. // Деградация дубрав Центрального Черноземья. – Воронеж: Воронеж. гос. лес.-техн. акад., 2010. – С. 7–70.
7. Лепешкина Л.А. Нагорные и байрачные дубравы городского округа г. Воронежа – рефугиумы редких и охраняемых растений // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2009: материалы науч. конф. – Курск, 2009. – С. 52–55.
8. Матвеев С.М. Сукцессионные процессы и их направленность в дубравах Центрального Черноземья / С.М. Матвеев, Е.Е. Мельников // Деградация дубрав Центрального Черноземья. – Воронеж: Воронеж. гос. лес.-техн. акад., 2010. – С. 500–602.
9. Мельников Е.Е. Временные и пространственные аспекты сукцессий в нагорных дубравах Центральной лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Воронеж, 2009. – 22 с.
10. Михно В.Б. Системная организация ландшафтов речных бассейнов Центрального Черноземья // Эколого-географические исследования в речных бассейнах. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного педагогического университета, 2001. – С. 45–49.
11. Осипов В.В. Погодные условия и водный режим дубрав Теллермановского лесничества / В.В. Осипов и др. // Состояние дубрав лесостепи. – М.: Наука, 1989. – С. 18–33.
12. Природные условия произрастания дубрав Центрального Черноземья / Н.А. Харченко и др. // Деградация дубрав Центрального Черноземья. – Воронеж: Воронеж. гос. лес.-техн. акад., 2010. – С. 71–168.
13. Федотов В.И. Шипов лес // Земля Воронежская. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2006. – С. 459–461.
14. Хомякова И.М. Дубравы правобережного лесничества учебно-опытного лесхоза ВЛТИ // Науч. тр. ВЛТИ. – Воронеж, 1969. – Т. 32.
15. Шереметьев В.И. Природные и антропогенные факторы формирования лесных ландшафтов Среднего Подонья / В.И. Шереметьев, Л.А. Межова, А.М. Луговской. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 2001. – 167 с.
16. Экосистемы Теллермановского леса / под. ред. В.В. Осипова. – М.: Наука, 2004. – 340 с.

УДК 62-784.432

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ**¹Маркелова Н.П., ²Кадомцев Г.М., ¹Черняев С.И.**¹*Калужский филиал, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Калуга, e-mail: fn2kf@bk.ru;*²*ЗАО «Фильтр», пос. Товарково, e-mail: filtr@ftov.ru*

Настоящее исследование посвящено анализу особенностей осуществления контроля качества фильтров высокоэффективной очистки воздуха, предназначенных для обеспечения условий, предъявляемых к чистым помещениям. Проанализированы различные подходы к сканированию высокоэффективных фильтров на предприятиях-изготовителях, а также на предприятиях заказчиков. Охарактеризованы современные подходы к решению проблем производственного контроля, а также контроля при вводе в эксплуатацию высокоэффективных фильтров, в соответствии с требованиями, предъявляемыми зарубежными стандартами, а также рекомендации, используемые методы и процедуры, осуществляемые при тестировании ULPA- и HEPA-фильтров. Отмечено, что для каждого фильтра существуют размеры частиц, которые проходят через него с наименьшими потерями, причем этот размер определяется такими переменными параметрами, как дисперсный состав волокон фильтрующей среды, плотность их упаковки и скорость движения воздуха. Обращено внимание на то, что выбор тех или иных подходов к осуществлению контроля высокоэффективных воздушных фильтров в большей мере зависит от специфики используемых технологических процессов и требований, предъявляемых к качественным показателям обеспечения защиты внутренней рабочей среды и внешней среды от загрязнений.

Ключевые слова: воздухоочистительные фильтры, контроль высокоэффективных фильтров, HEPA-фильтры, ULPA-фильтры, чистые помещения

SOME FEATURES OF HIGH-EFFICIENCY AIR FILTERS CONTROL**¹Markelova N.P., ²Kadomtsev G.M., ¹Chernyaev S.I.**¹*Kaluga Branch, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, e-mail: fn2kf@bk.ru;*²*CJSC «Filtr», Tovarkovo, e-mail: filtr@ftov.ru*

This research deals with the analyses of the peculiarities of carrying out the quality control of high-efficiency air purification filters, which are to provide the conditions demanded in clean premises. Different approaches to the scanning of high-efficiency purification filters on both manufacturing and customer enterprises have been analyzed. There are characterized the up-to-date approaches to solving the problems of manufacturing control, as well as of the control during the commissioning of the high-efficiency filters in accordance with the foreign standards requirements; moreover, the recommendations, the used methods and procedures, carried out while testing the ULPA- and HEPA filters. It is marked that each filter has definite size of particles that flow through it with the least loss, the size being defined by three parameters such as the filter medium fibers powder, the fibers packing density and the air-flow speed. It is paid attention to the fact that the choice of an approach to carrying out the quality control of high-efficiency air purification filters mostly depends on the specificity of technological processes used and the requirements given to the quality indicators of providing the protection of inner working and external environments from contamination.

Keywords: air purification filters, high-efficiency filters control, HEPA-filters, ULPA-filters, clean premises

Атмосферный воздух содержит загрязнения (молекулярные (газообразные), мелкодисперсные аэрозоли, пыль), обусловленные различными природными и техногенными факторами. Следовательно, возникает необходимость его очистки перед подачей в производственные помещения различного функционального назначения, согласно предъявляемым специальным требованиям, регламентируемым согласно потребностям тех или иных отраслей промышленности. Например, высокотехнологичные отрасли: микроэлектронная, радиоэлектронная и приборостроительная, фармацевтическая, химическая и биохимическая, энергетическая

и космическая, медицинская, микробиологическая, пищевая и др. — нуждаются в получении чистого технологического воздуха и, следовательно, в обеспечении высокоэффективной очистки воздуха и технологических газов от содержащихся в них во взвешенном состоянии микрочастиц и газообразных веществ различной природы, наличие которых отрицательно влияет на качество рабочих процессов и, как следствие, на качество изделий [1, 8, 9, 12].

Испытания высокоэффективных фильтров очистки воздуха выполняются в двух случаях: на предприятии-изготовителе или на месте эксплуатации [4, 5]. Тем не менее на практике, несмотря на то, что каждый

элемент и готовые фильтры проверяются на герметичность при выпуске с завода, аналогичная проверка проводится и после их монтажа, перед пуском в эксплуатацию. Например, требования, выдвинутые атомной промышленностью к индустрии чистых помещений, привели к обязательному тестированию высокоэффективных фильтров на заводах-изготовителях методами интегрального отбора проб или сканирования. Для выявления возможных повреждений в процессе транспортировки и последующего монтажа, установленные в чистом помещении высокоэффективные фильтры повторно тестируют тем же методом. В результате тестирования регистрируются точечные дефекты фильтрующего материала, требующие устранения или протечки в системе уплотнения, влекущие замену фильтра [2, 12, 14]. Рассмотрим различные варианты потребности, условий и подходов к осуществлению контроля высокоэффективных воздушных фильтров.

Воздух, подаваемый в турбулентно вентилируемое чистое помещение через потолочные диффузоры, очень эффективно смешивается с воздухом чистого помещения. В этом случае допускается наличие в фильтрах нескольких точечных дефектов – разумеется, если их общая площадь не настолько велика, чтобы снизить общую эффективность системы фильтрации и повлиять на требуемый класс чистоты воздуха. Такой подход возможен, поскольку небольшое количество частиц, прошедших через фильтр, достаточно равномерно распределится в воздухе чистого помещения [2]. Однако для систем с однонаправленным воздушным потоком такой подход неправомерен, так как в этом случае поток воздуха может перенести все частицы, прошедшие через точечный дефект в фильтре, непосредственно к продукции или месту проведения рабочих операций. Для того, чтобы перемешать поступающие через дефект загрязнения с чистым воздухом, прошедшим фильтр, нужно либо значительное расстояние, либо какой-нибудь метод возмущения потока, например применение дефлекторов. Установка дефлектора в однонаправленном потоке бессмысленна. То есть вполне возможно, что продукт или процесс, требующий отсутствия частиц, может оказаться прямо в потоке воздуха из точечного дефекта и подвергнуться загрязнению [2, 11].

Еще в период зарождения технологии чистых помещений разработчики осознали проблему точечных дефектов и предложили

метод сканирования лицевой поверхности блока установленных фильтров, который позволяет обнаружить не только дефекты в фильтрующем материале, но и неплотности, и протечки в прокладках, а также в системе крепления фильтров. Производители высокоэффективных фильтров, столкнувшись с перспективой обнаружения в ходе таких проверок дефектов, которые не были выявлены при измерении общей эффективности, были вынуждены разработать специальные установки для сканирования фильтров, предназначенных для чистых помещений. Со временем этот метод испытания фильтров из необязательной, дополнительной процедуры превратился в промышленный стандарт, реализованный в США – IEST-RP-CC-001 «HEPA и ULPA-фильтры». Хотя в рекомендациях IEST приводятся методики проверки фильтров для различных значений общей эффективности, заказчики обычно требуют провести проверку фильтров тем же способом (возможны лишь незначительные послабления), который будет использоваться при контроле уже смонтированных фильтров. В рекомендациях IEST описываются способы проверки с помощью фотометров и счетчиков частиц. Существенным свойством любой подобной установки является качественное перемешивание DOP-аэрозоля в воздушной камере стенда для получения на входе фильтра однородного тестового потока. Важную роль играет кожух или дефлектор, устанавливаемый со стороны выхода воздушного потока из фильтра. Он препятствует проникновению в пробоотборник частиц из окружающего фильтр пространства, что могло бы исказить результаты проверки. Перед испытаниями фильтр закрепляется между воздушной камерой стенда и кожухом (дефлектором). Для некоторых испытаний фильтр может устанавливаться внутри воздушной камеры (выходной плоскостью наружу). Такое крепление позволяет проверить не только фильтрующую среду и ее герметичность по отношению к корпусу фильтра, но и герметичность самого корпуса [10].

В старых моделях фотометров оператор устанавливал «нулевую точку», относительно которой в дальнейшем велся отсчет, размещая пробоотборник в потоке воздуха за испытуемым фильтром. Современные фотометры имеют для этих целей собственный встроенный фильтр. Следующим шагом является измерение концентрации аэрозоля до фильтра. Для этого в воздушной камере стенда имеется специальное

отверстие. Если измеренная величина окажется недостаточной, проводят коррекцию режима работы генератора, увеличивая давление воздуха на его входе до тех пор, пока концентрация аэрозоля до фильтра не достигнет требуемой величины. После этого фильтр сканируется пробоотборником сначала по периметру, а затем по всей поверхности фильтрующего элемента таким образом, чтобы области, проверяемые пробоотборником, перекрывались. Фотометр должен фиксировать все протечки, концентрация частиц в которых более 0,01 % от значения концентрации аэрозоля до фильтра [4, 10].

Иногда фильтры, успешно прошедшие сканирование, неправильно называют «нулевыми» или «фильтрами 99,99», ошибочно полагая, что их интегральная эффективность должна быть выше 99,97 %. При сканировании за «нулевую точку» принимают концентрацию частиц в потоке воздуха за испытуемым фильтром. Таким образом, процедура сканирования может дать аналогичный результат и при тестировании фильтра с более низкой эффективностью – относительные отсчеты не имеют никакого отношения к интегральной эффективности.

Сейчас в некоторые фотометры для получения «нулевой» точки встраивают HEPA-фильтры, но методика измерения с их помощью не вошла ни в один из распространенных нормативных документов. В целом можно сказать, что сканирование является дополнением к измерению интегральной эффективности, а не заменяет его [10].

Метод сканирования посредством использования оптических счетчиков частиц практически идентичен описанному выше, кроме того, что в качестве основного измерительного прибора вместо фотометра используется оптический счетчик частиц. Чаще всего такой метод используется для тестирования ULPA-фильтров, но с не меньшим успехом его можно применять и для HEPA-фильтров. На вход фильтра подается тестовый аэрозоль, а на выходе вся поверхность фильтра сканируется пробоотборником – как и в предыдущем случае – таким образом, чтобы проверяемые области перекрывались. В ходе испытаний требуется измерить концентрацию частиц до фильтра. Эта операция часто вызывает трудности, так как значение концентрации аэрозолей до фильтра может лежать вне рабочего диапазона счетчика, измеряющего концентрацию частиц после фильтра [5, 10].

Существует три способа решения этой проблемы. Первый заключается в разработке и использовании разбавителя при отборе проб до фильтра. Перед проведением измерений необходимо проверить кратность разбавления и стабильность работы разбавителя. Процедура такой проверки описана в рекомендациях IEST-RP-CC-007. Второй способ предполагает использование для измерений до фильтра второго счетчика аэрозолей с небольшим расходом воздуха и, соответственно, возможностью измерения высоких концентраций частиц. В третьем способе для этой цели применяется фотометр, однако предварительно необходимо исследовать соответствие между показаниями счетчика частиц и фотометра. Этот способ используется для специальных испытаний [10].

Метод сканирования фильтров с помощью оптического счетчика аэрозолей чрезвычайно чувствителен, поэтому он лучше всего подходит для измерений внутри чистых помещений. В обычных же условиях любое попадание частиц в поток за фильтром будет рассматриваться как обнаружение дефекта, что может увеличить продолжительность измерений из-за необходимости повторной проверки мнимых дефектов. Очень важен правильный выбор величины, превышение которой считается протечкой (дефектом). Так, выбор в качестве предела одной частицы приведет к высокой вероятности регистрации мнимых протечек и возможности пропустить реальные дефекты. В таких случаях лучше повысить на порядок концентрацию аэрозолей до фильтра и выбрать в качестве предельной величины 10 частиц [3, 10].

При использовании оптических счетчиков частиц выбор материала аэрозоля чаще всего определяется требованиями заказчика. Например, в полупроводниковой промышленности эмиссия газов из фильтров является критическим фактором, поэтому там недопустимо использование жидких тестовых аэрозолей. Наиболее распространенным решением является применение глобулированного полистиролового латекса, выпускаемого в виде суспензии твердых сферических частиц в воде. В качестве генератора аэрозолей в этом случае используется ультразвуковой распылитель (увлажнитель воздуха). Он создает туман из мельчайших капелек воды, содержащих частицы латекса [10, 13]. Остаточные после испарения воды твердые сферические

частицы используются в качестве тестового аэрозоля. Распределение этих частиц по размерам соответствует размеру исходных частиц в использованной суспензии. Обычно диаметр частиц латекса находится в диапазоне от десятых долей микрона до нескольких микрон. Полупроводниковая промышленность отличается и более жесткими требованиями к величине локальных протечек в ULPA-фильтрах, приближая их значение к величине интегральной проницаемости ULPA-фильтров. При современном технологическом уровне экономически оправдано значение допустимой протечки в 0,001%, но европейский стандарт уже установил для наиболее эффективных фильтров величину 0,0001%. Для регистрации таких значений необходимо использовать оборудование для автоматического сканирования (с отслеживанием координат пробоотборного устройства и поддержанием постоянной скорости сканирования), лазерные счетчики аэрозолей с выходом на компьютер и возможностью измерения очень малых скоростей отсчета частиц, а сама процедура сканирования фильтра должна проводиться в чистом помещении. Только подобное оборудование дает возможность обеспечить чувствительность к протечкам в 0,001% (по сравнению с предельной чувствительностью фотометров в 0,01%), что соответствует интегральной эффективности ULPA-фильтров 99,9999% [2]. Если в ходе сканирования HEPA-фильтра его измеренная эффективность оказалась равна, например, 99,99%, то это означает, что в нем нет точечных дефектов (проколов), трещин или неоднородностей, которые создают протечки более 0,01%. Измеренную этим методом эффективность HEPA-фильтра невозможно сравнивать с результатами измерений по стандарту Mil-Std 282, поскольку они отличаются буквально всем, включая распределения по размерам и концентрацию частиц тестового аэрозоля [7, 16].

При рассмотрении процессов осуществления контроля уже установленных высокоэффективных фильтров также обращают на себя внимание имеющиеся особенности, применяемых методов тестирования, что обусловлено спецификой использования чистых помещений. Так, при поиске дефектов фильтров и систем их крепления используют аэрозоли, полученные из синтетических и натуральных масел, поскольку они дешевы и легко распыляются с помощью сжатого воздуха, небольшого генератора и соп-

ла Ласкина (если же требуется большой расход аэрозоля, используют масляный туман, генерируемый конденсационным методом). Генерируемые при распылении капли маслянистой жидкости являются хорошим тестовым аэрозолем для любого высокоэффективного фильтра, при этом жидкие капли практически не вызывают забивания фильтра. В настоящее время используются диоктилсебацат (DOS), минеральное масло Shell Ondina, полиальфаолефин (PAO) и диэтилгексилсебацат (DEHS) [2, 12]. Для получения тестового аэрозоля воздух под высоким давлением пропускают через сопло Ласкина. Фотометр калибруется с помощью аэрозолей того же вещества, которое используется при тестировании фильтров. В особенности это важно в случаях, когда измеряются абсолютные концентрации аэрозолей, а не сравниваются результаты измерений до и после фильтра [6, 10].

Альтернативой фотометру (обеспечивает измерения при концентрации аэрозолей около 10 мг/л) является оптический счетчик аэрозолей, обладающий лучшей чувствительностью (позволяет осуществлять измерения при концентрации аэрозолей менее 0,008 мг/л) и требующий меньшего количества тестового аэрозоля, для получения которого приемлемы как жидкие, так и твердые вещества [5, 10, 14].

В тех производствах, где остаточная эмиссия вещества из протестированного фильтра представляет опасность для технологического процесса, используют аэрозоли сферических частиц полистиролового латекса субмикронных размеров. Однако в большинстве случаев генераторы таких аэрозолей не могут обеспечить концентрацию, достаточную для использования фотометра. Хотя метод измерений с помощью оптического счетчика является более чувствительным, исчерпывающих исследований на эту тему пока не опубликовано [10, 17]. К недостаткам этого метода следует отнести необходимость для оператора в ходе сканирования фильтра сравнивать значения концентрации (или скорости счета), выраженные в дискретных величинах – числе частиц в единице объема или за единицу времени [10].

Тестирование фильтров, как на заводе-изготовителе, так и после монтажа, должно проводиться с использованием счетчиков частиц и атмосферного аэрозоля в качестве тестового. При необходимости к атмосферному аэрозолю можно добавлять аэрозоль,

приемлемый для данного производства [10, 12]. Если для проверки фильтра методом сканирования используются только атмосферные аэрозоли, то их входная концентрация может изменяться в зависимости от условий окружающей среды и от времени, что, в свою очередь, приведет к изменениям концентрации после фильтра. Таким образом, требования постоянства входной концентрации и безопасности материала тестового аэрозоля для полупроводникового производства приводят к выводу об использовании в этой отрасли сферических частиц полистиролового латекса. Несколько производителей выпускают водные суспензии таких частиц. Их легко перевести в аэрозольную форму с помощью ультразвуковых увлажнителей воздуха. Это оборудование легко настраивается, обеспечивает воспроизводимость результатов и весьма экономично по сравнению с генераторами масляного тумана. Выпускаются суспензии частиц латекса с размерами в диапазоне от 0,1 до 1 мкм, поэтому всегда можно выбрать желательный для измерений размер [2, 5].

Если заказчик и/или проектировщик не включают в спецификацию процедуру тестирования фильтров после их монтажа, это может привести к тому, что для установки фильтров будут использованы системы крепления посредственного качества, не рассчитанные на сканирование. Если же позже будет принято решение об улучшении системы фильтрации и ее тестировании, это вызовет необходимость модернизации системы крепления или ее замены. Основной причиной неудовлетворительных результатов тестирования смонтированных в чистом помещении фильтров (при условии, что установленные фильтры не имеют дефектов) являются протечки в уплотнении фильтра – посадочное место. Они возникают вследствие дефектов сварки или герметизации, небрежной или низкокачественной работы персонала, монтировавшего систему крепления фильтров. Если же предназначенные для установки в чистом помещении HEPA-фильтры не подвергались сканированию на заводе-изготовителе, то заметный процент из них не сможет пройти тестирование после монтажа [2, 12]. При проектировании чистого помещения или установки с однонаправленным потоком воздуха стандартной величиной скорости считается $0,46 \pm 0,10$ м/с. Таким образом, через фильтр должно пройти значительное количество воздуха. Для небольшого устройства или зоны с однонаправленным

воздушным потоком нетрудно генерировать необходимое для измерений количество тестового аэрозоля, что затруднительно в случае с обеспечением одновременного тестирования всей системы фильтров, при увеличении размеров помещения [2, 13].

Альтернативным методом является изоляция одной из секций системы фильтров и последующее тестирование всех секций поочередно. Если по каким-либо причинам это непрактично, то все фильтры перед монтажом следует проверить на установке, аналогичной тем, которые используются для испытания фильтров на производстве. Целью таких измерений является проверка того, что фильтр не получил повреждений при транспортировке, распаковке и перемещениях. По завершении проверки фильтр следует немедленно установить в посадочное место, соблюдая все меры предосторожности. После монтажа всех фильтров необходимо просканировать по периметру уплотнение между каждым фильтром и его посадочным местом, а также всю систему фильтров [2, 12]. Оценив время, которое требуется для того, чтобы вручную просканировать потолок или стенку, состоящую из высокоэффективных фильтров, легко сделать вывод о потребности в разработке методики, позволяющей сократить время тестирования. И действительно, была создана методика, основанная на одновременном использовании нескольких счетчиков частиц. Для ее реализации несколько пробоотборных устройств устанавливаются на тележке таким образом, что они находятся в непосредственной близости к поверхности фильтров. При движении тележки по чистому помещению отбор проб идет не из одной точки, а с линейного участка фильтра. Этот метод проверки занимает меньше времени, и, соответственно, тестируемые фильтры подвергаются меньшему загрязнению тестовым аэрозолем [1, 2].

Европейский стандарт EN 1822, основой которого является национальный стандарт DIN 24183 Германии, описывает метод определения эффективности для HEPA и ULPA-фильтров. Важной отличительной особенностью стандарта является указание на необходимость предварительного определения размера частиц с максимальной проникающей способностью (MPPS) для образца фильтрующей среды испытуемого фильтра, и проведение измерений эффективности фильтра для частиц именно этого размера. Для каждого фильтра существуют размеры частиц, которые проходят через

него с наименьшими потерями, причем этот размер определяется такими переменными параметрами, как дисперсный состав волокон фильтрующей среды, плотность их упаковки и скорость движения воздуха. Поэтому измерение эффективности фильтра для наиболее проникающих частиц логически обосновано. Размер MPPS обычно находится в диапазоне от 0,1 до 0,3 мкм [15].

Подводя итог, следует отметить, что выбор тех или иных подходов к осуществлению контроля высокоэффективных воздушных фильтров, в большей мере зависит от специфики используемых технологических процессов и требований, предъявляемых к качественным показателям обеспечения защиты внутренней рабочей среды и внешней среды от загрязнений.

Список литературы

1. Басманов П.И., Кириченко В.Н., Филатов Ю.Н., Юров Ю.Л. Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами Петрянова. – М., 2002. – 193 с.
2. Высокоэффективный фильтр [Электронный ресурс]. // Сайт компании «ТД-Форе́ста». – Режим доступа: <http://td-foresta.ru/books/uaiv-vysokoeffektivnyi-filtr.html> (Дата обращения 01.12.2015).
3. Высокоэффективная фильтрация воздуха [Электронный ресурс]. // Сайт компании «Camfil Farr». – Режим доступа: <http://www.regionproekt.com/camfilfarr/filtrvozdusha.htm> (Дата обращения 26.09.2016).
4. ГОСТ Р ИСО 14644-3-2007. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды Часть 3. Методы испытаний. – М.: Госстандарт России. 2007.
5. ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010. Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка. – М.: Госстандарт России. 2010.
6. Кириченко В.Н., Филатов Ю.Н., Юров Ю.Л. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс). – Новороссийск: Изд-во Новороссийского филиала Кубанского Государственного технологического университета, 1997. – С. 272–285.
7. Крупнов Б.А., Шарафудинов Н.С. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.-Вена, 2008. – 220 с.
8. Маркелова Н.П., Кадомцев Г.М., Черняев С.И. Анализ технологии высокоэффективной фильтрации воздуха и ключевых особенностей ее обеспечения // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 3–2. – С. 263–267.
9. Петрянов И.В., Козлов В.И., Басманов П.И., Огородников Б.И. Волокнистые фильтрующие материалы ФП. – М.: Знание, 1968. – С. 26, 38, 51–54.
10. Проектирование чистых помещений [Электронный ресурс] // Сайт компании «Приоритет Инвест» – Режим доступа: <http://www.prioritetinvest.ru/proektirovanie-chistyykh-pomeshchenii-str103.html> (Дата обращения 26.09.2016).
11. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха: учебник для вузов. – СПб.: АВОК Северо-Запад, 2005. – 399 с.
12. Уайт В. Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации. – М.: Изд-во «Клинтрум», 2008. – 304 с.
13. Чистые помещения / под ред. И. Хакаява. – М.: Мир, 1990. – С.157–160.
14. Designing Cleanroom AMC Control Systems. Tutorial #ES04, ESTECH 2004 – 50 th Annual Technical Meeting of the Institute of Environmental Science and Technology, April 25–28, 2004, Las Vegas, NV.
15. EN 1822 [Электронный ресурс] // Группа компаний «Camfil»: сайт. – URL: <http://www.camfilfarr.ru/---/EN-1822/> (Дата обращения 26.09.2016).
16. Melgaard H. L. Filter Shedding and Automatic Pressure Balance in Batch Depyrogenation Ovens // Pharmaceutical Engineering, Nov/Dec 1988.
17. Moore Jr., Marshall J.G., Kennedy M.A. 1994. Comparative testing of challenge aerosols in HEPA filters with controlled defects, March/April.

УДК 622.33

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ УГЛЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ**^{1,2}Москаленко Т.В., ^{1,2}Ворсина Е.В., ³Катина Е.А.¹ФГБУН «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского» Сибирского отделения
Российской академии наук, Якутск, e-mail: labkiy@mail.ru;²Технический институт (филиал), ФГАО УВО «Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова», Нерюнгри;³Открытое акционерное общество «Штурманские приборы», Санкт-Петербург

В статье для оценки эффективности управления качеством угля при подземной добыче предложено использование критерия, характеризующего основное функциональное назначение шахты как объекта. Функция шахты может быть раскрыта как максимально возможный объем добычи угля с наилучшим его качеством в конкретных условиях эксплуатации при имеющейся технике, технологии и методах управления качеством выпускаемой продукции. Как функциональный критерий для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля принято произведение коэффициента изменения качества полезного ископаемого в процессе добычи и коэффициента использования проектной мощности шахты. Проанализированы возможные варианты значений функционального критерия при различных комбинациях значений зольности и объемов добываемого угля, рассмотрены соответствующие технологические решения по управлению качеством выпускаемой продукции при эксплуатации шахты. Показано, что предложенный функциональный критерий количественно отражает полноту выполнения заданной функции шахты и может быть применен для оценки эффективности технологии подземной добычи при решении вопросов управления качеством угля.

Ключевые слова: шахта, уголь, управление качеством, безэкспертная методика, функциональный критерий, зольность

**FUNCTIONAL INDEX FOR ASSESSMENT THE MANAGEMENT EFFICIENCY
OF QUALITY OF COALS IN UNDERGROUND MINING**^{1,2}Moskalenko T.V., ^{1,2}Vorsina E.V., ³Katina E.A.¹Mining Institute of the North named after N.V. Chersky SB RAS,
Yakutsk, e-mail: labkiy@mail.ru;²Technical Institute (branch) of North-Eastern Federal University named after M. Ammosov, Neryungri;³JSC «Navigation devices», St. Petersburg

The article proposed the use of the functional index for assessing the effectiveness of management of the coal's quality in underground mining. Functional index describes the basic functionality of the mine as an object. Mine function can be disclosed as the maximum possible volume of coal production with the best quality in the specific conditions at the existing technology, technology and quality management products. As a functional index for assessing the impact of underground mining technology on the quality (ash) coal mined accepted work coefficient changes in the quality of minerals in the process of production and utilization of design capacity of the mine. The possible options for the functional index values for various combinations of values of the ash content and volume of coal produced, considered appropriate technological solutions for managing product quality at the mine operation. This article shows that the proposed functional index quantitatively reflects the completeness of performing a given function of the shaft and can be used to assess the efficiency of underground mining technology in dealing with coal quality management.

Keywords: mine, coal, quality management, without-expert technique, functional index, ash content

Ископаемый уголь является горючей осадочной породой органического (растительного) происхождения, которая состоит из углерода, водорода, кислорода, азота и других второстепенных компонентов. Это обобщенное определение дает очень поверхностное понимание об углях. Разнообразие условий формирования угольных месторождений так велико, что большое количество показателей, позволяющих оценить качество углей, составляют не одну классификацию. Если обобщить действующие

классификации, то оценка качества ископаемых углей ведется по трем параметрам: по составу ископаемых растений-углеобразователей, степени метаморфизма и теплотворной способности.

Растения-углеобразователи – это то, «из чего образовался уголь». Изучением микрокомпонентов, ингредиентов, петрографических типов ископаемых углей, их состава, физических и химических свойств, текстуры, структуры и происхождения занимается углепетрография.

Метаморфизм – это «как образовался уголь» под воздействием температуры и давления. В США и некоторых европейских странах классы угля по возрастанию стадий метаморфизма подразделяют на лигнит, суббитуминозный уголь, битуминозный уголь и антрацит. В СССР, а теперь и в России выделяют три стадии метаморфизма: буроугольная, каменноугольная и антрацитовая. Различия в стадии метаморфизма определяются на основе химических анализов, свидетельствующих о последовательном уменьшении влажности и выхода летучих веществ, а также увеличении содержания углерода.

Теплотворная способность – характеризует «какое количество теплоты превращается в полезную энергию», и зависит от количества горючих веществ в составе топлива. В процессе углеобразования в уголь попадают различные примеси, образуя негорючую часть – золу. Относительное содержание золообразующих веществ в угле определяет качество (сортность) угля. В высокосортном угле меньше золы, чем в низкосортном, поэтому он пользуется большим спросом и значительно дороже в ценовом отношении.

Эти параметры полностью зависят от условий формирования углей, но только теплотворную способность углей можно изменить: улучшить обогащением или ухудшить путем засорения породными прослоями или вмещающими породами. Свойства добываемого угля, наряду со стоимостными показателями его добычи и транспортировки, оказывают решающее влияние на заключение договоров на поставку продукции потенциальным потребителям. Засорение (разубоживание) угля тесно связано с техникой и технологией, применяемой при разработке месторождения, а также с организацией непосредственно очистных работ. Поэтому в условиях эксплуатации угледобывающего предприятия снижение его зольности составляет один из основных вопросов управления качеством выпускаемой продукции.

Процесс управления качеством угольной продукции – один из самых сложных процессов управления производством, т.к. качество угольной продукции формируется под совокупным воздействием как описанных выше качественных показателей углей в массиве (в условиях естественного залегания), так и показателей отражающих принятые технологические и технические решения при проектировании и эксплуатации горного предприятия [1, 4].

В настоящее время для оценки и сравнения качества продукции широкое применение получила методика безэкспертной оценки качества, разработанная на кафедре «Технология и комплексная механизация» МГГУ. Основываясь на фундаментальных методах квалиметрии, данная методика позволяет количественно оценивать технический уровень и качество продукции за счет учета конечного результата функционирования объекта и его количественного определения [5–7]. Это предопределило ее применение не только для оценки качества горных машин, но и для оценки выполнения заданной функции других объектов [3].

В качестве функционального критерия целесообразно использовать показатель, характеризующий основное функциональное назначение объекта. Для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля, прежде всего необходимо иметь меру, на основании которой можно оценить выполнение заданной функции шахты как объекта.

Главным назначением угледобывающего предприятия является максимально эффективная добыча угля в конкретных условиях с наилучшим качеством. За меру эффективности добычи принимаем выполнение проектной производственной мощности, за меру максимально возможного качества выпускаемой продукции (угля) – изменение зольности в процессе добычи. Исходя из этого, функциональный критерий шахты при решении вопросов управления качеством угля можно выразить следующим образом:

$$\lambda = f(K_m, K_k),$$

где K_m – коэффициент использования проектной мощности; K_k – коэффициент изменения качества полезного ископаемого [2].

Коэффициент использования проектной мощности характеризует уровень использования введенной в действие новой мощности с целью достижения стабильного выпуска продукции не ниже предусмотренного проектом уровня. Он определяется как отношение фактического объема выпуска продукции ($V_{\text{фак}}$), предусмотренного проектом, к величине проектной мощности ($V_{\text{пр}}$).

$$K_m = \frac{V_{\text{фак}}}{V_{\text{пр}}}.$$

На основании полученных с помощью этого коэффициента данных можно судить о ходе освоения проектных мощностей и о технико-экономических показателях в пределах нормативного срока.

При разработке угольных месторождений коэффициент изменения качества при добыче выражают через содержание полезного компонента, теплоту сгорания или валовую ценность:

$$K_k = \frac{100 - A_d}{100 - A_6} = \frac{T_d}{T_6} = \frac{\Pi_d}{\Pi_6},$$

где A_d – зольность добытого угля, %; A_6 – зольность балансовых запасов, %; T_d – теплотворная способность добытого топлива, ккал/т; T_6 – теплотворная способность балансовых запасов, ккал/т; Π_d – ценность 1 т добытого угля; Π_6 – ценность 1 т балансовых запасов.

Таким образом, функциональный критерий шахты при решении вопросов управления качеством выпускаемой продукции можно выразить следующим образом:

$$\lambda = K_k \cdot K_d = \frac{100 - A_d}{100 - A_6} \cdot \frac{V_{\text{факт}}}{V_{\text{пр}}}.$$

Значение данной величины отражает эффективность выполнения заданной функции шахты как объекта: максимально возможной добычи угля с наилучшим качеством в конкретных условиях эксплуатации при имеющейся технике, технологии и методах управления качеством выпускаемой продукции.

Различают теоретический, технический и эксплуатационный функциональный критерий.

Теоретический функциональный критерий представляет собой наибольшее достижимое значение интенсивности выполнения объектом своей функции при непрерывной работе с номинальными параметрами в расчетных условиях эксплуатации.

Технический функциональный критерий представляет собой наибольшее достижимое значение интенсивности выполнения объектом своей функции при технически возможной непрерывности работы и достигнутой надежности в расчетных условиях эксплуатации.

Эксплуатационный функциональный критерий представляет собой наибольшее достижимое значение интенсивности выполнения объектом своей функции с учетом организационно-технических неполадок, а также надежности взаимосвязанных процессов горных работ в конкретных условиях эксплуатации.

Для расчета теоретического функционального критерия шахт за весь срок существования (или за определенный промежуток времени при наличии таких проектных данных) в качестве значений объема добычи угля, зольности добытого и зольности балансовых запасов применяются среднеа-

рифметические проектные значения за рассматриваемый период:

$$\lambda_t = K_k \cdot K_d = \frac{100 - A_{\text{д(пр)}}}{100 - A_6} \cdot \frac{V_{\text{пр}}}{V_{\text{пр}}}. \quad (1)$$

Для расчета эксплуатационного функционального критерия шахт за определенный промежуток времени (месяц, год) в качестве значений объема добычи и зольности добытого угля применяются соответствующие среднеарифметические фактические значения за рассматриваемый период ($A_{\text{д(факт)}}$ и $V_{\text{факт}}$):

$$\lambda_z = K_k \cdot K_d = \frac{100 - A_{\text{д(факт)}}}{100 - A_6} \cdot \frac{V_{\text{факт}}}{V_{\text{пр}}}. \quad (2)$$

Исходя из физического смысла обозначенного нами функционального критерия, в общем виде можно заключить, что:

- при $\lambda \geq 1$ рассматриваемый объект (шахта) полностью выполняет свои функции;
- при $\lambda < 1$ рассматриваемый объект (шахта) не в полной мере выполняет свое основное назначение.

Эти утверждения справедливы как для теоретического, так и для эксплуатационного функционального критерия. На примере расчета эксплуатационного критерия рассмотрим следующие комбинации значений качества добываемого угля и объемов добычи и соответствующие технологические решения по управлению качеством добываемого угля.

$$1. A_{\text{д(факт)}} = A_6 \text{ при } V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}.$$

В этом случае $\lambda_z = 1$, что характеризует отсутствие потерь и полную технико-технологическую реализацию функции шахты, в том числе и в вопросе извлечения качественного полезного ископаемого в полном объеме. Это наиболее желательный вариант работы шахты, к которому необходимо стремиться (т.е. достижимый уровень).

$$2. A_{\text{д(факт)}} = A_6 \text{ при } V_{\text{факт}} > V_{\text{пр}}.$$

Здесь $\lambda_z > 1$. Это характеризует рассматриваемый объект как полностью выполняющий свои функции. Но превышение объемов добычи является отступлением от проекта и может осуществляться на небольших временных отрезках, что в расчете на более долговременный период приведет к варианту $V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}$. К этому же варианту приведет и изменение проектных объемов добычи, если их увеличение является производственной необходимостью.

$$3. A_{\text{д(факт)}} = A_6 \text{ при } V_{\text{факт}} < V_{\text{пр}}.$$

В результате $\lambda_z < 1$, и при этом варианте шахта не выполняет плановые объемы по

добыче, но извлечение полезного ископаемого не снижает его качества. Решением в этой ситуации являются меры технологического характера. При этом необходимо следить, чтобы проведенные изменения не привели к увеличению зольности, а следовательно, к снижению качества добываемого полезного ископаемого.

$$4. V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}, A_{\text{д(факт)}} < A_{\text{б}}.$$

При этом $\lambda_3 > 1$, а общая ситуация характеризуется повышением качества добываемого угля по сравнению с заложенным качеством при подсчете запасов и проектировании шахты. Данная ситуация может возникнуть как в случае ведения работ на локальном участке с низкими значениями зольности, так и с общим снижением зольности на месторождении в связи с погрешностями опробования при проведении разведки месторождения. В первом случае (локальный участок) такая ситуация является временной, во втором случае (уточнение качества при доразведке) более длительной или постоянной, что облегчает стратегию управления качеством угля.

$$5. V_{\text{факт}} = V_{\text{пр}}, A_{\text{д(факт)}} > A_{\text{б}}.$$

При таких условиях $\lambda_3 < 1$, что характеризует недостатки в работе по управлению качеством. В этом случае необходимо рассмотреть изменение качества на каждом участке производства горных работ от забоя до склада и принять соответствующие меры. Например, анализ выявил увеличение зольности при выемке угля комбайном, тогда решением может быть уменьшение толщины стружки и более тщательный контроль выемки в почве и кровле пласта. В этом случае достаточно технических изменений условий добычи, транспортировки, усреднения или складирования угля.

$$6. V_{\text{факт}} < V_{\text{пр}}, A_{\text{д(факт)}} > A_{\text{б}}.$$

Этот вариант характеризует самую критическую ситуацию, при этом $\lambda_3 \ll 1$, и это говорит о том, что рассматриваемый объект (шахта) не выполняет свое основное назначение как по обеспечению объемов производства угля, так и по его качественным характеристикам. В этом случае после тщательного анализа всех звеньев добычной цепи наряду с техническими изменениями в работе шахты скорее всего понадобятся и технологические изменения. При этом должны быть произведены комплексные изменения и внедрения определенных изменений, касающихся как технической, так и технологической стороны добычи с контролем отклика ситуации на вносимые изменения.

Приведение ситуации по выдаче угля определенного качества в данном случае является длительным и требующим значительных материальных вложений процессом.

Предложенный функциональный критерий шахты полностью отражает эффективность выполнения шахтой ее функций, то есть добычи определенных объемов угля с определенным качеством (зольностью), и позволяет количественно оценить эффективность управления качеством угля при подземной добыче. Значения функционального критерия могут быть применены для оценки эффективности технологии подземной добычи при решении вопросов управления качеством угля, как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации шахты (формулы (1) и (2) соответственно). При этом необходимо рассматривать как уровень функционального критерия в целом, так и его составляющие для определения направления, в котором необходимо проводить улучшения. В случае, когда функциональный критерий меньше единицы, необходимо пошагово рассмотреть изменение зольности от забоя до склада (потребителя), разработать меры по улучшению ситуации и по контролю полученных изменений применительно к конкретным условиям работы. Таким образом, предложенный функциональный критерий шахты позволит не только определить уровень эффективности работы шахты, но и оперативно проанализировать варианты различных технических и технологических решений по добыче угля с целью получения товарной продукции наилучшего качества.

Список литературы

1. Артемова Е.А., Ворсина Е.В., Москаленко Т.В. Выбор показателей для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля в условиях Севера // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18352> (дата обращения: 29.07.2016).
2. Артемова Е.А., Москаленко Т.В., Ворсина Е.В. Определение функционального критерия шахт для решения вопросов управления качеством // Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7 (специальный выпуск 30). – С. 430–436.
3. Ворсина Е.В. Оценка и повышение эффективности технологии добычи угля на малых разрезах севера: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Норильск, 2006.
4. Квагинидзе В.С., Ворсина Е.В. Выбор показателей для оценки эффективности технологии добычи угля на малых разрезах Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень. Региональное приложение Якутия. – М.: МГГУ, 2005. – № 4 – С. 133–139.
5. Солод Г.И., Морозов В.И., Русихин В.И. Технология машиностроения и ремонт горных машин. – М.: Недра, 1988. – 421 с.
6. Солод Г.И. О квалиметрии. – М.: МГИ, 1991. – 94 с.
7. Солод Г.И., Радкевич Я.М. Управление качеством горных машин. – М.: МГИ, 1985. – 95 с.

УДК 551.465

ЛОКАЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОКЕАНА НА ПРОХОЖДЕНИЕ ШТОРМА

Москаленко Л.А., Ксенофонтов А.С., Арванова С.М.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик, e-mail: larisa.moskalenko.55@mail.ru

Научная статья посвящена изучению локальной реакции верхнего слоя океана на прохождения шторма. Для изучения внутрисуточной изменчивости ВСО при шторме будем исходить из системы одномерных дифференциальных уравнений с краевыми условиями. Задача решена численно на основе абсолютно устойчивой конечно-разностной схемы. Модель была использована для воспроизведения развития вертикальной термодинамической структуры ВСО в период шторма. По результатам расчетов выявлено, что полученная эволюция основных гидрологических характеристик в период шторма качественно согласуется с современными представлениями, подтверждается наблюдениями и свидетельствует о способности использованной модели. Численные эксперименты показывают, что небольшие вариации начальных условий прослеживаются в решении задачи лишь в течение короткого периода времени – от одного до нескольких часов, в зависимости от характера моделируемого процесса.

Ключевые слова: моделирование, локальная реакция, шторм, гидрологические характеристики

LOCAL REACTION UPPER OCEAN ON PASSING STORM

Moskalenko L.A., Ksenofontov A.S., Arvanova S.M.

Federal State Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State University
named after Berbekov, Nalchik, e-mail: larisa.moskalenko.55@mail.ru

The scientific article is devoted to the study of the local reaction of the upper layer of the ocean to the passage of the storm. We will proceed from the one-dimensional system of differential equations with boundary conditions for studying GUS intradaily variability during a storm. The problem is solved numerically on the basis of absolutely stable finite-difference scheme. The model has been used for reproduction of GUS thermodynamic vertical structure during storm. The calculations revealed that the resulting evolution of the main hydrological characteristics of the storm period is qualitatively consistent with modern ideas, supported by observations and evidence of the ability of the model used. Numerical experiments reveal that small variations of the initial conditions can be traced in the task for only a short period of time – from one to several hours, depending on the nature of the process being modeled.

Keywords: modeling, local reaction, storm, hydrological characteristics

Формирование и эволюция вертикальной термодинамической структуры в модели экмановского пограничного слоя при интенсивном динамическом воздействии на исследуемую область среды может быть изучена при моделировании процессов, протекающих при шторме в верхнем слое океана (ВСО) в приближении его горизонтальной однородности [2, 4]. Использование такого допущения возможно, поскольку в большинстве случаев изменение основных термогидродинамических характеристик, вызванное взаимодействием океана с атмосферой при сильном ветре, будет по крайней

мере на порядок больше, чем вызванное горизонтальной адвекцией и горизонтальным турбулентным обменом.

Для изучения внутрисуточной изменчивости ВСО при шторме будем исходить из следующей системы одномерных дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K_u \frac{\partial u}{\partial z} + fv; \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K_u \frac{\partial v}{\partial z} - fu; \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K_T \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{R}{\rho_0 C_p}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial b}{\partial t} = K_u \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] + \frac{\partial}{\partial z} K_b \frac{\partial b}{\partial z} + g\beta K_T \frac{\partial T}{\partial z} - \varepsilon; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = & C_{\varepsilon 1} \left(\frac{\varepsilon}{b} \right) K_u \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] + \frac{\partial}{\partial z} K_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} + \\ & + C_{\varepsilon 2} \left(\frac{\varepsilon}{b} \right) g\beta K_T \frac{\partial T}{\partial z} - C_{\varepsilon 3} \left(\frac{\varepsilon}{b} \right) \varepsilon, \end{aligned} \quad (5)$$

$$K_u = a_\varepsilon \frac{b^2}{\varepsilon}; \quad K_T = C_T Ri^{-m} K_u; \quad K_b = C_b K_u; \quad K_\varepsilon = C_\varepsilon K_u. \quad (6)$$

Источник тепла $R(z, t) = R_0(t)e^{-\eta z}$ связан с объемным поглощением солнечной радиации в морской воде при коэффициенте ослабления $\eta = 0,08 \text{ м}^{-1}$; R_0 – поток приходящей к поверхности океана солнечной радиации, рассчитанный с учетом отражения, поглощения и рассеяния в атмосфере. Параметр Кориолиса для умеренных широт $f = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$;

$$Ri = -g\beta \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right) / \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] - \text{гради-}$$

ентное число Ричардсона; $\beta = 2 \cdot 10^{-4} (\text{°C})^{-1}$ – коэффициент термического расширения морской воды. Значения эмпирических констант подобраны из соображений согласованности с литературными источниками и наилучшего совпадения результатов расчетов с данными наблюдений. При вычислениях были использованы следующие коэффициенты: $C_{\varepsilon 1} = 3,0$; $C_{\varepsilon 2} = 1,4$; $C_{\varepsilon 3} = 3,2$; $C_b = 0,75$; $C_\varepsilon = 1,0$; $a_\varepsilon = 0,08$. Зависимость коэффициента K_T от Ri [3] должна выполняться при различных физических процессах, протекающих в ВСО, подтверждаться достаточным объемом данных наблюдений и, кроме того, приводить к разумным результатам при решении задачи (1)–(5). Таким выражением может служить эмпирическая гипотеза Озмидова – Лозоватского (6) [4]. Соотношение получено для течений во внутренней области океана при $5 \cdot 10^{-3} < Ri < 0,5$ и турбулентных числах Рейнольдса ($Re_t = b^2/(\varepsilon \nu)$ не превышающих 10^4 , где ν – кинематический коэффициент молекулярной вязкости). Применение этой формулы для случая слабой стратификации мало изучено. Поэтому в рамках данной модели был проведен ряд численных экспериментов, в которых варьировались значения констант c_m и m . На основе анализа результатов проведенных расчетов для них установлены следующие значения: в период вовлечения $c_m = 1$, $m = 0$ ($K_T = K_u$); для всех остальных периодов $c_m = 0,03$; $m = 0,5$.

Краевые условия задачи (1)–(6) следующие:

$$\begin{aligned} z = 0: \quad K_u \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{\tau_x}{\rho_0}; \quad K_u \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\tau_y}{\rho_0}; \\ K_T \frac{\partial T}{\partial z} &= -P_T; \quad K_b \frac{\partial b}{\partial z} = -P_b; \quad K_\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = -P_\varepsilon; \\ z = H: \quad u &= u_H; \quad v = v_H; \\ T &= T_H; \quad b = 0; \quad \varepsilon = 0; \end{aligned} \quad (7)$$

$$t = 0: \quad u = u^0(z); \quad v = v^0(z);$$

$$T = T^0(z); \quad b = b^0(z); \quad \varepsilon = \varepsilon^0(z).$$

Здесь τ_x, τ_y – составляющие касательного напряжения ветра на поверхности океана; P_T – кинематический турбулентный поток тепла; $P_b = c_{pb} (|\tau|/\rho_a)^{3/2}$ – поток энергии турбулентности ($\rho_a = 1,29 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ – плотность воздуха); $P_\varepsilon = 0$ – поток скорости вязкой диссипации равен нулю ввиду недостатка эмпирических и теоретических сведений для его параметризации. Толщина верхнего слоя океана H – это глубина, куда турбулентные возмущения с поверхности не достигают. Поэтому там скорость экмановского течения $u_H = v_H = 0$, а турбулентность вырождается $b = 0$; $\varepsilon = 0$.

Задача (1)–(7) решалась численно конечно-разностными методами [1]. С целью повышения точности решения применялся итерационный метод последовательных приближений, суть которого заключается в использовании известных на момент решения задачи значений коэффициента вертикального турбулентного обмена импульсом с последовательным их уточнением на каждом временном шаге. По пространственной координате использовалась система сдвинутых сеток. При глубине расчетной области 50 м бралось от 500 до 1000 сеточных узлов. Временной шаг решения задачи равнялся 2 мин.

Модель была использована для воспроизведения развития вертикальной термодинамической структуры ВСО в период шторма, наблюдавшегося в районе станции погоды «Р» в Тихом океане 21–23 июня 1970 г. [5]. Потоки тепла, энергии турбулентности и составляющие касательного напряжения ветра на поверхности океана рассчитывались по известному дискретному временному ряду основных метеозаписей (рис. 1) и серии вертикальных профилей температуры (рис. 2).

Отсутствие информации о начальном распределении составляющих вектора скорости течения, энергии турбулентности и скорости вязкой диссипации привело к необходимости первоначально нахождения стационарного решения системы уравнений (1)–(2), (4)–(5) без учета уравнения переноса тепла (3) при заданных постоянных потоках на поверхности океана, соответствующих скорости ветра $W = 2 \text{ м/с}$ (рис. 1) и первому температурному профилю (рис. 2).

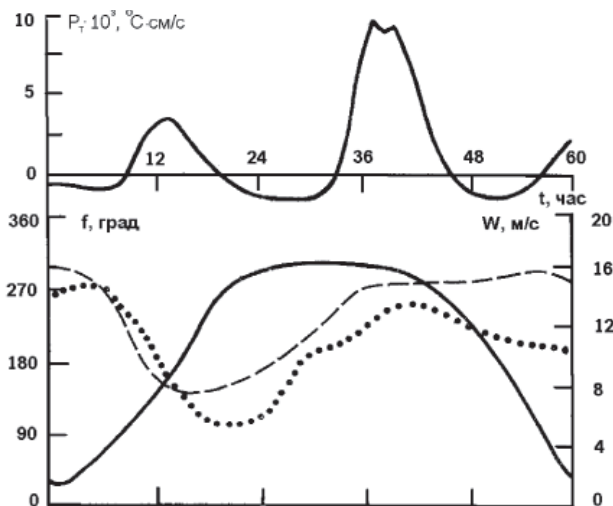


Рис. 1. Временной ход потока тепла (вверху) и изменения скорости (сплошная), направления (пунктирная) ветра и направления вектора скорости течения (точечная линия) на поверхности океана

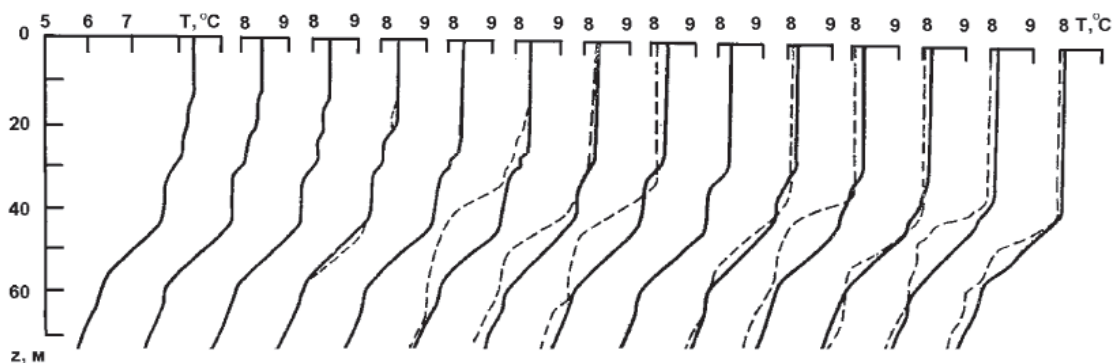


Рис. 2. Рассчитанные (сплошная линия) и наблюдаемые (пунктир) вертикальные профили температуры в период шторма с интервалом в 3 ч

Естественно, что такое приближенное задание начальных условий вносит определенные искажения в картину изменения вертикальной термодинамической структуры. Однако численные эксперименты показали, что небольшие вариации начальных условий прослеживаются в решении задачи лишь в течение короткого периода времени – от одного до нескольких часов, в зависимости от характера моделируемого процесса.

Рассматриваемый шторм длился 2 суток. Скорость ветра в течение первых 20 ч возросла до 16 м/с, затем сутки почти не менялась и вновь уменьшилась к исходному значению. Направление ветра претерпевало следующие изменения: юго-восточное (0 ч), западное (10 ч), северо-западное (16 ч), южное-юго-западное (все остальное время). К моменту установления максимального

ветра скорость течения на горизонте 0,25 м возросла с 6,4 до 36 см/с (рис. 3). Для этого периода характерно аномальное изменение угла α (между направлениями векторов скорости течения и ветра), который определяется разностью значений пунктирной и точечной линий (рис. 1). Первоначально этот угол составлял 50° вправо от направления ветра, что не выходит за рамки оценок при обработке 2000 наблюдений дрейфа судов и хорошо согласуется с моделью эпюры скорости дрейфовых течений в тонком приповерхностном слое. Однако вследствие резкого разворота вектора скорости ветра вправо моделируемое течение не успевает адаптироваться и в какие-то моменты рассматриваемый угол меняется вплоть до 25° влево по ветру, что объясняется сильной нестационарностью в поведении динамических характеристик задачи.

Одновременно наблюдается быстрое увеличение составляющих u и v . Из-за разворота направления движения воды вправо вслед за ветром экмановская спираль вырождается в модель плиты и наблюдается как бы разгон течения, характеризующийся высокими скоростями по всему слою.

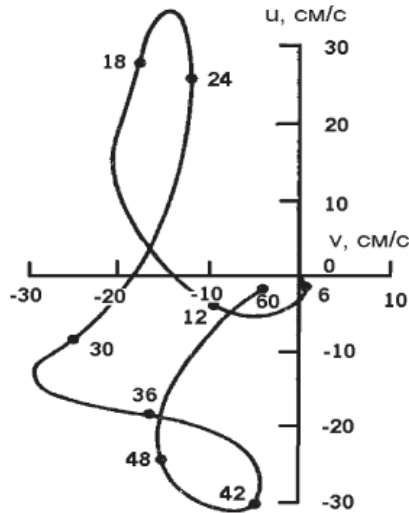


Рис. 3. Годограф вектора скорости течения на глубине 0,25 м, цифры у точек – время от начала шторма в часах

В период, когда ветер восстанавливает первоначальное направление движением против часовой стрелки, угол α принимает свое исходное значение, спираль Экмана четко выражена, скорость по слою заметно снижается и претерпевает колебания с инерционным периодом. На рис. 3 это выражается сложной эволюцией направления движения жидкости на горизонте 0,25 м. К моменту окончания шторма течение ох-

ватывает слой толщиной более 40 м и его скорость невысока.

Результаты расчетов показали в целом удовлетворительное количественное и качественное совпадение с данными наблюдений по температуре (рис. 2). Наибольшие расхождения приходится на периоды ночной конвекции (1–3-й и 8–11-й профили). При этом рассчитанная температура оказалась завышенной на $0,2^\circ\text{C}$, а глубина слоя, охваченного турбулентной конвекцией, получилась на 3–5 м меньше наблюдаемой. Однако, несмотря на такое несовпадение утренних профилей, модель достаточно быстро подстраивается под реальный процесс в соответствии с текущими значениями скорости ветра. К концу второго светового дня при одинаковой толщине изотермического слоя рассчитанная температура превышала наблюдаемую на $0,1^\circ\text{C}$. Отмеченные недостатки, по-видимому, объясняются тем, что в задаче не учитывается адвекция тепла течениями, а также неточностью методики расчетов потока тепла при сильных ветрах.

Рис. 4–5 отражают результаты расчетов основных характеристик турбулентности. Можно заметить, что распределение энергии турбулентности по вертикали носит квазилинейный характер.

Для скорости вязкой диссипации (рис. 4), нормированной на 2ν , наблюдается быстрое квазиэкспоненциальное затухание с глубиной (при резко выраженном локальном максимуме в основании перемешанного слоя).

Наконец, для коэффициента турбулентной вязкости (рис. 5) характерно возрастание его значений в верхней части слоя ветрового перемешивания, а затем уменьшение (вплоть до значений, соответствующих турбулентному обмену в термоклин).

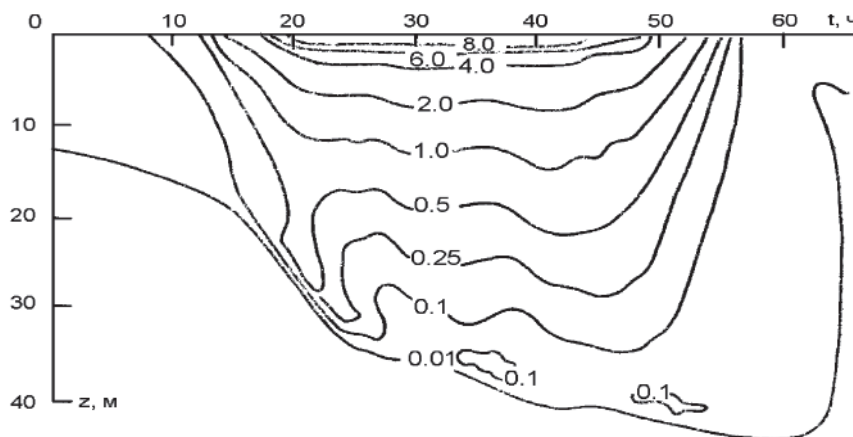


Рис. 4. Скорость вязкой диссипации, нормированная на 2ν

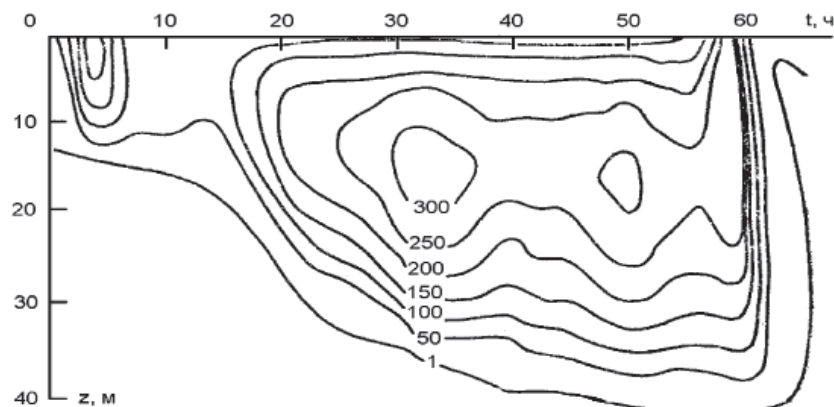


Рис. 5. Коэффициент турбулентной вязкости

Все динамические характеристики на поверхности океана сильно зависят от скорости ветра и в меньшей мере от потока тепла. Исключением является коэффициент вертикального турбулентного обмена импульсом, значение которого в периоды ночной конвекции почти на 20 % превосходит дневное. В изменении основных параметров мелкомасштабной турбулентности наблюдается некоторое запаздывание по сравнению с эволюцией внешних метеорологических факторов, которое на глубине 30 м составляет 2–3 ч. К моменту полного ослабления ветра в течение нескольких часов, слой, охваченный развитой турбулентностью, сужается от 40 до 5 м с сохранением изотермии.

Полученная эволюция основных гидрологических характеристик в период шторма качественно согласуется с современными представлениями, подтверждается наблюдениями и свидетельствует

о способности использованной модели воспроизводить короткопериодную изменчивость верхнего слоя океана в период шторма.

Список литературы

1. Кочергин В.П., Климок В.И., Сухоруков В.А. Турбулентная модель экмановского слоя океана // Численные методы механики сплошной среды. – Новосибирск, ВЦ Сиб. Отд. АН СССР, 1976. – т. 7, № 1. – С. 72–84.
2. Ксенофонов А.С., Мешева Л.А., Арванова С.М., Москаленко Л.А. Моделирование образования ступенчатой структуры примеси в стратифицированной среде // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4–2. – С. 280–284.
3. Henderson-Sellers B. A simple formula for vertical eddy diffusion coefficients under conditions of nonneutral stability // Journal of Geophysical Research. – 1982. – Vol. 87. – № C2. – P. 5860–5864.
4. Lozovatsky I.D., Ksenofontov A.S., Erofeev A.Yu., Gibson C.H. Modelling of the evolution of vertical structure in the upper ocean by atmospheric forcing and intermittent turbulence in the pycnocline // Journal of Marine Systems. – 1993. – Vol. 4. – № 2–3. – P. 263–273.
5. Mellor G.L., Durbin P.A. The structure and dynamics of the ocean surface mixed layer // J. Phys. Oceanogr. – 1976. – Vol. 5. – P. 718–728.

УДК 911.5

**ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ХЕМЧИКСКОЙ КОТЛОВИНЫ
(ЗАПАДНАЯ ТЫВА)****¹Очур-оол А.О., ²Кирпотин С.Н., ¹Ондар С.О.**¹ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет»,

Кызыл, e-mail: aldyn@mail.ru, ondar17@yandex.ru;

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»,

Томск, e-mail: kirp@mail.tsu.ru

Рассмотрена пространственная и морфологическая структуры ландшафтов Хемчикской котловины, выполненной с использованием ГИС. Выявлены закономерности пространственного распределения основных групп ландшафтов, показаны различия в сложности их ландшафтных рисунков, определенных гидроклиматическими условиями и высотной зональностью. Отмечено, что наибольшая доля в ландшафтной структуре территории принадлежит среднегорным геосистемам (45,41 %) и представляет собой эрозионно-денудационные природно-территориальные комплексы. На порядок меньшую долю занимают экзарационные и эрозионно-денудационные высокогорные (32,11 %), и менее всего представлены степные межгорно-котловинные (22,48 %). Проведенный анализ показал, что ландшафты Хемчикской котловины характеризуются преобладанием лиственных лесов в среднегорном поясе, которые в свою очередь отмечены как геосистемы с высоким разнообразием и сложностью пространственного строения, обусловленных особенностью рельефа и связанными с ними экспозиционными различиями. В целом в разнообразии ландшафтов котловины участвуют южносибирские (таежные, лесостепные, степные) и центральноазиатские группы геомов.

Ключевые слова: структура ландшафта, геосистема, высотная зональность, Хемчикская котловина**LANDSCAPE STRUCTURE KHEMCHIKSKY BASIN (WESTERN TYVA)****¹Ochur-ool A.O., ²Kirpotin S.N., ¹Ondar S.O.**¹Tuvan State University, Kyzyl, e-mail: aldyn@mail.ru, ondar17@yandex.ru;²National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: kirp@mail.tsu.ru

The spatial and morphological structure of landscapes Khemchiksky basin made with the use of GIS. The regularities of the spatial distribution of the main groups of landscapes, showing differences in the complexity of their landscape drawings, certain hydro-climatic conditions and high zone. Noting that the largest share in the landscape structure of the territory belongs to its middle geosystems (45,41 %) and represent erosion and denudation of natural-territorial complexes. In order smaller share belongs exaration and erosion-denudation highland (32,11 %), and least represented steppe-intermountain basins (22,48 %). The analysis showed that depression Khemchiksky landscapes characterized by a predominance of larch forests in the mid-mountain zone, which in turn marked as geosystems with a high diversity and complexity of the spatial structure of the resulting terrain feature, and associated differences in exposition. In general, the diversity of landscapes of the basin involved South Siberian (taiga, forest-steppe, steppe) and the Central Asian groups Geom.

Keywords: landscape structure, geosystem, altitudinal zoning Khemchik, Basin

В настоящее время ландшафтные исследования и его результаты используются не только представителями естественных наук с целью оценки хозяйственного использования территорий, при интерпретации пространственных закономерностей и динамики геосистем, выявлении последствий экологических изменений, но и гуманитариями – этнографами, лингвистами, фольклористами, философами, а также другими специалистами.

Таким образом, исследование ландшафтной структуры территории является актуальной задачей не только для географических наук и наук о Земле, но и для социокультурных, этногенетических и других исследований.

Ландшафтная структура отражает пространственно-временную организацию геосистем, их взаимное расположение и спосо-

бы соединения [4], а также является сложным интегральным показателем, характеризующим их системную организацию.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились ландшафты Хемчикской котловины – природного продолжения Центрально-Тувинской, которая расположена в северо-западной части Республики Тыва. В основу выделения границ котловины положен ландшафтный принцип, учитывающий динамически сопряженный набор природно-климатических условий. В соответствии с этим подходом котловина рассматривается не как отдельное днище, а как совокупность днища с обрамляющими ее горными хребтами.

Ландшафты Хемчикской котловины относятся к горным и дифференцировались под действием разнообразных природных условий и биоклиматических факторов, детерминированных высотной поясностью, расчлененностью и контрастностью рельефа, сложностью геологического строения, которые в свою очередь обусловили многообразие почвенного и пестроту растительного покровов [8].

Известно, что ландшафтная структура горных территорий характеризуется значительной контрастностью и сложностью [2] и на карте представляет собой мозаику «пятен», варьирующих по размерам, форме, происхождению, количеству, взаимному расположению и конфигурации [1]. Анализ морфологической структуры ландшафтов Хемчикской котловины выявил большое разнообразие пространственно-взаимосвязанных и соподчиненных природно-территориальных комплексов.

В данной работе мы придерживаемся системно-иерархического подхода, где природно-территориальные комплексы разделяются на систему иерархически соподчиненных геосистем. Такой подход позволяет выявить соподчинения ландшафтных таксонов и провести их эволюционно-динамическую трактовку [6]. Многообразные черты структуры ландшафтов, оценка меры их внутренней дифференцированности и связанности выполнялась с использованием программы ArcGIS. При проведении оценки не учитывались существующие антропогенные ландшафты.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве низшей картируемой единицы была выбрана группа фаций, важнейшим признаком которой является сходство динамических тенденций составляющих ее единиц [2]. Согласно системно-иерархической классификации на территории исследования выделены 20 групп фаций (рисунок) на площади равной 69882 км², сгруппированных на три группы ландшафтов по А.В. Пузанову [5]. Он выделил на территории Тувы три контрастно дифференцированных биогеохимических пояса: высокогорных тундр

и альпийских лугов (нами они обозначены как высокогорные); горно-лесной (среднегорные); степных и сухостепных котловин (степные межгорно-котловинные).

Процентное соотношение площадей природно-территориальных комплексов в морфологической структуре ландшафтов на исследуемой территории приведено в таблице.

На карте морфологической структуры ландшафтов (рисунок) четко выявляются различия в сложности их ландшафтных рисунков, определенных гидро-климатическими условиями и высотной зональностью, и имеют следующие черты. Наибольшая доля в ландшафтной структуре территории принадлежит среднегорным геосистемам (45,41 %) и представляет собой эрозионно-денудационные природно-территориальные комплексы. На порядок меньшую долю занимают экзарационные и эрозионно-денудационные высокогорные (32,11 %), и менее всего представлены степные межгорно-котловинные (22,48 %).

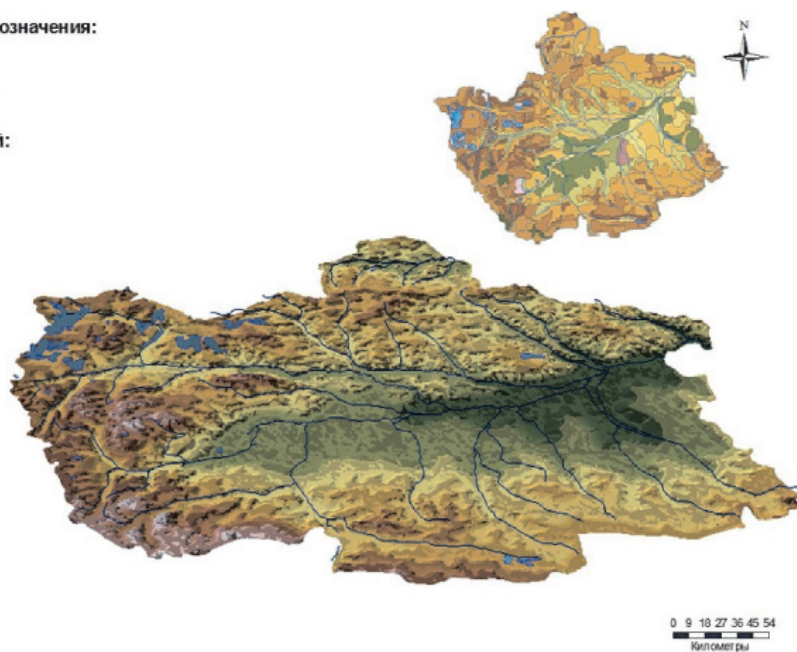
Наибольшее количество единиц ландшафтов наблюдается в группе среднегорных – 9 групп фаций из 20 (таблица), при этом доминирующая роль среди них принадлежит древесной растительности, то есть можно отметить, что лесные зоны более разнообразны по сравнению с остальными типами вследствие пространственной разнородности среды.

Условные обозначения:

— Реки
■ Озера

Группы фаций:

- - 1
- - 2
- - 3
- - 4
- - 5
- - 6
- - 7
- - 8
- - 9
- - 10
- - 11
- - 12
- - 13
- - 14
- - 15
- - 16
- - 17
- - 18
- - 19
- - 20



Морфологическая структура ландшафтов Хемчикской котловины

Легенда-экспликация к карте морфологической структуры ландшафтов
Хемчикской котловины

Номер групп фаций	Ландшафты	Общая площадь групп фаций, км ²	Доля в общей площади котловины, %	Характеристика
1	2	3	4	5
Высокогорные (32,11 %)				
1	Тундровые холмисто-увалистые днища котловин с криогенным мезо- и микро- рельефом	1083	1,55	с суглинисто-валунными моренными, местами супесчано-галечниково-суглинистыми отложениями с мохово-лишайниковыми, кустарниковыми, лишайниковыми, луговыми тундрами на тундровых почвах, местами в сочетании с болотами на торфянисто-перегнойно-глеевых мерзлотных почвах
2	Тундровые пене-пленизированные глубоко расчлененные	1170	1,67	с маломощным суглинисто-щебнистым покровом, мерзлотно-нивальной обработкой с лишайниково-моховыми, кустарниковыми и прочими, местами в сочетании с криофитно-разнотравно-злаковыми осочниками и кобрезниками на горно-тундровых торфянисто-перегнойных почвах
3	Альпинотипные склоновые и межгорных понижений	3203	4,58	с маломощным суглинисто-щебнистым покровом, мерзлотно-нивальной обработкой с альпийскими и субальпийскими лугами и кустарниками, участками тундр и редколесий на горно-луговых почвах
4	Пене-пленизированные округловершинные, глубоко расчлененные	4526	6,48	с маломощным, суглинисто-щебнистым покровом, с альпийскими и субальпийскими лугами и кустарниками, участками тундр и редколесий на горно-луговых почвах
5	Пене-пленизированные глубоко расчлененные	4011	5,74	с маломощным, суглинисто-щебнистым покровом с тундрами (лишайниково-моховыми, кустарниковыми и прочими), местами в сочетании с криофитно-разнотравно-злаковыми осочниками и кобрезниками на горно-тундровых торфянисто-перегнойных почвах
6	Альпинотипные резко и дробно расчлененные высокогорья	3702	5,30	с ледниками, каменистыми россыпями, снежниками с криопетрофитными группировками, фрагментами тундровой растительности на примитивных горно-тундровых почвах
7	Склоновые и межгорных понижений скалисто-осырные	4004	5,73	с маломощным суглинисто-щебнистым покровом, фрагментами моренных отложений в долинах с криопетрофитными группировками, мохово-лишайниковыми, кустарниковыми тундрами на горно-тундровых слабо-развитых почвах в сочетании с гляциально-нивальными комплексами
Среднегорные (45,41 %)				
8	Крутосклонные, резко расчлененные подгольцово-(субальпийско)-редколесные	2072	2,96	с маломощным покровом дефлюкционно-со-лифлюкционных суглинков, с редколесьями и редкостойными лесами (лиственничными, кедрово-лиственничными, кедровыми) и субальпийскими лугами, кустарниками на горно-луговых, горных торфянисто-перегнойных мерзлотных почвах
9	Пене-пленизированные, глубоко расчлененные лесные	3526	5,05	с маломощным покровом дефлюкционных отложений, местами каменисто-осыпные с кедрово-лиственничными лесами с примесью ели, мелколиственных пород на горных перегнойных оподзоленных почвах

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
10	Крутосклонные, глубоко расчлененные лесные	5121	7,33	с маломощным покровом дефлюкционных отложений, местами каменисто-осыпные с лиственничными, елово-лиственничными, иногда с примесью кедра лесами на горных подбурях и перегнойно-торфянистых длительно-сезонно-мерзлотных почвах
11	Глубоко расчлененные крутосклонные лесостепные	5876	8,41	с маломощным суглинисто-щебнистым покровом, местами скалистые и каменисто-осыпные с лиственничными, березово-лиственничными лесами по склонам северных экспозиций на горно-лесных дерновых длительно-сезонных мерзлотных, горно-лесных черноземовидных почвах в сочетании с сухими (дерновинно-злаковыми на горно-степных черноземовидных почвах по склонам южной ориентации («перистеппи» или экспозиционные лесостеппи)
12	Слабо и среднерасчлененные, местами пепленезированные лесные	6017	8,61	с покровом дефлюкционных суглинков с лиственничными, елово-лиственничными лесами, местами заболоченными на горных, перегнойно-торфянистых длительно-сезонно-мерзлотных почвах
13	Крутосклонные, глубоко расчлененные лесные	2499	3,58	с покровом дефлюкционных отложений, местами каменисто-осыпные с лиственничными (иногда парковыми), березово-лиственничными лесами на горно-лесных черноземовидных, горно-лесных дерновых почвах в сочетании с лесными лугами (еланями) на горных гумусово-аккумулятивных почвах
14	Крутосклонные, глубоко расчлененные степные	2099	3,00	с маломощным покровом рыхлых отложений, местами скалистые и скалисто-осыпные с умеренно влажными богато-разнотравно-злаковыми и умеренно сухими разнотравно-ковыльными степями на горных черноземах выщелоченных, оподзоленных, типичных, горно-степных черноземовидных почвах
15	Крутосклонные, глубоко расчлененные степные	2495	3,57	с маломощным покровом рыхлых отложений, местами скалисто-осыпные с сухими мелкодерновинно-злаковыми степями на горных каштановых почвах, местами с участками умеренно сухих степей на горно-степных черноземовидных почвах и их петрофитных вариантах
16	Склоновые и межгорных понижений степные	2031	2,91	с маломощным покровом рыхлых отложений, местами скалистые и скалисто-осыпные умеренно влажными и умеренно сухими разнотравно-ковыльными степями на горно-степных черноземовидных и горных каштановых почвах
Степные (межгорно-котловинные) (22,48 %)				
17	Долинные лесостепные	4432	6,34	с луговыми разнотравно-злаковыми степями, злаково-разнотравными остепненными лугами, местами с кустарниками, в некоторых местах скалистые с сочетанием мелколиственных березово-ивняково-тополевых, тополево-березовых лесов на лесных серых, каштановых, темно-каштановых, луговых, умеренно-сухих и сухих степных каштановых почвах
18	Пологонаклонные степные	4007	5,73	с аккумулятивными отложениями, с сухими мелкодерновинно-злаковыми степями, местами с карагаей на каштановых почвах с псаммофитными вариантами на слабообразованных каштановых почвах

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
19	Степные возвышенные, наклонные, плоские, местами с мелкопочниками, мелко-, веерообразно расчлененные	3889	5,56	с аккумулятивными отложениями с сухими мелкодерновинно-злаковыми или с опустыненными степями, местами с караганой на каштановых, каштановых солонцеватых, светлокаштановых почвах и их петрофитных вариантах с псаммофитными и галофитными фитоценозами
20	Степные пологувалистые днища котловин	3379	4,84	с участками мелкопочников, небольших засоленных понижений с щебнисто-суглинистыми, галечниково-валунно-щебнисто-суглинистыми отложениями разного генезиса с сухими полынно-злаковыми, часто с караганой степями на темно-каштановых и каштановых, местами солонцеватых почвах

В целом нами отмечено, что гольцовые и подгольцовые геосистемы распределены в основном на вершинах хребтов Западных Саян, Шапшальского и Западного Танну-Ола. Гольцовые альпинотипные ландшафты представлены каменистыми осыпями и снежниками с криопетрофитными группировками, в нижних частях распространены тундры, чередующиеся с альпийскими лугами. В зависимости от суммы активных температур и температуры почв, в разных экспозициях на одних и тех же высотах граница распространения лесов и горных степей неодинакова. Так, в более сухих условиях, где инсоляция больше, горные степи непосредственно переходят в альпийские луга и тундры [3].

В среднегорном поясе среди лесных геосистем эдификаторная роль принадлежит листовенничным оптимального развития и темнохвойным ограниченного развития. При этом леса приурочены в основном к северным склонам, а на южных, в зависимости от макроэкспозиции, распространены сухие или луговые степи.

Степные ландшафты представлены настоящими степями с доминированием ксерофитных злаков на малогумусных каштановых почвах. Вместе с ними широко распространены сухие центральноазиатские степи с зарослями ксерофитных кустарников с нанофитно-ковыльными ассоциациями на светло-каштановых почвах. Луговые степи занимают наименьшую площадь и приурочены к понижениям и долинам рек. В общем, для ландшафтов Хемчикской котловины характерна резкая граница степей и лесов, стабильная во времени [3].

Заключение

Из приведенного анализа можно сделать вывод, что ландшафты Хемчикской котловины характеризуются преобладанием листовенничных лесов в среднегорном поясе, которые в свою очередь нами отмечены как геосистемы с высоким разнообразием

и сложностью пространственного строения, обусловленных в основном особенностью рельефа и связанных с ними экспозиционных различий, определяющих мозаичность ландшафтной структуры изучаемой территории. В целом в разнообразии ландшафтов котловины участвуют южносибирские (таежные, лесостепные, степные) и центральноазиатские группы геомов.

Исследование поддержано грантом РФФИ 15-29-02599 офи м «Комплексное изучение динамики видового разнообразия в условиях экстремализации местообитаний в широтном и высотном градиентах перигляциальных зон Сибири».

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ 16-21-03002.

Список литературы

1. Брыкина Н.А. Ландшафтно-космический анализ изменения площади и количества термокарстовых озер в зоне многолетней мерзлоты Западной Сибири / Н.А. Брыкина, С.Н. Кирпотин // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012. – № 4 (20). – С. 185–194.
2. Лысанова Г.И. Геосистемы бассейна Верхнего Енисея / Г.И. Лысанова, Ю.М. Семенов, А.А. Сорокова // География и природные ресурсы. – 2011. – № 4. – С. 92–99.
3. Лысанова Г.И. Геосистемы Республики Тыва / Г.И. Лысанова, Ю.М. Семенов, А.И. Шеховцов, А.А. Сорокова // География и природные ресурсы. – 2013. – № 3. – С. 181–184.
4. Людкевич Е.И. Ландшафты бассейна реки Басандайки (юго-восток Томской области) / Е.И. Людкевич, З.Н. Квасникова // Бассейновые территории: проблемы и пути их решения: сб. трудов конференции. – Ишим: филиал ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет», 2013. – С. 52–55.
5. Пузанов А.В. Приоритетные микроэлементы (I, Se, Mn, Co, Cu, Zn, Hg) в наземных экосистемах Тувинской горной области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук (03.00.16, 03.00.27) / Новосибир. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2005. – 43 с.
6. Семенов Ю.М. Геосистемы и комплексная физическая география / Ю.М. Семенов, Е.Г. Суворов // География и природ. ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 11–18.
7. Соколов А.С. Ландшафтное разнообразие: теоретические основы, подходы и методы изучения // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – т. 10. – № 1. – С. 208–213.
8. Ochur-ool A.O. Ecological and Geochemical Characteristics of the Landscapes of Western Tuva / A.O. Ochur-ool, S.O. Ondar, U.V. Ondar // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences – 2015. – № 6 (5). – P. 1670–1677.

УДК 911

ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОТРАСЛЕВОЙ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Падалко Ю.А.

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук,
Оренбург, e-mail: yapadalko@gmail.com*

Привлечение инвестиций – одна из основных задач в развитии хозяйства в современном мире. В Российской Федерации региональная социально-экономическая политика проводится с приоритетом ориентирования субъектов на самостоятельное привлечение инвестиций в развитие территории и хозяйства. В статье представлен анализ территориально-отраслевой специфики привлечения инвестиций на региональном уровне. Экономико-географическое положение Оренбургской области определило отраслевую структуру региональной экономики, основу которой составляет промышленное производство и добыча полезных ископаемых. В текущей экономической ситуации данные отрасли наиболее востребованы у инвесторов. Стратегия инвестиционного развития региона предусматривает диверсификацию экономики за счет реализации инвестиционных проектов, как на основе имеющихся отраслей, так и путем создания новых производств и необходимой инфраструктуры. Представлен анализ инвестиционных проектов в территориальном и отраслевом разрезе по районам Оренбургской области.

Ключевые слова: региональное развитие, инвестиции, Оренбургская область

TERRITORIAL-SECTORAL STRUCTURE OF INVESTMENTS IN THE ORENBURG REGION

Padalko Yu.A.

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: yapadalko@gmail.com

Attracting investments is the main matter for the economic development of every country in the world today. In the Russian Federation, regional social and economic policy is a priority orientation of subjects to attract investment for the development of the territory and the economy. The article presented an analysis of the territorial and sector-specific attraction of investments at regional and local levels. Economic-geographical situation of the Orenburg region defined the sectoral structure of regional economy, which is based on the industrial production and mining. The current economic situation, these industries appeal to investors. in the Region's investment strategy includes the diversification of the economy through the implementation of investment for projects on the basis of both existing industries and creation of new industries and necessary infrastructure. It is given analysis of investment projects in the territorial and industries in the Orenburg region.

Keywords: regional development, investment, Orenburg region

В социально-экономической географии развитие территории рассматривается в динамике социальных и территориально-отраслевых показателей региона и групп территориально-административных образований. Перспективы развития территории раскрываются посредством реализации её потенциала: территориального, социального, экономического и вовлечения ресурсов в экономику региона. При этом необходимы определенные вложения (инвестиции) для организации и развития производства или услуг на основе ресурсного потенциала. Объем инвестиций отражает текущие параметры роста региона, а также отраслевую структуру. Инвестиционные проекты представляют перспективные направления и новые отрасли специализации в регионе.

Привлечение средств на развитие производства – одно из приоритетных направлений на всех уровнях хозяйства, в том числе на региональном и муниципальном

уровне. Прямые инвестиции в основной капитал и производство способствуют увеличению капитализации предприятия и его конкурентоспособности, а также имеют положительный социально-экономический эффект для развития территории. Прогрессивное значение для территориального развития региона и муниципальных образований играют инвестиции в создание новых отраслей производства и социально-экономической инфраструктуры.

В структуре хозяйства Оренбургской области преобладает промышленное производство – 53 % валового регионального продукта (ВРП), значительную долю которого составляет добыча полезных ископаемых – 34 %. Доля сферы торговли и оказания услуг составляет 14 % ВРП. Далее следуют: сельское хозяйство – 8,7 %, транспорт и связь – 7,7 % и строительство – 5 %. Прочие отрасли занимают около 11 % ВРП [2].

Среди субъектов Российской Федерации Оренбургская область в 2014 г. занимала

27 место по инвестициям в основной капитал (нефинансовые активы) с общей долей 1,2% (152573 млн руб.) В Приволжском федеральном округе Оренбургская область является шестым субъектом по объему инвестиций в основной капитал и долей около 7% от общего показателя 14 субъектов. Среди субъектов Российской Федерации, расположенных в степной зоне, Оренбургская область находится на 8 месте по объёму инвестиций в основной капитал с долей чуть более 5% [3, 5].

Общие инвестиционные показатели региона не дают представление о равномерности его территориального развития и устойчивости социально-экономического роста. Показатели инвестиций по внутренним административным образованиям позволяют более детально определить распределение инвестиций и провести территориально-отраслевой анализ привлечения средств на развитие. Сопоставление результатов анализа с экономико-географическим положением районов помогает выявить влияние на характер развития центральных и периферийных территорий. Анализ инвестиционных проектов покажет перспективы развития хозяйства на муниципальном уровне.

Материалы и методы исследования

В исследовании использовались открытые официальные источники информации по инвести-

ционным показателям и проектам в Оренбургской области. Статистические данные по общим инвестициям в основной капитал и их структуры по видам экономической деятельности, применяемые в расчетах исследования, собраны из открытых баз данных Росстата [2] в сети Интернет, а также представлены Территориальной службой государственной статистики по Оренбургской области. Информация о инвестиционных и реализуемых проектах получена из официальных инвестиционных паспортов Оренбургской области и муниципальных районов.

Обработка и анализ статистических данных осуществлялись с применением геоинформационных методов посредством использования инструментария пространственного анализа и тематического картографирования ГИС MapInfo 11.5. При анализе и оценки инвестиционной деятельности применялись удельные показатели динамики, структуры распределения, источник финансирования и коэффициент самофинансирования [1, 4], рассчитанные по административным районам Оренбургской области.

Результаты исследования и их обсуждение

В разрезе административных районов области с 2010 по 2014 гг. средний рост инвестиций в основной капитал составил 116% (рис. 1).

В Оренбургской области средства, направляемые в основной капитал, распределяются по видам основных фондов в следующих пропорциях: машины, оборудование, транспортные средства (36%), здания (кроме жилых) и сооружения (35,1%), жилища (4,6%) и прочие (24,3%).



Рис. 1. Средний годовой прирост инвестиций с 2010 по 2014 г.

Таблица 1

Показатели инвестиций по районам Оренбургской области

Район	Общие инвестиции в 2014 г.		Доля государственных инвестиций в общем объеме инвестиций в 2013 г., %	Коэффициент самофинансирования
	Общие объёмы, тыс.	Плотность инвестиций, руб./км ²		
Абдулинский	53141	30,5	100	—
Адамовский	258369	40,2	15,6	0,58
Акбулакский	196094	39,0	59	0,41
Александровский	219661	72,0	87	0,10
Асекеевский	296225	125,1	35,8	0,23
Беляевский	266555	73,8	14	0,72
Бугурусланский	135186	47,8	38,8	0,51
Бузулукский	320672	84,5	24,9	0,39
Гайский	169093	53,0	12,1	0,46
Грачёвский	222881	131,4	77,1	0,09
Домбаровский	114250	32,0	98,8	0,01
Илекский	285624	79,0	81,8	0,13
Кваркенский	218217	41,7	68,5	0,31
Красногвардейский	289818	100,0	69,9	0,13
Кувандыкский	181657	29,9	47,7	0,49
Курманаевский	111346	38,1	73,9	0,24
Матвеевский	100455	56,9	72,4	—
Новоорский	602267	193,9	11,8	0,83
Новосергиевский	739709	161,8	29,2	0,64
Октябрьский	406636	152,0	32,7	0,39
Оренбургский	6350054	1059,9	9,6	0,17
Первомайский	331804	67,4	48,9	0,26
Переволоцкий	184259	67,9	42,7	0,38
Пономарёвский	180772	85,6	99,3	—
Сакмарский	739287	383,6	19,2	0,31
Саракташский	1481877	406,9	3,2	0,23
Светлинский	69485	12,4	84	0,11
Северный	165237	79,3	95,3	0,01
Соль-Илецкий	156205	32,4	33,1	0,67
Сорочинский	111563	40,8	61,9	0,30
Ташлинский	461825	136,4	19,2	0,53
Тоцкий	142257	45,4	68,3	0,23
Тюльганский	230582	118,9	55,5	0,43
Шарлыкский	223080	78,6	72,5	0,18
Ясненский	9389	2,6	100	—

Примечание. Составлено и рассчитано автором по данным Территориальной службы государственной статистики по Оренбургской области.

По источнику финансирования инвестиции в основной капитал дифференцируются на собственные средства и привлеченные. Привлеченные средства составляют государственные из бюджетных источников и заёмные (инвесторов и банков) (табл. 1).

В большей части районов инвестиции в основной капитал составляют государственное финансирование из федерального, регионального и муниципального

бюджетов. Коэффициент самофинансирования за счет собственных средств только в 6 районах Оренбургской области превышал 0,5 в 2013 г.

Отраслевая структура инвестиций по видам экономической деятельности за 2014 г. соответствует их многолетней структуре и в основном отражает хозяйственную специализацию области. Основная доля инвестиций направлена в добычу полезных

ископаемых в нефтегазоносных и горнодобывающих районах области для геологоразведочных работ, разработку новых месторождений или интенсификацию добычи на старосвоенных.

С целью привлечения инвестиций в регион правительством Оренбургской области принят ряд законодательных документов, Стратегия инвестиционного развития Оренбургской области до 2020 г. и инвестиционные программы. Создаются условия для упрощения работы инвесторов и деятельности организаций в создание новых производств и расширение существующих. На муниципальном уровне определяются отрасли и площадки для привлечения инвестиций.

Согласно данным инвестиционного портала Оренбургской области на территории региона имеется 103 инвестиционных площадки, в стадии реализации 31 проект и 21 проект планируется к реализации.

Инвестиционные площадки представлены двумя типами: 29 – браунфилд и 73 – гринфилд. В качестве браунфилд-площадки предлагаются территории и участки вторичного освоения, такие как недостроенные производственные объекты, неэффективные и закрытые предприятия. На большей части браунфилд-площадок находятся здания и сооружения, а также имеется возможность подключения к инфраструктуре территории. Такие площадки в основном представлены в восточных промышленных

районах и городах области. На части инвестиционных площадок инвестору предлагается продолжить использование по первоначальному назначению.

Гринфилд инвестиционные площадки предоставляются на неосвоенных территориях, как населённых пунктов, так и сельской местности для организации производства или строительства с нуля. Предлагаются участки с обременением по назначению и целевому использованию, согласно природным ресурсам, имеющимся на участке, или с необходимостью создания инфраструктуры для социально-экономического развития прилегающей территории. Площадки с обременением имеют назначения для сельского хозяйства, рекреации, социальной инфраструктуры, жилой застройки, утилизации отходов, а также организации производства и добычи. Для добычи отдаются месторождения рудных (меди, золота) и нерудных (строительных материалов) полезных ископаемых. Рекреационного назначения рекомендуются территории с целью строительства на них инфраструктуры для туризма и отдыха. Участки под жилую застройку предоставляются на землях районных центров и городов области.

Площадь участков браунфилд-площадок меньше, чем гринфилд-территорий, из-за их локализации в существующей инфраструктуре (включает в основном площадь зданий и сооружений) (рис. 2).

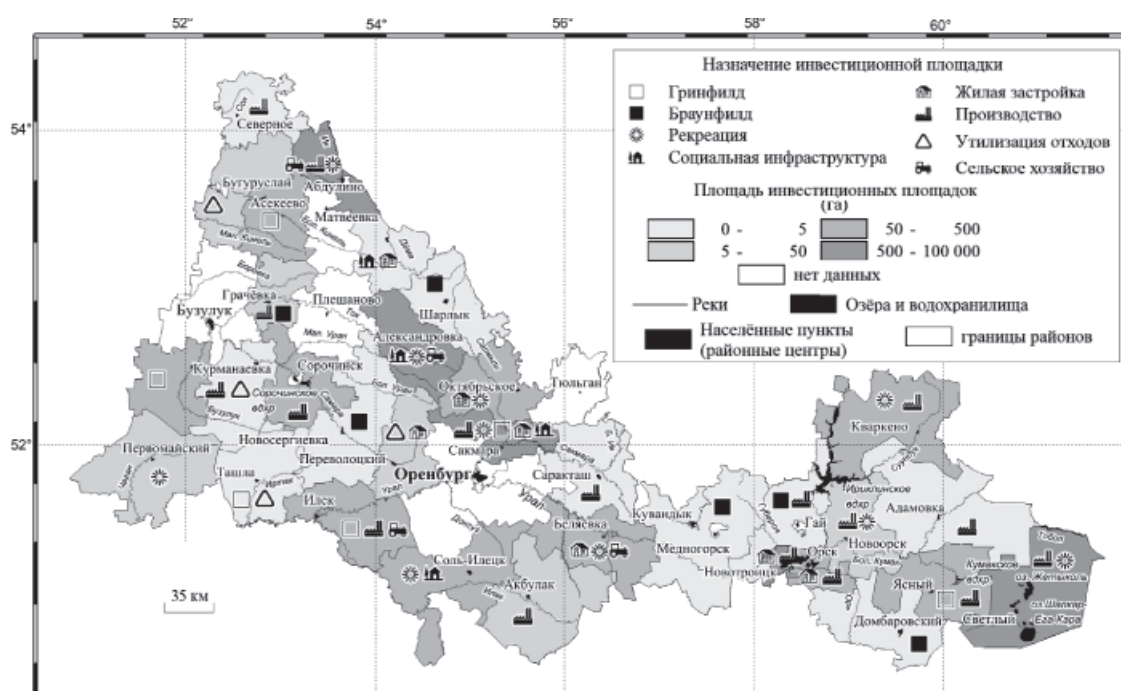


Рис. 2. Инвестиционные площадки Оренбургской области

Реализуемые проекты представлены выполняемыми инвестиционными проектами предприятий по увеличению производства и открытия новых направлений и модернизации существующей деятельности. Инфраструктурные проекты финансируются за счет государства из регионального и федерального бюджетов. В общей группе реализуемых проектов преобладает топливно-энергетический комплекс (8 проектов) и металлургический комплекс с добычей полезных ископаемых (6 проектов), на сельское хозяйство и строительство приходится по 5 проектов, в машиностроении и производстве – 4 проекта, в жилищно-коммунальной сфере (2 проекта) и телекоммуникации (1 проект).

Наиболее крупные по объёму финансирования проекты представлены в топливно-энергетическом комплексе – внедрение новых технологий добычи нефти и проведение геологоразведочных работ на месторождениях ОАО НК «Роснефть» (91 млрд руб.) и развитие Восточного участка Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (50 млрд руб.). Следующий крупный проект относится к строительной сфере – жилой застройки территории посёлка Ивановка в пригороде г. Оренбурга компанией ООО «Экодолье Оренбург» с объёмом финансирования 23 млрд руб. (табл. 2).

автомобильной, железнодорожной и авиатранспорта (6 проектов), также сельского хозяйства (животноводство) – 5 проектов и медицину и здравоохранение – 3 проекта, остальная часть равномерно рассредоточена по остальным отраслям.

Основным источником финансирования планируемых проектов является Правительство Оренбургской области и крупные компании с государственным участием. Самым крупным проектом является строительство Оренбургского участка высокоскоростной автомагистрали Казань – Оренбург – Актобе в рамках международного транспортного коридора Европа – Западный Китай с объёмом финансирования 150 млрд руб. (проект Правительства Оренбургской области) и развитие южного железнодорожного выхода с Урала на Запад (электрификация ж/д линии Оренбург – Красногвардеец – Сенная) планируемая к реализации Южно-Уральской железной дорогой – филиалом ОАО РЖД – 32 млрд руб.

Выводы

Таким образом, по результатам проведенного территориально-отраслевого анализа инвестиционных проектов в Оренбургской области удалось установить существование проблем по привлечению инвестиций в отдельные сектора экономики.

Таблица 2

Отраслевая структура объёмов финансирования реализуемых и планируемых к реализации проектов

Отрасль	Реализуемые проекты, %	Планируемые к реализации проекты, %
Топливо-энергетический комплекс	91,1	2,1
Металлургический комплекс, добыча п/и	10,2	4
Машиностроение, производство	5,8	2,3
Сельское хозяйство	3,6	0,2
Строительство	23,0	1,1
Телекоммуникации	1,0	–
Жилищно-коммунальное хозяйство	1,6	–
Транспорт, дорожное хозяйство	–	32,6
Медицина и здравоохранение	–	2

Планируемые к реализации проекты направлены больше на развитие транспортной инфраструктуры Оренбургской области:

В особенности недостаточно привлекает инвестиции одна из потенциально конкурентных отраслей – сельское хозяйство.

Показатели самофинансирования инвестиционной деятельности по муниципальным районам отражают их невозможность финансировать развитие хозяйства и инфраструктуры, в том числе создавать новые без внешнего привлечения средств. Среди районов наиболее устойчивы по привлечению инвестиций, центральные районы, а также районы, в территориально-отраслевой структуре экономики которых присутствует горнодобывающий или нефтегазодобывающий сектор. В отраслевой структуре хозяйства Оренбургской области наиболее инвестиционно привлекательны отрасли с быстрой окупаемостью вложений, такие как нефтегазодобыча, топливно-энергетический комплекс и торговля.

Региональная специфика инвестиционного плана развития в территориально-отраслевом аспекте показывает пробелы в хозяйстве и инфраструктуре: развитие транспортной инфраструктуры, диверси-

фикация экономики и открытие новых производств в моногородах области.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Изучение историко-географических и социально-экономических аспектов освоения и развития степного пространства России и Евразии».

Список литературы

1. Падалко Ю.А. Территориально-отраслевая структура инвестиций в регионы степной зоны РФ // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (54). – С. 227–229.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014: Стат. сб. / Росстат. – М., 2015. – 990 с.
3. Руднева О.С. Районирование степной зоны Евразии по уровню сельскохозяйственной освоенности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (59). – С. 164–167.
4. Себенцов А.Б. Территориально-отраслевая структура инвестиций в регионы Российского Севера // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2008. – № 3. – С. 54–62.
5. 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.

УДК 553.982:54-41

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОГО-ПАВ ЗАВОДНЕНИЯ ДЛЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

¹Петров И.В., ²Тютяев А.В., ¹Должикова И.С.¹ООО «СамараНИПИнефть», Самара, e-mail: PetrovIV@samnipineft.ru;²ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»,
Самара, e-mail: tyutyayev@mail.ru

Рассматривается метод щелочного – ПАВ заводнения нефтяных месторождений. Особенность данной технологии заключается в последовательной закачке растворов отходов деревообрабатывающей (лигно-сульфонаты) и нефтехимической (щелочной сток производства капролактама) промышленности. С экономической точки зрения технология является ресурсосберегающей, поскольку стоимость используемых ингредиентов существенно ниже предлагаемых на рынке ПАВ и щелочных компонентов. Для эффективного применения данной технологии с использованием новых химических реагентов разработана программа экспериментально-теоретических исследований, которая включает: анализ месторождения, отбор пробы нефти, отбор кернов, лабораторные исследования, компьютерное моделирование и оценка эффективности применяемой технологии. Определены численные значения основных параметров: вязкость, нефтенасыщенность, кислотность нефти, проницаемость, обводненность, температура, глинистость, минерализация пластовой воды, которые с высокой вероятностью гарантируют эффективность щелочного заводнения.

Ключевые слова: нефтедобыча, коэффициент извлечения нефти (КИН), методы увеличения нефтеотдачи (МУН), щелочной раствор, поверхностно-активные вещества, межфазное натяжение, кислотное число, коэффициент вытеснения нефти, осадкообразование, лигносульфонаты (ЛСГА), щелочные стоки производства капролактама (ЩСПК)

PROGRAM DEVELOPMENT FOR EXPERIMENTAL EVALUATION OF OIL RESERVOIR ALKALINE-SAS FLOODING EFFICIENCY

¹Petrov I.V., ²Tyutyayev A.V., ¹Dolzhikova I.S.¹Ltd «Samara Research Design Institute of oil», Samara, e-mail: PetrovIV@samnipineft.ru;²Samara State Technical University, Samara, e-mail: tyutyayev@mail.ru

Oil reservoir alkaline-SAS flooding is considered. Feature of this technology is the consequent injection of woodworking (lignosulfonate) and petrochemical (alkaline drain caprolactam production) industry retreats. From economical point of view this technology is resource-saving, because of using ingredients cost is significantly lower than SAS and alkaline components. The program of experimental-theoretical research is developed for effective applying of the technology with new chemical reagents using. This program includes: field analysis, oil sample selection, coring, lab research, computer modeling and efficiency mark of applied technology. Numerical values of the main parameters such as: viscosity, oil saturation, acidity of oil, permeability, water content, temperature, clay content and reservoir water mineralization are identified and it guarantees the effectiveness of alkaline flooding with high probability.

Keywords: oil production, oil recovery factor, enhanced oil recovery, alkaline mixture, surface-active substance, interfacial tension, acid number, oil displacement efficiency, sedimentation, lignosulfonate, alkaline drain caprolactam production

Повышение нефтеотдачи актуально как при разработке новых месторождений, так и при эксплуатации старых, даже значительно истощенных. А в условиях, когда колоссальные запасы нефти сосредоточены в длительно разрабатываемых месторождениях, методы повышения нефтеотдачи пластов приобретают первостепенное значение [1].

В настоящее время заводнение продуктивных пластов с целью интенсификации добычи нефти и повышения коэффициента извлечения нефти (КИН) широко применяется в отечественной и зарубежной практике [7]. Заводнение обеспечивает высокий коэффициент извлечения нефти благодаря двум факторам: поддержание пластового

давления на эффективном для разработки месторождения уровне; физическое замещение нефти водой в порах пласта-коллектора. При всех имеющихся достоинствах освоенного нефтедобывающей промышленностью метода заводнения, он тем не менее не обеспечивает необходимую степень извлечения нефти из пластов. Главная причина невозможности достижения полного вытеснения нефти водой из пластов при их заводнении заключается в несмешиваемости вытесняемой и вытесняющей жидкостей, в результате чего образуется поверхность раздела между этими жидкостями и происходит удержание нефти в пористой среде капиллярными силами. Кроме того, неполное вытеснение нефти водой

в охваченных заводнением областях пластов обусловлено неоднородным строением коллектора, гидрофобизацией пород-коллекторов вследствие адсорбции тяжелых компонентов нефти на поверхности зерен пород, а также различием свойств вытесняющей и вытесняемой жидкостей, что приводит к появлению гидродинамической неустойчивости контакта нефть – вода [5]. В результате происходит прорыв вытесняющего агента в добывающие скважины, значительное уменьшение коэффициентов вытеснения нефти из пористой среды и охвата пластов дренированием.

Нефть остается в пористой среде пластов, подвергаемых заводнению, в виде пленок на зернах пород и глобул, находящихся в тупиковых порах или местах пористой среды пластов, обойденных водой.

Использование химических реагентов при заводнении позволяет существенно увеличить КИН. Нагнетание щелочей, водных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ), кислот и других реагентов приводит к изменению свойств пластовой воды и поверхностей раздела между водой, нефтью и горной породой; к уменьшению параметра относительной подвижности и улучшению нефтеотмывающих свойств воды. Например ПАВы используются для изменения смачиваемости, могут способствовать образованию эмульсии, уносу, снижению вязкости в объеме фазы и стабилизации дисперсий.

Механизм процесса вытеснения нефти из пластов водным малоконцентрированным раствором ПАВ основан на том, что при этом снижается поверхностное натяжение между нефтью и водой от 35–45 до 7–8,5 мН/м и увеличивается краевой угол смачивания кварцевой пластинки от 18 до 27 г. Следовательно, натяжение смачивания уменьшается в 8–10 раз. Исследования БашНИПИнефть показали, что оптимальной массовой концентрацией неионогенных ПАВ в воде следует считать 0,05–0,1 %. Такой раствор с межфазным натяжением на контакте нефть – вода 7–8 мН/м, как показывают исследования, не может существенно уменьшить остаточную нефтенасыщенность после обычного заводнения пласта, так как капиллярные силы хотя и снижены, но еще достаточно велики, чтобы удерживать нефть, окруженную водой в крупных порах. Вытеснение нефти водным малоконцентрированным раствором ПАВ при начальной нефтенасыщенности и сниженном межфазном натяжении приводит к незначительному уменьшению объема нефти, блокиро-

ванной водой в крупных порах заводненной части пласта. Водные растворы неионогенных ПАВ в этом случае увеличивают коэффициент вытеснения в среднем на 2,5–3 %. Более высокая эффективность вытеснения нефти водным раствором ПАВ при начальной нефтенасыщенности объясняется тем, что сниженное межфазное натяжение между нефтью и раствором ПАВ изменяет в лучшую сторону механизм вытеснения нефти из микрооднородной пористой среды, но недостаточно для продвижения глобул нефти, заблокированных в крупных порах водой. По оценкам многих исследователей, водные растворы ПАВ с высоким межфазным натяжением (5–8 мН/м) способны увеличивать конечную нефтеотдачу кварцевых слабоглинизированных пластов не более чем на 2–5 % по сравнению с обычным заводнением, если применять их необходимо с начальной стадии разработки.

Однако у заводнения с химическими реагентами имеются свои недостатки. Самый большой недостаток метода заводнения малоконцентрированными растворами ПАВ заключается в большом межфазном натяжении между нефтью и раствором и высокой адсорбцией химического реагента на породе. Он ставит под сомнение их применение с целью повышения вытесняющей способности воды. Основной недостаток полимерного заводнения заключается в том, что резко снижается продуктивность нагнетательных скважин вследствие резкого роста кажущейся вязкости в призабойных зонах, которую не всегда можно компенсировать повышением давления нагнетания из-за деструкции молекул полимера.

Используя метод щелочного заводнения нефтяных пластов, который основан на взаимодействии щелочей с пластовой нефтью и породой, можно добиться снижения межфазного натяжения на границе раздела фаз нефть – раствор щелочи и увеличения смачиваемости породы водой.

При контакте щелочных растворов с нефтями, особенно активно взаимодействующими с щелочью из-за низкого межфазного натяжения, образуются мелкодисперсные эмульсии типа «нефть в воде», а с малоактивными нефтями – типа «вода в нефти».

Цель исследования. Недостатками метода щелочного заводнения являются очень жесткие критерии применимости его по активности нефти. Минерализация пластовой и закачиваемой воды и большое содержание глини в породе также могут исключать возможность применения метода.

В последние годы начали применять комбинированный метод заводнения, которым является щелочное ПАВ воздействие. Цель закачки такой комбинированной композиции при реализации процесса заводнения состоит в уменьшении остаточной нефтенасыщенности разрабатываемого пласта. Данный вид заводнения сочетает в себе достоинства щелочного заводнения и заводнения с использованием неионогенных ПАВ и сводит к минимуму их недостатки.

Последние двадцать лет лидером в области закачки щелочной композиции является Китай [7]. Данный вид заводнения успешно применялся на основных месторождениях, таких как Дацин и Шэнли. В результате на месторождении Дацин был получен прирост КИН 13 %, а на месторождении Шэнли – 5 %.

Комбинированный метод щелочного заводнения применялся более чем на 30 месторождениях США [3]. В результате данного вида воздействия средний прирост КИН составил 7,5 %.

Основным ограничивающим фактором применения данной технологии является высокая стоимость реагентов. В связи с этим возникает необходимость в исследовании эффективности щелочного заводнения с использованием новых более дешевых компонентов и составов на их основе. В качестве таких реагентов были исследованы лигносульфонаты (ЛСТ) и щелочной сток производства капролактама (ЩСПК) в сочетании с комплексом ПАВ (МЛ-Супер).

Лигносульфонат (ЛСТ) – это природные водорастворимые сульфопроизводные лингина, они образуются в процессе сульфитного способа делингификации древесины. Интерес к лигносульфонатам, как практический, так и теоретический, обусловлен их высокой поверхностной активностью.

Щелочной сток производства капролактама (ЩСПК) – представляет собой водный раствор натриевых солей кислых побочных продуктов воздушного окисления циклогексана. ЩСПК применяется в строительной промышленности и промышленности строительных материалов, а также в нефтедобыче – для увеличения нефтеотдачи пластов.

Материалы и методы исследования

Закачка раствора ЛСТ (анионные ПАВ, с pH = 4–4,5), которые в пресной воде обычно находятся в коллоидном состоянии (степень гидратации 30–35 %), понижает поверхностное натяжение воды, создает стойкие эмульсии и пены и хорошо подавляет центры адсорбции ПАВ на породе продуктивного пласта.

Закачку раствора ЩСПК с МЛ-Супер также производят на пресной воде. При взаимодействии с водой происходит осадкообразование в высокопро-

ницаемых пропластках, снижение их проницаемости и, как следствие, выравнивание проницаемостной неоднородности с одновременным увеличением коэффициента вытеснения нефти водой с образованием ПАВ при взаимодействии щелочных реагентов с нефтью (pH = 11–13).

Особенностью предлагаемой технологии является использование недорогих отходов деревообрабатывающей и нефтехимической промышленности. При этом предполагается разработка комплексной программы заводнения, обладающей как нефтеотмывающими, так и водоизоляционными свойствами, поскольку взаимодействие двух ингредиентов друг с другом и с минерализованной пластовой водой сопровождается осадкообразованием.

Необходимо отметить, что использование как компонента ЛСТ, так и компонента ЩСПК в технологиях повышения нефтеотдачи пластов в нашей стране известно давно. Так, в патенте РФ 2060375 (приоритет 25.05.1994 г.) в качестве щелочной добавки в закачиваемую воду предложено применять ЩСПК в концентрациях от 4 до 99,9 % [3]. Гелеобразующие составы на основе лигносульфонатов с различными сшивателями и добавками защищены авторскими свидетельствами еще в СССР – SU1716094 A1 (приоритет от 21.05.1990). Тем не менее данные химические реагенты совместно не применялись ни в России, ни за рубежом.

Применение данной технологии с использованием предлагаемых новых химических реагентов должно быть обосновано экспериментальными исследованиями. Была разработана программа таких исследований, которая включает: анализ месторождения, отбор пробы нефти, отбор кернов, лабораторные исследования, компьютерное моделирование и оценку эффективности применяемой технологии.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из предыдущего опыта использования щелочного заводнения был разработан ряд критериев отбора месторождений – кандидатов для успешной реализации щелочного заводнения [2, 4, 5].

Критерии отбора месторождений – кандидатов для проведения щелочного заводнения

Критерии отбора месторождений	Значения
Вязкость, сП	< 100
Расчлененность	Не критично
Коэффициент нефтенасыщенности, д. ед.	> 0,3 (до 0,15)
Кислотность нефти	> 0,5
Проницаемость, мД	> 100
Обводненность, %	< 60
Температура, °С	< 100
Тип коллектора	песчаники
Глинистость	< 10 %
Минерализация пластовой воды, г/л	< 25

Таким образом, проанализировав геолого-физические характеристики месторождения в соответствии с данными критериями, необходимо рассмотреть технологические параметры месторождения. Они должны соответствовать требованиям проведения щелочного заводнения.

Отбор пробы нефти и отбор кернов необходим для нахождения геолого-физических параметров месторождения, а также для подтверждения эффективности технологии на составных моделях элемента пласта месторождения.

Лабораторные исследования заключаются в нахождении кислотного числа нефти (этот параметр является одним из главных критериев применимости щелочного заводнения), определения коэффициентов вытеснения нефти и оценки увеличения коэффициента охвата на простейших объемных моделях.

Кислотность нефти – это количество щелочи, необходимое для нейтрализации органических кислот, находящихся в 100 мл нефти, измеряется в мг.

Кислотное число определяется с помощью метода потенциометрического титрования. Метод заключается в растворении испытуемого нефтепродукта в спиртобензольной смеси и титровании полученного раствора едким калием. По данному критерию нефти делятся на высокоактивные, активные и малоактивные.

Коэффициенты вытеснения определяются на линейных моделях пласта.

Объектом испытания является характер взаимодействия двух несмешивающихся жидкостей (нефти и воды) при фильтрации их в условиях, соответствующих (близких) пластовым через составной образец породы правильной геометрической формы, приготовленный из керна изучаемого пласта и ориентированный параллельно напластованию.

Моделирование процесса вытеснения нефти водой осуществляется на составной линейной модели элемента пласта, смонтированной из 10 стандартных образцов керна, отобранного из продуктивного пласта месторождения.

В качестве вытесняющей жидкости используют сначала пластовую воду, а затем предложенные химические реагенты. Вытеснение осуществляется при пластовых температурах с постоянной скоростью до полного обводнения выходящей жидкости.

По окончании процесса вытеснения нефти рабочим агентом, методом материального баланса рассчитываются коэффициенты вытеснения для моделей элементов пластов месторождения. Коэффициент вытеснения изменяется в ту или иную сторону, что позволяет говорить об эффективности данной технологии.

Для оценки увеличения коэффициента охвата заводнением используют модель элемента пласта с параллельными трубками тока. Трубки тока представляют собой составные модели элемента пласта, различные по проницаемости как минимум в 5 раз, имеющие общий вход и отдельные выходы. Через трубки тока нефть вытесняется пластовой водой, а затем предложенными реагентами. При этом фиксируют изменение объемных скоростей по параллельным трубкам тока, что говорит о перераспределении фильтрационных потоков и, как следствие, увеличения коэффициента охвата.

Далее, с помощью компьютерного моделирования создается модель, подтверждающая эффективность данной технологии в виде перераспределения начальной нефтенасыщенности.

Завершающим этапом является оценка эффективности технологии с помощью подсчетов дебитов до и после реализации технологии.

Заключение

В настоящей работе рассмотрено щелочное – ПАВ заводнение, основным ограничивающим фактором которого является высокая стоимость ПАВ. В связи с этим было предложено использовать более дешевые реагенты – отходы деревообрабатывающей (ЛСТ) и нефтехимической (ЩСПК) промышленности. Для оценки эффективности предлагаемой технологии с использованием новых химических реагентов была разработана программа исследований, согласно которой каждое месторождение-кандидат должно быть проанализировано по разработанным критериям отбора, после чего с помощью лабораторных исследований и компьютерного моделирования можно говорить об успешной реализации щелочного заводнения.

Список литературы

1. Боксерман А.А., Мищенко И.Т. Потенциал современных методов повышения нефтеотдачи пластов // Нефть и Капитал. «Технологии ТЭК». – 2006. – № 6 (31). – С. 47–52.
2. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений. – М.: Недра, 1986. – 332 с.
3. Зарубежный опыт применения тепловых, газовых, химических методов повышения нефтеотдачи пластов. – <http://www.neftepro.ru/publ/25-1-0-57>.
4. Ленченкова Л.Е. Повышение нефтеотдачи пластов физико-химическими методами. – М.: Недра, 1998. – 394 с.
5. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов – М.: Недра, 1985. – 308 с.
6. Патент № 2060375 Российской Федерации / Газизов А.Ш.; Клышников С.В.; Галактионова Л.А.; Газизов А.А. «Составы для вытеснения нефти из пласта». Опубл. 20.05.96, Бюл. № 14.
7. Применение современных методов увеличения нефтеотдачи в России: важно не упустить время // Ernst & Young. – 2013. – С 3–6.

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-АЛДАНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЦАРР)

Рукович А.В.

*Технический институт (филиал), Северо-Восточный федеральный университет,
Нерюнгри, e-mail: raul1975@mail.ru*

Центрально-Алданский рудный район (ЦАРР) является уникальным районом по набору и масштабам, проявленной в нем рудоносности. Более 80 лет он является одним из крупнейших золотодобывающих районов России. В ЦАРР уже добыто порядка 700 т золота. Запасы известных золоторудных объектов составляют еще несколько сотен тонн. Ресурсы золота в Эльконских золотоурановых месторождениях по оценкам специалистов составляют более 600 т. Таким образом, общая продуктивность района за счет добытого металла и установленных к настоящему времени объектов существенно превышает 1000 т. В ЦАРР находится уникальное Эльконское золотоурановое месторождение. Запасы урана в зоне Южной этого рудного узла составляют около 350 тыс. т. Общие же ресурсы выявленных к настоящему времени объектов, составляют более 600 тыс. т. Изучение закономерностей геологического развития ЦАРР может послужить одной из основ выявления закономерностей рудоносности изученного района

Ключевые слова: Центрально-Алданский рудный район, золото, уран, эпоха, тектоно-магматический цикл

HISTORY OF GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE CENTRAL ALDAN ORE REGION (CAOR)

Rukovich A.V.

Technical institute (branch) of North-Eastern Federal University, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru

The It Is Central – the Aldan Ore region (CAOR) is the unique area on set and scales, the rudoznost shown in it. More than 80 years it is one of the largest gold mining regions of Russia. In TsARR about 700 tons of gold are already extracted. Inventories of the known gold objects constitute some more hundreds of tons. Gold resources in Elkonsky the zolotouranovykh fields by estimates of specialists constitute more than 600 tons. Thus, general productivity of the area at the expense of the extracted metal and the objects established so far significantly exceeds 1000 tons. In CAO there is a unique Elkonsky gold-uran field. Uranium inventories in a zone Southern this ore node constitute about 350 thousand tons. General resources, the objects revealed so far, constitute more than 600 thousand tons. Studying of regularities of geological development of CAOR can serve one of bases of detection of regularities of a rudoznost of the studied area.

Keywords: Central–Aldan ore district, gold, uranium, an era, a tektono-magmatic cycle

История геологического развития Центрально-Алданского рудного района делится на несколько эпох (стадий): доплатформенная эпоха, платформенная, эпоха эпиплатформенной активизации – и охватывает временной отрезок в 3,7 млрд лет.

Доплатформенная эпоха (стадия) развития территории охватывает огромный интервал времени (3,7–1,65 млрд лет). В раннем докембрии Алданского района выделяется по меньшей мере 5 тектоно-метаморфических циклов (ТМЦ) развития [3], в ходе которых сформированы разновозрастные и вещественно неоднородные ассоциации метаморфических, ультраметаморфических и магматических пород. В Центрально-Алданском районе наиболее полно были проявлены ранние (I-й и II-й) и поздний (V-й) циклы развития. Образования древнейшего этапа развития (инфракрустальный комплекс по [2, 3]) на площади не выделены ввиду отсутствия ясных критериев их отличия от более мо-

лодых образований. В последние годы на материалах по юго-восточной части Нимырьской площади было показано, что как будто все ранее выявленные тектоно-магматические циклы (ТМЦ) укладываются в интервал от 2011 млн лет (модельный возраст протолитов инфракомплекса) до 1916 млн лет (становление самых молодых постороженных гранитов) [4].

В течение I-го (иенггского) тектоно-метаморфического цикла (ТМЦ) в интервале 3,5–3,3 млрд лет тому назад на территории ЦАР образовались древнейшие терригенно-осадочные породы, объединяемые в верхнеалданскую серию. Ассоциация кварцитов и высокоглиноземистых пород, определяющая петрографический облик нижней части серии (васильевской свиты), реконструируется большинством исследователей, как толща переслаивания зрелых существенно кварцевых песчаников и глин, претерпевших в дальнейшем неоднократный метаморфизм [3, 5].

П-й (тимптоно-желтулинский) ТМЦ, укладываемый в временной интервал 3,3–3,0 млрд лет, начался с формирования образований, выделяемых в федоровскую серию. Федоровская серия, породы которой реконструируются как вулканиды (субце-

лочные базальты, трахиты, андезиты, туфы, в целом представляла собой вулканогенную толщу, залегающую на сиалическом основании, и интерпретируется рядом исследователей как островодужное образование [1, 8]. После осадконакопления толща федоровских

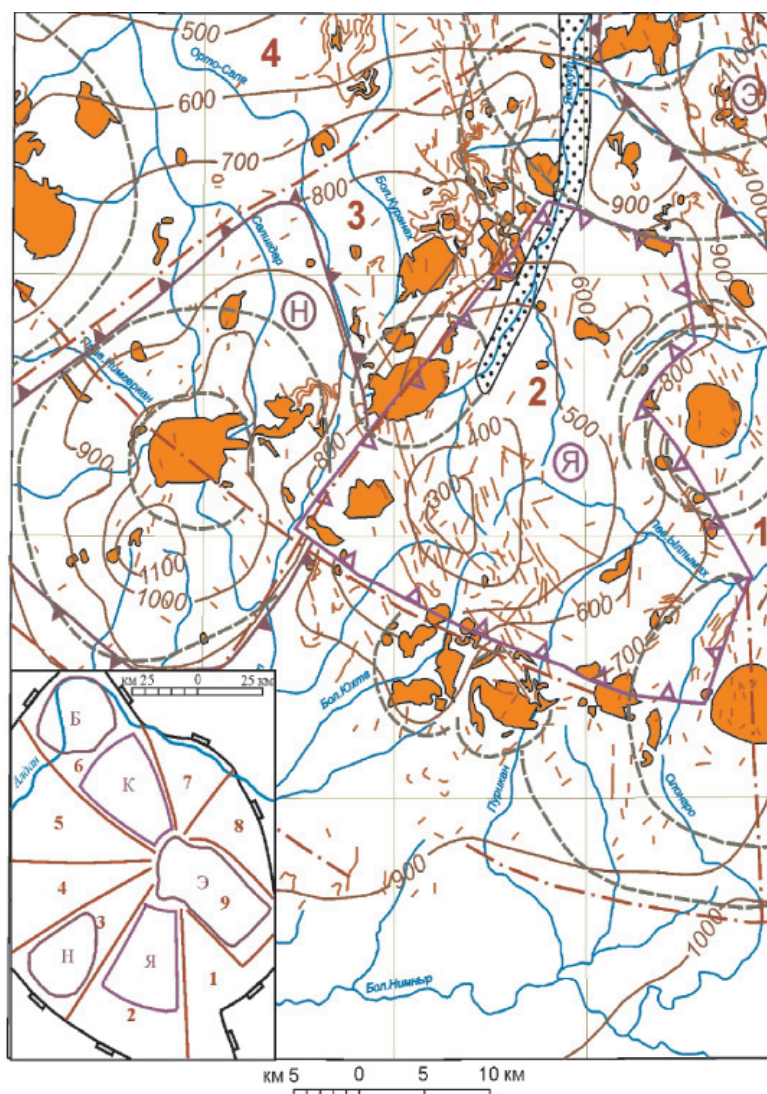


Схема строения Центрально-Алданского магматогена:

- 1 – основные радиальные и концентрические разломы; 2 – поднятия (а):
 Э – Эльконское; Н – Верхне-Нимгерканское; Б – Байанайское (только на схеме-врезке);
 впадины (б): Я – Верхне-Якутская; К – Куранахская (только на схеме-врезке);
 3 – магмопроявления; 4 – концентрические элементы дочерних магматогенов;
 5 – стратоизогипсы подошвы Усть-Юдомской свиты в полях развития платформенного чехла
 или морфоизогипсы обобщенного рельефа в участках выхода образований кристаллического
 фундамента; 6 – Якутская долина-грабен;
 7 – граница Центрально-Алданского магматогена (только на схеме-врезке).
 Секториальные блоки: 1 – Джекондинский; 2 – Верхне-Якутский; 3 – Селигдарский;
 4 – Инаглинский; 5 – Тобукский; 6 – Байанай-Куранахский; 7 – Укуланский;
 8 – Джелиндинский; 9 – Эльконский (5, 6, 7, 8, 9 – только на схеме-врезке)

вулканитов вместе с подстилающими верхнеалданскими образованиями были регионально метаморфизованы в гранулитовой фации, магматизированы и подвергнуты сложным многоэтапным складчатым деформациям, причем для верхнеалданских пород это был уже второй цикл преобразований. Предположительно в это время формируются массивы плагиогранитов, обрамляющие структуры, сложенные федоровской серией. По-видимому, к концу II цикла в ЦАРе была сформирована протоконтинентальная земная кора, по многим параметрам близкая к современной. В ходе III-го (раннестанового) и IV-го (позднестанового) ТМЦ ЦАР, как ядерная часть протоконтинента, являясь стабильной областью высокого стояния раннего кратона (рисунок).

Сформированы огромные массы гранитоидов. К этому времени относится формирование Нижнетимптонского купола и обрамляющих его складок.

В завершающий доплатформенную эпоху развития V-й (унгринский, или удоканский) ТМЦ в интервале 2,2–1,8 млрд лет тому назад изученная территория была вовлечена в мощную тектоно-магматическую активизацию. В результате метаморфизма гранулитовой и амфиболитовой фаций и сопряженного с ним ультраметагенного гранитообразования были.

К началу платформенной стадии развития на Сибирской платформе сформировался важнейший геолого-структурный элемент – Алдано-Становой геоблок (щит), границами которого являлись долгоживущие тектонические зоны [6, 7]. Внедрение штока карбонатитов селигдарского комплекса и даек основных средних пород (диоритов зоны Скального разлома), вероятно, указывает на вступление района в платформенную стадию развития. С доплатформенной эпохой развития на изученной территории связаны месторождения и проявления флогопита, огнеупорного сырья (кварцитов) и фосфорного сырья (апатита).

Платформенная эпоха (стадия) развития площади распадается на три временных части:

- 1) позднепротерозойскую (довендскую);
- 2) венд-раннекембрийскую;
- 3) среднепалеозойско-раннемезозойскую, охватывая интервал от 1650 до 224 млн лет.

В позднем протерозое ЦАР представлял собой стабильное поднятие в системе филократона, поэтому осадочные породы этого возраста на изученной территории отсутствуют. Магматическая деятельность этого

этапа выразилась в формировании редких даек долеритов.

К началу венда изученная территория оказалась вовлечена в тектонические движения отрицательного знака, следствием чего явилась обширная морская трансгрессия. О быстроте трансгрессии свидетельствует сохранившаяся в ряде случаев незначительная по мощности (не более 1–2 м) кора выветривания, развитая по подстилающим породам, а также слабая окатанность и плохая сортировка базального конгломерата, нацело представленного продуктами разрушения нижележащих пород. В течение венда-раннего кембрия изученная территория была составной частью обширного мелководного морского бассейна с преимущественно карбонатным осадконакоплением. Неоднократные периодические колебания уровня моря в условиях мелководья приводили к кратковременным быстрым перемещениям береговых линий. Это отразилось в многочисленных внутрiformационных перерывах осадконакопления и частой смене в разрезе фациально различных (тыльно-рифовой области, лагуны) отложений.

В конце раннего кембрия площадь вовлекается в восходящие движения, продолжавшиеся в течение длительного времени. В результате венд-палеозойские отложения были частично эродированы. Отголоском средне-палеозойской активизации (девон-карбон) вдоль западного краевого шва Алдано-Станового геоблока явилось формирование на смежных к северо-западу территориях редких даек долеритов чаро-синского комплекса по системам диагональных разрывных нарушений.

В Центрально-Алданском районе к поверхности регионального предюктинского размыва приурочены площадная и линейная коры выветривания, вероятно, триас-раннеюрского возраста. Полезные ископаемые платформенной стадии развития представлены месторождениями строительных материалов (доломитов).

Эпоха эпиплатформенной активизации. Эпоха (стадия) эпиплатформенной активизации Алдано-Станового геоблока началась в позднем триасе в связи с тектонической активностью в соседней Монголо-Охотской складчатой области. Она распадается на четыре временных этапа: поздне триасово-среднеюрский, среднеюрско-раннемеловой (ранненеокомовый), меловой (поздненеокомово-позднемеловой) и кайнозойский.

В течение первых двух этапов вследствие предполагаемой субдукции океанической коры Монголо-Охотского пояса Алдано-Становой геоблок развивался в обстановке активной континентальной окраины [6]. В позднем триасе – ранней юре происходит вспышка магматической активности. На изученной территории формируются интрузии ороченского комплекса. По-видимому, в позднем триасе начинаются блоковые подвижки отрицательного знака в пределах Якокутского прогиба. Ранняя юра знаменуется началом крупной трансгрессии. В мелководном бассейне накапливаются терригенные отложения юхтинской, а затем дурайской свит. В среднеюрское время площадь вовлечена в поднятие и интенсивно размывается. Примерно в это же время (на рубеже средней – поздней юры), вероятно, вследствие ускорения субдукции, происходит резкое усиление тектоно-магматической активности, начавшееся с излияния вулканических пород томмотской свиты и внедрения субвулканических тел томмотского комплекса, а затем (в поздней юре) – многочисленных интрузий верхнеселигдарского и алданского комплексов. В конце среднеюрско-раннемелового этапа формируются магматические образования лебединского комплекса и связанные с ними гидротермально-метасоматические образования.

Меловой этап отличался наиболее сложными геодинамическими условиями. Предполагается, что Алдано-Становой геоблок в этот период находился в условиях сочетания двух обстановок – коллизионной (на юге) и активной континентальной окраины андийского типа (на востоке) [6]. На изученной территории в это время образуются магматические тела (главным образом дайки) тобукского, нижнекураханского, колтыконского и эльконского комплексов. В этот же этап образуется основной объем регионально распространенных метасоматитов курунгского комплекса (гумбеитов), а также связанные с магматическими породами колтыконского комплекса кварцевые, сульфидно-кварцевые и др. метасоматиты и гидротермалиты. С гумбеитами на площади пространственно связаны месторождения и проявления урана и золота комплексной золото-молибденит-браннеритовой рудной формации. С сульфидно-кварцевыми метасоматитами – месторождения и проявления рудного золота золото-сульфидно-кварцевой рудной формации.

Кайнозойский этап развития региона характеризуется чередованием периодов относительного покоя и тектонической актив-

ности. Характер тектонической эволюции территории при этом в значительной степени определялся геолого-структурным планом, сформированным в эпоху мезозойской тектоно-магматической активизации. Конец мезозойской эры и начало кайнозойской характеризуются тектоническим покоем и формированием позднемеловой (возможно дат-палеоценовой) поверхности выравнивания. В это же время, вероятно, происходило накопление озерно-аллювиальных отложений незаметнинской толщи. В конце палеоцена-эоцена Алданское плоскогорье и, соответственно, Центрально-Алданский район испытали тектоническую активизацию [9]. При этом преобладали движения положительного знака. На фоне общего поднятия территории на изученной площади формируются наложенные узкие протяженные грабены субмеридионального простирания, ограниченные разрывными нарушениями мезозойского и более раннего заложения, активизировавшимися в раннем кайнозое. Некоторые из грабенов (например, грабен-долины р. Якокит) разделены поперечными блоками – перемычками с различными амплитудами и скоростями перемещения. К грабенам была приурочена древняя кайнозойская гидросеть, вернее, древние участки долин основных рек территории – Селигдара, Бол. Куранаха, Якокита, аккумулирующие аллювий унгринской свиты.

Одновременно с формированием древних аллювиальных толщ в эоценовое время происходило интенсивное карстообразование, связанное с активизацией дизъюнктивной тектоники. Возникновение молодых разломов обеспечило водную циркуляцию и образование многочисленных карстовых форм в районах развития мощных карбонатных толщ чехла. В карстовых полостях формируются делювиальные и аллювиальные эоценовые отложения делбинской свиты.

В позднем эоцене – раннем олигоцене наступил период тектонической стабилизации, возможно, со слабыми сводовыми и блоковыми движениями, в основном положительного знака. В условиях влажного субтропического климата формировалась базисная денудационная поверхность с каолинитовой корой выветривания, профиль которой проработан обычно до самых корней (якокутская толща). Эта кора выветривания развита на участках плоских водоразделов и окружающих их пологих склонов, а также на аллювии древних долин (унгринская свита) и на образованиях карстовых полостей (делбинская свита).

Во второй половине олигоцена наступил цикл новой достаточно интенсивной тектонической активизации. При этом последовался не только общий структурный план палеоцен-эоценовой и раннеэоценовой эпохи, но и знак движения отдельных структур. Эльконская морфоструктура понималась, по-видимому, интенсивнее других. В начале этого цикла в поднятие были втянуты, вероятно, также и узкие грабены, следствием чего явился глубокий врез приуроченных к ним речных долин. Во второй половине олигоцена эти структуры, возможно, остались стабильными или вновь испытали некоторое погружение, в результате чего в приуроченных к ним участках речных долин аккумуляровалась толща крупновалунного и валунно-галечного аллювия и коррелятного ему делювио-аллювия нерюнгринской свиты. Этот период, возможно с некоторым перерывом, продолжался до начала миоцена, свидетельством чему служат делювио-аллювий и аллювий олигоцен-миоценовой укуланской толщи.

В начале миоцена в южной части площади, продолжающей испытывать погружение, происходит осадконакопление аллювия оленчикитской свиты, делювиальных и аллювиальных, делювиальных и солифлюкционных образований олонгринской толщи. Затем, в течение миоцена — начале плиоцена сводово-блоковые движения (в основном положительного знака) территории постепенно затухают. Отложение аллювия раздольнинской толщи сменяется формированием озерно-болотных образований мандыгайской свиты. Такой тектонический режим, но с еще меньшей степенью активности сохранился до конца плиоцена.

В середине плиоцена в условиях весьма мягкого и достаточно влажного климата формировались пенепплены с развитой на них красноцветной и пёстроцветной монтмориллонитовой (сметитовой) корой выветривания. Реки в этот период времени превратились в системы слабопроточных, местами заболоченных озер. Плиоценовые долины наследовали более древние палеоген-неогеновые, приуроченные к узким грабенам. Таким образом, в плиоцене начался очередной период тектонической стабили-

зации и формирование следующей денудационной поверхности. Однако он не получил завершения, так как в конце плиоцена тектонические движения возобновились, о чем свидетельствует сформировавшийся в это время аллювий и делювио-аллювий.

В эоплейстоцене начался новый цикл тектонической активизации. В поднятия, по-видимому, частично были вовлечены узкие грабены с развитыми внутри них речными долинами. К этому времени относится заложение современной гидросети, наследующей древнюю — дочетвертичную. С кайнозойской эпохой на изученной территории связаны месторождения строительных материалов, торфа и многочисленные россыпи золота.

Список литературы

1. Великославинский С.Д. Метабазальты высокометаморфизованных комплексов раннего докембрия Алдано-Станового щита: петролого-геохимическая характеристика и геолого-тектоническая интерпретация: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. — СПб., 1998. — 43 с.
2. Воробьев К.А., Курбатов А.В., Курбатова Г.Н. Эволюция раннедокембрийской литосферы Алдано-Олекмо-Станового региона. — Л.: Наука, 1987. — 310 с.
3. Дук В.А., Кицул В.И., Петров А.Ф. и др. Ранний докембрий Южной Якутии. — М.: Наука, 1986. — 107 с.
4. Котов А.Б., Козаков И.К., Бибикова Е.В. и др. Продолжительность эпизодов регионального метаморфизма в областях полициклического развития эндогенных процессов: результаты U-Pb геохронологических исследований // Петрология. — 1995. — т. 3. — № 6. — С. 622–631.
5. Кулиш Е.А. Высокоглиноземистые метаморфические породы нижнего архея Алданского щита и их литология. — Хабаровск, 1973. — 369 с.
6. МIRONOK Е.П., Загзурина И.А. Геоблоки Сибири и этапы их формирования. В сб.: Тектоника Сибири. Том XI. Строение земной коры востока СССР в свете современных тектонических концепций. — Новосибирск: Изд-во Наука, 1983. — С. 130–140.
7. МIRONOK Е.П., Любимов Б.К. Геологическое строение и рудоконтролирующие формации Алдано-Станового щита // Геология, геофизика и полезные ископаемые района Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. — Вып. 1. — Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1977. — С. 58–72.
8. Отчёт Куранахской геолого-съёмочной партии о результатах геологического доизучения площади м-ба 1:200 000 и подготовки к изданию комплекта Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1:200 000 (новая серия) листа О-51-ХП (Нижний Куранах) по работам 1990–1996 гг. (в 2-х кн. и 3-х папках). — Ф.: ГГП «Алдангеология», 1996.
9. Хотина Е.Б., Жежель О.Н., Ромм Г.М. Кайнозойские отложения Алдано-Амгинского стратотипического района Южной Якутии // Кайнозойский седиментогенез и структурная геоморфология СССР. — Л., 1987. — С. 44–51.

УДК 551.24:550.34

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ МИКРОСЕЙСМ ДО И ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Трофименко С.В., Рябинкин К.С., Пупатенко В.В.

Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: trofimenko_sergei@mail.ru

Исследованы спектрально-временные параметры микросейсм в период до и после слабых землетрясений и установлены качественные и количественные соотношения спектральной плотности мощности сейсмических волн, отличающиеся по частотному составу на северо-восточном обрамлении системы разломов Тан Лу и центральной его части. В результате проведения частотно-временного анализа слабых землетрясений в двух пунктах разломной зоны Тан Лу выделен эффект увеличения мощности спектра на частотах от 1 до 5 Гц при прохождении сейсмических волн от слабых землетрясений и резонансное возбуждение среды на высоких частотах 20–30 Гц для района Бурейской ГЭС. Для второго пункта наблюдений вблизи озера Удиль данный эффект не наблюдается. Показано, что увеличение мощности может быть связано с взаимодействием деформационных волн с пространственными неоднородностями земной коры. Результаты данного исследования свидетельствуют о том, что структурные преобразования земной коры наблюдаются в процессе современных геодинамических мониторинговых измерений за слабыми землетрясениями и сейсмической эмиссией.

Ключевые слова: высокоточные сейсмические наблюдения, слабые землетрясения, микросейсмический шум, спектрально-временной анализ

STUDY OF SPECTRA MICROSEISMS BEFORE AND AFTER EARTHQUAKE

Trofimenko S.V., Ryabinkin K.S., Pupatenko V.V.

*Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch,
Russian Academy of Sciences, e-mail: trofimenko_sergei@mail.ru*

Studied the spectral-temporal parameters of MS in the period before and after the weak earthquakes and set qualitative and quantitative ratios of the spectral power density of seismic waves that differ in frequency composition in the north-eastern framing system faults Tan Lu and its central part. One reason for the differences found could be the influence of the geological structure of the crust near the observation points. As a result of time-frequency analysis of weak earthquakes in the two paragraphs Tan Lu fault zone highlighted the effect of increasing the power spectrum at frequencies from 1 to 5 Hz during the passage of seismic waves from earthquakes and weak resonant excitation of the medium at high frequencies 12,5 Gts for the southern zone of the district Bureya HPP. For the second observation point near the lake Udyly this effect was not observed. It is shown that the power increase can be attributed to the interaction of deformation waves with spatial inhomogeneities of the Earth's crust. The results of this study suggest that structural changes of the Earth's crust are observed in the course of modern geodynamic monitoring measurements of the strong and weak earthquakes and seismic emission.

Keywords: high-quality seismic observations, weak earthquakes, seismic background noise, spectral-temporal analysis

Сейсмологический мониторинг для исследования структуры микросейсм во времени до и после воздействия импульсных нагрузок на геологическую среду представляет интерес в связи с задачами изучения динамики напряженно-деформированного состояния и структуры горных пород.

Исследования техногенной сейсмичности [4] показывает, что «...ни дополнительная пригрузка от водохранилища, ни вибровоздействие не вносят в целом значимой дополнительной энергии в земную кору и не повышают степень сейсмической опасности. Эти воздействия создают лишь условия ускоренного высвобождения уже накопленных и накапливаемых упругих напряжений в земной коре». В другом случае изучение наведенной сейсмичности [2] свидетельствует, что техногенное воздействие на геофизическую среду проявляется в динамике состояния горных пород.

Наблюдения за пространственной структурой микросейсм в районе Бурейской

ГЭС показали, что в напряженно-деформированных блоках земной коры постоянно присутствует геоакустическая эмиссия, что проявляется в виде локальных максимумов на статических спектрограммах в частотном диапазоне от 3–4 до 30–40 Гц. При этом спектральный состав микросейсм модулируется волновыми колебаниями ГЭС на расстояниях до 35 км от плотины [1].

Известно, что спектрограммы для каждого пункта регистрации сейсмических событий содержат информацию об источнике сейсмических волн $J(\omega, t)$, передаточной функции состояния геологической среды $S(\omega, t)$ и характеристической функции пункта регистрации $P(\omega, t)$:

$$S_z(\omega, t) = J(\omega, t)S(\omega, t)P(\omega, t). \quad (1)$$

Характеристическая функция $P(\omega, t)$ зависит от конструктивных особенностей пункта регистрации и при использовании единых технологий для каждого пункта может быть принята постоянной $P(\omega, t) = P(\omega)$.

Для каждого сейсмического события (i), регистрируемого сетью локальных сейсмических станций, функция источника $J^i(\omega, t)$ также является константой $J^i(\omega, t) = J^i(\omega)$. Следовательно, регистрируемая динамика геофизической среды определяется функцией $S(\omega, t)$, т.е.

$$S_{\Sigma}^i(\omega, t) = A^i(\omega) S^i(\omega, t). \quad (2)$$

Функция $S^i(\omega, t)$ содержит набор гармоник как естественного, так и техногенного происхождения. Изучение отдельных за-

кономерностей функции $S^i(\omega, t)$ до и после землетрясений определило цель данного исследования.

В данной работе для анализа использованы результаты регистрации слабых землетрясений в двух пунктах: вблизи озера Удиль (пункт «Удиль»), на северо-восточном замыкании системы разломов Тан Лу, на значительном расстоянии от промышленных предприятий и на локальной сейсмологической сети Бурейской ГЭС (пункт «Буря») (рис. 1).

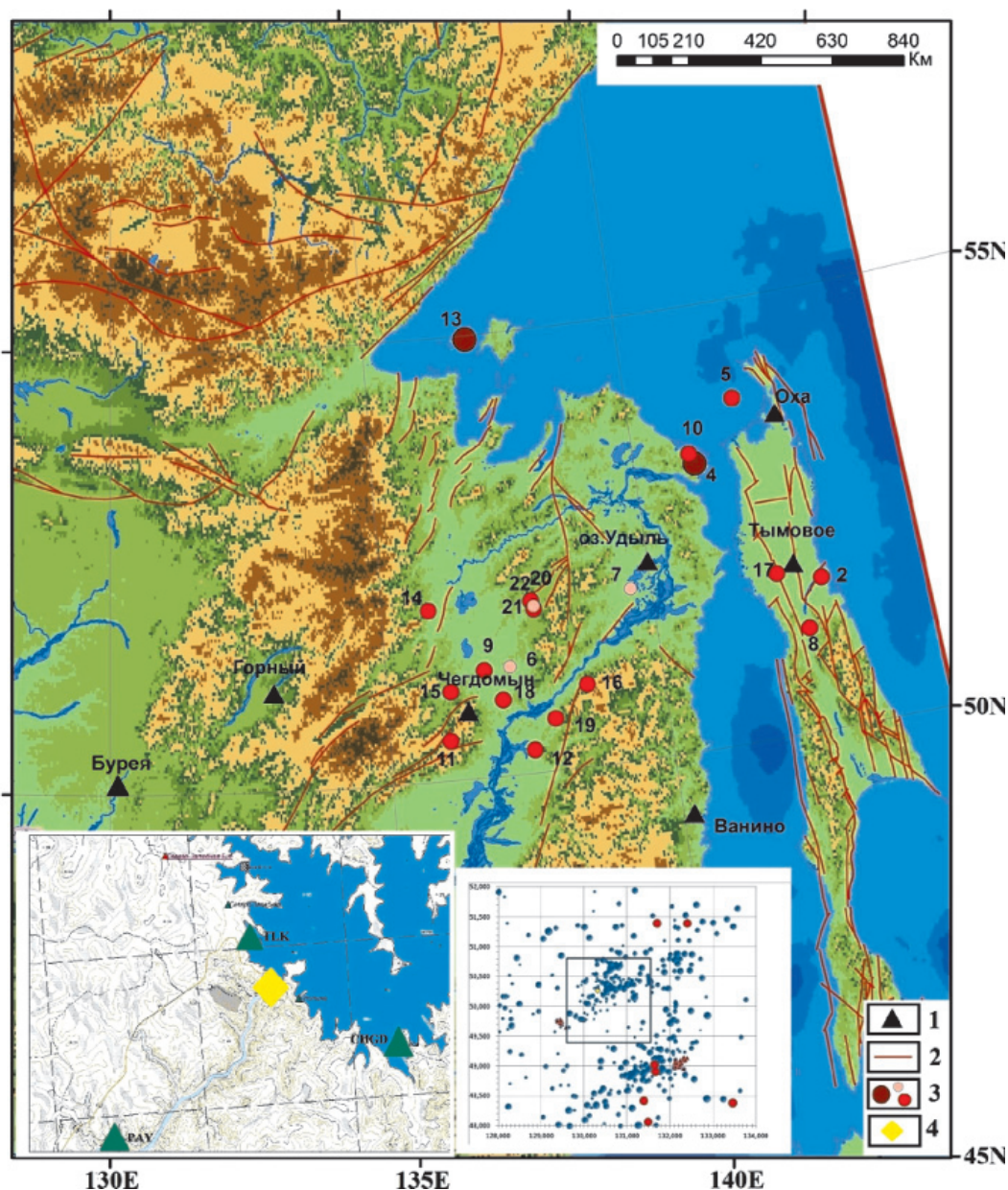


Рис. 1. Схема расположения постоянных и временных пунктов регистрации землетрясений. Обозначения. 1 – треугольники на основной схеме и врезке слева – сейсмические станции; 2 – основные разломные структуры; 3 – эпицентры землетрясений в интервале магнитуд $1 \leq M \leq 4$; 4 – положение плотины Бурейской ГЭС

Для уточнения локации очагов землетрясений привлекались материалы региональных сейсмостанций «Ванино», «Горный» и «Чегдомын» (рис. 1).

В данном исследовании для сравнения спектров землетрясений и микросейсм в двух пунктах к обработке принято 8 сейсмических событий вблизи сейсмостанции «Чегдомын» и 4 землетрясения сейсмологической сети Бурейской ГЭС.

На станциях локальной сейсмологической сети Бурейской ГЭС установлены цифровые регистраторы с непрерывной записью типа REF TEK-130, укомплектованные короткопериодными сейсмоприемниками GS-1. В пункте «Удиль» наблюдения проводились аналогичным регистратором, но с широкополосным сейсмометром REF TEK 150-120.

Результаты моделирования спектров микросейсм

Волновые формы и частотно-временные развертки в виде динамических спек-

трограмм землетрясений и микросейсм показаны на рис. 2, 3. Интегральные спектральные кривые построены для двух интервалов длиной 3 минуты (180 с), до и после зарегистрированных землетрясений.

Спектральные и частотно-временные характеристики микросейсм пунктов Бурейской ГЭС позволяют сделать однозначный вывод о наличии в спектрограммах явно выраженных максимумов в интервале частот 2–4 и 10–12 и 20–30 Гц (рис. 2).

На динамической гистограмме это проявляется в виде чередующихся горизонтальных полос переменной яркости. Для всех землетрясений вблизи Бурейской ГЭС характерно увеличение спектральной плотности мощности сигналов в данном интервале частот (рис. 2), а также в более высокочастотной области. Причем увеличение происходит в момент прохождения *P*-волны, которая на спектрограмме проявляется в виде увеличения яркости на частотах $f \approx 20\text{--}30$ Гц.

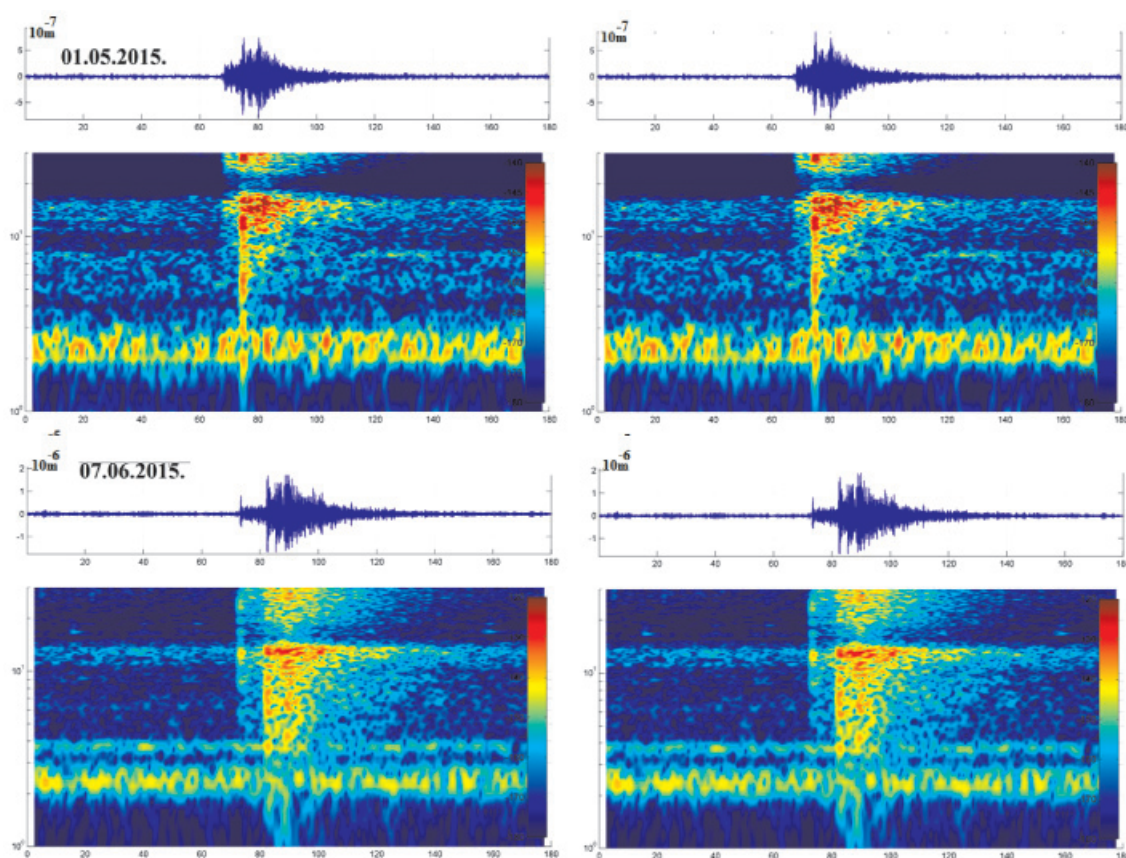


Рис. 2. Спектральный состав микросейсм до и после землетрясений вблизи Бурейской ГЭС, X-компонента, пункт CHGD – левый столбец, TLK – правый столбец.

Обозначения. – верхний рисунок – волновые формы землетрясений; нижний рисунок – частотно-временная развертка (динамическая спектрограмма) землетрясения

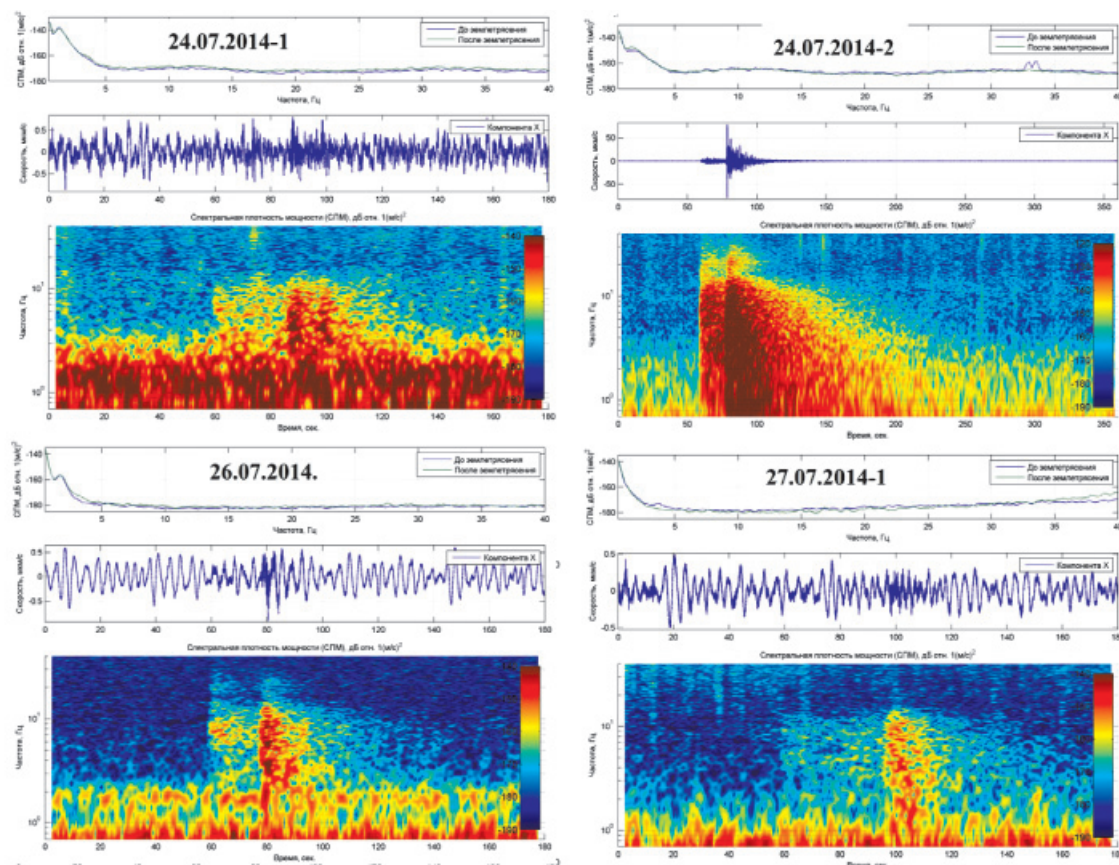


Рис. 3. Интегральные кривые спектров, волновые формы и динамические спектрограммы микросейсм до и после землетрясений пункта «Удыль».

Обозначения. – верхний рисунок – интегральная кривая спектра мощности;

средний рисунок – волновые формы землетрясений;

нижний рисунок – частотно-временная развертка (динамическая спектрограмма) землетрясения

Для суммарной функции состояния геофизической среды $S_{\Sigma}^i(\omega, t)$ (2) в ближней зоне (до 50 км) Бурейской ГЭС характерно возбуждение высокочастотной области микросейсм ($> 10\text{--}20$ Гц), причем длительность возбужденного состояния практически равна длительности сейсмического сигнала от землетрясения в области резонансных частот (рис. 2).

Для пункта «Удыль» область выше $f \approx 5$ Гц представлена равномерным спектром, что проявляется отсутствием локальных максимумов на интегральной кривой спектров и отсутствием горизонтальных полос возбуждения на динамической спектрограмме как в периоды штормовых микросейсм 24.07.2014 г., так и в моменты землетрясений. Основной состав микросейсм определяется областью $f < 5$ Гц. Причем в отдельные временные интервалы в данной области выделяется резонанс в диапазоне частот $1,8 < f < 2,2$ Гц. Характерным

проявлением в спектрах микросейсм является наличие цугов волн длительностью до 2 с, которые отражаются на динамической спектрограмме в виде вертикальных полос увеличенной яркости во всем диапазоне частот как до, так и после землетрясений. Для параметра длительности сейсмической активности после землетрясений характерно быстрое затухание на высоких частотах.

Выводы

Пункт регистрации «Удыль» расположен в зоне относительного сейсмического затишья, на северо-восточном замыкании зоны разломов Тан-Лу [3, 7], в системе новейших впадин (рис. 1), на границе зоны сжатия-расширения земной коры [8, 10]. Активная фаза разгрузки тектонических напряжений в данной области относится к периоду первых десятилетий XX в. [7]. Отсутствие резонансных полос возбуждения выше $f \approx 5$ Гц

свидетельствует о более однородном строении данного региона или наличии более крупных неоднородностей земной коры, что и может определять смещение резонансных частот возбуждения в низкочастотную часть спектра. Проявление резонансных линий возбуждения в области частот 1–2 Гц в пункте «Удиль» можно отнести к волновым явлениям на поверхности озера.

Землетрясения в целом не меняют состояние геофизической среды в данном пункте наблюдения. Тем не менее в отдельных случаях отмечено изменение спектральной плотности мощности сигнала в диапазоне частот 1–2 и 20 Гц, уменьшение амплитуд резонансного пика в области высоких частот $f \approx 32$ –33 Гц и амплитудой $A \approx 10$ дБ после произошедшего землетрясения 24.07.2014 г. Для интегральных кривых можно отметить также уменьшение флуктуаций амплитуд на частотах $f < 10$ Гц после землетрясений (рис. 3).

Основным фактором, влияющим на спектральный состав микросейсм вблизи Бурейской ГЭС, является наличие колебаний, которые представляют собой колебания плотины на частоте 2,15–2,35 Гц, от гидроударных явлений в водоводе (2,6–3,2 Гц). Изучение виброизлучения показало, что оно присутствует на удалениях до 20–30 км, при этом высокочастотная составляющая виброизлучения ГЭС не фиксируется при удалении на 22–23 км к юго-западу от плотины. Здесь уже наблюдается явное преобладание колебаний около 1 Гц, а при удалении от плотины на 35 км, то есть примерно через 10 с, колебания от ГЭС сравнимы с уровнем сейсмического шума [1].

Весь Бурейский массив (рис. 1) относится к области сжатия земной коры [8, 10]. Размеры блоков вблизи плотины составляют от первых сотен метров до километров $L_1 = k(100–1000)\text{м} = (1–6)(100–1000)\text{м}$. Теоретически резонансная частота возбуждения для данного масштаба неоднородностей при длине волны, равной масштабу неоднородностей $\lambda = L_1$ и скорости $v = (3–6) \cdot 10^3 \text{м/с}$, составит порядка 10 Гц и менее. Практически на спектрограммах (рис. 2) один из максимумов спектральной мощности приходится в среднем на частоту $f \approx 12,5$ Гц. Для сдвиговых деформаций при скорости S-волн 3,5 км/с резонансное взаимодействие волны возможно

на неоднородностях, протяженностью $L_2 = 3,5/12,5 \approx 0,3$ км. Для P волны «сжатие-расширения» этот параметр будет равен $L_2 \approx 0,7$ км. Таким образом, размеры неоднородностей геологической среды, определенные по геологическим данным, и длина волны возбуждения находятся в сопоставимых соотношениях $L_2 = \lambda$. Следствием этого и может быть объяснен эффект возбуждения геофизической среды $S^i(\omega, t)$ в диапазоне частот (11–20) Гц вблизи пунктов регистрации. В модели дискретной геофизической среды [5] можно предположить кратность деления геофизической среды, то есть наличие блоков земной коры 1-го, 2-го и т.д. порядков, что и определяет наличие полос возбуждения в высокочастотной области.

Второй результат заключается в обнаружении возбужденного состояния геофизической среды $S^i(\omega, t)$ в высокочастотной области микросейсм (> 20 Гц), равного по длительности периоду действия сейсмического сигнала от землетрясения. Данный результат может быть также объяснен в рамках модели дискретной геофизической среды [5], то есть наличием мелкоструктурных элементов земной коры, которые находятся в более сцементированном состоянии и генерируют геоакустическую эмиссию под действием высокоэнергетического возмущения.

Например при землетрясениях, а также вследствие влияния приливных и инерционных сил, на границе блоков земной коры возникают деформационные волновые процессы [9]. Эти процессы инициируют вторичную сейсмическую активность в виде резонансов более низкого порядка (суточные и годовые) [6, 7]. Аналогично для быстрых геодинамических процессов можно предположить, что микроблоковая структура земной коры определяет пространственную длину волны данных процессов и, следовательно, несколько резонансных частот возбуждения среды, зависящих от скорости распространения P, S и поверхностных волн. Незначительные возмущения геофизической среды $S^i(\omega, t)$ от слабых землетрясений на частотах 20 и 32 Гц свидетельствуют о изменчивости данной среды под действием волновых процессов в земной коре.

В целом можно заключить, что в дополнение к ранее полученным результатам [1] результаты данного исследования

свидетельствуют о том, что структурные преобразования земной коры $S^i(\omega, t)$ наблюдаются в процессе современных геодинамических мониторинговых измерений за слабыми землетрясениями и сейсмической эмиссией.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам Н.Н. Гриб и В.С. Имаеву за ценные замечания, советы и полезное обсуждение результатов данного исследования.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (проект 15-I-2-014).

Список литературы

1. Бормотов В.А., Харитонов М.Е., Ивлева Е.А., Сингапулина Т.В., Колотова Л.Г. Особенности сейсмичности Бурейского гидроузла // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы Шестой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 55–59.
2. Гриб Г.В., Гриб Н.Н. Проявление техногенной сейсмичности в Южной Якутии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. № 1(3). – С. 636–640.
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Николаев В.В., Семенов Р.М. Буферные сейсмогенные структуры между Евразийской и Амурской литосферными плитами // Тихоокеанская геология. – 2003. – Т. 22. – № 6. – С. 55–61.
4. Мирзоев К.М., Николаев А.В., Лукк А.А., Юнга С.Л. Наведенная сейсмичность и возможности регулируемой разрядки накопленных тектонических напряжений в земной коре // Физика Земли. – 2009. – № 10. – С. 49–68.
5. Трофименко С.В. Тектоническая интерпретация статистической модели распределений азимутов аномалий гравимагнитных полей Алданского щита // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29, № 3. – С. 64–77.
6. Трофименко С.В. Суточные и годовые циклы сейсмической активности сейсмических поясов Северо-Востока Азии в модели блокового строения земной коры // Вестник СВФУ. – 2011. – Т. 8. – № 1. – С. 55–63.
7. Трофименко С. В., Быков В.Г., Меркулова Т.В. Миграция сейсмической активности в зоне конвергентного взаимодействия Амурской и Евразийской литосферных плит // Вулканология и сейсмология. – 2015. – № 3. – С. 66–80.
8. Трофименко С.В., Быков В.Г., Колодезников И.И. Пространственное распределение эпицентров землетрясений северо-восточного сегмента Амурской микроплиты в различных фазах вращения земли // Наука и образование. – 2015. – № 4 (80). – С. 41–44.
9. Трофименко С.В., Быков В.Г. Модель движения блоков земной коры Южно-Якутского геодинамического полигона на основе GPS данных // Тихоокеанская геология. – 2014. – Т. 33, № 4. – С. 18–28.
10. Трофименко С.В. Тектоническая модель сейсмичности северо-восточного сегмента Амурской плиты в двух фазах вращения Земли // Тихоокеанская геология. – 2016. – Т. 35. – № 6. – С. 38–45.

УДК 551.324

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННО-ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРНОГО ЛЕДНИКОВОГО КУПОЛА

^{1,2}Чернов Р.А., ^{1,2}Кудиков А.В., ²Мирошников А.Ю.

¹Институт географии РАН, Москва, e-mail: rob31@mail.ru;

²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Москва, e-mail: almir@igem.ru

Гляциологические и радиологические исследования на Северном ледниковом куполе дали первые сведения о ранее неисследованном ледниковом районе Новой Земли. На основе маршрутных измерений на северном склоне купола выявлено понижение границы питания, её высотное положение оказалось наиболее низким для ледников Новой Земли в текущем году. В связи с этим произошло увеличение площади области питания ледника, которое достигло величины 1470 км². Наши наблюдения показали значительное снегонакопление на куполе. На плато купола толщина снежного покрова изменялась от 90 до 200 см, а не стаявший остаток снега составлял в среднем 110 см. Средний снегозапас в снежном покрове был равен 65 г/см², что соответствует среднему годовому накоплению слоя льда мощностью 75 ± 10 см. На основании данных бурения ледника была получена средняя величина годового накопления льда на уровне границы питания равная 30 см. Таким образом, расчетная глубина залегания радиационно-загрязненного слоя в холодной фирновой зоне и на границе питания может быть равна 25–30 и 15–20 метров соответственно.

Ключевые слова: ледниковый купол, снегонакопление, граница питания, скважина

FIRST RESULTS OF RADIATION-GLACIOLOGICAL STUDIES OF THE NORTHERN ICE CAP

¹Chernov R.A., ¹Kudikov A.V., ²Miroshnikov A.Yu.

¹Institute of Geography RAS, Moscow, e-mail: rob31@mail.ru;

²Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS,
Moscow, e-mail: almir@igem.ru

Glaciological and radiological studies in the Northern ice cap gave the first information on the previously unexplored area of the ice of the New Earth. On the basis of route of measurements on the northern slope of the dome showed a decrease of the equilibrium line, its position was the most high-rise low for the New Earth glaciers in the current year. In this regard, an increase square area of a glacier, which reached values of 1,470 square kilometers. Our observations have shown significant snow accumulation on the dome. On the plateau of the dome thickness of the snow cover varied from 90 to 200 cm, and not the rest of flock of snow averaged 110 sm. average snow cover in the snow cover was equal to 65 g/cm², corresponding to an average annual accumulation of ice layer capacity of 75 ± 10 sm. On based on a glacier drilling data was obtained by the average value of the annual ice accumulation at the level of the equilibrium line of about 30 cm. Thus, the estimated depth of the radiation-contaminated layer in cold firm zone and on the border of the power may be equal to 25–30 and 15–20 meters respectively.

Keyword: ice cap, snow accumulation, the boundary of the power, bore

На Северном испытательном полигоне Новая Земля в период 1957–1962 гг. было произведено 85 ядерных испытаний в атмосфере, 9 из которых имели траектории движения продуктов взрывов над поверхностью ледников Северного острова либо под небольшими углами к его осевой линии. В результате испытаний в атмосфере образовалось от 2,6 до 4,0 млн Ки ¹³⁷Cs [6, 10], часть которых поступала на поверхность ледяного покрова. Не менее 200 кКи радиоцезия только от одного 10-мегатонного взрыва, произведенного 19.09.1962 г., выпало на покровный ледник Северного острова, занимающий площадь около 20 тыс. км², что привело в результате миграции радионуклидов к образованию зон повышенной активности радиоцезия (ЗПА) в донных

отложениях Баренцева и Карского морей с обеих сторон острова [5, 7]. Оценка радиационного состояния Северного ледникового купола, как вторичного источника ранее накопленной радиоактивности, является задачей начатых исследований.

Географические исследования покровного оледенения Новой Земли, относящиеся к 20-му веку, обнаруживают противоречивые суждения относительно его динамики. Ряд исследователей отмечают деградацию ледников Новой Земли, обусловленную отсутствием фирновой области питания, более поздние исследования показали существование обширной области фирна на ледниковом покрове [8]. Основной причиной противоречий остается слабая изученность области питания ледников Новой

Земли – центральной области покровного оледенения. Фактически «белым пятном» среди ледников Новой Земли является северная часть ледникового покрова – Северный ледниковый купол. Кратковременное пересечение купола отрядом М.М. Ермолаева в 1932 г. не оставило каких-либо сведений о леднике в научной литературе. Вплоть до конца XX в. данные об этой территории носили лишь оценочный характер. В 2007 г. группа российских ученых выполнила дистанционную радиолокационную съемку выводных ледников купола, которая дала сведения о толщине льда выводных ледников и величине их айсбергового стока [3]. Однако для оценки баланса массы ледникового купола необходимы фактические данные об условиях снегонакопления. Новейшая информация, полученная из космических снимков, показывает несоответствие рельефа в центральной части купола в сравнении с топографическими картами, построенными в 1950-х гг. Различия по высотам, достигающие 200 м, могут быть связаны как с ошибками при составлении карт, так и с улучшением условий питания ледника. Первые результаты, дающие фактический материал об условиях питания в этой области ледникового покрова, были получены в сентябре 2015 г. полевой группой отряда

радиогеохимии и гляциологии, работавшей в составе комплексной экспедиции Института Океанологии РАН в 63-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш».

Материалы и методы исследований

Северный ледниковый купол (СЛК) является продолжением покровного оледенения Новой Земли, вытянувшегося с юго-запада на северо-восток более чем на 400 км [1, 9]. Купол имеет в плане округлую форму, его возвышенная центральная часть вытянута к северу и смещена в сторону Карского моря. Выводные ледники купола: Иностранцева, Павлова, Вера, Бунге и Петерсона – ориентированы на западную сторону и обеспечивают значительный расход льда в виде айсбергового стока [2, 3]. Восточные и северные склоны спускаются на плоское каменистое плато на высоте около 300 м. Центральная часть ледникового купола в виде обширного снежного плато удалена от восточного побережья на 30–40 км и является областью питания, занимая большую часть его площади. Климатические условия на СЛК отличаются от основного ледникового покрова Новой Земли, как по количеству осадков, так и по температурам, что соответственно должно оказывать влияние на процессы снегонакопления и таяния [9]. Современные климатические изменения оказывают заметное влияние на сокращение выводных ледников купола [3]. Исследование процессов накопления снега и льда на куполе является ключом к пониманию динамики оледенения и радиоактивного загрязнения.

С 4 по 21 сентября 2015 г. гляциологический отряд проводил маршрутные исследования в районе полярной станции «Мыс Желания». Непосредственно у края

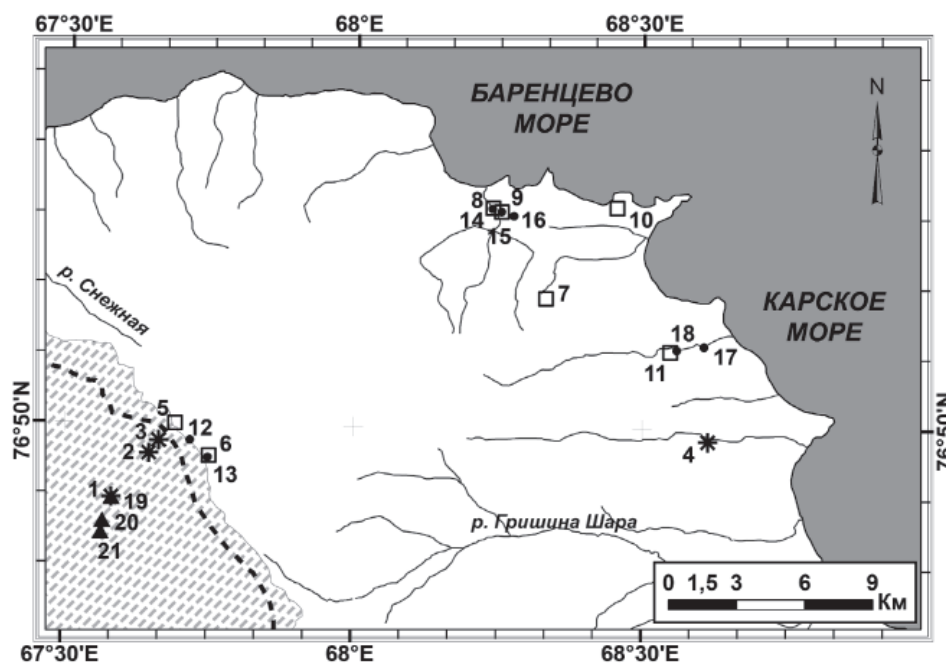


Рис. 1. Схема расположения точек наблюдений в районе мыса Желания и на Северном ледниковом куполе:
1 – 4 проб снега, фирна и льда; 5 – 11 почвенных проб; 12 – 18 наилков;
19 – 21 заложения шурфов. Заштрихованная область – ледник,
пунктир – граница питания ледника

ледника был организован базовый лагерь, который располагался на каменистом плато в верховьях р. Снежной. Было проведено описание поверхности ледника и выполнено пробное бурение льда с отбором керна из скважин, расположенных на различной высоте. От края ледника по профилю длиной 5,8 км в направлении вершины купола с шагом 200 м была проведена снегомерная съемка. На плато купола было заложено два шурфа (ТН-21 и ТН-20) на расстоянии 511 м друг от друга (рис. 1). Координаты для шурфов и скважин были определены по результатам снегомерной съемки, в ходе которой было установлено положение границ ледника, зоны питания, а также фирновой линии.

С помощью GPS приемника Garmin Etrex 10 и Garmin Etrex 20 были определены местоположения: границы ледника, границы питания, фирновой линии, точек бурения и шурфования и др. Бурение проводилось колонковым буром Kovacs Coring System Mark-II (США) диаметром 90 мм. Измерения температуры льда в скважинах выполнялись термокосой ТК (Kriolab, Россия), с точностью измерений 0,01 °С. Мощность снега измерялась рейкой с точностью 1 см, определение плотности снега проводилось с применением весов и цилиндрического пробника с точностью 0,01 г/см³. Из полученного керна отбирались образцы снега и льда с шагом в 10 см для изотопных исследований ($\delta^{18}\text{O}$), а керн частями по 20 см упаковывался в герметичную пластиковую тару.

Скважина 1 была пробурена на глубину 2,35 м на высоте 535 м в области максимального снегонакопления. Описание керна показало, что в этой точке находится в основном сезонный метелевый снег, фирнизированный снежный покров и наложенный лёд. Скважина 2 бурилась ниже по профилю на высоте 437 м в области ледяного питания. Глубина бурения составила 535 см. Анализ структуры поднятого керна в совокупности с результатами термометрии скважины и измерений плотности льда привел к заключению, что полученный материал отражает последние 15–20 лет. Следовательно, продолжать бурение было целесообразно ниже по склону в области абляции. Скважина 3 была заложена на высоте 386 м в 200 м от границы питания. Предварительные расчеты, произведенные на месте, позволяли предположить, что радиационно загрязненный горизонт находится в этой точке на глубине около 15 м. Однако после того, как было получено 1,92 м керна, произошло заклинивание бура и все попытки освободить его не принесли успеха.

Таким образом, было пробурено 3 скважины: в зоне аккумуляции (выше фирновой линии), в зоне ледяного питания (на границе фирновой линии) и в зоне абляции (рис. 1). Всего было отобрано 49 проб ледяного и снежного керна по 20 см. Полученные пробы помещались в герметичные толстостенные пластиковые пакеты и после таяния переливались в герметичные пластиковые флаконы. Активность ^{137}Cs и ^{210}Pb измерялась методом гамма-спектрометрического анализа в лаборатории радиохимии НИЯФ МГУ (аналитик Р.А. Алиев) на детекторах из сверхчистого германия GLP-36360/13P4 и GEM30P4-76 (ORTEC, США). Минимально детектируемая активность для ^{137}Cs составляла 4 МБк/л для пробы объемом 5 л.

Результаты исследования и их обсуждение

В период проведения работ склон ледникового купола был покрыт снежным покровом,

не стаявшим за лето, за исключением его краевой части. Северо-восточный склон купола имел равномерный уклон 5 градусов от края ледника на высоте 300 м до бровки плато. В этот период наблюдалось активное таяние и интенсивный сток талой воды на поверхности ледника. Температура воздуха в дневные часы была положительной, осадки выпадали преимущественно в виде дождя на уровне края ледника и мокрого снега выше по склону.

Мощность снежного покрова на склоне увеличивалась на 60 см на каждые 100 м профиля, достигая максимума в 203 см на бровке плато на высоте 550 м, и затем снижалась до 110–120 см. В снежной толще наблюдались многочисленные ледяные корки, их суммарная толщина не превышала 40 мм на 1 метр толщины снежного покрова. По всей толщине снежный покров имел температуру равную 0 °С, а в слоях снега наблюдались признаки инфильтрации талой воды. В основании снежного покрова лежал слой наложенного льда толщиной до 15 см. Этот слой льда обнаруживался также ниже по склону ледника и являлся водяным упором для талой воды, фильтрующейся через снежный покров. Несколько выше границы питания сток талой воды насыщал снежный покров и образовывал обширные пространства снежных болот. Их верхняя граница маркировала максимальное положение зоны ледяного питания, которое соответствовало уровню 480–490 м над у.м. Выше этого уровня были заложены снежные шурфы и проведены измерения снегозапаса. Строение снежной толщи указывало на признаки фирново-ледяной зоны льдообразования, которое характерно для области питания ледников Новой Земли на высоте 500–600 м [9, 4].

Средняя плотность снега, измеренная в двух шурфах на плато купола, заложённых в фирново-ледяной зоне льдообразования, составляла 0,44 г/см³, что согласуется с сезонными наблюдениями на леднике Шокальского [4]. Величина водозапаса, заключенного в снежном остатке и наложенном льду, составила 65 г/см². Погрешность измерений водозапаса находилась в пределах 8 г/см², которую можно отнести к ошибке в определении толщины наложенного льда. Таким образом, в текущих условиях годовой прирост льда на плато был не менее 75 ± 10 см.

Зона абляции в нижней части склона имеет протяженность по склону около 950 м, поднимаясь от края ледника на 80–100 м по вертикали. Граница питания установлена

на высоте 390 м, а фирновая линия на 405 м. Положение этих границ являлось максимальным в текущем балансовом году, так как сезон таяния на момент проведения работ заканчивался. Фактически с 12 сентября на леднике началось накопление снега, которое обозначило наступление нового сезона аккумуляции. Около границы питания ледника было проведено керновое бурение льда. Результаты измерения плотности льда, сделанные по ледяным кернам скважин, представлены на рис. 2, на котором температурная кривая построена только для скважины 2, т.к. значения измеренных температур в скважинах 1 и 3 были нулевыми.

Скважина 1, пробуренная в фирново-ледяной зоне, вскрыла слои наметённого снега, сезонного снежного покрова, части фирнизированного слоя предыдущего года и верхнего горизонта наложенного льда. Плотность снежного покрова увеличивалась с глубиной от 0,22 до 0,45 г/см³ и возрастала до 0,78 г/см³ внизу, в горизонте наложенного льда. Скважина 2 вскрыла 8 слоев льда и оказалась наиболее информативной. Верхние 1,5 метра, имеющие слоистое строение, были представлены матовым инфильтрационным и прозрачным конжеляционным льдом, включая один прослой фирна. Мощность годовых слоев составляет около 30 см, иногда достигая 40 см. Строение льда в верхнем слое ледни-

ка указывает на смену условий питания, что выражено в отмеченном чередовании слоев льда. К сожалению, скважина 3 не принесла ожидаемых результатов. Керна, полученный с интервала 0–192 см, был представлен однородным матовым льдом с плотностью 0,85–0,90 г/см³, не имеющим годовой слоистости. Пузырьки воздуха продолговатой формы и различных размеров были равномерно распределены по всему объему керна, что характерно для структуры глубинного инфильтрационного льда.

Активность ¹³⁷Cs во всех измеренных пробах льда, полученного из скважин, не превышала значимый для детектора уровень фонового сигнала, следовательно, радиационно загрязненный слой не был вскрыт бурением.

Вероятно, в связи с потеплением климата условия питания купола в последние годы могли стать более благоприятными, на что указывает понижение фирновой линии, значительное снегонакопление и температура льда в верхнем слое ледника. Это выражено в увеличении твердых осадков и расширении границы питания. Так, площадь области аккумуляции в 2015 г. достигла величины 1470 км², что составляет 74 % всей площади ледника, ее увеличение оказалось больше на 9 % в сравнении с данными начала 2009 г. [8]. Понижение границ льдообразования

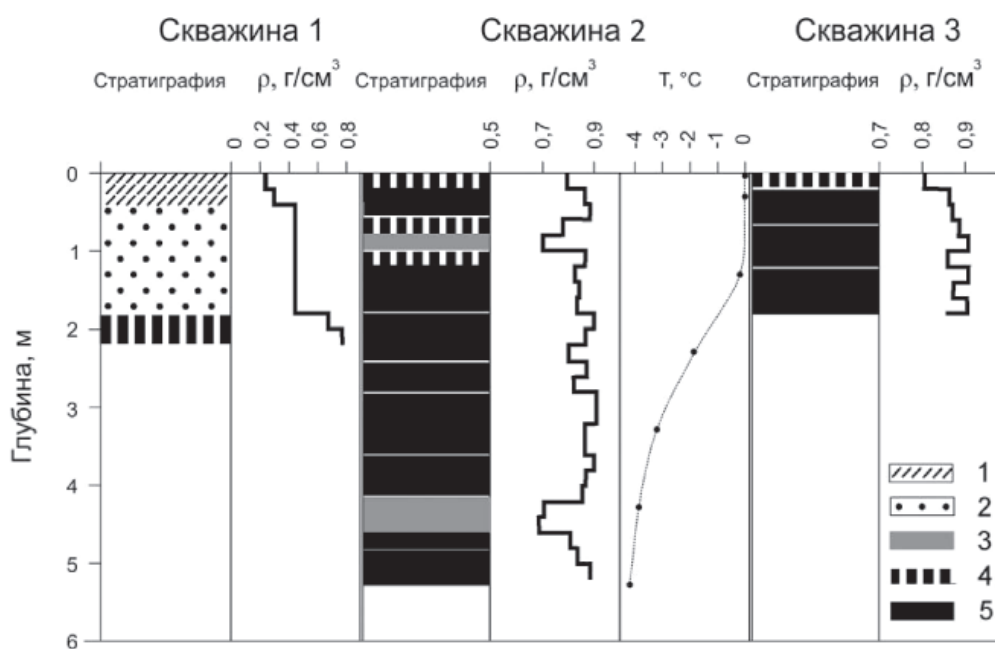


Рис. 2. Стратиграфия, плотность и температура льда в скважинах.
Обозначения стратиграфии: 1 – метелевый снег, 2 – фирнизированный снег,
3 – фирн, 4 – наложенный лед, 5 – инфильтрационный лед

на леднике привело к покрытию и бронированию тех слоев льда, которые стали вытаивать ниже границы питания в конце XX и в начале XXI в. Вероятно, слой льда 1962–1963 г. оказался перекрыт новыми слоями льда и фирна, а его расчетная глубина залегания по данным снегонакопления в области аккумуляции составляет не менее 30 м от поверхности купола в области питания.

Заключение

Гляциологические и радиоэкологические исследования на СЛК позволили получить самые первые сведения о ранее неизученном ледниковом районе Новой Земли. Опираясь на впервые осуществленные в этом районе прямые замеры, выявлено понижение границы питания и расширение области аккумуляции, положение которой оказалось наиболее низким для ледников Новой Земли в 2015 г. В связи с этим произошло увеличение площади аккумуляции, которое достигло величины 1470 км². Установлено значительное снегонакопление на куполе, на плато которого не стаявший остаток снега составлял в среднем 110 см, а снеготоплив был равен 65 г/см². Эта величина соответствует годовому слою льда мощностью 75 см. Полученное значение более чем в два раза превысило расчетные оценки, сделанные по наблюдениям на леднике Шокальского в 1957–1959 гг. [9].

Несмотря на то, что при бурении ледника не удалось получить пробы радиационно загрязненного слоя, выявленные параметры гляциологических зон позволяют обоснованно предположить, что расчетная глубина его залегания может составлять 25–30 м в холодной фирновой зоне и около 15–20 м на границе питания.

Полученные данные имеют огромное значение для целенаправленного продолжения начатых работ.

Работа выполнена в ФГБУН ИГЕМ РАН при финансовой поддержке гранта РНФ № 14-17-00764.

Авторы благодарны сотрудникам НП «Русская Арктика» за помощь в проведении работ и выражают особую признательность сотруднику МЧС России Л.С. Радуну за обеспечение безопасности полевых исследований.

Список литературы

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира: Т. 2. Книга 1 / под ред. В.М. Котлякова; ИГ РАН. – М., 1997. – 264 с.
2. Бузин И.В., Глазовский А.Ф. Айсберги и ледники Баренцева моря: исследования последних лет. Часть 1 // Проблемы Арктики и Антарктики. – СПб., 2008. – Вып. 78. – С. 66–80.
3. Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я. Гляциологические исследования в Российской Арктике осенью 2007 года // Земля и вселенная. – 2010. – № 2. – С. 66–74.
4. Зингер Е.М., Энгельгардт В.В. Снегонакопление и стайвание на леднике Шокальского и прилегающей к нему части Новоземельского ледникового щита // Материалы гляциологических исследований. – 1961. – Вып. № 3. – С. 19–26.
5. Иванов Г.И. Методология и результаты экогеохимических исследований Баренцева моря. – СПб.: ВНИИ Океангеология, 2002. – 153 с.
6. Израэль Ю.А., Цыбань А.В., Вакуловский С.М. Радиоактивное загрязнение морей и океанов // Метеорология и гидрогеология. – 1994. – № 10. – С. 15–23.
7. Мирошников А.Ю. Закономерности распределения радиоцезия в донных отложениях Карского моря // Геоэкология. – 2012. – № 6. – С. 516–526.
8. Никольский Д.Б. Разработка профилно-площадной методики спутникового зондирования островных ледников Российского Заполярья: дис. ... канд. тех. наук; МИИГАиК – М., 2013. – 221 с.
9. Оледенение Новой Земли / О.П. Чижов, В.С. Корякин, Н.В. Давидович и др. – М.: Наука, 1968. – 338 с.
10. Strand P. Radioactive contamination in the Arctic Seas // Marine pollution: proceedings of a symposium held in Monaco, 5–9 October 1998 / IAEA TECDOC-1094, IAEA. – Vienna, 1999. – P. 690.

УДК 332.54:332.334.4:631.1(470.40)

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Чурсин А.И., Маньшина Н.А.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,
Пенза, e-mail: ktkbr1322@yandex.ru

Данная статья посвящена анализу современного состояния сельскохозяйственных земель Пензенской области. Земли сельскохозяйственного назначения области составляют 70,9% от общей площади земельного фонда. Рассматривается динамика изменения структуры земельного фонда за последние пять лет, а также проведен анализ изменения земель сельскохозяйственного назначения по угодьям на территории Пензенской области. Также рассмотрен государственный мониторинг сельскохозяйственных земель, который осуществляется в целях предотвращения выбытия земель сельскохозяйственного назначения, сохранения и вовлечения их в сельскохозяйственное производство, а также для наблюдения достоверной информации о состоянии и плодородии земель и их использовании. Изложены основные и наиболее рациональные и эффективные мероприятия, а также государственные программы по устранению негативных процессов на территории.

Ключевые слова: мониторинг, земельный фонд, деградация, земли сельскохозяйственного назначения

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF AGRICULTURAL LAND IN THE PENZA REGION

Chursin A.I., Manshina N.A.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: ktkbr1322@yandex.ru

This article is devoted to analysis of the current state of agricultural land in Penza region. Agricultural land area make up 70,9% of the total area of the land Fund. Examines the dynamics of changes in the structure of the land Fund over the past 5 years, as well as the analysis of changes in agricultural land after land in the Penza region. Also reviewed state monitoring of agricultural land which is to prevent the disposal of agricultural lands, conservation and their involvement in agricultural production, as well as for observation of reliable information on the health and fertility of lands and their use. Set out the basic and the most rational and effective interventions as well as the state program on elimination of negative processes on site.

Keywords: monitoring, land resources, degradation, agricultural land

Значение земель сельскохозяйственного назначения измеряется не только удельным весом в земельном фонде. От их состояния и продуктивности зависит продовольственная безопасность государства, что особо важно в наше время. На земле работает немалая часть населения страны – сельские жители составляют четверть россиян.

В начале 1990-х гг. в системе земельных отношений Российской Федерации произошли революционные преобразования, приведшие к их радикальному изменению. Земли сельскохозяйственного назначения оказались в собственности десятков миллионов бывших колхозников и работников совхозов, среди которых было перераспределено свыше ста миллионов гектаров земли. За короткое время социальная структура российского села разительно изменилась, был сформирован новый социальный слой – земельные собственники, к которым перешли права на земли сельскохозяйственного назначения [1].

Земли сельскохозяйственного назначения составляют 70,9% от общей площади

земельного фонда Пензенской области, тогда как по стране этот показатель составляет 22,7%. Это свидетельствует, о том, что область является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов. Земли лесного фонда в РФ составляют 65,6%. В Пензенской области лесной фонд занимает 22,2%, что связано с большой распаханностью земель (70%). Остальные показатели по Пензенской области варьируют в пределах общероссийских.

Составляющие около четверти всей территории Российской Федерации, земли сельскохозяйственного назначения по своей доле в общем объеме земельных ресурсов уступают только землям лесного фонда, занимающим больше половины площади страны.

Государственный мониторинг сельскохозяйственных земель осуществляется в целях предотвращения выбытия земель сельскохозяйственного назначения, сохранения и вовлечения их в сельскохозяйственное производство, разработки программ сохранения и восстановления плодородия почв,

обеспечения государственных органов, осуществляющих государственный земельный контроль, а также сельскохозяйственных товаропроизводителей всех форм собственности достоверной информацией о состоянии и плодородии земель и их использовании [5].

На сегодняшний день в Пензенской области продолжается снижение плодородия почв, ухудшается состояние земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства. Результатами такого влияния стали процессы опустынивания, засоленности и каменистости земель, водной и ветровой эрозии почв, подтопления, переувлажнения и заболачивания территорий, ухудшения агрохимических, агрофизических и биологических свойств почв, отсутствия современного государственного банка информационных ресурсов по плодородию почв и системы государственного информационного обеспечения в сфере состояния земельных ресурсов и ряд других факторов. В связи с значительным увеличением количества собственников на землю, наличием различных сельскохозяйственных форм собственности задачи управления сельскохозяйственным производством стоят как никогда остро [5, 8].

Обширные территории, занимаемые сельскохозяйственными землями, довольно сложно контролировать из-за отсутствия в цифровом виде карт сельскохозяйственной освоенности территорий с границами полей севооборотов, сельскохозяйственных полигонов и контуров, неразвитой сети пунктов оперативного мониторинга, наземных станций, в том числе и метеорологических, отсутствия авиационной поддержки ввиду высокой стоимости ее содержания. На этих землях в силу различного рода природных процессов и хозяйственной деятельности человека происходит постоянное изменение границ посевных площадей, условий вегетации сельскохозяйственных культур, свойств почвенного плодородия, развитие негативных процессов [3, 7].

Проводимые работы по государственному мониторингу сельскохозяйственных земель в основном носят разрозненный, ведомственный характер. Отсутствует межведомственная координация и организация этих работ. Основными видами информации, формируемой на основе государственных информационных ресурсов о сельскохозяйственных землях с использованием современных информационных техноло-

гий, включая геоинформационные технологии, должны являться:

- информация о границах сельскохозяйственных земель, их площади, состоянии, виде разрешенного и хозяйственного использования, потенциальной продуктивности;

- информация о сельскохозяйственных землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота, включая границы, площади, состояние, год последнего использования в обороте;

- информация о сельскохозяйственных землях, введенных в оборот в текущем году и за заданный период наблюдений, включая границы, площади, состояние, вид хозяйственного использования, потенциальную продуктивность, продолжительность пребывания сельскохозяйственных земель в залежном состоянии в последние годы;

- информация о состоянии плодородия почв, включая показатели, характеризующие морфогенетические свойства почв, их гранулометрический состав, кислотность, содержание гумуса, макро- и микроэлементов, тяжелых металлов и радионуклидов, степени эродированности (дефлированности), переувлажнения, заболачивания, засоления, опустынивания, каменистости, а также характеристики произрастающей на них растительности по геоботаническому составу, урожайности сельскохозяйственных культур, установленной при проведении наземных обследований;

- другая информация с различными степенями агрегации, подготовленная в соответствии с потребностями пользователей, а также программные продукты [4].

Земельный фонд в административных границах Пензенской области по состоянию на 1 января 2016 г. составляет 4335,2 га. Распределение земель области по категориям и их динамика представлена в табл. 1.

Из вышеприведенной таблицы видно, что за последние пять лет произошли изменения в структуре земельного фонда по категориям. Заметно уменьшилась площадь земель сельскохозяйственного назначения, на 1,5 тыс. га. Это произошло за счет перевода этих земель в земли населенных пунктов – 0,6 тыс. га и земель промышленности, энергетики транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения – 0,9 тыс. га.

Данные о структуре и динамике земель сельскохозяйственного назначения по угодьям в земельном фонде за последние два года предоставлены в табл. 2.

Таблица 1

Распределение земель Пензенской области по категориям

Категории земель Пензенской области	2011 г.	2013 г.	2015 г.
Земли сельскохозяйственного назначения	3073,5	3072,9	3072,0
Земли населенных пунктов	228,0	228,2	228,6
Земли промышленности, энергетики транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения	43,1	43,5	44,0
Земли особо охраняемых территорий и объектов	9,1	9,1	9,1
Земли лесного фонда	964,5	964,5	964,5
Земли водного фонда	14,8	14,8	14,8
Земли запаса	2,2	2,2	2,2
Итого земель:	4335,2	4335,2	4335,2

Таблица 2

Структура земель сельскохозяйственного назначения по угодьям в земельном фонде

Земли	2014 год	2015 год
Площадь земельного фонда	4335,2	
Земли сельскохозяйственного назначения	3072,4	3072,0
Всего сельскохозяйственных угодий	2883,0	288,6
Пашня	2193,9	2193,7
Леса и кустарники	77,9	77,9
Болота	7,7	7,7
Под водой	22,3	22,3
Под дорогами, прогонами, улицами и площадями	39,1	39,1
Застроенные территории	15,3	15,3
Нарушенные земли	0,4	0,4
Прочие земли	22,9	22,9

Из табл. 2 видно, что в 2015 г. произошли изменения в структуре земельных угодий, площадь сельскохозяйственных угодий уменьшилась на 0,2 тыс. га за счет передачи 0,1 тыс. га в застроенные территории и 0,1 тыс. га – под водой; на 0,1 тыс. га уменьшилась площадь под кустами за счет передачи их в прочие земли.

В основном сокращение земель сельскохозяйственного назначения происходит за счет перераспределения земель в связи с ликвидацией сельскохозяйственных организаций, при добровольном и принудительном отказе от земельного участка, а также по причине перевода земель в другую категорию для строительства газопроводов, иных линейных объектов, расширение территорий заповедников и многое другое.

В 2007 году Поволжским филиалом ФГУП «Госземкадастръёмка» – ВИСХАГИ выполнялись работы по теме: «Разработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативных процессов на территории Пензенской области».

Целью данных работ являлся сбор и анализ фондовых материалов о развитии доминирующих негативных процессов на территории Пензенской области, получение информации о свойствах земли как средства производства в сельском хозяйстве и на этой основе разработка Схемы использования и охраны земель области.

В результате работа была направлена на разработку научно обоснованной системы мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения в Пензенской области по предотвращению деградации земель и выработке механизмов территориального планирования, рационального использования земель и их охраны на межселенных территориях с активным проявлением негативных процессов, совершенствования системы землепользования в регионе, обеспечивающей создание сбалансированных высокопродуктивных и устойчивых агроландшафтных экосистем, адаптированных к местным природно-климатическим условиям.

Вся разработанная документация необходима для решения конкретных задач землеустроительного проектирования по рациональному использованию земель – оптимальному размещению посевов сельскохозяйственных культур, формированию севооборотных массивов, выявлению малопродуктивных земель, трансформации пашни в менее интенсивные виды угодий, проведению мероприятий по повышению плодородия угодий, уточнению производственной специализации хозяйств.

Комплексные показатели качества земель могут использоваться при установлении рыночной цены земли, арендной платы, объемов кредитования под залог земли и других операциях с землей как с недвижимостью.

В итоге были охарактеризованы районы распространения негативных процессов, определены рекомендации по использованию и охране земель с учетом их проявления [2].

Управлением мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Министерства сельского хозяйства Пензенской области разработана Концепция развития мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Пензенской области и формирования информационных ресурсов об этих землях, внедрение которой позволит получать более полную и достоверную информацию о плодородии почв, их состоянии и использовании сельскохозяйственных земель. Кроме этого она позволит сформировать государственные информационные ресурсы, объединяющих в себе информацию об этих землях, собираемую различными федеральными и областными органами исполнительной власти работы по осуществлению мониторинга сельскохозяйственных земель, обеспечить эффективное использование средств федерального и областного бюджетов, выделяемых органам исполнительной власти на эти цели [6].

Анализ состояния сельскохозяйственных земель Пензенской области показал, что необходимо развивать и совершен-

ствовать земельное законодательство для более жесткого контроля за негативным воздействием на земельные ресурсы, а также своевременно и оперативно решать вопросы, связанные с рациональным использованием сельскохозяйственных и несельскохозяйственных земель. Постоянно вести федеральный надзор за правильным и рациональным использованием земель сельскохозяйственного назначения.

Список литературы

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации // Министерство экономического развития Российской Федерации Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii>.
2. Доклад о состоянии и использовании земель в Пензенской области // Управление федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Пензенской области. – Пенза, 2015.
3. Использование земельных ресурсов в Пензенской области / В.В. Пресняков, Е.П. Тюкленкова, А.С. Короткова // Экология и ресурсо- и энергосберегающие технологии на предприятиях народного хозяйства (Промышленность, транспорт, сельское хозяйство): сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом Знаний, 2009. – 0,19/0,08 с.
4. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года // <http://www.mcх.ru> (дата обращения: 18.09.2016).
5. Павликова Е.В., Ткачук О.А. Результаты мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в Пензенской области // Молодой ученый. – 2013. – № 6. – С. 395–398.
6. План реализации госпрограммы «Развитие агропромышленного комплекса Пензенской области на 2014–2020 годы» на 2016 год. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Пензенской области. – Пенза, 2016. – URL: <http://www.mcх-penza.ru/> (дата обращения: 21.10.2016).
7. Хаметов Т.И., Чурсин А.И. Совершенствование организационно-экономического механизма использования земельных ресурсов Пензенской области / под ред. Ю.В. Круглова // Архитектура и современность: I Международное НПК 29–30 июля 2006. – Пенза: ПГУАС, 2006. – С. 101–105.
8. Чурсин А.И., Кривцова И.Х. Земельная политика в России. Оценка эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения на территории Пензенской области // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–8. – С. 1775–1780.