УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 7 2017

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор
РИНЦ – 0,869

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 Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий, и массовых коммуникаций.

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,906.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

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

Подписано в печать – 12.07.2017
Дата выхода номера – 05.08.2017

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

Техническая редакция и верстка
Митронова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.
Распространение по свободной цене.
Усл.п.л. 15,38
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/7-2017
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

КОНВЕРСИЯ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ C_3-C_4 НА ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЕТЕРОПОЛИСОЕДИНЕНИЯМИ СОСТАВА МО-Р-СО
Ерофеев В.И., Хасанов В.В., Вайсбеккер М.С., Егорова Л.А. 7

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТИ
Кашаев Р.С., Козелков О.В. 12

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ ГРУППЫ НИТРОФУРАНЫ С МЕТАЛЛАМИ
Чигринева Н.А., Абрамова В.В., Сагдеев М.А., Строганова Е.А., Ткачева Т.А., Пешков С.А. 18

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ ГАРЕЙ В УСЛОВИЯХ СУХИХ СОСНЯКОВ ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ ПРИИРТЫШЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ГЛПР «СЕМЕЙ ОРМАНЫ»)
Данчева А.В., Залесов С.В. 24

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ
Зайцева Н.В. 30

ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНЫХ РАБОТ ПО МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ В ЗЕЛЁНОЙ ЗОНЕ Г. АСТАНЫ
Кабанова С.А., Борцов В.А., Данченко А.М., Данченко М.А., Пуджа Г.И. 36

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДРОСТОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПЕРЕСТОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ
Оплетаев А.С., Чермных А.И., Киршбаум А.Р. 42

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА СУПЕСЧАНОЙ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ
Прутской А.В. 47

БИОПРЕПАРАТ РИБАВ-ЭКСТРА В ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННОГО КАРТОФЕЛЯ
Уромова И.П., Новиков Д.А., Машакин А.М., Соколов И.С., Шихалеева Е.В., Шихалеева С.В. 54

Науки о Земле (25.00.00)

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ
Гавришин А.И., Борисова В.Е., Торопова Е.С. 59

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ
Дега Н.С., Онищенко В.В., Байчорова Э.М., Узденов У.Б. 64

ОСОБЕННОСТИ ДЕПОНИРОВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ТЕРРИТОРИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ
Делигодина Ю.Н., Захарова О.Л., Савельева И.Н., Шанина Е.В. 71

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ИНДЕКСА КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РАЙОНЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ
Киреева-Гененко И.А., Новикова Е.П., Чумейкина А.С. 76

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРКА «МЕЩЕРСКОЕ ОЗЕРО» КАК СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ГОРОДА НИЖНЕГО НОВГОРОДА
Копосова Н.Н., Шайбекова М.Р. 81

АНАЛИЗ ОЗЕЛЕНЁННОСТИ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ СЕВЕРНОГО ОКРУГА Г. ОРЕНБУРГА
Котова Е.Н., Галактионова Л.В., Булгакова М.А. 86

РЕСПУБЛИКА ТЫВА КАК РЕГИОН УСТОЙЧИВОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ПРИРОСТА НАСЕЛЕНИЯ
Мандыт М.К. 91

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕТОНАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВЗРЫВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА КАРЬЕРАХ УРАЛА
Меньшиков П.В., Синицын В.А., Шеменев В.Г. 96

ПОЧВЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОЛИНЫ РЕКИ БОЛЬШОЙ КУРАНАХ (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)
Оконешникова М.В. 103

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УГЛЕНОСНОСТЬ ГУВИЛГРИНСКОЙ ВПАДИНЫ ГОНАМСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА
Рукович А.В. 108

ТЕКСТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦ-ХАЛЦЕДОНОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЮЖНО-КУЗБАССКОГО МАГМАТИЧЕСКОГО АРЕАЛА (ЮЖНАЯ СИБИРЬ)
Токарева Е.В., Коноваленко С.И., Борозновская Н.Н., Небера Т.С. 113

РАЗВИТИЕ И ОХРАНА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
Чурсин А.И., Щеглова О.А. 118

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

CONVERSION OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS C_3-C_4 ON ZEOLITE CATALYSTS MODIFIED WITH HETEROPOLYCOMPOUNDS OF MO-P-CO
Erofeev V.I., Khasanov V.V., Vaysbekker M.S., Egorova L.A. 7

DEVICES AND METHODS FOR ANALYSIS OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF OILS
Kashaev R.S., Kozelkov O.V. 12

RESEARCH OF STABILITY OF PHARMACEUTICALS OF GROUP NITROFURANUMS WITH METALS
Chigrineva N.A., Abramova V.V., Sagdeev M.A., Stroganova E.A., Tkacheva T.A., Peshkov S.A. 18

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

NATURAL REAFFORESTATION AT THE BURNT AREA IN BELT PINE FORESTS OF THE PRIIRTYSHYE (FOR EXAMPLE, SFNFR «SEMEY ORMANY»)
Dancheva A.V., Zalesov S.V. 24

BIOACTIVE PREPARATIONS FOR AGRICULTURAL CROP FROM PLANT MATERIAL OF SOUTHERN YAKUTIA
Zaytseva N.V. 30

ECOLOGICAL AND FORESTRY RESULTS OF EXPERIMENTAL WORKS ON MELIORATION OF SOILS IN THE GREEN ZONE OF ASTANA
Kabanova S.A., Bortsov V.A., Danchenko A.M., Danchenko M.A., Pudzha G.I. 36

PROVISION OF OVERMATURE STANDS WITH PRELIMINARY GENERATION UNDERGROWTH IN CHELYABINSK REGION
Opletaev A.S., Chermnykh A.I., Kirshbaum A.R. 42

STRUCTURAL PECULIARITIES OF THE ROOT SYSTEMS OF PINE AND OF OAK IN CONIFER-BROADLEAF PLANTINGS ON SANDY LOAM PODZOLIC SOIL
Prutskoy A.V. 47

THE RIBAV-EXTRA BIOLOGICAL PRODUCT IN TECHNOLOGY OF REPRODUCTION THE REVITALIZED POTATOES
Uromova I.P., Novikov D.A., Mashakin A.M., Sokolov I.S., Shikhaleeva E.V., Shikhaleeva S.V. 54

Earth sciences (25.00.00)

THE MODERN FEATURES OF FORMATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF MINE WATERS IN EASTERN DONBASS
Gavrishin A.I., Borisova V.E., Toropova E.S. 59

MODEL OPERATION OF POLLUTION OF FREE AIR IN THE TERRITORY OF KARACHAY-CHERKESSIA
Dega N.S., Onischenko V.V., Baychorova E.M., Uzdenov U.B. 64

FEATURES OF DEPOSITION OF HEAVY METALS IN THE SOIL COVER OF TERRITORIES OF INFLUENCE OF THE ENTERPRISES OF POWER SYSTEM OF DIFFERENT POWER
Deligodina Yu.N., Zakharova O.L., Saveleva I.N., Shanina E.V. 71

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF AN INDEX OF CONTINENTALITY OF CLIMATE IN CENTRAL BLACK EARTH REGION OVER THE PAST 30 YEARS
Kireeva-Genenko I.A., Novikova E.P., Chumeykina A.S. 76

DESIGN PARK «MESHERSKOE LAKE» AS STRUCTURAL PART OF ECOLOGICAL FRAME OF NIZHNY NOVGOROD CITY
Koposova N.N., Shaybekova M.R. 81

ANALYSIS OF THE GREENING OF RESIDENTIAL AREAS OF THE NORTHERN DISTRICT OF ORENBURG
Kotova E.N., Galaktionova L.V., Bulgakova M.A. 86

REPUBLIC OF TUVA AS A REGION OF SUSTAINABLE NATURAL POPULATION GROWTH
Mandyt M.K. *91*

DETERMINATION OF DETONATION PRESSURE AND EXPLOSION TEMPERATURE OF INDUSTRIAL EMULSION EXPLOSIVES USED AT URAL QUARRIES
Menshikov P.V., Sinitsyn V.A., Shemenev V.G. *96*

SOILS OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE VALLEY OF THE RIVER LARGE QURANAKH (SOUTH YAKUTIA)
Okoneshnikova M.V. *103*

GEOLOGICAL STRUCTURE AND COAL CONTENTS OF THE GUVILGRINSKY HOLLOW OF THE GONAMSKY CARBONIFEROUS AREA OF THE SOUTHERN YAKUT COAL BASIN
Rukovich A.V. *108*

TEXTURAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF QUARTZ-CHALCEDONY MATTER FROM SOUTH KUZBASS IGNEOUS AREAL OCCURENCES (SOUTHERN SIBERIA)
Tokareva E.V., Konovalenko S.T., Boroznovskaya N.N., Nebera T.S. *113*

THE DEVELOPMENT AND PROTECTION OF STATE GEODETIC NETWORK IN THE PENZA REGION
Chursin A.I., Scheglova O.A. *118*

УДК 541.128/.183

КОНВЕРСИЯ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ C_3-C_4 НА ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЕТЕРОПОЛИСОЕДИНЕНИЯМИ СОСТАВА MO-P-CO

[1]Ерофеев В.И., [1]Хасанов В.В., [2]Вайсбеккер М.С., [2]Егорова Л.А.

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

Исследованы физико-химические и каталитические свойства цеолитных катализаторов типа ZSM-5, модифицированных 0,5–2 мас. % гетерополисоединениями состава Mo-P-Co, в процессе конверсии пропан-бутановой фракции попутных нефтяных газов в ароматические углеводороды. Установлено, что наибольшей активностью обладает цеолитный катализатор, модифицированный 0,5 % гетерополисоединения Mo-P-Co, на котором выход жидких углеводородов составил 52,6 % при 600 °С, объемной скорости подачи сырья 240 $ч^{-1}$ и степени превращения пропан-бутановой фракции 93,8 %. Среди жидких продуктов конверсии пропан-бутановой фракции наибольший выход наблюдается для толуола 43,2 % при 600 °С на катализаторе 2 % гетерополисоединения (Mo-P-Co)/98 % Н-ЦКЕ-СФ. Модифицирование цеолита Н-ЦКЕ-СФ 0,5–2 % ГПС (Mo-P-Co) приводит к снижению содержания метана и этана среди газообразных продуктов и повышению содержания толуола среди жидких продуктов.

Ключевые слова: высококремнеземный цеолит, ZSM-5, гетерополисоединение Mo-P-Co, модифицирование, попутный нефтяной газ, алканы C_3-C_4, конверсия, арены

CONVERSION OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS C_3-C_4 ON ZEOLITE CATALYSTS MODIFIED WITH HETEROPOLYCOMPOUNDS OF MO-P-CO

[1]Erofeev V.I., [1]Khasanov V.V., [2]Vaysbekker M.S., [2]Egorova L.A.

[1]National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk;
[2]National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: erofeevvi@mail.ru

The physico-chemical and catalytic properties of the zeolite catalyst ZSM-5 type, modified 0,5–2 wt. % Mo composition heteropoly Mo-P-Co, during the conversion of propane-butane fraction associated gas into aromatic hydrocarbons. It was established that the most active catalyst has a zeolite modified heteropoly 0,5 % Mo-P-Co, where the yield of liquid hydrocarbons was 52,6 % at 600 °C, feed space velocity of 240 h^{-1}, and the conversion rate of propane-butane fraction 93,8 %. Among liquid products conversion of propane-butane fraction highest yield observed for toluene was 43,2 % at 600 °C over a catalyst 2 % heteropoly (Mo-P-Co) / 98 % H-ZCE-SF. Modification of zeolite H-ZCE-SF 0,5–2 % heteropoly (Mo-Co-P) leads to a reduction in methane and ethane, and gaseous products including raising toluene content among liquid products.

Keywords: high-silica zeolite, ZSM-5, heteropolycompound Mo-P-Co, modification, associated petroleum gas, C_3-C_4 alkanes, conversion, arenas

В последние годы в связи с расширением углеводородных ресурсов в мире проводятся интенсивные работы по переработке легкого углеводородного сырья: природных и попутных нефтяных газов, газовых конденсатов и альтернативных источников нефтяного сырья: угля, синтез-газа, метанола и биоспиртов в низшие олефины, ароматические углеводороды и моторные топлива [4–6]. Одним из перспективных является процесс утилизации и переработки попутных нефтяных газов C_3-C_4 (пропан-бутановой фракции) в низшие олефины и ароматические углеводороды C_6-C_{10} на микропористых цеолитсодержащих катализаторах типа MFI (ZSM-5), которые проявляют высокую активность и селективность во многих реакциях дегидрирования, изомеризации, крекинга, дегидроциклизации и ароматизации различных классов углеводородов [7–9].

Целью настоящей работы является изучение влияния модифицирования цеолитов типа ZSM-5 1–3 мас. % гетерополисоединением молибдофосфата кобальта на каталитическую активность цеолитов в процессе конверсии попутного нефтяного газа C_3-C_4 в ароматические углеводороды.

Материалы и методы исследования

Микропористые высококремнеземные цеолиты получали гидротермальным синтезом из щелочных алюмокремнегелей с использованием органической структурообразующей добавки спиртовой фракции (отход производства капролактама) в автоклавах из нержавеющей стали при 170–175 °С в течение 4–5 сут (ЦКЕ-СФ) [3]. Затем синтезированные порошки цеолитов отделяли от маточного раствора фильтрованием, многократно промывали водой, сушили при 110 °С и про-

каливали при 600 °С в течение 6 ч. В активную форму Н-ЦКЕ-СФ цеолиты переводили с помощью двух кратной обработки 1 М водным раствором NH_4NO_3 при 90 °С и непрерывном перемешивании с помощью механической мешалки в течение 2 ч, с последующим высушиванием и прокаливанием при 600 °С в течение 6 ч (содержание Na_2O в декатионированных цеолитах составляло менее 0,01 %).

Физико-химические свойства полученных цеолитов изучали с помощью рентгенофазового анализа (рентгеновская установка ДРОН-3, Mo-анод, Ni-фильтр) и ИК-спектроскопии (ИК Фурье-спектрометр Nicolet 5700). На рентгенограммах полученных цеолитов наблюдаются линии с межплоскостными расстояниями (d, Å): 11,05; 10,00; 4,29; 4,07; 3,87; 3,83; 3,73; 3,66; 3,45; которые характерны для цеолита типа ZSM-5. В ИК-спектрах синтезированных цеолитов имеются интенсивные полосы поглощения при 451, 541, 784 и 900–1300 $см^{-1}$. Полоса поглощения при 541 $см^{-1}$ соответствует 5-членным кольцам в каркасе цеолитов и характерна для цеолитов типа ZSM-5. Таким образом, все полученные образцы цеолитов по данным рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии относятся к микропористым цеолитам типа ZSM-5 [1].

Модифицирование полученного цеолита Н-ЦКЕ-СФ гетерополисоединением Мо в количестве 0,5–2,0 мас.% проводили методом пропитки по влагоемкости цеолита. Гранулы цеолита Н-ЦКЕ-СФ (размер гранул 2×3 мм) пропитывали разбавленным солянокислым раствором, в котором растворены 0,5–2,0 мас.% гетерополисоединения (ГПС) кристаллогидрата молибдофосфата кобальта $[Co_3[PMo_{12}O_{40}]\times 14H_2O$ (0,5–2,0 % ГПС (Мо-Р-Со)/98–99,5 % Н-ЦКЕ-СФ, по влагоемкости цеолита. После этого полученные катализаторы (0,5–2,0 % ГПС (Мо-Р-Со)/99,5–98,0 % Н-ЦКЕ-СФ сушили при 110 °С 4 ч и затем прокаливали при 600–650 °С в течение 6 ч.

Конверсию пропан-бутановой фракции состава: метан – 0,3; этан – 3,0; пропан – 80,9; н-бутан – 12,4 мас.% проводили на цеолитсодержащих катализаторах на проточной каталитической установке со стационарным слоем катализатора (6 $см^3$) в интервале температур 550–600 °С, объемной скорости подачи сырья 240 $ч^{-1}$, атмосферном давлении и длительности опыта при каждой определенной температуре реакции 2 ч. Анализ исходной пропан-бутановой фракции (ПБФ) и продуктов реакции ПБФ проводили газохроматографическим методом с помощью газового хроматографа марки «Хроматек-Кристалл 5000М». Анализ газообразных углеводородов проводили на набивной колонке из кварцевого стекла (длина 3 м, внутренний диаметр 3 мм), наполненной 5 % NaOH на AL_2O_3 (фракция 0,25–0,50 мм) на детекторе по теплопроводности, газ-носитель – гелий. Анализ жидких продуктов конверсии ПБФ проводили на капиллярной колонке из кварцевого стекла (30 м×0,25 мм×0,25 мкм) с нанесенной неподвижной фазой ZB-1 на пламенно-ионизационном детекторе. Количественный анализ газообразных и жидких углеводородов проводили на аппаратно-программном комплексе на базе газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000» с помощью программы обработки результатов «Хроматэк-Аналитик» [2, 10]. Погрешность определения газообразных и жидких углеводородов газохроматографическим методом составляла ± 2,5 %.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования каталитической активности цеолитных катализаторов Н-ЦКЕ-СФ, модифицированных 0,5–2 % ГПС (Мо-Р-Со), представлены в таблице.

Исследования процесса конверсии ПБФ на исходном цеолите Н-ЦКЕ-СФ с силикатным модулем 50 показали, что с ростом температуры процесса с 550 до 600 °С и объемной скорости подачи ПБФ 240 $ч^{-1}$ выход жидких продуктов увеличивается с 46,2 до 50,3 % за счет повышения степени превращения ПБФ с 90,0 до 94, 6 % (таблица). Выход газообразных продуктов с ростом температуры реакции конверсии ПБФ падает с 53,8 до 49,7 %, основными продуктами среди газообразных углеводородов являются метан и этан, суммарное содержание которых составляет 55–57 %. Также с ростом температуры реакции конверсии ПБФ среди газообразных продуктов увеличивается выход низших олефинов: этилена и пропилена, суммарное содержание олефинов увеличивается с 9,8 до 16,1 %. Основными продуктами среди жидких углеводородов являются ароматические углеводороды: бензол, толуол и ксилолы, содержание бензола с ростом температуры конверсии ПБФ увеличивается с 13,5 до 16,4 %.

Основным продуктом среди ароматических углеводородов является толуол, выход которого с ростом температуры конверсии ПБФ повышается с 36,9 до 39,8 % (таблица). Важно отметить, что суммарное содержание нафталиновых производных с ростом температуры конверсии ПБФ падает с 16,0 до 13,6 %.

Влияние температуры процесса на состав продуктов (мас.%) конверсии попутных нефтяных газов C_3-C_4 на цеолитных катализаторах Н-ЦКЕ-СФ, модифицированных ГПС (Мо-Р-Со), при объемной скорости подачи сырья 240 $ч^{-1}$

Катализатор	Н-ЦКЕ-СФ			0,5% ГПС / 99,5% Н-ЦКЕ-СФ			1% ГПС / 99% Н-ЦКЕ-СФ			2% ГПС / 98% Н-ЦКЕ-СФ		
Температура, °С	550	575	600	550	575	600	550	575	600	550	575	600
Конверсия,%	90,0	92,8	94,6	87,4	90,7	92,8	85,9	89,7	91,7	80,7	86,7	90,7
Выход газовой фазы,%	53,8	51,2	49,7	53,6	50,3	47,4	56,3	53,8	50,5	58,0	54,2	51,7
Выход жидкой фазы,%	46,2	48,8	50,3	46,4	49,7	52,6	43,7	46,2	49,5	42,0	45,8	48,3
Состав газовой фазы,%												
Метан	39,9	41,1	41,0	34,9	37,5	36,8	33,1	36,2	35,9	28,5	33,0	34,1
Этан	17,8	15,9	14,1	16,2	15,1	12,9	15,3	14,4	12,6	13,8	13,3	11,5
Этилен	5,3	7,3	9,8	5,6	7,8	10,4	5,7	8,0	10,7	6,8	9,2	11,9
Пропан	18,1	13,7	11,1	23,1	18,1	15,0	24,4	18,9	16,2	32,3	24,1	17,7
Пропилен	4,5	5,4	6,3	5,1	6,2	7,2	5,3	6,4	7,5	6,7	7,8	8,6
Изобутан	0,5	0,3	0,2	0,8	0,5	0,3	0,8	0,5	0,4	1,2	0,7	0,4
Бутан	0,4	0,3	0,1	0,6	0,4	0,2	0,7	0,4	0,2	0,9	0,5	0,2
Состав жидкой фазы,%												
Бензол	13,5	14,5	16,4	13,7	15,5	16,5	11,5	13,3	14,9	11,5	14,0	16,2
Толуол	36,9	37,6	39,8	38,5	39,9	39,4	37,6	39,3	39,5	40,5	41,6	43,2
Этилбензол	2,4	2,3	2,2	2,5	2,3	2,2	2,6	2,5	2,4	2,8	2,6	2,7
m-ксилол	11,3	10,8	10,5	12,2	11,3	10,2	13,0	12,2	10,9	14,7	12,5	11,2
p-ксилол	5,1	4,8	4,7	5,3	5,2	4,7	5,9	5,6	5,0	6,8	6,0	5,5
o-ксилол	5,3	5,1	5,0	5,6	5,3	4,8	6,0	5,7	5,1	6,5	5,6	5,1
Псевдокумол	1,2	1,1	1,0	1,3	1,2	1,0	1,5	1,3	1,1	1,7	1,3	1,2
Нафталин	8,5	7,8	7,7	6,5	6,4	6,2	6,4	6,4	6,4	4,1	4,1	5,0
β-метилнафталин	5,4	4,7	4,2	4,4	4,0	4,3	4,6	4,1	4,3	2,7	2,4	2,6
α-метилнафталин	2,1	1,9	1,7	1,6	1,5	1,7	1,7	1,6	1,7	0,8	1,0	0,9

Модифицирование Н-ЦКЕ-СФ 0,5% ГПС (Мо-Р-Со) приводит с ростом температуры конверсии ПБФ с 550 до 600 °С к увеличению содержания жидких продуктов с 46,4 до 52,6% по сравнению с исходным Н-ЦКЕ-СФ (таблица). Содержание бензола с ростом температуры конверсии ПБФ повышается с 13,7 при 550 °С до 16,5% при 600 °С, а суммарное содержание нафталиновых производных с ростом температуры конверсии ПБФ падает с 12,5 до 11,2%. Выход жидких продуктов с ростом температуры конверсии ПБФ с 550 до 600 °С при объемной скорости 240^{-1} изменяется от 43,7 до 49,5%.

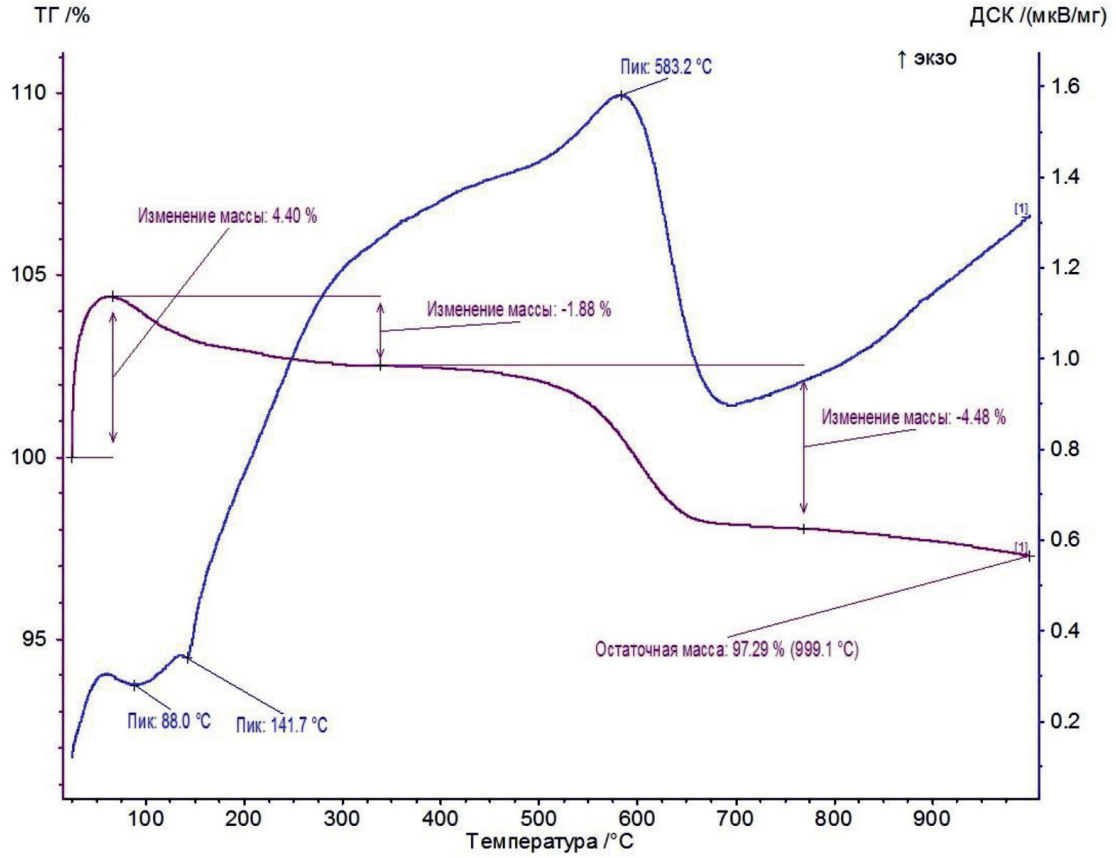
Дальнейшее повышение содержания ГПС до 2% ГПС (Мо-Р-Со) в катализаторе приводит к тому, что с ростом температуры конверсии ПБФ повышается выход жидких продуктов с 42,0 до 48,3%, но меньше, чем на исходном Н-ЦКЕ-СФ. Содержание бензола среди жидких продуктов с ростом температуры конверсии ПБФ снижается незначительно по сравнению с исходным Н-ЦКЕ-СФ, а содержание толуола с ростом температуры конверсии ПБФ повышается с 40,5 при 550 °С до 43,2% при 600 °С, что выше по сравнению с исходным Н-ЦКЕ-СФ (39,8% при 600 °С). Важно отметить, что суммарное содержание нафталиновых производных с ростом температуры конверсии ПБФ значительно падает до 7,5–8,5% при 575–600 °С [11, 12]. Также среди газообразных продуктов значительно возрастает суммарное содержание олефинов до 20,5% при 600 °С по сравнению 16,1% при 600 °С на исходном Н-ЦКЕ-СФ (таблица).

Закоксованность цеолитных катализаторов, модифицированных гетерополисоединениями молибдофосфата кобальта, изучали с помощью дифференциально-термического анализа (ДТА-анализ) с использованием синхронного термоанализатора STA-449C Jupiter в атмосфере воздуха со скоростью нагрева 10 град/мин. Термический анализ закоксованных цеолитов Н-ЦКЕ-СФ, 0,5–2% ГПС (Мо-Р-Со), показал, что в атмосфере воздуха процесс окислительной деструкции можно условно разделить на 3 температурные зоны. В области 50–150 °С с темпера-

турой максимума около 100 °С (1-я зона) происходит, по-видимому, потеря адсорбированных воды и углеводородов (продуктов) конверсии ПБФ (рисунок).

Для всех исследованных образцов цеолитных катализаторов, модифицированных гетерополисоединениями молибдофосфата кобальта, массовая доля воды и углеводородов составляет 2–5 % и практически не зависит от количества введенного в цеолит гетерополисоединения. Ход кривых ДТА свидетельствует о том, что с повышением температуры начинаются процессы окислительной деструкции с выделением тепла. Уменьшение массы и наблюдаемый экзотермический эффект в интервале 200–500 °С (2-я зона) дают основание предполагать начало процессов окисления углеродной компоненты в закоксованных катализаторах. По-видимому, выгорает так называемый «аморфный» кокс, расположенный преимущественно на поверхности цеолитного катализатора, и масса его составляет 1–3 %. В области температур 500–700 °С (3-я зона) значительно увеличивается количество выделяемого тепла и потеря массы составляет 4–5 %. Форма ДТА-кривых типична для всех закоксованных цеолитных катализаторов, модифицированных гетерополисоединениями молибдофосфата кобальта. В этой 3-й высокотемпературной зоне, очевидно, выгорает углерод, находящийся преимущественно в порах цеолитов.

Трудность выгорания этого так называемого «плотного» кокса обусловлена, по-видимому, не только его нахождением в более узких порах цеолита, но и более высокой степенью поликонденсации коксовых отложений («плотного» кокса). На приведенной термограмме закоксованного образца цеолитного катализатора 0,5 % ГПС (Mo-P-Co)/99,5 % Н-ЦКЕ-СФ наблюдаются три зоны выгорания коксовых отложений: 1-я зона (50–150 °С, потеря массы составляет 4,4 %), 2-я зона (200–500 °С, потеря массы – 1,88 %) и 3-я зона (500–700 °С, потеря массы – 4,48 %).



Термограмма закоксованного образца катализатора 0,5 % ГПС (Mo-P-Co)/99,5 % Н-ЦКЕ-СФ

Таким образом, основными реакциями конверсии пропан-бутановой фракции на цеолитных катализаторах, модифицированных гетерополисоединениями молибдофосфата кобальта, являются реакции дегидрирования низших алканов, дегидроциклизации и крекинга алканов с образованием метана, этана и олефинов С2-С3 [13–15]. Введение в цеолит Н-ЦКЕ-СФ 0,5–2 % ГПС (Мо-Р-Со) приводит к снижению содержания метана и этана среди газообразных продуктов и повышению содержания толуола среди жидких продуктов.

Выводы

Наибольшей активностью из исследуемых цеолитных катализаторов, модифицированных гетерополисоединениями молибдофосфата кобальта, обладает катализатор 0,5 % ГПС (Мо-Р-Со)/99,5 % Н-ЦКЕ-СФ, на котором выход жидких углеводородов составил 52,6 % при 600 °С, объемной скорости подачи сырья 240 $ч^{-1}$ и степень превращения ПБФ 93,8 %. Среди жидких продуктов конверсии ПБФ наибольший выход наблюдается для толуола 43,2 % при 600 °С на образце 2 % ГПС (Мо-Р-Со)/98 % Н-ЦКЕ-СФ. Модифицирование цеолита Н-ЦКЕ-СФ 0,5–2 % ГПС (Мо-Р-Со) приводит к снижению содержания метана и этана среди газообразных продуктов и повышению содержания толуола среди жидких продуктов.

Основными реакциями конверсии пропан-бутановой фракции на цеолитных катализаторах, модифицированных гетерополисоединениями молибдофосфата кобальта, являются реакции дегидрирования низших алканов, дегидроциклизации и крекинга алканов с образованием метана, этана и олефинов С2-С3.

Список литературы

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. – М.: Мир, 1976. – 781 с.

2. Медведев Ю.В. Воздействие мощного ультрафиолетового излучения на поток природного газа в проточном фотореакторе / Ю.В. Медведев, В.Г. Иванов, Н.И. Середа, Ю.И. Полыгалов, В.И. Ерофеев, С.Д. Коровин, М.В. Ерофеев, Э.А. Соснин, А.И. Суслов, В.Ф. Тарасенко, В.А. Истомин // Наука и техника в газовой промышленности. – 2004. – № 3–4. – С. 83–87.

3. Патент РФ № 2006112169/15, 12.04.2006. Ерофеев В.И., Коваль Л.М. Синтетический цеолит и способ его получения // Патент России № 2313486. Опубл.: 27.12.2007.

4. Asachenko E.V. Specifics of the deactivation of acid and zinc-containing propane aromatization catalysts./ E.V. Asachenko, O.V. Rodina, V.V. Ordomskii, Yu.V. Gurev, I.I. Ivanova. // Petroleum Chemistry. – 2008. – V. 48. – № 2. – P. 100–104.

5. Bai L.Y. Influence of Calcium Addition on Catalytic Properties of PtSn/ZSM-5 Catalyst for Propane Dehydrogenation. / L.Y. Bai, Y.M. Zhou, Y.W. Zhang, H. Liu, M.H. Tang // Catal. Lett. – 2009. – V. 129. – P. 449–456.

6. Bhan A., Delgass W.N. Propane aromatization over HZSM-5 and Ga/HZSM-5 catalysts.// Catalysis Reviews – Science and Engineering. – 2008. – V. 50. – № 1. – P. 19–151.

7. Caeiro G. Activation of C2-C4 alkanes over acid bifunctional zeolite catalysts./ G. Caeiro, R.H. Carvalho, X. Wang, X. Wang, M.A.N.D.A. Lemos, F. Lemos, M. Guisnet, F.R. Ribeiro.// Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2006. – V. 255. – № 1–2. – P. 131–158.

8. Choudhary V.R., Mantri K., Sivadinarayana C. Influence of zeolite factors affecting zeolitic acidity on the propane aromatization activity and selectivity of Ga/H-ZSM-5.// Microporous and Mesoporous Materials. – 2000. – V. 37. – № 1–2. – P. 1–8.

9. Choudhary V.R., Panjala D., Banerjee S. Aromatization of propene and n-butene over H-galloaluminosilicate (ZSM-5 type) zeolite. // Applied Catalysis A: General. – 2002. – V. 231. – № 1–2. – P. 243–251.

10. Erofeev V.I. Conversion of Gas-Condensate Straight-Run Gasolines to High-Octane Gasolines over Zeolite Catalysts Modified with Metal Nanopowders / V.I. Erofeev, A.S. Medvedev, I.S. Khomyakov, E.V. Erofeeva // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2013. – V. 86, № 7. – P. 979–985.

11. Gabrienko A.A. Propane aromatization on Zn-modified zeolite BEA studied by solid – state NMR in situ / A.A. Gabrienko, S.S. Arzumanov, A.G. Stepanov, D. Freude // Journal of Physical Chemistry C. – 2010. – V. 114. – № 29. – P. 12681–12688.

12. Tretyakov V.F. Synthesis of Motor Fuels from Bioethanol / V.F. Tretyakov, A.S. Lermontov, Yu.I. Makarfi, M.S. Yakimova, N.A. Frantsuzova, L.M. Koval, V.I. Erofeev // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2008. – V.44. – № 6. – P. 409–414.

13. Pidko E.A., Santen R.A.V. Activation of light alkanes over zinc species stabilized in ZSM-5: A comprehensive DFT study // Journal of Physical Chemistry C. – 2007. – V. 111. – № 6. – P. 2643–2655.

14. Rodrigues V.D.O. Mechanistic studies through H-D ehchange reactions: Propane aromatization in HZSM5 catalysts. / V.D.O. Rodrigues, F.J. Jr. Vasconcellos, A.C. Faro Junior // Journal of Catalysis. – 2016. – V. 344. – P. 252–262.

15. Rodrigues V.D.O., Faro Junior A.C. On catalyst activation and reaction mechanisms in propane aromatization on Ga/HZSM5 catalysts // Applied Catalysis A: General. – 2012. – V. 435–436. – P. 68–77.

УДК 665.71: 543.429.23

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТИ

Кашаев Р.С., Козелков О.В.

Казанский государственный энергетический университет, Казань, e-mail: kashaev2007@yandex.ru

Сделан анализ современных приборов и методов анализа физико-химических свойств (ФХС) нефти, нефтепродуктов и химических веществ. Выявлены ограничения применяемых в настоящее время приборов. Определены зависимости расхода и погрешности его определения от плотности и влажности скважинной жидкости, плотности от влажности и температуры. Сделан вывод о преимуществах метода ядерной магнитной резонансной (ЯМР) релаксации по сравнению с другими для удовлетворения требований ГОСТ 8.615-2005, поскольку метод и аппаратура проточного анализа методом ЯМР позволяют в едином приборе осуществлять экспресс-анализ скважинной жидкости. Описана аппаратура и методика реализации экспресс-метода ЯМР для определения расхода, концентрации воды, плотности нефти и газового фактора в скважинной жидкости. Описаны графические зависимости параметров ЯМР-релаксации от ФХС и уравнения их аппроксимирующие, по которым могут быть определены необходимые параметры ГОСТ в нефтях.

Ключевые слова: приборы, методы, анализ, физико-химические свойства нефти, нефтепродукты, ЯМР

DEVICES AND METHODS FOR ANALYSIS OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF OILS

Kashaev R.S., Kozelkov O.V.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, e-mail: kashaev2007@yandex.ru

An analysis is made of contemporary devices and methods for determination of the physico-chemical properties (PCP) of oils, oil products and chemical substances. Were revealed restrictions of used at time devices. Determined dependences of oil-well productivity and measurement errors from density and water concentration, density from water and temperature. Conclusion is made concerning advantages of method of nuclear magnetic resonance (NMR) relaxation over others for satisfaction requirements of GOST 8.615-2005, because method and apparatus of on-line analysis by NMR-method gives opportunity to realize express-analysis of oil-well liquid in one device. Were described an apparatus and methods for realization of NMR express-method for determination of oil-well productivity, concentrations of water, density and gas factor in oil-well liquid. Also described obtained graphical dependences of NMR-relaxation parameters from PCP and equations, which approximate them using which parameters of GOST in oils can be determined.

Keywords: apparatus, devices, methods, analysis, physico-chemical properties oils, products, NMR

В последнее десятилетие повысились требования к точности современных приборов и методов анализа физико-химических свойств (ФХС) нефти, нефтепродуктов и химических веществ. Так, по ГОСТ 8.615-2005 требуется оперативный контроль расхода Q, концентрации воды W, газа G и плотности ρ добытой скважинной жидкости (СКЖ) в проточном режиме (на скважинах, в трубопроводах). Но для высокообводненных нефтей погрешности измерений, например, расхода могут достигать 15%, сами измерения длительны во времени, не охватывают всего диапазона и требуют целого набора дорогостоящих анализаторов. Цель работы – анализ приборов, используемых для измерений параметров СКЖ и предложение альтернативы на базе проточного анализатора протонного магнитного резонанса (ПМРА).

Используемые на нефтепромыслах приборы и методы определения физико-химических свойств параметров нефти, нефтепродуктов и химических веществ

Физико-химические свойства скважинной жидкости – Q, W, G и ρ в СКЖ являются одними из трудноопределяемых параметров на потоке [1], поскольку применяемые приборы и методы имеют ограничения не только по диапазону измерений, но и из-за влияния мешающих факторов, таких как примеси и нестабильные и неопределенные структуры потоков многофазной среды скважинной жидкости при измерениях в проточном режиме. Наметилась тенденция к использованию многофазных измерителей (МФИ) Q, W, G и ρ как на континентальных месторождениях, так и на морских промыслах.

Из зарубежных многофазных расходомеров (МФР) Q следует отметить «мультирасходомер» MPFM-50 на расходомере Кориолиса в сочетании с влагомером. МФИ Agar способен работать в диапазоне вязкостей до 3000 сПуаз, расхода по жидкости 48-530 м^3/сутки, по газу 170–530 м^3/сутки. В США Agar используют фирмы Shell, Texaco, Conoco, BP, Amocon, в которых МФИ показывают высокую стабильность при работе с переменным содержанием обводненности 0–100% об. и 2–93% газа об.

В разработке Г.А. Калабина [2], в «Автоматизированной системе измерений рас-

ходов и параметров состава сырой нефти «Волна»», основанной на ядерном магнитном резонансе (ЯМР) высокого разрешения, погрешности измерений расхода составляют ± 0,25 % (но оговаривается, что определяется точностью вторичной аппаратуры), для концентрации воды, плотности и серы ± 1 %, газового фактора ≤ 4 %.

В технологических процессах по добыче нефти в настоящее время используется периодичность измерений концентрации воды W – раз в сутки по ГОСТ 2477 по объединенной пробе (при отсутствии влагомера). Это сказывается на точности анализов особенно при контроле на групповой замерной установке нескольких (6–24) скважин, при добыче с разделом продукции, а также при прорывах пластовой воды в скважине, когда в течение короткого времени параметры могут резко меняться. С ростом добычи высокообводненных нефтей с $W \geq 90$ % остро встала проблема разработки инструментального оперативного метода измерений W в диапазоне 0–100 %. Используемые анализаторы типа ВЭН-3М или автоматический УВТН, основаны на методах СВЧ и имеют большие погрешности в области инверсии фаз эмульсий ($W \sim 65$–80 %). Для коммерческого и бригадного учета (при $W < 60$ %) на нефтепромыслах используется способ измерения влажности, основанный на измерении диэлектрической проницаемости, например цифровым анализатором ЦВН-2С, а за рубежом применяют систему *AQUASYST WMC* 5250*Z* (фирмы *Endress + Hausser Ltd., Manchester*) на том же принципе. Недостатком данного способа является ограниченный диапазон измерений, поскольку в водонефтяных эмульсиях в области $W = 60$–75 % наблюдается инверсия фаз, что не позволяет использовать его для анализа сырой нефти с концентрацией воды выше 50 %. Микроволновый способ измерения влажности фирмы *AGAR Corporation* (*Houston,Texas*), реализованный в анализаторе *AGAR OW*-101, основан на поглощении электромагнитной энергии на частоте 4 МГц. Диапазон измерений по рекламному проспекту составляет 0–100 %. Но непрерывность диапазона достигается путем компьютерной «сшивки» градуировочной кривой в области инверсии фаз, и наши исследования показали, что в области «сшивки» погрешность достигает 30 %. Таким образом, отсутствуют анализаторы W в нефти на весь диапазон 0–100 %, не говоря уже об анализаторах скважинной жидкости, содержащей газовую компоненту.

При учете рекомендаций фирмы «Jiskoot Autocontrol Ltd» [1] по представительности пробоотбора содержание воды в диапазоне $W = 0$–1 % может определяться с точностью ± 0,02÷0,05 %. Действительно, нами разработан (и включен в Госреестр) анализатор АОЛ-101, работающий в ближней ИК-области спектра и определяюший влажность в этом диапазоне с точностью ± 0,04 %. Если $W = 0$÷5 %, в общую погрешность измерения количества нефти определение содержания воды вносит погрешность в ± 0,1÷0,25 %, что сравнимо с погрешностью определения объема (массы), т.е. на пробоотборную систему приходится уже более половины суммарной погрешности. Ситуация осложняется для содержания воды до 50÷70 %. Для таких пределов СН погрешность составляет ± 2,5÷3,5 %. Ситуация еще более осложняется в присутствии газа. Так, исследованиями (Золотов, Коробов) [3] установлена следующая зависимость расхода Q всей продукции скважин от составляющих ее компонентов:

$$Q = Q_{Ж}[1 + (1 - N)\rho_{Г}(aP^{n} + V_{сг})/\rho_{Н}], \quad (1)$$

где $Q_{Ж}$ – массовый расход дегазированной жидкости, N – массовый процент обводненности, $\rho_{Г}$, $\rho_{В}$, $\rho_{Ж}$ и $\rho_{Н}$ – плотности газа, воды, жидкости и нефти при нормальных условиях, P – давление сепарации, $V_{сг}$ – объем свободного газа, содержащегося при нормальных условиях в одном объеме нефти, a и n – коэффициенты, экспериментально определяемые для различных пластов месторождений. Для Мухановского месторождения $\rho_{Г} = 0{,}0012$ т/м^3, $\rho_{Н} = 0{,}840$ т/м^3, $\rho_{В} = 1{,}1$ т/м^3, плотность растворенного газа равна $\rho_{РГ} = 0{,}5$ т/м^3. С учетом плотностей $Q_{Н}$ нефти будет зависеть от плотностей газа, воды, жидкости и нефти:

$$Q_{Н} = Q_{Ж}K\rho_{Н}(\rho_{В} - \rho_{Ж})/\rho_{Ж}(\rho_{В} - \rho_{Н}), \quad (2)$$

где $K = 1/(1 + \delta_{Н}^{Г})$ – коэффициент сжимаемости, зависящий от многих факторов, $\delta_{Н}^{Г}$ – погрешность измерения Q при наличии газа, которая может быть выражена формулой

$$\delta_{Н}^{Г} = -\rho_{Г}(aP^{n} + V_{сг})/(\rho_{В} - \rho_{Н}). \quad (3)$$

Для корректного измерения Q необходимо контролировать плотности флюидов и температуру, поскольку W, N, а следовательно, и плотности компонентов могут меняться в очень широких пределах, поэтому контроль параметров нефти с помощью периодического лабораторного анализа не может дать достоверной информации о работе скважин. Преимуществом массового

метода измерения расходов по сравнению с объемным является практическая независимость показаний при изменении температуры контролируемой жидкости. Однако тут надо учитывать температурные зависимости K, $\rho_В$, $\rho_Н$, $\rho_Ж$. Это усложняет измерительную систему, поскольку температура СКЖ может отклоняться от среднего значения на ± 9 %. Аналитически при колебаниях температуры измеренное значение расхода нефти будет выражаться формулой

$$Q'_Н = Q_Ж K\rho_Н(\rho_В - \rho^t_Ж)/\rho^t_Ж(\rho_В - \rho_Н), \quad (4)$$

где в $\rho^t_Ж$ индекс t свидетельство учета температуры. Истинное значение $Q_Н$:

$$Q_Н = Q_Ж K^t \rho^t_Н(\rho^t_В - \rho^t_Ж)/\rho^t_Ж(\rho^t_В - \rho^t_Н). \quad (5)$$

Плотности нефти, воды и жидкости можно представить в виде соотношений

$$\rho^t_Н = \rho_Н/(1 + \alpha_Н\Delta t), \quad (6)$$

$$\rho^t_В = \rho_В/(1 + \alpha_В\Delta t), \quad (7)$$

$$\rho^t_Ж = \rho_Ж/[(1 - W)(1 + \alpha_Н\Delta t) + \\ +(1 - W)(1 + \alpha_В\Delta t)], \quad (8)$$

где $\alpha_Н$, $\alpha_В$ – коэффициенты объемного расширения нефти и пластовой воды ($\alpha_Н = 7\times10^{-4}$ 1/град;, $\alpha_В = 3{,}64\times10^{-4}$ 1/град); W – объемный процент обводненности,

$$\rho_Ж = \rho_В\times\rho_Н/[\rho_В(1 - N) + \rho_Н N]. \quad (9)$$

Относительная погрешность измерения расхода нефти в зависимости от температуры равна

$$\delta_Н{}^t = (Q'_Н - Q_Н)\times100\,\%/G'_Н. \quad (10)$$

В качестве датчиков газосодержания широко используется прибор УОСГ-100, который в соответствии с методикой МИ 2575-2000 «ГСИ. Нефть. Остаточное газосодержание. Методика выполнения измерений» основан на том, что изменение давления в пробоотборной камере прибора при изотермическом сжатии пробы газожидкостной смеси в зависимости от количества свободного газа в смеси. Результаты измерений в ВНИИР (г. Казань) показали, что при малых содержаниях газа погрешность УОСГ-100 находится в пределах значений, нормированных МИ 2575-2000. Однако при газе > 5 % наблюдаются отклонения показаний прибора более заданных по МИ. Дополнительная погрешность УОСГ-100 может быть объяснена низкой представительностью отбора пробы жидкости – часть пузырьков газа может накапливаться в пробоотборной камере до закрытия клапанов.

Для определения плотности нефти существует ряд способов: денситометрический, взвешивание на весах Вестфаля – Мора, пикнометрический, гидростатического взвешивания, взвешенных капель. Первые три приняты в качестве стандартных, но все являются лабораторными и не могут быть использованы для анализа на потоке. Измерение плотности/концентрации жидкостей, жидких смесей или многофазных жидкостей в режиме байпаса в непрерывном режиме может быть осуществлено с помощью измерителя плотности и концентрации *DIMF 2.0 c HART* (*Bopp&Reuther Messtechnic GmbH*), работающего по принципу вибратора с изогнутыми элементами. Измеритель обеспечивает непрерывное определение плотности, массового расхода, нормативные измерения. Кроме того, он может быть использован для контроля качества, наблюдения за составом сточных вод, опознания продуктов, управления дозировкой или добавками продуктов, химическими реакциями, в пенообразующих жидкостях или суспензиях.

Возможности метода ядерного магнитного резонанса для контроля параметров нефти

Из всех известных метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) является, пожалуй, единственным, способным одновременно контролировать расход, концентрацию воды, нефти и газа, плотность во всем диапазоне их измерений. Фирма *Bruker* (ФРГ) с 1988 г. начала использовать лабораторный релаксометр ЯМР Minispec pc в многофункциональном автоматизированном жидкостном хроматографе (ФЭЖХ) для измерения потоков жидкости и в качестве детектора при проведении стереохимических исследований жидкостей. Позже сообщалось о применении релаксометров Minispec 120 pc для контроля смешения потоков разных нефтей и процесса крекинга нефти.

По способам и приборам, использующих ЯМР-релаксацию, в 2004 г. было опубликовано (Харисов и др.) [4] устройство, которое содержит магнитную систему из двух постоянных магнитов и датчики разной конфигурации, обеспечивающие поляризацию и анализ по сдвигу фаз и изменению амплитуды сигнала. Изготовлен программно-аппаратный комплекс «Канал-квант», анализ сигнала с помощью развитого программного обеспечения позволяет судить о расходе и составе многофазного

потока с точностью, приведенной в статье (Одиванов и др., 2006) [5] и соответствующей: $\delta_Р = \pm 4\,\%$ для объемного Q в диапазоне 0–60 м^3/сут. и $\delta_В = \pm 5\,\%$ для концентрации воды. Но погрешность по расходу выше, чем в весоизмерительной установке на ГЗУ «Спутник-М», у которой $\delta_В = \pm 2{,}5\,\%$.

Первое сообщение о разработанном нами проточном ЯМР-анализаторе (ЯМРА-I) на основе измерений релаксации было сделано на XXVIII Ampere Congress, 1996, Canterbury, UK. В 2008 г. был опубликован патент [6] на ЯМРА II (второго поколения) с конической формой трубы в области байпаса пробоотбора. Его недостатками являлись: вероятность расслоения фаз в горизонтально расположенном расширении измерительного конуса, возможность засорения патрубка асфальтено-смолистыми отложениями и примесями, недостаточная турбулизация потока, недостаточная автоматизация процесса. С целью устранения указанных недостатков и повышения представительности пробоотбора нами получены патенты на способ и устройство ЯМРА-III третьего поколения [7–9].

Коническое расширение измерительной трубы в ЯМРА-III располагается вертикально, что устраняет возможность расслоения и влияния на измерение неполного заполнения датчика ЯМР. Перед входом в расширитель располагается сетка, защищающая от асфальтено-смолистых включений и механических примесей. Для интенсификации гомогенизации потока по периметру расширителя располагаются зубчатые кольца. Перемещение патрубка пробоотбора и значение сечения определяется контроллером. Задание параметров перемещения осуществляется через окно интерфейса. Макет ЯМР-III реализован в трубке Ø30 мм в зазоре магнита релаксометра ПМР по [9] на резонансной частоте 9,2 МГц. Частота резонанса определялась диаметром датчика и, следовательно, габаритов магнита, который в данном взрывозащищенном варианте достигает 100 кг.

Определение концентрации воды W осуществляется методом ЯМР измерением времен спин-спиновой релаксации $T_{2В}$, $T_{2Н}$ и T_2* по начальным участкам огибающих спин-эхо, включающим все экспоненциальные компоненты фаз и далее по формуле

$$W = T_{2в}(T_2^* - T_{2н})100\,\% / T_2^*(T_{2в} - T_{2н}). \quad (11)$$

Число 180°-х импульсов N в методике КПМГ с целью линеаризации зависимости выбирается из соотношения

$$N = k3\rho - k4, \quad (12)$$

где $\rho_Н$ – плотность нефти в кг/м^3, $k3 = 0{,}34$, $k4 = 284$.

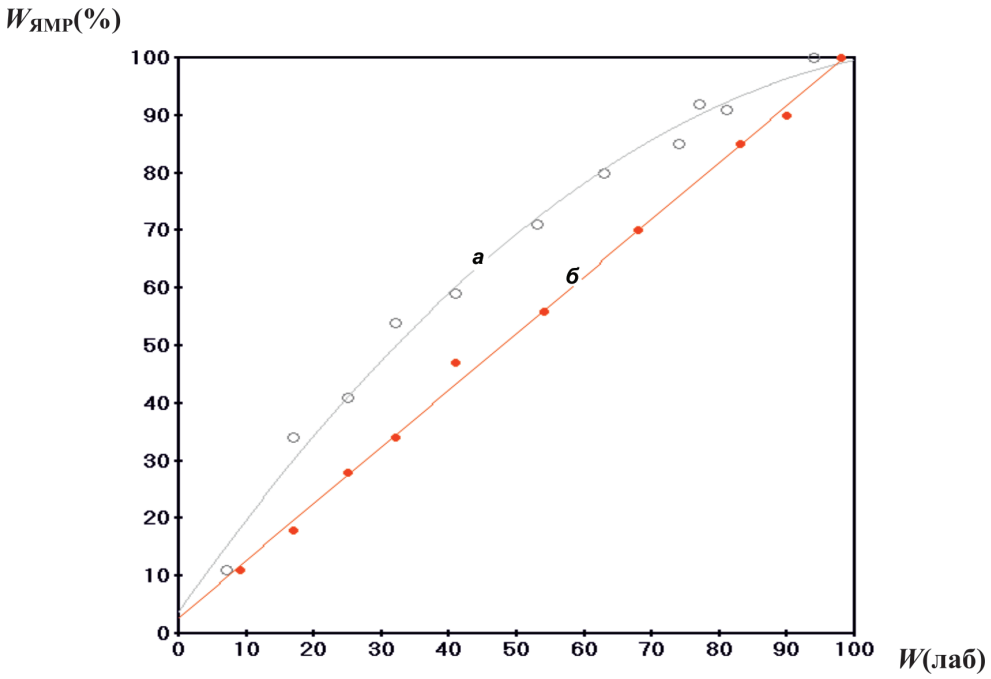


Рис. 1. Линеаризация зависимости $W_{ПМР}$ по данным ЯМР от реальных значений W(%) концентрации воды в образцах эмульсий воды в нефти

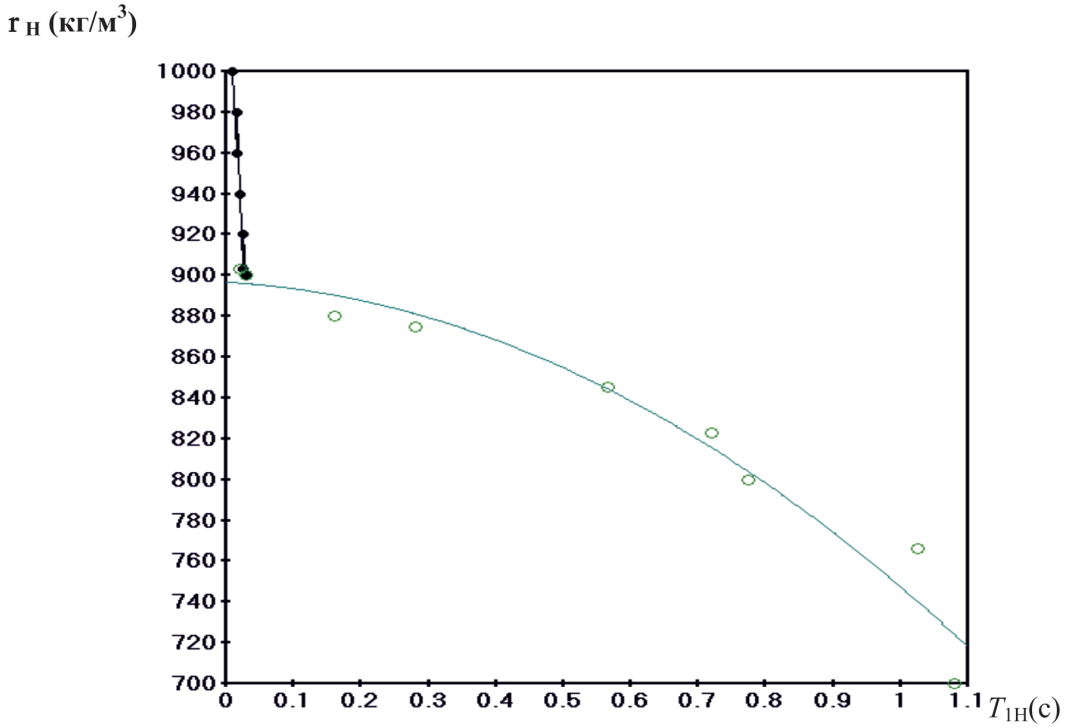


Рис. 2. Зависимость ρ_H от времен релаксации T_{1H} в диапазоне 700–1000 кг/м³

Кривая *а* на рис. 1 соответствует числу импульсов $N = 10$, прямая *б* соответствует $N = 23$. В результате во всем диапазоне измерений созданы условия одинаковой крутизны (чувствительности). При измерениях малых *концентраций воды и нефти* (сигнал на уровне шумов) добавление определенного количеств измеряемого компонента повышает точность.

Концентрация нефти O определяется по формуле $O = 100 – W$ или в случае больших обводненностей СКЖ (малых концентрациях нефти):

$$O = (T_{2B}T_{2H} - T_2{*}T_{2H} - O{*}T_{2B}T_2{*})/T_2{*} \\ {*}(T_{2B} - T_{2H})100\,\%, \qquad (13)$$

где O* – доля добавленной нефти.

Объемное содержание газа $V_G^{ЯМР}$ определяется по формуле

$$V_G^{ЯМР} = (A_0 - A_G)\,/A_0, \qquad (14)$$

где A_0, A_G – начальные амплитуды при полном заполнении датчика сырой нефтью и при частичном заполнении его газом. Погрешность измерений на потоке составляет 4,85 %.

Плотность нефти ρ_H в диапазоне 700–1000 кг/м³ по предлагаемому способу методом импульсного ЯМР можно определять в соответствии с корреляциями между ρ_H и T_{1H} (рис. 2).

Зависимости $\rho_H(T_{1H})$ аппроксимируются полиномами второй степени с коэффициентами корреляции $R^2 = 0{,}9587$ и $R^2 = 0{,}9554$:

$$\rho_H = 896{,}7 - 18{,}557(T_{1H}) - 130{,}8(T_{1H})^2$$

для

$$\rho_H = 700–900\ кг/м^3, \qquad (15)$$

$$\rho_H = 1089{,}3 - 9801(T_{1H}) + 112963(T_{1H})^2$$

для

$$\rho_H = 900–1000\ кг/м^3. \qquad (16)$$

Заключение

Метод ЯМР и анализатор ЯМРА-III в едином приборном оснащении позволяют с высокими коэффициентами корреляции измерять ФХС СКЖ по ГОСТ 8. 615-2005.

Список литературы

1. Jiskoot J.J. Considerations for crude oil sampling. Control and Instrumentation. – 1987. – vol.19, № 5. – P. 127–128.

2. Калабин Г.А., Полонов В.М., Смирнов М.Б. Количественная Фурье-спектроскопия ЯМР в химии нефти. Обзор. / Г.А. Калабин // Нефтехимия. – 1986. – Т. XXVI, № 4. – С. 435–563.

3. Золотов В.П., Коробов А.П. Анализ способов измерения расхода нефти в жидкой продукции скважины / В.П. Золотов // Нефтяное хозяйство. – 1972. – № 5. – С. 33–37.

4. Патент 40496 U1 Российская Федерация, МПК G01N24/08. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ЯМР / Валиев Р.Ф., Харисов А.Г., Садыков И.И., Шмелев А.А., заявитель и патентообладатель ОАО «Альметьевский з-д «Радиоприбор», заявлено 10.09.2004 г; опубл. 20.08.2005, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

5. Одиванов В., Курбанов Р., Садыков И., Харисов А. Программно-аппаратный комплекс «Канал-квант» для измерения состава и расхода жидкости, добываемой из нефтяных скважин. / СТА. – 2006. – № 2. – С. 44–48.

6. Патент 74710 Российская Федерация, МПК G01N24/08. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентных жидкостей методом ЯМР / Р.С. Кашаев, А.Н. Темников, З.Ш. Идиятуллин, И.Р. Даутов; заявитель и патентообладатель КГЭУ. – № 2319138/25; заявл. 27.12. 2007; опубл. 20.05.2008, Бюл. № 14 (II ч.), – 1 с.

7. Патент 2519496 C1 Российская Федерация, МПК G01N24/08. Способ оперативного контроля качества нефти и нефтепродуктов / А.Н. Темников, З.Ш. Идиятуллин; заявитель и патентообладатель КГЭУ; № 2012156287; заявл. 24.12.2012; опубл. 10.06.2014. Бюлл. № 16. – 3 с.

8. Патент 2544360 Российская Федерация, МПК G01N24/08. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентных жидкостей методом ядерного магнитного резонанса // Р.С. Кашаев, А.Н. Темников, З.Ш. Идиятуллин, заявитель и патентообладатель КГЭУ; № 2013154003/28; заявл. 24.12.2014; опубл. 20.03.2015. Бюлл. № 8. – 3 с.

9. Кашаев Р.С. Аппаратура и методики ЯМР-анализа нефтяных дисперсных систем / Р.С. Кашаев // Lambert Academic Publishing. – Saarbruchen, 2012. – 91 с.

УДК 544.1:544-971

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ ГРУППЫ НИТРОФУРАНЫ С МЕТАЛЛАМИ

Чигринева Н.А., Абрамова В.В., Сагдеев М.А., Строганова Е.А., Ткачева Т.А., Пешков С.А.

Оренбургский государственный университет, Оренбург, e-mail: chigrinevanatalya@gmail.com

В приближении HF/6-31+G* проведено теоретическое моделирование связывания ионов двухвалентных металлов (Cu, Zn, Mn) с фуразолидоном. Рассчитаны оптимальные структуры комплексов ионов металлов с аналогами фуразолидона (упрощенной модели оптимизации), включающих пентильное 2-нитрофуранильное кольцо с присоединенным к нему атомом азота и двумя атомами кислорода. Энергию образующихся соединений описывали величиной полной энергии E. Учет сольватационной поправки рассчитывали с помощью континуальной модели PCM-C. Масштабирующий коэффициент не применялся. На основе энергий образования комплексов построен ряд стабильности комплексов фуразолидона с металлами: Cu ≈ Zn > Mn. Определено наиболее выгодное геометрическое строение комплекса фуразолидона с катионами металлов при присоединении по нитрогруппе. Рассчитаны и проанализированы колебательные спектры молекулы фуразолидона.

Ключевые слова: нитрофураны, координационные соединения, энергия образования, тяжелые металлы

RESEARCH OF STABILITY OF PHARMACEUTICALS OF GROUP NITROFURANUMS WITH METALS

Chigrineva N.A., Abramova V.V., Sagdeev M.A., Stroganova E.A., Tkacheva T.A., Peshkov S.A.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: chigrinevanatalya@gmail.com

In an approximation of HF/6-31+G* theoretical model operation of binding of ions of divalent metals (Cu, Zn, Mn) with Furazolidonum is carried out. Optimum structures of complexes of ions of the metals with Furazolidonum analogs (the simplified optimization model) including a pentilny ring with the atom of nitrogen, associated to it, and two atoms of oxygen are counted. Energy of the formed connections was described the size of the total energy of E. The accounting of the salvation amendment, counted by means of the continual PCM-C model. The scaling factor was not applied. On the basis of energies of formation of complexes a number of stability of complexes of Furazolidonum with metals is constructed: Cu ≈ Zn > Mn. The most favorable geometrical structure of a complex of Furazolidonum with cations of metals at accession is determined by nitro-group. Vibration spectrums of complexes are calculated and analyzed.

Keywords: nitrofuranums, coordination compounds, formation energy, heavy metals

В настоящее время химия координационных соединений представляет собой наиболее перспективную область науки [1]. Согласно проведённым ранее исследованиям [2] многие антибиотики в молекулярной или ионной форме способны образовывать устойчивые комплексы с катионами различных металлов. Металлокомплексы оказывают влияние на антимикробную активность, химические свойства и на устойчивость к гидролизу [3–5].

Кристаллическая структура синтезированных антибактериальных соединений весьма ограничена. Опубликованы исследования [6–8] отражающие современное состояние кристаллохимии, ряда нитрофуранов и их комплексов с металлами, а именно с Mg (II), Ca (II), Cu (II), Cd (III), Ni (II) Zn (II), Co (III). Протолитическое равновесие нитрофуранов в растворителях обуславливает их разнообразие и способность координировать с металлами. Изучение способности к комплексообразованию нитрофуранов помогает лучше понять физико-химические свойства для практического использования этого класса антибиотиков. Их реакция в водных и водноорганических растворителях весьма многообразна, данные исследований позволят оценить координационные возможности и состав соединений в жидких средах, включая физиологические жидкости живых организмов.

Целью исследования является изучение процесса комплексообразования антибиотиков группы нитрофураны, а именно фуразолидона с ионами d-металлов (Zn (II), Mn (II), Cu (II)), определение термодинамических характеристик и построение ИК-спектров.

Материалы и методы исследования

Оптимизация геометрических параметров комплексов фуразолидона с метал-

лами произведена в приближении HF/6-31 + G*, на функциях ограниченного метода Хартр – Фока с открытой оболочкой. Учет растворителя производили с помощью PCM-C [10]. При расчете колебательных спектров масштабирующий коэффициент не применялся. Все расчеты выполнены в программном пакете FifeFly 8.1 [9, 11].

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследования произведена оптимизация геометрических параметров, для нахождения равновесных состояний молекулы фуразолидона. Схематическое строение молекулы антибиотика приведено на рис. 1, а.

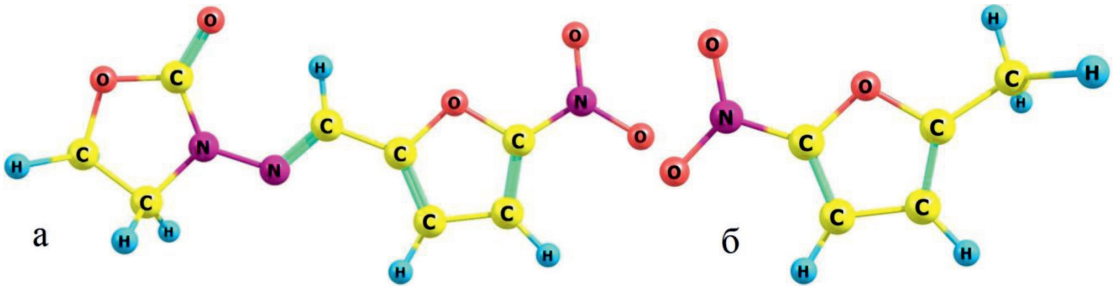


Рис. 1. Геометрическое строение оптимизированной молекулы фуразолидона: а – полная, б – упрощенная

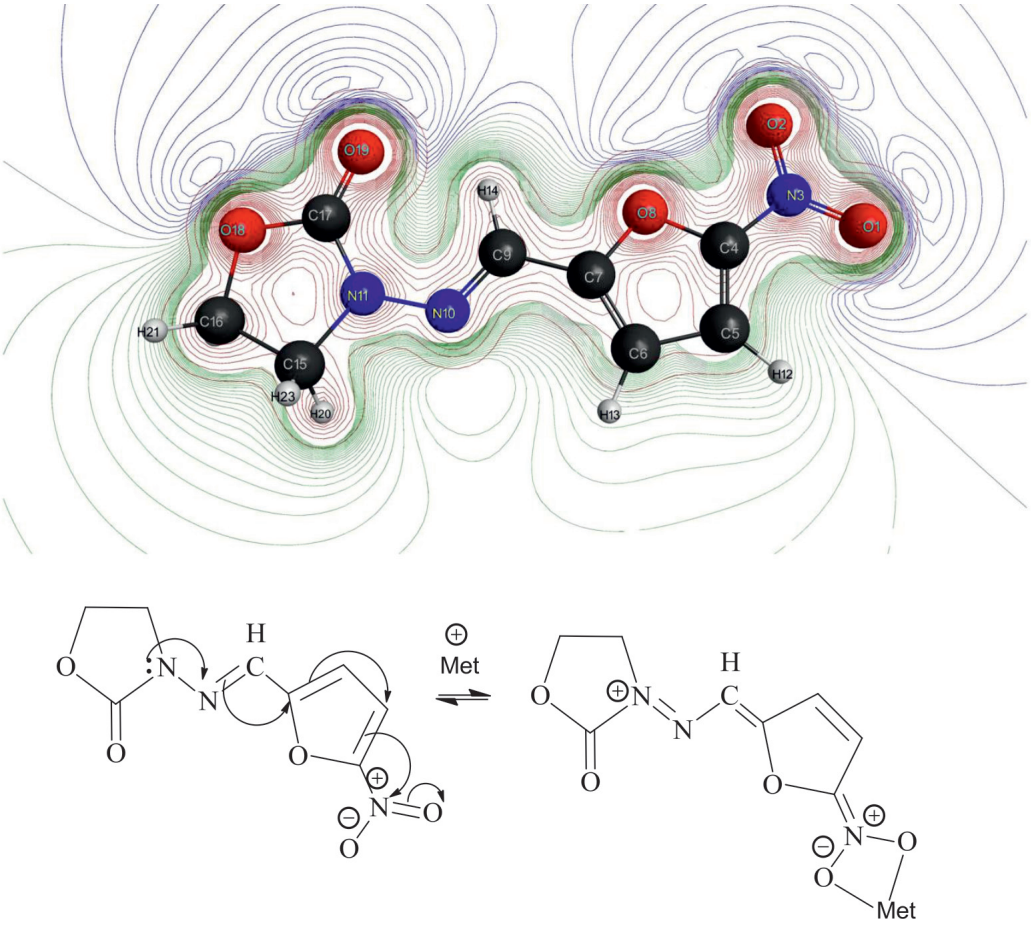


Рис. 2. Распределение электронной плотности в молекуле фуразолидона (зеленым показан отрицательный электростатический потенциал, синим – положительный; красными линиями показано распределение электронной плотности)

Предварительный анализ электронной плотности (рис. 2) в молекуле фуразолидона показал, что отрицательный электростатический потенциал расположен вдоль атомов кислорода и делит молекулу пополам. Основная часть электронной плотности сосредоточена у молекул кислорода и в равной степени распределяется между ними. Небольшая часть электронной плотности распределена между двумя атомами азота (N11, N12) с преобладанием положительного электростатического потенциала. Однако доступ к атомам азота N11, N12 пространственно затруднен. Следовательно, можно предположить, что с большой вероятностью именно атомы кислорода и будут участвовать в химической реакции по схеме, указанной на рис. 2.

Доказательством верности расчета может служить совпадение теоретического ИК-спектра молекулы фуразолидона с экспериментальным ИК-спектром. На рис. 3 показано хорошее соответствие расчетного ИК-спектра молекулы фуразолидона с экспериментальными данными. Небольшое различие 100–150 см$^{-1}$ может быть связано с использованием континуальной модели PCM-C, в которой в качестве растворителя были выбраны молекулы воды, в то время как экспериментальный ИК-спектр молекулы фуразолидона был получен в твердой фазе. Также следует учесть, что масштабирующий коэффициент к теоретическим ИК-спектрам не применялся. На правильность результатов расчета указывает и совпадение, по абсолютному значению, расчетных интегральных интенсивностей с экспериментальными коэффициентами экстинкции (табл. 1). Частоты наиболее интенсивных мод колебаний комплексов фуразолидона по результатам HF/6-31+G* + PCM-C расчетов приведены в табл. 2.

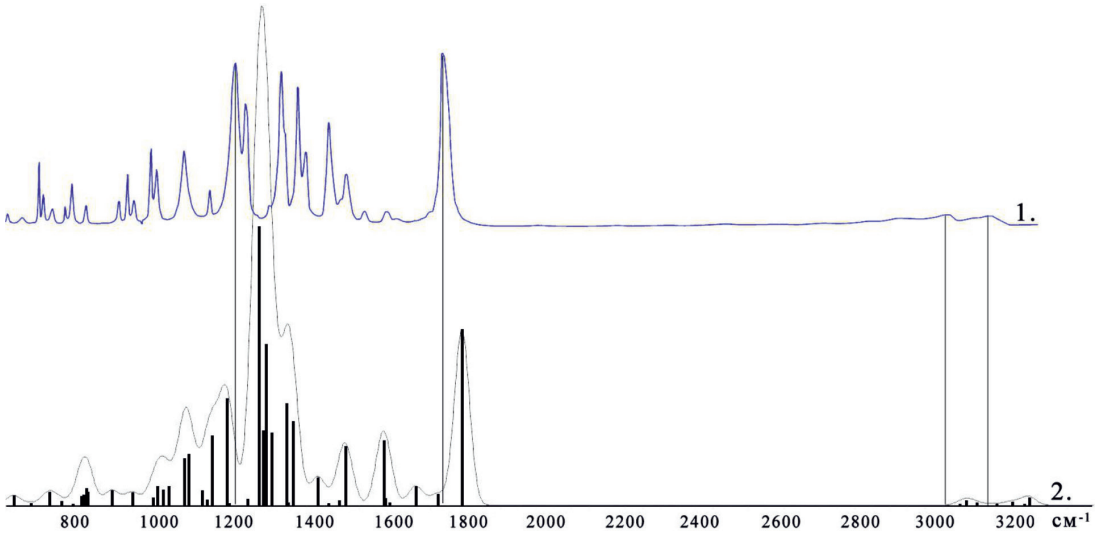


Рис. 3. Инфракрасные спектры фуразолидона (1 – эксперимент [12], 2 – расчет), расчет в приближении HF/6-31+G + PCM-C*

Таблица 1

Характеристические полосы поглощения фуразолидона (см$^{-1}$). Сравнение экспериментального ИК-спектра с теоретически полученным в приближении HF/6-31+G*

Эксперимент	Расчет	Эксперимент	Расчет
750 (ср)	621 (сл)	1390 (с)	1314 (с)
1030 (ср)	822 (сл)	1475 (с)	1410 (ср)
1094 (ср)	1112 (сл)	1500 (ср)	1553 (сл)
1178 (сл)	1158 (с)	1620 (сл)	1758 (сл)
1250 (с)	1181 (ср)	1750 (с)	1890 (ср)
1380 (с)	1211 (ср)	3022 (сл)	3320 (сл)

Примечание . с. – сильное колебание, сл. – слабое колебание, ср. – среднее колебание. В соответствии с усредненными значениями расчетных интегральных интенсивностей ИК-полос, а также усредненными коэффициентами экстинкции.

Таблица 2

Частоты ($см^{-1}$) наиболее интенсивных мод колебаний комплексов фуразолидона по результатам HF/6-31+G* + PCM-C расчетов

Отнесение	Частота
ν_{as}(C-O-C)	1181
ν_{as}(C-N)	1314
ν (NO_2)	1410
δ (C-H)	1553
ν(C=O)	1890
ν_{s}(C-H)	3320

Примечание. ν – валентные колебания: s – симметричное, as – антисимметричное; деформационные колебания.

Следующим этапом было решено рассмотреть возможность комплексообразования фуразолидона с катионами переходных металлов. В качестве примера выбраны три катиона металла: цинка, меди и марганца. Конформационный анализ, а именно присоединение металла к различным атомам кислорода, не проводился. Следует иметь в виду, что задачей данной работы являлось лишь наглядное отображение возможности комплексообразования молекулы фуразолидона. Катион металла располагали между атомами кислорода O2 и O1 нитрогруппы молекулы фуразолидона (рис. 2). Так как для исследуемых металлов возможно различное координационное число, то выбрана следующая модельная стратегия. Рассчитаны комплексы двузарядных катионов металла с разным количеством лигандов фуразолидона 1:1; 1:2; 1:3; 1:4. Ввиду большого количества оптимизируемых атомов в исследуемых комплексах фуразолидона с металлами было решено упростить модель оптимизации, включив в расчет только пентильное 2-нитрофуранильное кольцо с присоединенным к нему атомом азота и двумя атомами кислорода (рис. 1, б).

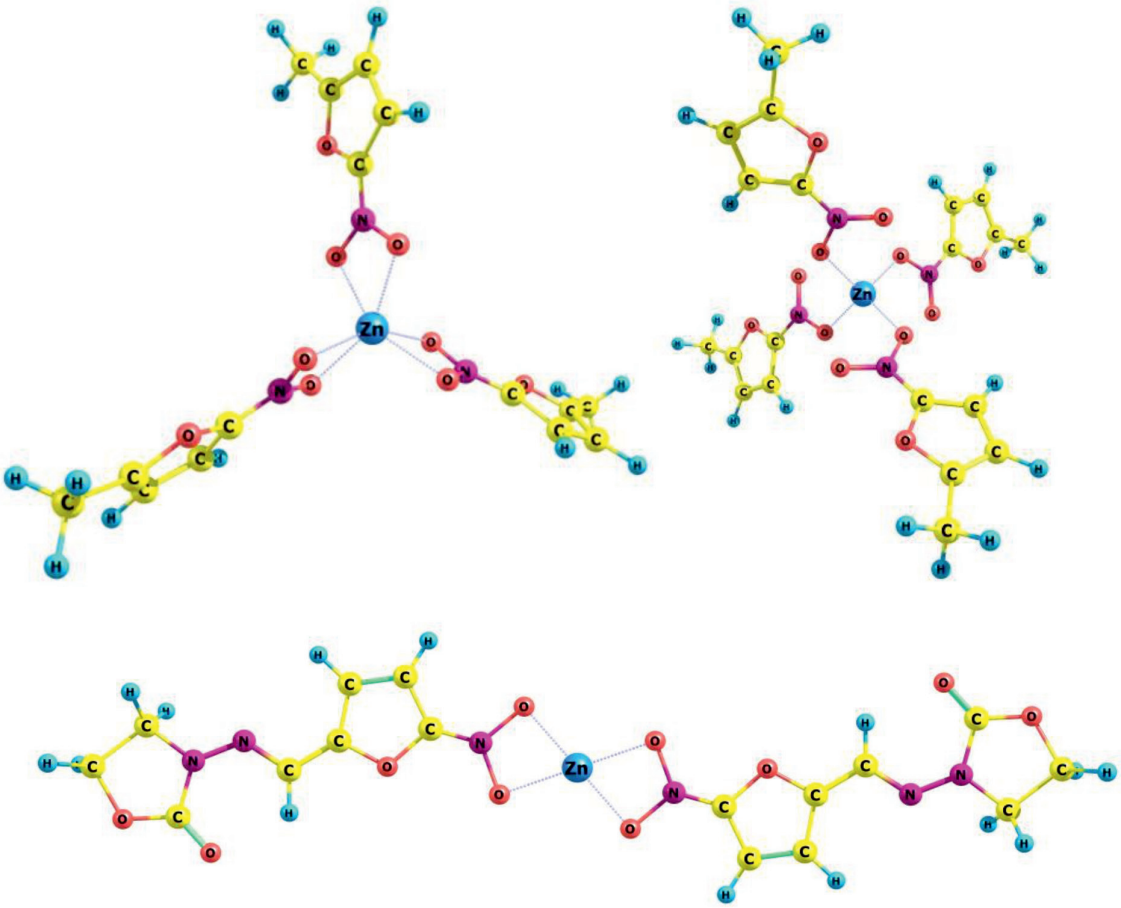


Рис. 4. Структура оптимизированных комплексов фуразолидона с двумя, тремя и четырьмя катионами металла, на примере цинка

На основе энергий образования комплексов ($\Delta E°$), указанных в табл. 3, можно сделать вывод, что присоединение новой молекулы фуразолидона к образующемуся комплексу увеличивает его устойчивость. Однако при этом увеличение координационного числа катиона металла, за исключением комплексов с тремя молекулами фуразолидона, не происходит (рис. 4). Данный факт показывает, что наиболее устойчивый комплекс образуется при присоединении катиона металла к одному атому кислорода группы NO_2, то есть координационное число для всех металлов в комплексе с фуразолидоном равно 4. Наиболее устойчивые соединения образуются с Cu и Zn. Отличие в энергиях образования комплексов с медью и цинком не превышает 20 ± 5 кДж/моль.

Вычисление изменения энергии Гиббса проводили для комплексов двух молекул фуразолидона с катионами металлов. Расчет энергии ΔG выполняли для нормальной (полной) молекулы фуразолидона. Учет растворителя производили с помощью поправки PCM-C. В качестве модельного растворителя выбрана вода. Вычисленные изменения свободной энергии Гиббса $\Delta G°$ при образовании комплекса катионов металлов с фуразолидоном для всех структур приведены в табл. 3.

Таблица 3

Абсолютные ($E°$) и относительные ($\Delta E°$) энергии образования комплекса, рассчитанные для описания комплексообразования Me (II) с фуразолидоном

	Cu	Zn	Mn
	$\Delta E°$, Энергия образования комплекса, кДж/моль		
$\Delta E°_1$	– 882,5	– 880,1	– 701,2
$\Delta E°_2$	– 1420,6	– 1397,7	– 798,6
$\Delta E°_3$	– 1678,6	– 1691,0	– 756,2
$\Delta E°_4$	– 1858,1	– 1877,6	– 1212,4
	$E°$, Хартри		
Me^{2+}	– 1630,111886	– 1768,275039	– 1143,571479
$MeFur^{2+}$	– 2098,910864	– 2237,073063	– 1612,301385
$MeFur_2^{2+}$	– 2567,578594	– 2705,733039	– 2080,801290
$MeFur_3^{2+}$	– 3036,139670	– 3174,307565	– 2549,247934
$MeFur_2^{2+}$	– 3504,670854	– 3642,841438	– 3017,884526
	$\Delta G°$, Энергия образования комплекса, кДж/моль (PCM-C)		
$Me^{2+} + 2Fur$	121,3	128,3	96,3
$Me^{2+} + 2Fur + 2H_2O$	281,6	304,6	218,7

Примечание. Fur – Фуразолидон (*Furazolidone*): 3-[[(5-Нитро-2-фуранил)метилен]амино]-2-оксазолидинон ($C_8H_7N_3O_5$). Величина энергии Гиббса для молекулы фурацилина $G°$, Хартри = = – 468,4628157. Расчет в приближении HF/6-31+G*.

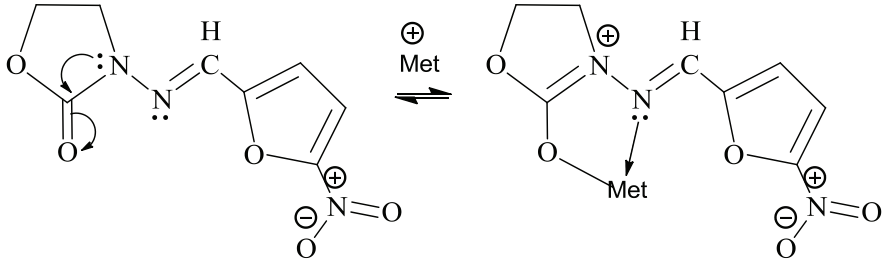


Рис. 5. Схема распределения электронной плотности в молекуле фуразолидона

Установлено, что для всех металлов характерно плоскоквадратное окружение катиона атомами кислорода. Вычисленные значения изменения свободной энергии Гиббса (табл. 2) показывают, что наиболее устойчивый комплекс образуется с катионами Zn и Cu, наименьшей устойчивостью обладает комплекс фуразолидона с Mn. Однако все полученные значения имеют положительный знак, следовательно, присоединение катионов металлов в воде невыгодно и при нормальных условиях комплексы фуразолидона с медью, цинком и марганцом по схеме, указанной на рис. 2, образовываться не будут. Данный факт предположительно можно объяснить тем, что фуразолидон плохо растворим в воде, а также возможностью присоединения металлов к молекулам кислорода O18 и O19 по другой схеме (рис. 5). Это подтверждается расчетами катионов металлов с фуразолидоном в присутствии воды. Молекулы воды еще больше увеличивают энергию образования комплексов.

Выводы

На основе расчета энергий образования комплексов фуразолидона с металлами $\Delta E°$, а также изменении свободной энергии Гиббса $\Delta G°$ выявлено, что наиболее устойчивые соединения образуются с медью и цинком. Для всех металлов характерно плоскоквадратное окружение катиона атомами кислорода, в случае присоединения с четырьмя и двумя молекулами фуразолидона. Полученные результаты представлены для реакции присоединения катиона металла к нитрогруппе молекулы фуразолидона.

Список литературы

1. Харченко В.И. Квантово-химическое исследование функциональных свойств метакрилата лантана (III) / В.И. Харченко, И.А. Курбатов, А.И. Чередниченко, Л.Н. Алексейко // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 6. – С. 42–47.

2. Alekseev V.G., Samuilova I.S. Mixed ligand metal complexes of beta-lactam antibiotics// Abstr. of X international conference on the problems of solvation and complex formation in solutions. – Suzdal, 2007. – vol. 1. – P. 249.

3. Алексеев В. Г. Бионеорганическая химия пенициллинов и цефалоспоринов [Текст] / А.Г. Алексеев. – Тверь: Твер. гос. ун-т., 2009. – 104 с.

4. Панюшкин В.Т. Синтез, кристаллическая и молекулярная структура комплекса ацетата меди (II) с 2-(2-гидроксифенил)-4, 4-дифенил-1, 2-дигидро-4h-3, 1-бензоксазином / В.Т. Панюшкин, Т.Е. Апенышева, В.И. Сокол, В.С. Сергиенко, К.С. Пушкарева, С.Н. Болотин // Координационная химия. – 2007. – т. 33. – № 9. – С. 686–691.

5. Uivarosi V. Metal complexes of quinolone antibiotics and their applications: an update // Molecules. – 2013. – vol. 18, № 9. – P. 11153–11197.

6. Фурсина А.Б. Синтез, строение и свойства координационных соединений кобальта (II), никеля (II) и меди (II) с некоторыми производными 5-нитрофуран-2-амидразона: автореф. дис. ... канд. хим. наук (02.00.01) / Ангелина Борисовна Фурсина; Кубанский гос. университет. – Краснодар, 2006 – 140 с.

7. Larionov S.V., Tkachev A.V., Savel'eva Z.A., Myachina L.I., Glinskaya L.A., Klevtsova R.F., Bizyaev S.N. Co (III) complexes with optically active bis (menthane), pinano-para-menthane, carano-para-menthane, and bis (carane) propylenediaminodioximes // Russian Journal of Coordination Chemistry. – 2006. – vol. 32, № 4. – P. 250–260.

8. Kascatan-Nebioglu A., Panzner M.J., Tessier C.A., Cannon C.L., & Youngs W.J. N-Heterocyclic carbene–silver complexes: A new class of antibiotics // Coordination Chemistry Reviews. – 2007. – vol. 251, № 5. – P. 884–895.

9. Turel I. The interactions of metal ions with quinolone antibacterial agents // Coordination Chemistry Reviews. – 2002. – vol. 232, № 1. – P. 27–47.

10. Tomasi J., Mennucci B., Cammi R. Quantum mechanical continuum solvation models // Chemical reviews. – 2005. – vol. 105, № 8. – P. 2999–3094.

11. Имашева Н.М. Спектральные методы определения строения органических соединений: учебное пособие / Н.М. Имашева. – М.: КНОРУС; Астрахань: АГУ, ИД «Астраханский университет», 2016. – 84 с.

УДК 630*434: 630*231

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ ГАРЕЙ В УСЛОВИЯХ СУХИХ СОСНЯКОВ ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ ПРИИРТЫШЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ГЛПР «СЕМЕЙ ОРМАНЫ»)

[1]Данчева А.В., [2]Залесов С.В.

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

[2]Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛТУ), Екатеринбург

Приведены данные исследований особенностей формирования послепожарных сосновых молодняков на гарях в сухих сосняках (группа типов леса C_2) ленточных боров Прииртышья (на примере ГЛПР «Семей орманы») в зависимости от густоты произрастания. Для изучения естественного возобновления применялся метод учетных площадок по А.В. Побединскому. Вопросы естественного лесовозобновления гарей для Казахстана особо актуальны, поскольку многовековое воздействие человека на растительность привело к сокращению площади лесов в результате бессистемных рубок, пожаров, пастьбы скота, а в последние десятилетия – активного использования лесов в качестве объектов отдыха и туризма. По данным, проведенных исследований наблюдается непрерывность лесовосстановительного процесса на гарях. По существующим нормативам возобновление сосны оценивается как «удовлетворительное». В результате проведенных исследований отмечается общая тенденция незначительного снижения основных таксационных показателей подроста сосны с увеличением расстояния от стены леса до 150 м, при этом существенных различий в их абсолютных величинах не установлено. Выявлена тесная взаимосвязь основных таксационных показателей подроста сосны в послепожарных молодняках с густотой их произрастания. Наибольшие значения диаметра на высоте 1,3 м, высоты подроста и прироста по высоте отмечаются при густоте произрастания от 0,4 до 2,0 тыс. экз/га. Резкое снижение указанных таксационных показателей подроста сосны в 1,4–2,6 раза, появление сухостойных экземпляров сосны в количество до 0,1 тыс. экз/га и резкое снижение показателя жизненного состояния (ОЖС) с 90 до 60 %, при котором молодняки характеризуются как «ослабленные», происходит при густоте произрастания от 3,6 тыс. экз/га и более. Полученные данные свидетельствуют, что на данном этапе формирования послепожарных молодняков сухих условий произрастания ленточных боров Прииртышья наилучшим вариантом густоты произрастания являются ее значения до 3,5 тыс. экз/га.

Ключевые слова: гарь, естественное лесовозобновление, сухие лесорастительные условия, густота произрастания

NATURAL REAFFORESTATION AT THE BURNT AREA IN BELT PINE FORESTS OF THE PRIIRTYSHYE (FOR EXAMPLE, SFNFR «SEMEY ORMANY»)

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

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

[2]Ural State Forest Engineering University (USFEU), Ekaterinburg

The data of research of features of formation of leftover post-fire pine underbrush on fire sites in dry pine forests (group of forest types C2) belt forests of Irtysh (by the example of GLPR «Families ormany») depending on density of growth. To study the natural regeneration method has been used to account for sites by A.V. Pobedinskogo. Issue natural reforestation of burnt areas for Kazakhstan is particularly relevant because centuries of human impact on vegetation has led to deforestation as a result of indiscriminate felling, fires, grazing, and in recent decades, the extensive use of forests as recreation and tourism. According to the data of the conducted research is observed the continuity of the reforestation process of burned areas. Under existing regulations, the renewal of the pine is assessed as «satisfactory». The result of the research there is a General trend of a slight decline in the main inventory indices of the undergrowth of pine with increasing distance from the wall of the forest up to 150 m, with significant differences in their absolute values not established. The close relationship of the main inventory indices of the undergrowth of pine leftover post-fire in the young stands with the density of their growth. The highest values of diameter at height of 1,3 m, height of undergrowth and height increment observed in the growth density of from 0,4 to 2,0 thousand ind/ha. The sharp decline in listed inventory indices of the undergrowth of pine 1,4–2,6 times, the appearance of dead specimens of pine, in the amount of up to 0.1 thousand ind./ha and a sharp decline in vitality (ERP) with 90 to 60 %, in which the young growths are characterized as «relaxed», occurs when the density of growth from 3.6 thousand ind./ha and more. The findings suggest that at this stage of the formation of young stock leftover post-fire dry growing conditions of pine forests of Priirtyshye best option density of growth is its value to 3,5 thous. ind./ha.

Keywords: burnt area, natural regeneration, dry forest sites, density of growth

Периодически повторяющиеся лесные пожары являются одним из важнейших экологических факторов, оказывающих трансформирующее воздействие на структуру, функции, динамику и эволюцию всех компонентов лесных экосистем [1–3].

Не случайно многие авторы отмечают, что ландшафты таежной зоны имеют современный вид только благодаря лесным пожарам разных видов и интенсивности [4, 5].

Ряд древесных пород, в частности сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*), форми-

руют насаждения на плодородных почвах только благодаря лесным пожарам, которые периодически уничтожают подрост теневыносливых пород. Общеизвестно, что медленная деструкция опада, связанная с недостатком тепла в северной подзоне тайги и недостатком влаги в лесостепной зоне, приводит к накоплению лесной подстилки. Семена хвойных пород «зависают» в лесной подстилке, что сдерживает накопление подроста. В процессе низовых лесных пожаров, лесная подстилка частично, а иногда и полностью выгорает, что создает условия для «всплеска» послепожарного лесовосстановления, в частности сосной обыкновенной. При наличии обсеменителей горельники и гари быстро восстанавливаются хозяйственно ценными древесными породами [6, 7].

(рис. 1). Общая площадь – 177 га. Группа типов леса – сухие сосняки ($С_2$). Гарь была очищена от древесины погибших в результате лесного пожара деревьев и оставлена под естественное заращивание.

Изучение процессов лесовосстановления гарей осуществлялось с использованием существующих методических приемов [12]. Сбор морфоструктурных показателей послепожарных молодняков проводился на учетных лентах, заложенных параллельно стене леса. На лентах через равные расстояния (50 м) закладывались учетные площадки размером 9 м^2, на которых проводился сплошной перечет подроста с разделением по породному составу и высотным категориям: до 1 м и более 1 м. Каждый экземпляр подроста сосны высотой более 1,0 м был замерен об-

Рис. 1. Естественный тип лесовосстановления гари в ГЛПР «Семей орманы»

Скорость и потенциальная возможность лесовосстановления после пожара зависят от времени пожара, его вида, интенсивности, типа леса и других факторов [8–10]. Изучение процессов естественного лесовозобновления и формирования молодняков на гарях имеет большое практическое значение для своевременного проведения необходимых лесоводственных мероприятий [11].

Особенно актуальным вопрос естественного лесовозобновления гарей становится для Казахстана, где в последние десятилетия активно используются леса для отдыха и туризма.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлась гарь, образовавшаяся после верхового пожара осенью 1997 г. в Семипалатинском филиале Краснокордонского лесничества кв. 90–91

щепринятыми в лесной таксации приборами и инструментами и была дана оценка жизненного состояния (ОЖС) по А.В. Алексееву [13]. Обработка полученного материала производилась в соответствии с апробированными методиками [14, 15].

Сбор морфоструктурных показателей проведен на 36 учетных площадках и 5 пробных площадях (ПП). Успешность естественного лесовозобновления устанавливалась в соответствии с действующими нормативными документами [16].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно данным, представленным в табл. 1, количественные показатели возобновления колеблются в пределах от 3,1 до 6,8 тыс. экз/га, что позволяет успешность возобновления сосной охарактеризовать

как удовлетворительную. Последнее объясняется тем, что после верхового пожара сохранила жизнеспособность значительная часть деревьев сосны. Указанные деревья резко увеличили семеношение. Выполненные исследования показали, что шишки зафиксированы у 15% деревьев произрастающих на пройденной огнем площади. Если учесть, что год обследования был неурожайным для сосны, то легко сделать вывод о массовом семеношении сохранивших жизнеспособность деревьев на гари.

Кроме того, при установлении возможности естественного лесовосстановления не следует забывать о примыкающих к гари стенах леса. За счет сильных ветров в весенний период семена сосны по насту распространяются на значительные расстояния, чем объясняется лесовосстановление на гарях даже при отсутствии обсеменителей.

Таблица 1

Количественные показатели и состав послепожарных молодняков в ГЛПР «Семей орманы»

Расстояние от стены леса, м	Количество подроста, тыс. экз/га/ состав		
	до 1,0 м	более 1,0 м	итого
50	–	$\frac{3,1}{10С}$	3,1
100	1,1	$\frac{6,7}{10С}$	6,8
150	1,3	$\frac{3,2}{10С}$	4,5

Важным моментом в анализе успешности формирования послепожарных молодняков является оценка роста и развития сосновых насаждений в зависимости от удаленности их от стены леса. Основные таксационные характеристики послепожарных молодняков в зависимости от расстояния от стены леса приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что на гари сформировались чистые по составу сосновые молодняки, средний возраст которых составляет 14 лет.

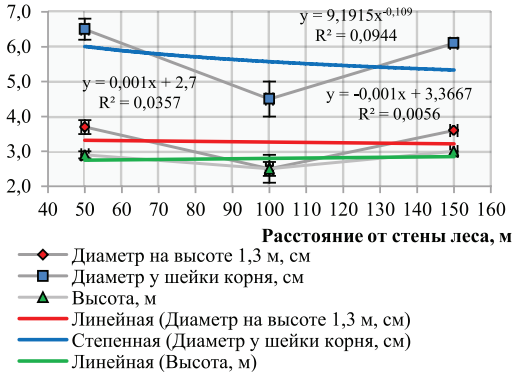
В результате проведенных исследований отмечается общая тенденция незначительного снижения основных таксационных показателей подроста сосны (диаметр на высоте 1,3 м, диаметр у шейки корня и высота) с увеличением расстояния от стены леса до 150 м, при этом существенных изменений в величине таксационных показателей не выявлено. Отсутствие взаимосвязи густоты произрастания с анализируемыми показателями подтверждаются сравнительно низкими значениями коэффициента аппроксимации ($R^2 = 0,0312–0,4878$) (рис. 2, а). Та же закономерность прослеживается при анализе показателя прироста по высоте (рис. 2, б).

Анализ влияния расстояния от стены леса на показатель жизненного состояния ОЖС исследуемых послепожарных сосновых молодняков не выявил существенных изменений последнего (табл. 2). Независимо от расстояния до стены леса, по значению ОЖС равному 80–90%, подрост сосны оценивается как «здоровый».

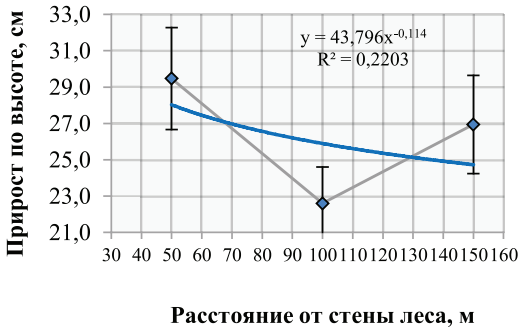
Таблица 2

Таксационные показатели послепожарного подроста сосны высотой более 1,0 м в зависимости от расстояния от стены леса

Показатели	Расстояние от стены леса, м		
	50	100	150
Густота, тыс. экз/га	2,9	6,7	3,2
Густота сухостоя, тыс. экз/га	0,2	–	–
Состав	10С	10С	10С
Возраст, лет	14,5 ± 0,3	14,0 ± 0,2	13,4 ± 0,3
Диаметр на высоте 1,3 м, см	3,7 ± 0,4	2,5 ± 0,2	3,6 ± 0,4
Диаметр у шейки корня, см	6,5 ± 0,4	4,5 ± 0,3	6,1 ± 0,5
Высота, м	2,9 ± 0,2	2,5 ± 0,1	3,0 ± 0,2
Высота до сухой ветви, см	17,7 ± 2,9	19,8 ± 1,0	18,1 ± 1,8
Высота до живой ветви, см	25,8 ± 2,3	41,7 ± 3,4	32,4 ± 3,2
Средний прирост по высоте за 7 лет, см	29,5 ± 2,8	22,6 ± 2,0	26,9 ± 2,7
Оценка жизненного состояния, %	89,7 ± 5,5	79,6 ± 2,4	81,9 ± 3,3



а)



б)

Рис. 2. Взаимосвязь таксационных показателей подроста сосны высотой более 1,0 м на гари с расстоянием от стены леса в послепожарных молодняках ГЛПР «Семей орманы»

Таблица 3

Показатели послепожарного подроста сосны высотой более 1,0 м в зависимости от густоты произрастания

Показатели	ПП-14	ПП-13	ПП-15	ПП-21	ПП-20
Густота, тыс. экз/га	0,4	1,6	3,6	5,7	7,0
Густота сухостоя, тыс. экз/га	–	–	0,1	–	0,1
Состав	10С	10С	10С	10С	10С
Возраст, лет	13,9 ± 0,6	14,8 ± 0,2	14,8 ± 0,1	14,0 ± 0,2	14,0 ± 0,2
Диаметр на высоте 1,3 м, см	4,1 ± 0,9	2,6 ± 0,3	1,6 ± 0,2	2,2 ± 0,2	1,6 ± 0,4
Диаметр у шейки корня, см	7,6 ± 0,6	5,3 ± 0,4	3,7 ± 0,2	4,1 ± 0,3	3,4 ± 0,6
Высота, м	2,9 ± 0,3	2,2 ± 0,2	2,0 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,9 ± 0,2
Высота до сухой ветви, см	15,5 ± 0,5	9,3 ± 0,4	18,3 ± 0,9	19,7 ± 1,2	18,0 ± 1,0
Средний прирост по высоте за 7 лет, см	29,3 ± 2,4	20,5 ± 1,9	15,3 ± 1,1	19,5 ± 1,5	15,9 ± 1,6
Оценка жизненного состояния,%	98,6 ± 1,4	91,1 ± 2,0	60,5 ± 2,7	69,2 ± 2,5	58,3 ± 4,8

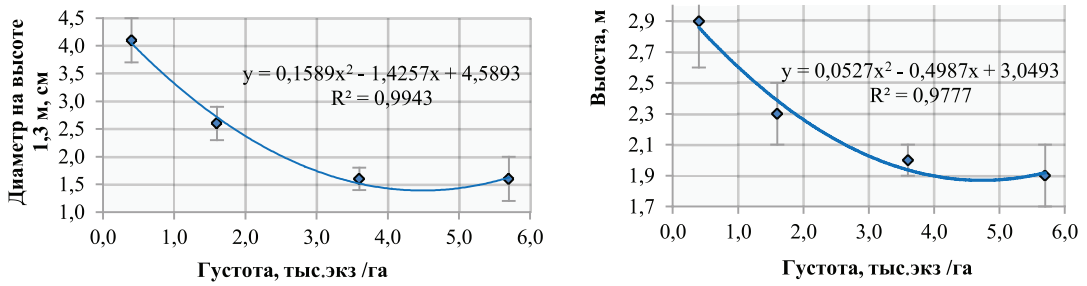
Наиболее важную роль в формировании, росте и развитии послепожарных молодняков Казахстана играет густота их произрастания. Проблема оптимизации густоты усугубляется тем, что в естественных условиях встречаются молодые насаждения большего диапазона этого признака.

Данные табл. 3 свидетельствуют об общей тенденции снижения диаметра у шейки корня и на высоте 1,3 м, а также высоты подроста сосны с увеличением густоты произрастания. Наибольшими значениями таксационных показателей характеризуются сосновые молодняки при густоте произрастания 0,4 тыс. экз/га. При увеличении густоты произрастания до 1,6 тыс. экз/га, то есть в 4 раза, отмечается снижение средних значений диаметра у шейки корня и на высоте 1,3 м, а также высоты подроста сосны в 1,3–1,6 раза, а при увеличении густоты молодняков до 3, 6 тыс. экз/га (в 9 раз) происходт снижение рассматриваемых показателей в 1,5–2,6 раза. Полученные различия в большинстве случаев статистически достоверны ($t_{факт}$ = 2,0–5,6 при $t_{0,05}$ = 1,97–1,98).

Последующее увеличение густоты (от 3,6 до 7,0 тыс. экз/га) не влияет существенным образом на таксационные характеристики подроста сосны, а полученные при этом различия статистически не достоверны ($t_{факт}$ = 0,4–1,7 при $t_{0,05}$ = 1,97–1,98).

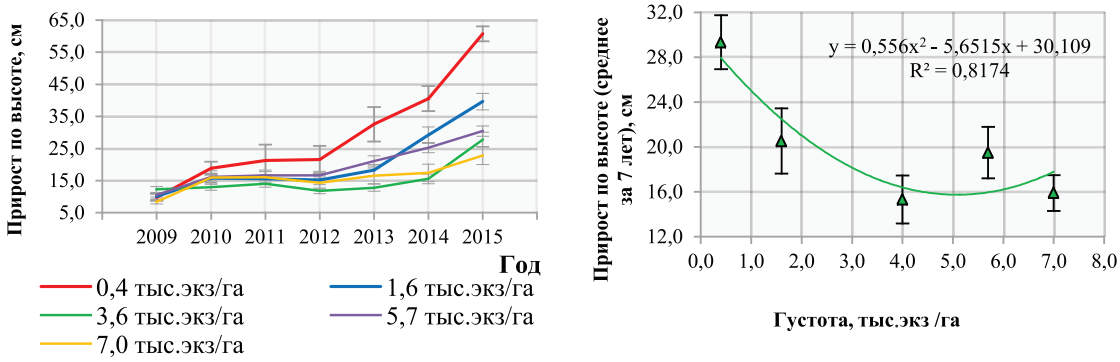
Следует отметить, что при снижении густоты произрастания наибольшие изменения наблюдаются в диаметре на высоте 1,3 м, наименьшие – в высоте подроста.

Тесная взаимосвязь рассматриваемых таксационных показателей с густотой произрастания подтверждается достаточно высоким коэффициентом аппроксимации (R^2 = 0,98–0,99) (рис. 3).



а) *б)*

Рис. 3. Зависимость диаметра на высоте 1,3 м (а) и высоты (б) подроста сосны от густоты произрастания в послепожарных молодняках ГЛПР «Семей орманы»



а) *б)*

Рис. 4. Распределение величины прироста по высоте подроста сосны в зависимости от густоты произрастания в послепожарных сосновых молодняках ГЛПР «Семей орманы»

С увеличением густоты произрастания отмечается снижение показателя жизненного состояния (ОЖС) (табл. 3). Наибольшими значениями ОЖС = 91–99 %, при которых они оцениваются как «здоровые», характеризуются сосновые молодняки при густоте произрастания от 0,4 до 1,6 тыс. экз/га. Последующее увеличение густоты произрастания до 3,6–7,0 тыс. экз/га приводит к резкому снижению ОЖС подроста сосны – в 1,4–1,7 раза, до значений 58–69 %, при которых молодняки характеризуются как «ослабленные». При густоте произрастания 3,6–7,0 тыс. экз/га отмечается появление, в незначительном количестве, до 0,1 тыс. экз/га сухостойных деревьев сосны, что оказывает влияние на снижение значения ОЖС молодняков. Приведенные данные свидетельствуют, что процесс естественного изреживания в сосновых молодняках, формирующихся на гарях в ленточных борах Прииртышья, начинается более поздно, чем на гарях таежной зоны, при густоте подроста более 3,6 тыс. экз/га, что, на наш взгляд, объясняется отсутствием межвидовой конкуренции.

Распределение прироста по высоте у подроста сосны за последние 7 лет в зависимости от густоты произрастания, представленное на рис. 4, а свидетельствует, что наибольшими значениями данного показателя на протяжении всех анализируемых лет характеризуется подрост сосны при густоте произрастания от 0,4 до 1,6 тыс. экз/га. В результате проведенного анализа (рис. 4, б) установлена тесная взаимосвязь густоты произрастания со средним значением прироста по высоте за последние 7 лет ($R^2 = 0,81$).

Выводы

1. После осенних верховых пожаров лесовозобновление на гарях ленточных боров

Прииртышья в условиях типа леса сосняк сухой (C_2) протекает достаточно успешно.

2. На гарях формируются чистые сосновые молодняки с густотой, в зависимости от расстояния до стены леса, от 0,4 до 7 тыс. экз/га.

3. Наибольшие значения средней высоты, прироста по высоте и среднего диаметра на высоте 1,3 м зафиксированы при густоте молодняков от 0,4 до 2,0 тыс. экз/га. Различия указанных таксационных показателей в молодняках с густотой от 3,6 до 7,0 тыс. экз/га в большинстве случаев статистически не достоверны.

4. С учетом влияния на таксационные показатели послепожарных молодняков ленточных боров Прииртышья в 14-летнем возрасте оптимальной следует признать густоту 3,5 тыс. экз/га.

5. Естественное изреживание сосновых молодняков, формирующихся на гарях ленточных боров Прииртышья, начинается позднее, чем на гарях в таежной зоне при густоте подроста более 3,6 тыс. экз/га.

6. Регулирование густоты рубками ухода позволит предотвратить отпад деревьев, обеспечит максимальный средний прирост по высоте и диаметру, а также высокие показатели жизненного состояния формирующихся молодняков.

Список литературы

1. Conard S.G. Wildfire in Russian boreal forest-potential of fire regime characteristics on emissions and global carbon balance estimates / S.G. Conard, G.A. Ivanova // Environmenal Pollution. – 1997. – Vol. 98, № 3. – P. 305–313.

2. Shvidenko A.Z. Extent, distribution and ecological role of fire in Russian forests / A.Z. Shvidenko, S. Nilsson // Fire, climate change and carbon cyeling in the boreal forest. – Sprtinger, 2000. – P. 132–150.

3. Wirth C. Beyond annual budgets: carbon flux at different temporal scales in fire – prone Siberian Scots pine forests / C. Wirth, C.I. Czimczik, E.-D. Schulze // Tellus. Series B-Chemical and Physical Meteorology. – 2002. – Vol. 54, № 5. – P. 611–630.

4. Иванова Г.А. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири / Г.А. Иванова, А.В. Иванов. – Новосибирск: Наука, 2015. – 240 с.

5. Черных В.А. Лесные пожары в ленточных борах Кулундинской степи / В.А., Черных, В.В. Фуряев. – Новосибирск: Наука, 2011. – 176 с.

6. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования / В.В. Фуряев. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 253 с.

7. Цветков П.А. Послепожарное лесовозобновление в южнотаежных средняках Средней Сибири / П.А. Цветков // Леса российского Дальнего Востока: 150 лет изучения: Материалы Всероссийской конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Колесникова Бориса Павловича. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 230–233.

8. Залесов С.В. Лесная пирология: учебн. пособие / С.В. Залесов. – Екатеринбург: УГЛТА., 1998. – 296 с.

9. Иванова Г.А. Воздействие пожаров на компоненты экосистемы среднетаежных сосняков Сибири / Г.А. Иванова, С.Г. Конард, Д.Д. Макрас и др. – Новосибирск: Наука, 2014. – 232 с.

10. Шубин Д.А. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве / Д.А. Шубин, А.А. Малиновских, С.В. Залесов // Известия Оренбургского гос. аграрн. ун-та. – 2013. – № 6 (44). – С. 205–208.

11. Калинин К.К. Естественное лесовозобновление и формирование молодняков в еловых и березовых насаждениях на крупных гарях Среднего Заволжья / К.К. Калинин // Вестник Поволжского ГТУ. – 2010. – № 1. – С. 5–15.

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

13. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989 – № 4. – С. 51–57.

14. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.

15. Бондаренко А.С. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 125 с.

16. Нормативы для таксации лесов Казахстана. Часть I. Книга I. – Алма-Ата: Кайнар, 1987. – 236 с.

УДК 631.95:632.959 (571.56)

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Зайцева Н.В.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, e-mail: nz_demetra@mail.ru

Предложен способ получения биологически активных препаратов, повышающих всхожесть семян культурных растений и их устойчивость к неблагоприятным условиям. Препараты получены из растительного сырья, произрастающего в Южной Якутии (в условиях высокогорья и холодного влажного климата). Технология получения биологически активных препаратов заключается в выдерживании водных экстрактов растений в таких температурных условиях, при которых возможна постепенная ферментация, но при этом не допускаются процессы брожения с бурным выделением газов (патент ru 2607013). Нами были получены четыре препарата, испытания которых на проростках огурцов в модельных условиях хлоридноого засоления, пониженных температур и кратковременного УФ-облучения подтверждают их ростостимулирующую и антистрессовую активность. Так, в условиях хлоридного засоления замачивание семян огурца в растворах полученных препаратов способствовало повышению всхожести семян до 30–65 % (контроль – 25 %), при этом у проростков восстанавливался рост корневой системы, ее структура. В условиях пониженных температур у обработанных растений длина главного корня превышала контрольный вариант на 37–346 %, длина побега – на 142–285 %, всхожесть семян повысилась до 75 % (контроль – 60 %). Обработка растений УФ-светом в течение 10 мин в контрольном варианте привела к ослаблению проростков и разрушению их тканей. В то же время растения, обработанные композициями, имели более высокие показатели сохранности процессов роста и жизнедеятельности, а их масса была больше по сравнению с контрольным вариантом на 36–147 %. Ни одно растение в пробах с применением композиций не имело признаков некрозов.

Ключевые слова: биологически активные препараты, ферментация, Южная Якутия

BIOACTIVE PREPARATIONS FOR AGRICULTURAL CROP FROM PLANT MATERIAL OF SOUTHERN YAKUTIA

Zaytseva N.V.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: nz_demetra@mail.ru

It was proposed the method of obtaining biologically active preparations, wich increase germination of seeds of cultural plants and their resistance to adverse conditions. The substances are produced from plant material, are grown in Southern Yakutia (the mountainous area with a cold humid climate). Technology of obtaining of BAP is to maintaining the aqueous extracts of plants under such temperature conditions when gradual fermentation without gas production is possible (patent RU 2607013). We obtained four biologically active preparations, the test of which on the seedlings of cucumber in the model conditions of chloride salinity, low temperatures and a short UV irradiation confirms their growth promoting and antistress activity. Thus, in chloride salinity conditions, the soaking of cucumber seeds in the drugs solutions are enhanced the seed's germination up to 30–65 % (control 25 %) and the seedlings are restored the growth of the root system and its structure. In conditions of low temperature the main root's length of treated plants is exceeded the control variant on 37–346 %, the length of the shoot – on 142–285 %, seed germination is increased to 75 % (control 60 %). Treatment of plants with UV light for 10 min. in the control variant leds to a weakening of seedlings and destruction of tissues. At the same time, plants are treated with compositions, had higher indicators of safety processes of growth and activity, and their weight was more compared to the control variant on 36-147 %. Plants in the samples with application of the compositions did not have necrosis.

Keywords: biologically active preparations, fermentation, Southern Yakutia

Наши исследования по содержанию биологически активных веществ (БАВ) [1] свидетельствуют о наличии в растениях Южной Якутии биохимической системы адаптации к условиям высокогорья, главными компонентами которой являются вещества фенольной природы – флавоноиды, антоцианидины, катехины, гидролизируемые и негидролизируемые дубильные вещества. Все это позволяет сделать предположение о возможности использования местного растительного сырья для получения биологически активных препаратов (БАП), обладающих способностью повышать всхожесть семян культурных растений и усиливать их устойчивость к неблагоприятным условиям (стрессогенным факторам среды).

Предполагается, что под воздействием таких факторов, как пониженные температуры, интенсивность и спектральный состав солнечного света, характерных для высокогорья, в аборигенных растениях вырабатываются вещества, аналогичные биогенным стимуляторам, что и обеспечивает им высокий адаптационный потенциал [2–5]. Но в вегетирующих растениях биологически активные вещества связаны с сахарами, что делает их неактивными и позволяет

накапливаться в значительных количествах в наземных и подземных органах в качестве запасных метаболитов.

Разработанный нами способ получения БАП предполагает повышение содержания в растительном сырье физиологически активных соединений за счет процессов ***ферментации*** – анаэробного распада молекул органических веществ, содержащих сахара (гликозиды), до более простых компонентов – сахарных фрагментов и агликона (бессахарной части молекулы), которые и являются действующим веществом получаемых нами препаратов.

В качестве методического обоснования создания таких препаратов мы опирались на труды А.М. Бескровного по созданию искусственного мумиеподобного препарата [6–8].

Описание технологии

Предполагаемый способ получения БАП [9] включает в себя следующие элементы:

1. Сбор растительного сырья, его переработка и измельчение в режущей мельнице.

2. Помещение растительной массы в емкости для ферментации. Растительная масса заливается горячей водой, нагретой до 80–100 °С, в объемном соотношении 1:1.

3. Выдерживание растительной массы и экстракта при температурном режиме, способствующем более быстрому и полному протеканию процессов ферментации, и высвобождению активных веществ из неактивных соединений. Температурный режим заключается в том, что экстрактивная система периодически нагревается до 60–70 °С, а затем процесс экстракции протекает при комнатной температуре в течение 20–22 часов. Общая продолжительность процессов экстракции длится 72 часа, при этом ни на одном из этапов не допускается протекание процесса брожения с выделением газа в системе. Брожение с выделением газов подавляется периодическим нагреванием экстракционной смеси до 60–70 °С (одновременно стимулируются процессы экстракции).

В результате наших манипуляций с экстрактами растений в них отмечалось увеличение содержания поверхностно активных веществ, определяемых по способности к пенообразованию, а сами экстракты приобретали густую тягучую консистенцию.

4. Через 72 часа экстракт сливают с растительной массы и упаривают до густого состояния при температуре, обеспечивающей медленное кипение. Одновременно достигается термическая активация действующих веществ по аналогии с препаратом «Биомос» [6–8].

Готовый продукт представляет собой смолообразную массу, от светлого желто-коричневого до черного цветов, хорошо растворимую в воде. При нагревании масса становится пластичной. Из нее можно формировать пластинки разных размеров и формы, прессовать таблетки, подвергать гранулированию.

Индивидуальный характер получаемых таким образом препаратов определяется видовым составом растений в исходном сырье и соотношением их массы.

Примеры реализации технологии

Вариант 1. Сырьем для получения биологически активного препарата (далее – «Композиция 1») является смесь из донника лекарственного *Melilotus officinalis* (L.) Pall. и донника белого *Melilotus albus* Medikus. В итоге получена смолообразная масса черного цвета, с сильным, характерным для кумаринов, запахом, хорошо растворимая в воде.

Вариант 2 («Композиция 2»). В составе исходного сырья: смолевка обыкновенная *Oberna behen* (L.) Ikonn., кровохлебка лекарственная *Sanguisorba officinalis* L., подорожник большой *Plantago major* L. Конечный продукт – смолоообразная масса темно-коричневого цвета, со слабым запахом, хорошо растворимая в воде. Водные растворы вещества обладают очень высокой способностью к пенообразованию (высота устойчивой пены достигала 27 мм).

Вариант 3 («Композиция 3»). В составе исходного сырья: смородина душистая *Ribes fragrans* Pall., багульник болотный *Ledum palustre* L., полынь заячьеголовая *Artemisia lagocefala* (Bess.) DC. Конечный продукт – смолоообразная масса желто-коричневого цвета, со слабым эфирным запахом, хорошо растворимая в воде.

Вариант 4 («Композиция 4»). В составе исходного сырья: кипрей узколистный *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., клевер луговой *Trifolium pratense* L., пижма обыкновенная *Tanacetum vulgare* L., малина обыкновенная *Rubus idaeus* L., полынь обыкновенная *Artemisia vulgaris* L., хвощ полевой *Equisetum arvense* L., полынь цельнолистная *Artemisia integrifolia* L., подмаренник северный *Galium album* Mill.. Конечный продукт – смолоообразная масса черно-коричневого цвета, со слабым запахом, хорошо растворимая в воде.

Результаты испытаний полученных БАП в качестве средств, повышающих всхожесть семян и устойчивость растений к неблагоприятным условиям

Методика проведения опытов

Семена огурца сорта «Конкурент» замачивали в растворах полученных препаратов (композиции 1–4) в течение 24 часов, затем высаживали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой или растворами солей. Семена проращивали при 20–22 °С в течение 14 дней, периодически подливая дистиллированную воду, чтобы фильтровальная бумага не пересыхала. Через 14 дней проростки извлекали из чашек Петри, подсчитывали их количество, измеряли массу и размеры проростков. Повторность опыта четырехкратная. Количество семян в одной чашке Петри – 50 шт.

Неблагоприятные («стрессогенные») условия моделировали следующим образом:

«Нормальные условия» (в качестве эталона). Обработанные семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой, и выращивали при температуре 20–22 °С.

«Хлоридное засоление». Семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную 0,8 %-ным раствором хлорида натрия (NaCl) в дистиллированной воде (3 мл на 1 чашку).

«Пониженные температуры». Семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой, проращивали в течение пяти дней при температуре 20–22 °С, затем на 5 дней помещали в холодильник при температуре +5 °С. После этого чашки Петри с проросшими семенами опять помещали в условия 20–22 °С до проведения измерений.

«Облучение ультрафиолетовым светом». Семена высаживали на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой, проращивали в течение семи дней при температуре 20–22 °С, затем облучали УФ-светом (бактерицидной лампой) в течение 10 мин. После этого выращивали в течение еще семи дней при нормальных условиях.

Растворы БАП для замачивания семян готовили методом десятичных разбавлений и динамизации, описанных нами ранее [10]. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде.

В приведенных ниже таблицах показаны наиболее эффективные варианты с точки зрения повышения всхожести семян и размеров проростков.

Результаты лабораторных испытаний

Всхожесть семян, размеры и масса проростков после обработки семян в растворах биологически активных препаратов в условиях хлоридного засоления

В качестве модельного стрессогенного варианта для хлоридного засоления был принят вариант, в котором фильтровальную бумагу для проращивания семян смачивали 0,8 % раствором поваренной соли. Проростки огурца, подверженные стрессу в таких модельных условиях (контроль К-II), были низкорослые, утолщенные, оводненные, с толстым коротким главным корнем и большим количеством боковых недоразвитых корешков. Всхожесть семян – на уровне 25 % (в то время как у контрольного варианта К-I («нормальные условия») этот показатель составил 75 %). Размеры: побега – 1–4 мм, корня – 2–6 мм; масса проростка – 0,030 (табл. 1).

Замачивание семян огурца в растворах полученных препаратов способствовало повышению всхожести семян (табл. 1):

– до 60–65 % в случае применения композиций 1 и 4;

– до 30–40 % в случае применения композиций 2 и 3.

Под влиянием обработки растворами БАП у проростков восстанавливался рост корневой системы, ее структура; а побеги хоть и были низкорослыми, но уже не в такой степени оводненными, имели яркий зеленый вид. По параметрам «размеры корня» и «размеры побега» варианты с замачиванием семян превосходили контрольный вариант (К-II) на 89–819 % и 50–870 % соответственно, что свидетельствует о преодолении стрессового состояния, вызванного повышенным содержанием соли, у обработанных растворами БАП растений и восстановлении у них процессов жизнедеятельности, роста и развития.

Наибольший положительный эффект оказало применение препаратов «Композиция 4» (длина корня составила 552–819 % контроля К-II; длина побега – 461–870 %; общая длина проростка – 533–765 %; масса проростка – 233–333 %) и «Композиция 1» (длина корня составила 527 % контроля К-II; длина побега – 547 %; общая длина проростка – 533 %; масса проростка – 383 %).

Замачивание семян огурца в растворах других композиций дало меньший эффект, но также способствовало увеличению линейных размеров и массы обработанных растений в 1,5–2,5 раза, что позволяет их тоже рекомендовать в качестве антистрессовых препаратов в условиях хлоридного засоления.

Таблица 1

Всхожесть семян, размеры и масса проростков после обработки семян в растворах биологически активных препаратов в условиях хлоридного засоления

Вариант	Всхожесть семян, %	Длина, мм (% к контрольному варианту)			Масса проростка, г
		корня	побега	всего проростка	
Нормальные условия					
Контроль I (К-I)	70	69,10 ± 9,30	15,80 ± 3,50	85,00 ± 12,50	0,160
«Хлоридное засоление»					
Контроль II (К-II)	25	4,40 ± 1,90 (100%)	1,70 ± 0,70 (100%)	6,10 ± 2,50 (100%)	0,030 (100%)
Композиция 1 (D3)	60	23,20 ± 4,01*** (527,2%)	9,30 ± 1,05*** (547,0%)	32,50 ± 5,95*** (532,8%)	0,115 (383,3%)
Композиция 2 (D2)	40	13,10 ± 3,16* (297,7%)	2,55 ± 0,91 (150,0%)	15,65 ± 3,92** (256,6%)	0,055 (183,3%)
Композиция 2 (D7)	30	11,65 ± 3,19 (264,8%)	3,25 ± 1,33 (191,2%)	14,90 ± 4,39* (244,3%)	0,055 (183,3%)
Композиция 3 (D5)	40	12,90 ± 3,18* (293,2%)	3,15 ± 0,71 (185,3%)	16,05 ± 3,97** (263,1%)	0,055 (183,3%)
Композиция 3 (D6)	40	9,15 ± 2,93 (207,9%)	4,40 ± 1,10* (258,8%)	13,55 ± 3,98* (222,1%)	0,065 (216,7%)
Композиция 3 (D7)	40	8,30 ± 1,64 (188,6%)	4,70 ± 1,22* (276,5%)	13,00 ± 3,13* (213,1%)	0,060 (200,0%)
Композиция 4 (D3)	65	24,30 ± 5,62*** (552,3%)	10,51 ± 3,10** (617,6%)	34,82 ± 8,91*** (571,5%)	0,090 (300,0%)
Композиция 4 (D4)	50	24,50 ± 7,23** (556,8%)	7,85 ± 2,93 (461,8%)	32,35 ± 9,93** (533,3%)	0,070 (233,3%)
Композиция 4 (D5)	50	30,50 ± 8,3** (693,2%)	14,82 ± 4,39* (870,6%)	45,32 ± 12,53** (742,6%)	0,100 (333,3%)
Композиция 4 (D6)	60	36,05 ± 8,41*** (819,3%)	10,60 ± 3,93* (523,5%)	46,65 ± 12,03*** (765%)	0,080 (266,7%)
$НСР_{05}$	7,3	–	–	–	0,013

Примечание. *, **, *** – отличия от контроля К-II значимы на уровне $p < 0,05$; $p < 0,01$ и $p < 0,001$ соответственно.

Всхожесть семян, размеры и масса проростков после обработки семян в растворах биологически активных препаратов в условиях пониженных температур

В качестве модельного стрессогенного варианта для фона «пониженные температуры» было принято выдерживание проростков при температуре +5 °С в течение 5 дней. Внешний вид модельных проростков (контроль К-III): небольшие по размерам, с укороченным побегом и корнем (либо без главного корня вследствие его некроза), ослабленные, с бурыми пятнами. Всхожесть семян – на уровне 60–65 %, т.к. прорастание семян происходило в нормальных условиях. Размеры побега – 5–8 мм, корня – 11–15 мм; масса проростка – 0,100 г (табл. 2).

Антистрессовое действие растворов полученных препаратов (композиций 1–4) проявилось в восстановлении параметров роста корневой системы у проростков после замачивания семян в растворах БАП. Как видно из табл. 2, у обработанных растений длина главного корня превышала контрольный вариант К-III на 37–346 % в случае применения Композиции 4. При этом наблюдалось значительное утолщение корней 1-го и 2-го порядков и образование на них большого количества корневых волосков. Также для вариантов с применением Композиции 4 отмечено наибольшее увеличение показателя «длина побега» по сравнению с вариантом К-III – на 142–285 %. Все это может свидетельствовать о высокой эффективности применения именно этого препарата на

фоне пониженных температур для стимулирования роста и корнеобразования у молодых растений.

Повышение всхожести семян до 75% наблюдалось после обработки семян растворами композиций 1, 2, 3.

Всхожесть семян, размеры и масса проростков после обработки семян в растворах биологически активных препаратов и УФ-облучения молодых растений

Проростки огурца, подвергнутые облучению УФ-лампой в течение 10 мин. (К-IV), имели ослабленные побеги, тонкие, спутанные корни с признаками разрушения тканей и некрозами. Всхожесть семян – на уровне 70%. Длина побега – 25–35 мм, корня – 30–40 мм; масса проростка – 0,125 г (табл. 3). Количество загнивших проростков в пробах – на уровне 40%.

Длина проростков после обработки семян растворами Композиции 1 превышала контрольный вариант К-IV на 39–54% (что может быть свидетельством сохранности процессов роста и жизнедеятельности), а их масса была больше по сравнению с К-IV на 88–96% (табл. 3).

Применение растворов Композиции 2 способствовало достоверному увеличению показателей по сравнению с вариантом К-IV: длины проростка – на 52–58%, массы проростка – на 36–68%. Замачивание семян в растворах Композиции 3 также способствовало сохранению способности проростков к росту. Показатели этих вариантов превышали таковые для К-IV: «длина проростка» – на 48–49%, «масса проростка» – на 84–112%. Аналогично, для вариантов с применением растворов Композиции 4: длина проростка составляла 136–149% варианта К-IV, масса проростка на 152–147%.

Ни одно растение в пробах с применением композиций 1–4 не имело признаков некрозов и загнивания.

Таблица 2

Всхожесть семян, размеры и масса проростков после обработки семян в растворах биологически активных препаратов в условиях пониженных температур

Вариант	Всхожесть семян, %	Длина, мм (% к контрольному варианту)			Масса проростка, г
		корня	побега	всего проростка	
Нормальные условия					
Контроль I (К-I)	70	69,10 ± 7,30	15,80 ± 2,50	85,00 ± 9,50	0,160
«Пониженные температуры»					
Контроль III (К-III)	60	13,10 ± 1,70 (100%)	6,00 ± 0,70 (100%)	19,10 ± 2,48 (100%)	0,100 (100%)
Композиция 1 (D4)	65	23,15 ± 3,21** (176,7%)	6,20 ± 1,68 (103,3%)	29,35 ± 4,61 (153,7%)	0,110 (110,0%)
Композиция 1 (D7)	75	28,2 ± 4,08*** (215,3%)	7,75 ± 0,87*** (129,2%)	35,95 ± 5,00*** (188,2%)	0,115 (115,0%)
Композиция 2 (D8)	75	23,65 ± 4,00* (180,5%)	6,20 ± 0,77*** (103,3%)	29,85 ± 5,59 (156,3%)	0,095 (95,0%)
Композиция 2 (D9)	75	18,02 ± 2,86 (137,6%)	6,50 ± 1,18 (108,3%)	24,50 ± 3,59 (128,3%)	0,110 (110,0%)
Композиция 3 (D4)	75	21,61 ± 3,17* (165,0%)	9,85 ± 1,73*** (164,2%)	31,45 ± 4,55* (164,7%)	0,115 (115,0%)
Композиция 3 (D10)	75	17,95 ± 2,72 (137,0%)	10,10 ± 1,71*** (168,3%)	28,05 ± 3,70* (146,9%)	0,105 (105,0%)
Композиция 4 (D6)	60	50,35 ±10,28*** (384,1%)	14,52 ± 4,85** (242,0%)	64,85 ± 14,67** (339,5%)	0,100 (0%)
Композиция 4 (D10)	60	45,35 ± 8,11*** (346,2%)	23,11 ± 5,32*** (385,2%)	68,45 ±13,79*** (358%)	0,110 (110%)
$НСР_{05}$	3,6	–	–	–	0,002

Примечание. *, **, *** – отличия от контроля К-III значимы на уровне $p < 0,05$; $p < 0,01$ и $p < 0,001$ соответственно.

Таблица 3

Всхожесть семян, размеры и масса проростков после обработки семян в растворах биологически активных препаратов и УФ-облучения молодых растений

Вариант	Всхожесть семян, %	Длина, мм (% к контрольному варианту)			Масса проростка, г	Кол-во загнивших проростков, %
		корня	побега	всего проростка		
Нормальные условия						
Контроль I (К-I)	70	69,10 ± 9,30	15,80 ± 3,50	85,00 ± 12,50	0,160	5
«Ультрафиолетовое облучение»						
Контроль V (К- IV)	70	37,60 ± 6,10 (100%)	28,90 ± 3,70 (100%)	66,50 ± 9,50 (100%)	0,125 (100%)	40
Композиция 1 (D3)	80	59,82 ± 6,64* (159,1%)	42,30 ± 4,65* (146,4%)	102,10 ± 10,15* (154,1%)	0,240 (192%)	0
Композиция 1 (D6)	80	51,25 ± 6,32 (136,3%)	40,37 ± 4,84 (139,7%)	91,62 ± 10,95 (139,3%)	0,235 (188%)	0
Композиция 1 (D10)	85	60,05 ± 6,80* (160,9%)	37,25± 4,06** (128,9%)	97,30 ± 10,58* (146,3%)	0,245 (196%)	0
Композиция 2 (D2)	85	56,85 ± 6,33* (159,2%)	44,60 ± 4,47* (154,3%)	101,45 ± 10,49* (152,5%)	0,210 (168%)	0
Композиция 2 (D3)	80	58,95 ± 7,25* (156,8%)	46,20 ± 5,96* (159,9%)	105,15 ± 12,05* (158,1%)	0,170 (136%)	0
Композиция 3 (D5)	75	54,75 ± 7,10 (145,6%)	43,50 ± 5,61* (150,5%)	98,25 ± 12,65* (147,7%)	0,265 (212%)	0
Композиция 3 (D9)	75	54,45 ± 6,60 (144,8%)	44,60 ± 5,43* (154,3%)	99,05 ± 11,82* (148,9%)	0,230 (184%)	0
Композиция 4 (D6)	80	55,95 ± 6,12* (148,8%)	43,40 ± 4,65* (150,2%)	99,35 ± 10,60* (149,4%)	0,195 (156%)	0
Композиция 4 (D7)	75	51,45 ± 6,35 (136,8%)	42,80 ± 5,38* (148,1%)	94,25 ± 11,66 (141,7%)	0,210 (168%)	0
Композиция 4 (D8)	80	49,2 ± 5,25 (130,8%)	41,55 ± 4,74* (143,8%)	90,75 ± 9,55 (136,5%)	0,215 (172%)	0
Композиция 4 (D9)	75	50,75 ± 5,97 (135,0%)	42,00 ± 4,73* (145,3%)	92,75 ± 11,65 (139,5%)	0,190 (152%)	0
$НСР_{05}$	2,1	–	–	–	0,008	

Примечание. *, **, *** – отличия от контроля К-IV значимы на уровне $p < 0,05$; $p < 0,01$ и $p < 0,001$ соответственно.

Всхожесть семян у вариантов с применением композиций 1–4 превышала контрольные варианты (70%) и составляла 75–85%.

Список литературы

1. Зайцева Н.В., Погуляева И.А. Особенности химического состава растений Южной Якутии // Успехи современной науки. – 2016. – № 11–5. – С. 145–155.

2. Абдрахимова Й.Р., Цветкова Ю.А. Стресс-индуцированные изменения содержания антиоксидантов в листьях растений разных видов / Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2007. – Т. 149, Вып. 2. – С. 75–83.

3. Потапович А.И., Костюк В.А. Сравнительное исследование антиоксидантных свойств и цитопротекторной активности флавоноидов // Биохимия. – 2003. – Т. 68, Вып. 5. – С. 632–638.

4. Тканевая терапия и тканевые препараты по В.П. Филатову / Сост. С.Р. Мучник, В.П. Соловьева. – М.: Медэкспорт, 1989. – 72 с.

5. Сотникова Е.П. Адаптация и биогенные стимуляторы по В.П. Филатову / Актуальные вопросы тканевой терапии и перспективы применения природных биологически активных веществ в современной медицине: Материалы научно-практ. конф. – Одесса: Астропринт, 2003. – С. 7–9.

6. А.с. 1080806 СССР. Способ роста томатов и капусты / Бескровный А.М., Северин Н.Ф., Шульгина Л.М., Бондаренко С.А., Зелендина Р.Д., Медведев В.М., Криворучко Л.Г., Ковпак Л.А., Котляренко И.П., Сукачева О.А. (СССР). – 3493949/30-15; заявлено 22.09.82; опубл. 23.03.84, Бюл. 11.

7. А.с. 1239920 СССР. Способ получения экстракта дуба для лечения сельскохозяйственных животных / Бескровный А.М., Буланкин А.Л., Бибиков Ф.А., Северин Н.Ф., Кацеба М.Т., Котляренко И.П., Столяров В.Д., Сукачева О.А., Ковпак Л.А. (СССР). – 3744785/15; заявлено 10.04.1984; опубл. 20.05.1996.

8. А.с. 459476 СССР. Способ получения биологически активного вещества / Бобылев Е.Г., Бескровный А.М., Худенский Ю.К., Слободянюк В.Н. (СССР). – 1894968/31-16; заявлено 04.01.1973; опубл. 05.02.1975, Бюл. 5. – С. 2.

9. Пат. 2607013 Российская Федерация, МПК A 01 N 65/08 (2009.01) B 01 D 11/02 (2006.01). Способ получения биологически активных препаратов, повышающих всхожесть семян культурных растений и усиливающих их устойчивость к неблагоприятным условиям / Зайцева Н.В.; заявитель и патентообладатель Зайцева Н.В. – № 2015112684; заявл. 07.04.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1. – 11 с.

10. Зайцева Н.В. Гомеопатические разведения настойки женьшеня как способ повышения устойчивости растений к стрессогенным факторам // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3. – С. 602–615.

УДК 631.6.02:[582.635.12 + 582.772.2]

ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНЫХ РАБОТ ПО МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ В ЗЕЛЁНОЙ ЗОНЕ Г. АСТАНЫ

[1]Кабанова С.А., [1]Борцов В.А., [2]Данченко А.М., [2]Данченко М.А., [2]Пуджа Г.И.

[1]Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, e-mail: kabanova.05@mail.ru;

[2]Биологический институт, Томский государственный университет, Томск, e-mail: t-ekos@mail.ru

Исследовательские работы в зелёной зоне г. Астаны проводились на участках с почвами различной степени лесопригодности (ограниченно, условно и нелесопригодных почвах). На трех экспериментальных участках осенью 2013 г. был внесен фосфогипс с минимальной (15 т/га), максимальной (30 т/га) и средней (20 т/га) дозой внесения. Выявлено, что на контрольных участках без внесения фосфогипса содержание токсичных солей было нестабильным по годам и сумма солей в среднем изменялась от 0,206 (2013 г.) до 0,073 % (2016 г). При изучении динамики изменения количества токсичных солей в почве до и после внесения фосфогипса выявлено, что содержание их значительно увеличилось на следующий год после внесения мелиоранта по всем вариантам опытов. Со времени внесения мелиоранта количество солей постепенно уменьшается. На основании проведенных наблюдений выявлено, что без промывки почвы в первый год после проведенных мелиоративных мероприятий содержание солей увеличивается практически в два раза, особенно это касается сульфатов. Через 4 года при внесении фосфогипса 15 т/га количество легкорастворимых солей уменьшается и достигает первоначального уровня. Лучшую приживаемость и более высокий рост имели саженцы вяза перистоветвистого (Ulmus pinnato-ramosa), обработанные активатором почвы ЭридГроу (соответственно 70,7 % и 44,3 см), для клена ясенелистного (Acer negundo) применение указанных компонентов не оказало никакого позитивного влияния. На контрольных участках клен прижился и рос лучше, чем на участках с внесением стимуляторов.

Ключевые слова: фосфогипс, лесные культуры, токсичные соли, сульфаты, приживаемость, мелиорация

ECOLOGICAL AND FORESTRY RESULTS OF EXPERIMENTAL WORKS ON MELIORATION OF SOILS IN THE GREEN ZONE OF ASTANA

[1]Kabanova S.A., [1]Bortsov V.A., [2]Danchenko A.M., [2]Danchenko M.A., [2]Pudzha G.I.

[1]Kazakh research Institute of forestry and agroforestry, Schuchinsk, e-mail: kabanova.05@mail.ru;

[2]National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: t-ekos@mail.ru

The research work in the green zone of the city of Astana was carried out on the plots with the soils of different degree of suitability for forest (limited, relative, soils unsuitable for forest). On three experimental plots in autumn 2013 there was applied phosphogypsum with the minimal (15 t/ha), maximal (30t/ha) and average (20 t/ha) rates of application. It is revealed that on control plots without application of phosphogypsum the content of toxic salts was unstable by the years and the amount of salts varied on average from 0,206 % (the year 2013) to 0,073 % (the year 2016).When studying the dynamics of changes of the amount of toxic salts in the soil before and after application of phosphogypsum it was revealed that their content increased noticeably the following year after application of meliorant by all the variants of tests. Since the time of application of the meliorant the amount of salts has been decreasing gradually. On the basis of carried out studies it has been revealed that without washing of the soil in the first year after the conducted reclamation work the content of salts increases practically in two times, particularly it concerns sulphates. In four years after application of phosphogypsum 15 t/ha the amount of freely soluble salts decreases and reaches the initial level. The best survivability and higher growth were elm seedlings (Ulmus pinnato-ramosa), treated with soil activator EridGrow (70,7 % and 44,3 cm, respectively), and the use of these components did not have any positive effect for the maple tree (Acer negundo). On the control plots box elder took roots and grew better than on the plots with application of the stimulants.

Keywords: phosphogypsum, forest cultures, toxic salts, sulphates, survival, melioration

Одна из важнейших проблем столицы Казахстана – улучшение окружающей среды, эстетического облика, организация здоровых и благоприятных условий жизни для населения. Суровые почвенно-климатические условия зачастую становятся значительным препятствием в решении этих вопросов. Для условий г. Астаны выращивание зелёных насаждений осложняется многими факторами [1–3], особенно на сохранность и рост растений влияет засоление почв. Только 18,5 % обследованных почв являются лесопригодными, остальные относятся к ограниченно-лесопригодным (13,4 %), условно-лесопригодным (36,7 %) и нелесопригодным (41,4 %) категориям [4]. Поэтому при лесоразведении большое внимание должно уделяться мелиорации и повышению плодородия почв для создания производительных, устойчивых зелёных насаждений. Одним из способов мелиорации является внесение фосфогипса [5–7].

Материалы и методы исследования

Целью исследований являлась разработка мероприятий по мелиорации с вне-

сением мелиорантов на ограниченно-, условно- и нелесопригодных землях. Объектами исследований являлись лесокультурные площади с почвами различных категорий лесопригодности в зелёной зоне г. Астаны. Исследовательские работы проводились в Кызылжарском лесничестве РГП «Жасыл Аймак» в 8 квартале (ограниченно-лесопригодные почвы), 10 квартале (условно-лесопригодные почвы) и 13 квартале (нелесопригодные почвы).

На трех экспериментальных участках осенью 2013 г. был внесен фосфогипс с минимальной (15 т/га), максимальной (30 т/га) и средней (20 т/га) дозой внесения. Контрольными считались участки без внесения фосфогипса. Мелиорант на экспериментальных участках разбрасывался МВУ-6. После внесения фосфогипса была проведена перепашка пара и культивация. Промывка почвы не проводилась. Химический анализ почвы выполнялся по общепринятым методикам [8, 9]. Определялось содержание легкорастворимых солей, фиксировались изменения в составе после применения мелиоранта. Осенью 2014 г. и весной 2015 г. на участках были высажены сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), вяз перистоветвистый (*Ulmus pinnato-ramosa*) и клен ясенелистный (*Acer negundo*). Замеры высоты растений выполнялись линейками с точностью до 1 см, приживаемость определялась как отношение живых и 50% сомнительных растений к числу фактических посадочных мест [10]. Математические вычисления выполнялись в соответствии с общепринятыми методами [11].

Результаты исследования и их обсуждение

До внесения фосфогипса наибольшее количество легкорастворимых солей SO_4^{2-} имелось на нелесопригодных почвах (3,42 мг-экв на 100 г почвы), но присутствие Cl и Na минимально по сравнению с другими экспериментальными участками (соответственно 0,25 и 0,28 мг-экв). Ограниченно-лесопригодные почвы отличаются более низким содержанием солей по сравнению с другими участками, а почвенные условия экспериментального участка более оптимальны для произрастания древесных и кустарниковых растений.

После внесения фосфогипса в почву на протяжении 4 лет на опытных участках проводилось определение химических свойств почвы для изучения изменения степени засоления. Выявлено, что на контрольных участках без внесения фосфогипса содержание токсичных солей было нестабильным по годам и сумма солей в среднем изменялась от 0,206 (2013 г.) до 0,073% (2016 г). На рис. 1 видно, что содержание Cl на контрольных участках без внесения фосфогипса было нестабильным по годам, наибольшее количество его было в 2015 г. Аналогичные результаты получены по содержанию SO_4^{2-} в почве контрольных участков. При изучении динамики изменения количества SO_4^{2-} в почве до и после внесения фосфогипса выявлено, что содержание сульфатов значительно увеличилось на следующий год после внесения мелиоранта по всем вариантам опытов (на условно-лесопригодных почвах с 0,143 до 0,447%) (рис. 2). Со времени внесения мелиоранта количество сульфатов постепенно уменьшается. Аналогичная картина наблюдается по динамике содержания Cl в почве на экспериментальных участках. Количество Cl снижается, но все же содержание данной соли в почве больше, чем на контрольных участках без внесения фосфогипса.

В табл. 1 приведены усредненные данные по результатам почвенного анализа по вариантам опыта за 2016 г. Проведенные исследования анализа содержания токсичных солей в почве на экспериментальных участках с внесением фосфогипса в качестве мелиоранта показали, что на ограниченно-лесопригодных почвах наименьшее количество легкорастворимых токсичных солей наблюдалось на контрольном участке (0,06%) и на участке с максимальным внесением фосфогипса (0,09%). На вариантах опыта с минимальной и средней дозой внесения мелиоранта сумма токсичных солей составила соответственно 0,215 и 0,579%. Наибольшее количество сульфатов наблюдалось при средней дозе внесения фосфогипса (0,357%), несколько меньше – при минимальной дозе (0,107%). Проведенные исследования анализа содержания токсичных солей в почве на экспериментальных участках с внесением фосфогипса в качестве мелиоранта показали, что на ограниченно-лесопригодных почвах наименьшее количество легкорастворимых токсичных солей наблюдалось на контрольном участке (0,06%) и на участке с максимальным внесением фосфогипса (0,09%). На вариантах опыта с минимальной и средней дозой внесения мелиоранта сумма токсичных солей составила соответственно 0,215 и 0,579%. Наибольшее количество сульфатов наблюдалось при средней дозе внесения фосфогипса (0,357%), несколько меньше – при минимальной дозе (0,107%).

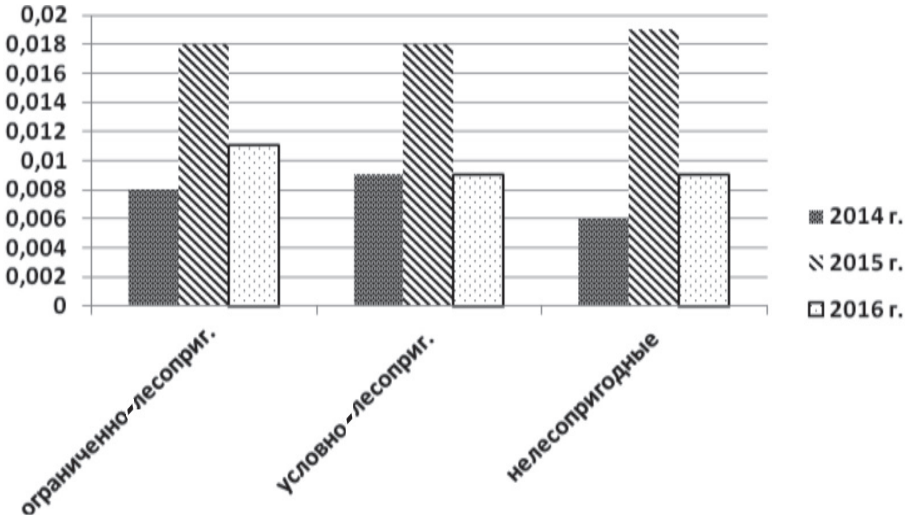


Рис. 1. Динамика содержания Cl (%) на контрольных участках

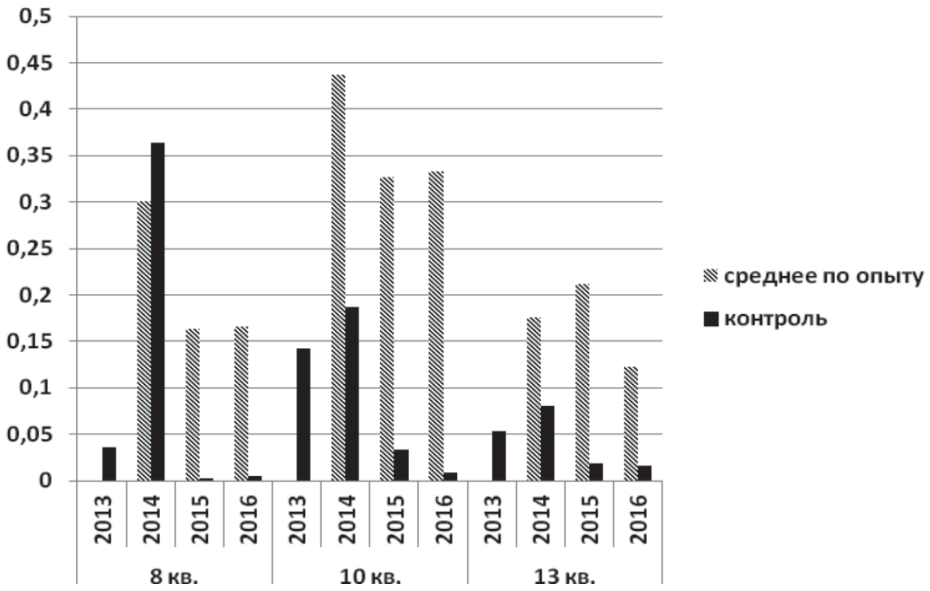


Рис. 2. Динамика содержания SO_4^{2-} (%) в почве на экспериментальных участках. Примечание: 8 кв. – ограниченно-лесопригодные; 10 кв. – условно-лесопригодные; 13 кв – нелесопригодные

На условно-лесопригодных почвах сумма солей при внесении минимальной дозы фосфогипса составила 0,27%. Варианты с максимальным и средним внесением мелиоранта отличались высоким содержанием токсичных солей – 0,80 и 0,73%. Если при минимальном внесении фосфогипса содержание хлора и сульфатов было примерно одинаковым, то на других вариантах, со средним и максимальным количеством фосфогипса, преобладали сульфаты. Причем с увеличением глубины почвенной прикопки увеличивалось количество легкорастворимых солей. На нелесопригодных почвах при минимальной дозе внесения фосфогипса и на контрольных участках содержание токсичных солей было наименьшим, причем эти два варианта практически не различались между собой по количеству всех изученных солей, а сумма солей была меньше на опытном участке (0,06%). При средней и максимальной дозе внесения мелиоранта наблюдалось большое количество сульфатов (соответственно 0,41 и 0,16%), а также магния (0,015 и 0,012%) по сравнению с контролем.

Таблица 1

Средние показатели содержания легкорастворимых токсичных солей по вариантам опыта на экспериментальных участках в Кызылжарском лесничестве РГП «Жасыл Аймак» (2016 г.)

Лесопригодность почв	Доза внесения фосфогипса	Показатели,%				
		Cl	SO_4^{2-}	Mg	Na	сумма солей
ограниченно	минимальная	0,0200	0,1070	0,0180	0,0070	0,2150
	средняя	0,0290	0,3570	0,0250	0,0080	0,5760
	максимальная	0,0060	0,0340	0,0080	0,0030	0,0900
	контроль	0,0110	0,0050	0,0020	0,0060	0,0600
условно	минимальная	0,0790	0,0947	0,0150	0,0070	0,2743
	средняя	0,0883	0,4073	0,0417	0,0130	0,7300
	максимальная	0,0540	0,4960	0,0413	0,0100	0,8003
	контроль	0,0090	0,0093	0,0043	0,0030	0,0677
нелесопригодные	минимальная	0,0093	0,0153	0,0040	0,0013	0,0617
	средняя	0,0090	0,2617	0,0150	0,0017	0,4120
	максимальная	0,0080	0,0893	0,0123	0,0020	0,1647
	контроль	0,0087	0,0167	0,0047	0,0013	0,0730

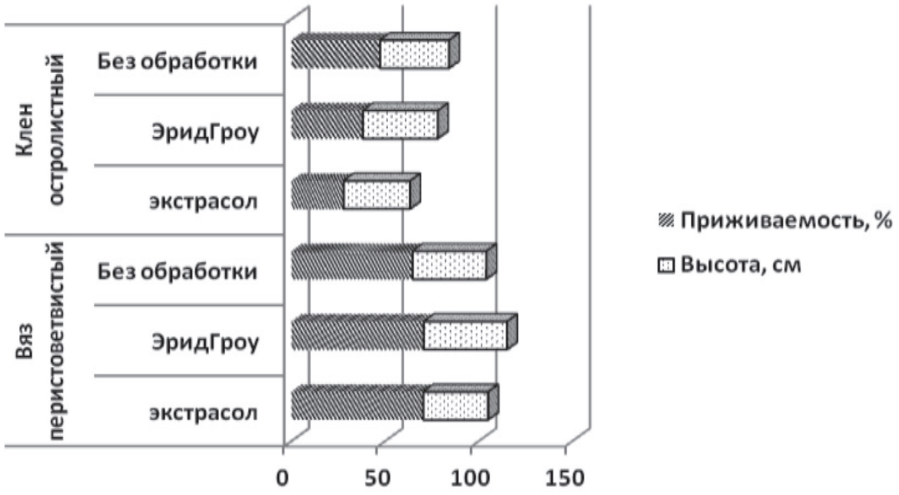


Рис. 3. Показатели роста и приживаемости саженцев древесных пород в зависимости от применяемых стимуляторов роста и почвоулучшающих компонентов

На условно-лесопригодных почвах в 2014 г. была проведена осенняя посадка двухлетними сеянцами сосны обыкновенной и однолетними сеянцами вяза перистоветвистого. Весной 2015 г. выявлено, что сосна обыкновенная погибла полностью, приживаемость вяза составила 34,2 %. Весной 2015 г. опыт по посадке был продолжен, были посажены те же породы и клен ясенелистный. Был проведен полив саженцев экстрасолом и восстановителем почвы ЭридГроу. Инвентаризация показала, что сосна обыкновенная погибла практически полностью. Остались единичные экземпляры, состояние которых оценивалось как сомнительное. Приживаемость растений на участках в среднем составила 58,1 %. Средняя приживаемость вяза перистоветвистого была 66,3 %, клена ясенелистного – 37,8 %.

Таблица 2

Высота и приживаемость двухлетних лесных культур на экспериментальных участках

Категория лесопригодности	Порода	Высота, см			приживаемость, %
		среднее, X ± m	вариация, v	ср. откл., σ	
ограниченно	Вяз перистоветвистый	41,4 ± 0,9	34,7	14,4	74,3
условно	Клён ясенелистный	35,9 ± 1,5	35,1	12,6	12,8
	Вяз перистоветвистый	37,8 ± 1,3	44,5	16,8	28,5
нелесопригодные	Клён остролистный	36,8 ± 1,1	30,4	11,2	16,2
	Вяз перистоветвистый	37,9 ± 0,9	39,1	14,8	51,5

Изучена приживаемость и рост саженцев в зависимости от применяемых стимуляторов роста и почвоулучшающих компонентов (рис. 3). Видно, что лучшую приживаемость и более высокий рост имели саженцы вяза перистоветвистого, обработанные активатором почвы ЭридГроу (соответственно 70,7 % и 44,3 см), на клен ясенелистный применение указанных компонентов не оказало никакого позитивного влияния. На контрольных участках клен прижился и рос лучше, чем на участках с внесением стимуляторов.

Следует отметить, что количество внесенного фосфогипса (минимальное, среднее и максимальное) достоверно не влияло на приживаемость и рост растений ($p < 0,05$), поэтому наблюдения выполнены без разделения на варианты опыта.

Проведенные в 2016 г. наблюдения за ростом опытных посадок на почвах различной лесопригодности с внесенным фосфогипсом показали, что вяз перистоветвистый на ограниченно-лесопригодных почвах имел наибольшую высоту (41,4 см), на условно-лесопригодных и нелесопригодных почвах высота была несколько меньше (соответственно 37,8 и 37,9 см). Высота саженцев сильно различалась по всем вариантам опыта, коэффициент вариации характеризовался значительным размахом – от 30,4 до 44,5 % (табл. 2).

Растения на всех участках угнетенные, имеются повреждения животными, большинство растений начинают свой рост от поросли. Индекс жизненного состояния растений составил 52,3 %, что говорит об ослабленности насаждения.

Выводы

На основании проведенных наблюдений за изменением состава почвы при внесении фосфогипса в различной дозе выявлено, что без промывки почвы в первый год после проведенных мелиоративных мероприятий содержание солей увеличивается практически в два раза, особенно это касается сульфатов. Через 4 года при внесении фосфогипса 15 т/га количество легкорастворимых солей уменьшается и достигает первоначального уровня. Возможно, в дальнейшем будет происходить рассоление почвы, но это можно будет утверждать после более длительных наблюдений.

Внесение фосфогипса улучшает агрохимические свойства почвы, играя большую почвозащитную роль, препятствуя развитию деградационных процессов. Применение минеральных удобрений при создании лесных культур позволяет в значительной степени обеспечить их приживаемость и улучшить плодородие почвы, так как для Казахстана характерны неблагоприятные почвенные условия. Все вышесказанное подчеркивает важность и своевременность проведенных исследований, поскольку главной задачей лесного хозяйства является проведение мероприятий по осуществлению расширенного воспроизводства лесных ресурсов, при условии непрерывного и неистощительного лесопользования, повышению средоохранной и средообразующей роли лесов, что достигается путем интенсификации лесного хозяйства, в том числе применением различных удобрений.

Список литературы

1. Муканов Б.М. Научное обеспечение создания зелёной зоны вокруг г. Астаны // Технологии создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны: матер. междунар. науч-практ. совещания (г. Астана, 8 июля 2012 г.). – Астана, 2012. – С. 21–23.

2. Обезинская Э.В. Озеленительные насаждения на условно-лесопригодных почвах зелёной зоны г. Астаны / Э.В. Обезинская, А.А. Рахимжанов, А.А. Бектемиров // Технологии создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны: матер. междунар. науч-практ. совещания (г. Астана, 8 июля 2012 г.). – Астана, 2012. – С. 54–56.

3. Кабанова С.А. Создание зелёной зоны г. Астаны: история, современное состояние и перспективы / С.А. Каба-

нова, А.Н. Рахимжанов, М.А. Данченко // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6, № 2 (22). – С. 16–22.

4. Руководство по ведению хозяйства в насаждениях государственных защитных лесных полос в Российской Федерации: Утв. Федер. службой лесного хоз-ва России 21.03.96. – М.: Всерос. науч.-исслед. и информ. центр по лесным ресурсам, 1996. – 48 с.

5. Марс А.М. Приемы повышения плодородия солонцеватых почв и солонцов: Автореф. канд. с-х. наук. – Пенза, 2011. – 269 с.

6. Копытков, В.В. Новые композиционные полимерные составы для лесовыращивания в природно-климатических условиях Беларуси и Казахстана / В.В. Копытков, В.С. Каверин, А.В. Боровков, В.Вл. Копытков, Ю.А. Таирбергенов; под ред. В.В. Копыткова. – Минск: РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2014. – 509 с.

7. Березин Л.В. Влияние мелиорации солонцов фосфогипсом на загрязнение почв / Л.В. Березин, А.В. Токарева, З.Н. Кахнович // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – М., 1988. – Вып. 42. – С. 30–34.

8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1971. – 487 с.

9. Рассел Э. Почвенные условия и рост растений / Э. Рассел. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1955. – 623 с.

10. Огиевский В.В. Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский. – Л., 1967. – 15 с.

11. Черных В.Л. Математические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве [Электронный ресурс] / В.Л. Черных, Н.А. Власова, Н.Г. Киселева, Д.М. Ворожцов. – Электрон. дан. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2011. – 80 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/39601.

УДК 630*231.31 (470.55)

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДРОСТОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПЕРЕСТОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Оплетаев А.С., Чермных А.И., Киршбаум А.Р.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, e-mail: Zalesov@usfeu.ru

На основе баз данных лесоустроительных материалов проанализированы количественные показатели обеспеченности подростом предварительной генерации насаждений различных формаций Челябинской области. Установлено, что при показателе лесистости 29,4% покрытая лесной растительностью площадь представлена темнохвойными, светлохвойными и мягколиственными насаждениями. Доля насаждений с доминированием твердолиственных (30,9 тыс. га) и прочих древесных пород и кустарников (6,0 тыс. га) относительно невелика. Перестойные темнохвойные насаждения встречаются лишь в двух лесничествах на площади 457,2 га и имеют под пологом в среднем 1,18 тыс. шт/га жизнеспособного подроста. Перестойные мягколиственные насаждения представлены в 10 лесничествах на площади 50494,8 га при среднем количестве жизнеспособного подроста 0,48 тыс. шт/га. Перестойные светлохвойные насаждения встречаются в 8 лесничествах, имеют площадь 2717,5 га и количество жизнеспособного подроста в среднем 1,42 тыс. шт/га. При этом среднее количество жизнеспособного подроста под пологом светлохвойных насаждений Миасского лесничества составляет 3,64; Усть-Катавского лесничества – 3,46, Кыштымского лесничества – 2,56 и Чебаркульского лесничества – 2,14 тыс. шт/га. Обеспеченность подростом предварительной генерации следует учитывать при планировании способов лесовосстановления и выборе вида выборочных рубок спелых и перестойных насаждений. Так, в частности, при количестве подроста предварительной генерации более 2,0 тыс. шт/га планируется искусственное лесовосстановление, от 1 до 2 тыс. шт/га – комбинированное лесовосстановление, а при количестве подроста менее 1,0 тыс. шт/га планируются меры содействия естественнному лесовосстановлению.

Ключевые слова: лесное насаждение, формация, сосняки, березняки, ельники, лесовозобновление, подрост, Южный Урал

PROVISION OF OVERMATURE STANDS WITH PRELIMINARY GENERATION UNDERGROWTH IN CHELYABINSK REGION

Opletaev A.S., Chermnykh A.I., Kirshbaum A.R.

Ural State Forestry University, Ekaterinburg, e-mail: Zalesov@usfeu.ru

On the base of forest regulation materials datev the quantitative indices of different formation stands provision with preliminary generations andergrowth in Chelyabinsk region has been analysed. At has been established that when the forest covering of the area constitutes 29,4% this area is covered with dark coniferous, light coniferons and soft broadleaved stands. The share of stands with hardbroadleaved domination (30,9 th ha) and some other wood species and undergrowth (6,0 th ha) is relatively small. Overmature dark coniferous stands can be found only in 2 forest distriets on the territory 457,2 ha and contain under the canopy 1,18 th /p/ha of viable undergrowth in average. Overmature soft broadleaved stands are presented in to forest districts on the square 50494,8 ha and the mean number of viable undergrowth constitutes 0,48 th p/ha. Overmature light coniferous stands are occurred in 8 forest districts having the territoru of 2717,5 ha and the number of viable undergrowth of 1,42 th/p/ha in average. The mean number of viable undergrowth under light coniferous stands canopy in meassky forest district cqustitutes 3,64; rest katavsky forest district – 3,46, Kushtymsku forest district – 2,56 and chebarkulsky forest district – 2,14 th/p/ha. Provision with preliminaries generation undergrowth should be tanen in planning the ways of reforestation as well as in choosing the methods of mature and overmature stands selective felling. Thus, in particular, when the number of undergrowth pre-generating more than 2,0 thousand PCs/ha of artificial reforestation is planned, from 1 to 2 thousand PCs/ha combined reforestation, while the number of trees less than 1.0 thousand units/ha are planned measures to promote estestvennomu reforestation.

Keywords: forest stands, formation, pine stands, birch stands, spruce forest, reforestation, undergrouth, the South Urals

Многолетний опыт лесопользования показал, что успешное лесовосстановление на вырубках во многом зависит от количественных и качественных характеристик подроста предварительной генерации и его сохранения в процессе проведения лесосечных работ [1–4]. Информация о количестве подроста под пологом спелых и перестойных насаждений разных формаций позволяет правильно назначить вид рубки и способ лесовосстановления. В то же время обеспеченность подростом спелых и перестойных насаждений зависит от значительного количества факторов. К последним следует отнести таксационные показатели древостоев, степень антропогенного воздействия, лесорастительные условия, географический район и др. Однако, несмотря на обширную библиографию работ по естественному лесовозобновлению [5–11], актуальной информации о подросте предварительной генерации

в насаждениях Челябинской области авторами не обнаружено, что и определило направление исследований.

Цель, объекты и методики исследования

Цель работы – установление на основе баз данных лесоустроительных материалов количественных показателей подроста предварительной генерации под пологом перестойных насаждений различных формаций и разработка на этой основе рекомендаций по совершенствованию лесовосстановления.

Объектом исследований служили перестойные насаждения темнохвойной, мягколиственной и светлохвойной формаций.

В основу исследований был положен метод анализа повыдельной базы данных (БД) с использованием SQL-запросов для определения статистически достоверной информации с помощью электронных таблиц и ГИС приложений [12]. Применение методики анализа таксационных показателей насаждений на основе электронных БД позволяет на научной основе осуществлять планирование способов лесовосстановления при ведении лесного хозяйства.

Работа выполнялась на основе таксационных описаний, для чего предварительно была создана электронная база данных по 22 лесничествам Челябинской области. В дальнейшем на основе формулы определения средневзвешенного среднего значения находилось требуемое среднее значение диапазона выделов на изучаемом участке. Полученное среднестатистическое количество подроста на 1 гектаре сравнивалось с нормативным значением [13].

Давность проведения лесоустройства по отдельным лесничествам превышает десятилетний период, а таксационная характеристика подроста на некоторых участках не является актуальной, т.к. за это время некоторые площади были пройдены пожаром, подрост светолюбивых пород крупной категории угнетался и утратил жизнеспособность, на других участках, напротив, произошло накопление подроста. Однако, учитывая большую совокупность анализируемых данных и опыт других исследователей [14–15], мы имеем возможность использовать таксационные описания в формате электронных таблиц для установления количественных показателей подроста предварительной генерации для получения статистически достоверной информации о подросте.

Результаты исследования и их обсуждение

Общая площадь Челябинской области составляет 8850 тыс. га, из них 2637,8 тыс. га приходится на земли лесного фонда. Область относится к малолесным субъектам Российской Федерации. Ее лесистость не превышает 29,4%. При этом на долю лесных земель приходится 91,9%, а на долю нелесных – 8,1%.

Породный состав лесных насаждений Челябинской области довольно разнообразен, в лесах области произрастают более 10 видов древесных пород. В лесах, расположенных на западе области (горнолесная местность), преимущественно произрастают хвойные насаждения. На севере, в средней части и северо-востоке области (равнинная местность) доминируют лиственные насаждения с преобладанием березы, осины, ольхи серой; на юге и юго-западе области – колочные мягколиственные насаждения.

В целом по области хвойные насаждения (сосна, ель, пихта, лиственница) занимают 732,4 тыс. га покрытой лесной растительностью площади. В лесном фонде доминируют мягколиственные насаждения (береза, осина, ольха, липа, ива), на долю которых приходится 1581,4 тыс. га покрытой лесной растительностью площади. Площадь твердолиственных насаждений с доминированием в составе дуба, клена и вяза составляет 30,9 тыс. га, а на площадь насаждений других пород лесообразователей и кустарниковые заросли приходится только 6,0 тыс. га.

Выполненные исследования показали, что перестойные насаждения различных формаций распределены по территории области неравномерно. Так, перестойные темнохвойные насаждения встречаются лишь в Ашинском и Катав-Ивановском лесничествах, а их площадь не превышает 457,2 га (табл. 1).

Лесистость Катав-Ивановского административного района составляет 83,7%, Ашинского – 80,5%. Катав-Ивановское лесничество имеет высокий средневзвешенный показатель количества подроста, составляющий 2,2 тыс. шт/га. По густоте этот показатель характеризуется как средний. Подрост в количестве 0,15 тыс. шт/га под пологом перестойных темнохвойных насаждений в Ашинском лесничестве характеризуется как редкий и его количество недостаточно для эффективного лесовосстановления.

Таблица 1

Обеспеченность перестойных темнохвойных насаждений подростом предварительной генерации

№ п/п	Лесничество	Площадь, га	Средневзвешенный показатель густоты, тыс. шт. на 1 га
1	Ашинское	238,7	0,15
2	Катав-Ивановское	218,5	2,20
	Всего	457,2	1,18

Таблица 2

Обеспеченность перестойных мягколиственных насаждений подростом предварительной генерации

№ п/п	Лесничество	Площадь, га	Средневзвешенный показатель густоты, тыс. шт. на 1 га
1	Ашинское	9234,4	0,50
2	Златоустовское	26,4	0,40
3	Каслинское	1064,2	0,11
4	Катав-Ивановское	28096,6	0,65
5	Кыштымское	175,9	0,29
6	Миасское	223,3	0,89
7	Нязепетровское	4625,7	0,20
8	Саткинское	82,8	0,20
9	Усть-Катавское	607,5	1,09
10	Уфалейское	6356,7	0,31
	Всего:	50494,8	0,46

Фонд лесовосстановления Ашинского лесничества составляет 185 га (0,1%), где значительную площадь занимают вырубки – 167 га (0,1%). Лесные культуры занимают 8705 га или 3,8% от площади покрытых лесной растительностью земель. Рассматривая породный состав лесов, следует отметить, что на территории Ашинского лесничества преобладают мягколиственные породы, занимающие 170648 га или 75,3%, в то время как на долю хвойных пород приходится 26615 га (11,7%). Для лесничества, располагающегося на такой большой территории, это очень низкий показатель, так как спрос на хвойную древесину значительно больше, чем на мягколиственную. Поэтому в своей хозяйственной деятельности лесничество должно стремиться к увеличению площади хвойных насаждений путем сохранения подроста хозяйственно ценных пород, создания лесных культур и проведения рубок ухода за составом. Насаждения твердолиственных пород занимают в лесничестве 29387 га (13,0%).

В табл. 2 содержится информация о количестве подроста под пологом перестойных мягколиственных насаждений.

Максимальным показателем площадей мягколиственных насаждений характеризуются Ашинское (9234,4 га), Катав-Ивановское (28096,6 га), Нязепетровское (4625,7 га) и Уфалейское (6356,7 га) лесничества. Эти лесничества расположены в западной и многолесной северной части Челябинской области. При оценке густоты подроста под пологом перестойных мягколиственных насаждений установлено, что его средневзвешенный показатель не превышает 1,09 тыс. шт/га (редкий).

Доминирующей древесной породой в лесах Ашинского лесничества, является береза, произрастающая на 71943 га. Преобладающей хвойной древесной породой является сосна, насаждения которой занимают 10535 га. Среди твердолиственных пород можно отметить резкое преобладание клена, произрастающего на 13893 га (47,3% от площади всех твердолиственных пород). Возрастная структура лесного фонда Ашинского лесничества весьма неоднородна. Она характеризуется преобладанием средневозрастных насаждений – 94949 га (41,9%). Особенно велика доля средневозрастных насаждений у мягколиственных пород – 73082 га (42,8%). Среди хвойных пород доминируют средневозрастные насаждения – 11169 га (42,0%).

Таблица 3

Обеспеченность перестойных светлохвойных насаждений подростом предварительной генерации

№ п/п	Лесничество	Площадь, га	Средневзвешенный показатель густоты, тыс. шт. на 1 га
1	Каслинское	67,9	0,80
2	Катав-Ивановское	1004,8	0,45
3	Кыштымское	802,9	2,56
4	Миасское	538,3	3,64
5	Пластовское	19,0	0,93
6	Усть-Катавское	11,9	3,46
7	Уфалейское	190,9	0,19
8	Чебаркульское	28,0	2,14
Всего		2717,5	1,42

К преобладающим насаждениям в лесном фонде Уфалейского лесничества относятся мягколиственные (107725 га или 66,5%) и хвойные (54192 га или 33,5%). Из них в составе лесного фонда лесничества доминируют березовые и сосновые насаждения, составляющие соответственно 79% мягколиственных и 75,4% хвойных лесов. Возрастная структура Уфалейского лесничества характеризуется неравномерностью распределения насаждений по группам возраста. В целом по лесничеству среди хвойных насаждений незначительно преобладают средневозрастные, занимающие 24370 га или 45,0%, на долю молодняков приходится около 32,6% хвойных насаждений. Среди мягколиственных пород существенно преобладают средневозрастные насаждения, площадь которых насчитывает 43213 га или 40,1%. Твердолиственные породы занимают 5 га и не обеспечены подростом.

Данные о количестве подроста предварительной генерации под пологом перестойных мягколиственных насаждений позволяют правильно выбрать оптимальный вид рубок спелых и перестойных насаждений, а в ряде случаев переформировать производные мягколиственные насаждения в хвойные, не прибегая к искусственному лесовосстановлению.

В табл. 3 содержится информация о количестве подроста под пологом перестойных светлохвойных насаждений.

Перестойные светлохвойные насаждения характеризуются высокими количественными показателями подроста. Средневзвешенный показатель подроста средней густоты (более 2 тыс. шт/га) зафиксирован в Кыштымском (2,56 тыс. шт/га), Миасском (3,64 тыс. шт. /га), Усть-Катавском (3,46 тыс. шт/га) и Чебаркульском (2,14 тыс. шт/га).

Покрытые лесной растительностью земли Кыштымского лесничества представлены на площади 106479 га (89,5%), а не покрытые лесной растительностью земли составляют 578 га (0,5%). Они представлены в основном несомкнувшимися лесными культурами – 347 га (0,3%) и фондом лесовосстановления – 219 га (0,2%), где значительную площадь занимают вырубки 136 га (0,1%). Искусственные насаждения занимают 9556 га или 9,0% от покрытых лесной растительностью земель. На площади 802,9 га под пологом перестойных светлохвойных насаждений Кыштымского лесничества предлагается проводить мероприятия по содействию естественному лесовозобновлению путем сохранения подроста в процессе проведения лесосечных работ.

Выводы

1. Для лесничеств с густотой подроста более 2 тыс.шт/га можно порекомендовать такой способ лесовосстановления, как сохранение подроста, для лесничеств с аналогичным показателем менее 2 тыс. шт. на 1 га рекомендуется комбинированное лесовосстановление. Все указанные лесничества расположены в западной и северной частях Челябинской области.

2. Всего 2 лесничества Челябинской области обеспечены подростом под пологом перестойных темнохвойных насаждений. Катав-Ивановское лесничество имеет высокий средневзвешенный показатель количества подроста на 1 га и составляет 2,2 тыс. шт/га (средняя густота). Подрост в Ашинском лесничестве характеризуется как редкий, и его количество недостаточно для эффективного лесовосстановления.

3. Максимальным показателем площадей перестойных мягколиственных

насаждений, обеспеченных подростом, характеризуются Ашинское (9234,4 га), Катав-Ивановское (28096,6 га), Нязепетровское (4625,7 га) и Уфалейское лесничества (6356,7 га). Эти лесничества расположены в западной и многолесной северной части Челябинской области. При оценке густоты подроста под пологом перестойных мягколиственных насаждений установлено, что его средневзвешенный показатель не превышает 1,09 тыс. шт/га (редкий).

4. В перестойных светлохвойных насаждениях сохранение подроста при заготовке древесины можно рекомендовать в Кыштымском (2,56 тыс. шт/га), Миасском (3,64 тыс. шт. /га), Усть-Катавском (3,46 тыс. шт/га) и Чебаркульском (2,14 тыс. шт/га) лесничествах. Максимальные площади этих насаждений приходятся на Кыштымское (29,5%) и Миасское (19,8%) лесничества.

Список литературы

1. Луганский Н.А. Лесоводство: учебник для вузов / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.А. Азаренок. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2001. – 320 с.

2. Хайретдинов А.Ф. Введение в лесоводство: учебн. пособие / А.Ф. Хайретдинов, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 202 с.

3. Азаренок В.А. Экологизированные рубки леса: учебн. пособие / В.А. Азаренок, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 97 с.

4. Сортиментная заготовка древесины: учебн. пособие / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, А.В. Мехренцев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 140 с.

5. Залесов С.В. Научное обоснование системы лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности сосновых лесов Урала: дис. … д-ра с.-х. наук. – Екатеринбург, 2000. – 460 с.

6. Данилик В.Н. Рекомендации по лесовосстановлению и лесоразведению на Урале / В.Н. Данилик, Р.П. Исаева, Г.Г. Терехов и др. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2001. – 117 с.

7. Чермных А.И. Возобновительные процессы под пологом лиственничников в лесах ХМАО-Югры / А.И. Чермных, А.С. Оплетаев, С.В. Залесов // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2012. – № 31. – С. 78–82.

8. Черноольховые леса Волго-Донского бассейна и ведение хозяйства в них: моногр. С.В. Залесов, В.П. Воротников, В.В. Катунова и др. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. – 231 с.

9. Казанцев С.Г. Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала / С.Г. Казанцев, С.В. Залесов, А.С. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. – 156 с.

10. Естественное лесовозобновление в Джабык-Карагайском бору / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, Л.П. Абрамова, А.С. Степанов // ИВУЗ «Лесной журнал». – 2005. – № 3. – С. 13–19.

11. Дебков Н.М. Обеспеченность осинников средней тайги подростом предварительной генерации (на примере Томской области) / Н.М. Дебков, С.В. Залесов, А.С. Оплетаев // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 12 (142). – С. 48–53.

12. Чермных А.И. Анализ повыдельной геобазы с использованием SQL-запросов для определения статистически достоверной информации на примере ГИС MAPINFO / А.И. Чермных, А.С. Оплетаев // Леса России и хозяйство в них. – 2013. – № 1(44). – С. 53–54.

13. Правила лесовосстановления: Утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 375. – 146 с.

14. Фомин В.В. Методики оценки густоты подроста и древостоев при зарастании сельскохозяйственных земель древесной растительностью с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения / В.В. Фомин, С.В. Залесов, А.Г. Магасумова // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № (131). – С. 25–29.

15. Калачев А.А. Качество подроста пихты сибирской под пологом пихтовых и березовых насаждений Рудного Алтая / А.А. Калачев, С.В. Залесов // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 4 (122). – С. 64–67.

УДК 630*181.32

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА СУПЕСЧАНОЙ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Прутской А.В.

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

Выращивание продуктивных и устойчивых древостоев из ценных древесных пород в Брянской области невозможно без исследования ценотического фактора. Механизм взаимоотношений между растениями на фоне почвенных, климатических и др. условий очень сложный, и его изучение необходимо для создания лесных культур и проведения системы рубок ухода. Предлагаемые исследования построены на изучении взаимоотношений сосны и дуба в ризосфере. Раскопку корневых систем начинали с горизонтальных корней, постепенно обнажая корни по периферии. Исследования показали, что у сосны к 122-летнему возрасту сформировалась поверхностно-стержнево-якорная корневая система, а у дуба к 125-летнему возрасту – колоколовидно-якорная. В зоне непосредственного контакта между корневыми системами сосны и дуба наблюдается три типа взаимоотношений – полное изменение направления роста, частичное изменение направления роста, непосредственное соприкосновение корней. В сосняке лещиново-копытеневом, на подзолистой почве на флювиогляциальной супеси с галькой фосфоритов, подстилаемой глауконитовым песком с редкими желваками фосфоритов, в корневой сфере взаимовлияния между дубом и сосной складываются конкурентные отношения с элементами индифферентности. Большую конкурентоспособность проявляет дуб, осваивая больший объём почвы, что позволяет ему произрастать в одном ярусе с сосной. У сосны более развиты поверхностные горизонтальные корни, у дуба глубинные горизонтальные корни. По длине поверхностных горизонтальных корней 2-го порядка сосна превышает дуб в 2,4 раза, уступая в глубинных – в 7,8 раза. Установлено, что в первые десятилетия у дуба активно развивается стержневой корень. В дальнейшем темпы роста стержневого корня дуба уменьшаются и со временем он меняет направление роста на горизонтальное. Это объясняется морфологическими особенностями почвы.

Ключевые слова: корневая система, сосна обыкновенная, дуб черешчатый, насаждения, ценотический фактор, почва

STRUCTURAL PECULIARITIES OF THE ROOT SYSTEMS OF PINE AND OF OAK IN CONIFER-BROADLEAF PLANTINGS ON SANDY LOAM PODZOLIC SOIL

Prutskoy A.V.

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, e-mail: prutskoj@yandex.ru

The farming productive and sustainable forest stands of valuable tree species in the Bryansk region is impossible without examination of cenotic factors. The mechanism of the relationship between the plants on the background of soil, climatic and other conditions is very complex and its study is necessary for creation of forest cultures and the system of thinning. The proposed study built on the study of relations between Pinus silvestris and Qercus robur in the rhizosphere. The excavation of the root systems started with horizontal roots, gradually exposing the roots on the periphery. Studies have shown that Pinus silvestris to 122 years of age formed the surface-a pivotal anchor of the root system, and the Qercus robur to 125 years of age are bell – shaped anchor. In the area of direct contact between root systems of Pinus silvestris and Qercus robur and observed three types of relationships – a complete change in the direction of growth, a partial reversal of the direction of growth, the direct contact of the roots. The plantations, podzolic soil on fluvioglacial sandy loam with pebbles, phosphate rock, underlain by glauconitic sand with sparse phosphate nodules in the root area of interaction between the Qercus robur and Pinus silvestris formed a competitive relationship with the elements of indifference. Greater competitiveness shows Qercus robur, exploiting greater volume of soil, allowing it to grow in a single layer with pine. Pinus silvestris trees have more developed surface horizontal roots, the Qercus robur of deep horizontal roots. The length of horizontal surface roots of the 2nd order Pinus silvestris exceeds Qercus robur in 2,4 times, yielding in a depth – 7.8 times. It is established that in the first decades of the Qercus robur is actively growing taproot. In the future, the growth rate of the taproot of an Qercus robur decrease, and with time, it changes the direction of growth is horizontal. It is due to the morphological characteristics of the soil.

Keywords: the root system, Pinus silvestris, Qercus robur, plantations, cenotic factor, soil

Для формирования устойчивых и продуктивных сосново-дубовых насаждений в Брянской области РФ необходимо изучение ценотического фактора взаимовлияния корневых систем. Это позволяет в будущем создавать лесные культуры и проводить в них соответствующие лесоводственные мероприятия.

Анализ взаимоотношений сосны и дуба в зоне корневых систем при совместном произрастании показал, что потенциальные возможности дуба к корнеобразованию не ниже, чем у сосны, но проявляются они в разных лесорастительных условиях неодинаково.

Г.Ф. Морозов утверждал, что на супесях у сосны формируется развитая корневая система, причём деятельная часть её уходит гораздо глубже в область грунта, чем у дуба в этих условиях, что ослабляет конкуренцию между сосной и дубом [1].

Установлено, что с улучшением эдафических условий позиции дуба в корнеобитаемом слое почвы укрепляются. В свежих и влажных сложных суборях они уравниваются с позициями сосны, а в дубравах преимущество переходит к дубу [2–4].

Цель исследования

Изучить ценотические взаимоотношения корневых систем сосны обыкновенной (*Pinus silvestris, L.*) и дуба черешчатого (*Qercus robur, L.*) в хвойно-широколиственных насаждениях.

Материалы и методы исследования

Для сравнительного анализа закономерностей строения корневых систем взяты модельные деревья сосны и дуба, произрастающие в I ярусе 122-летнего сосняка лещиново-копытеневого ($Д_2$), Учебно-опытного лесничества, в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений, на 3-ей террасе р. Десны, на подзолистой почве на флювиогляциальной супеси с галькой фосфоритов, подстилаемой глауконитовым песком с редкими желваками фосфоритов.

Строение корневых систем изучалось методом скелета, монолита, среза почвенного профиля [5, 6]. В основу исследований корневых систем положена методика М.И. Калинина [7, 8], П.К. Красильникова [9] и классификация корневых систем по П.К. Красильникову [10].

Раскопка велась сухим способом от периферии к центру корневых систем. Сначала почва размягчалась деревянными рыхлителями, а затем аккуратно обнажалась корневая система. Раскопку корневых систем начинали с горизонтальных корней, постепенно обнажая корни по периферии. Все корни распределяли на группы: горизонтальные поверхностные (горизонтальные корни, расположенные не глубже 20 см); горизонтальные глубинные (горизонтальные корни, расположенные глубже 20 см); якорные (вертикальные ответвления от горизонтальных корней); стержневые (корни идущие вертикально вниз и являющиеся продолжением ствола дерева). В зависимости от толщины корни подразделяли на тонкие ($d < 2$ мм), полускелетные ($d = 2{,}1–4{,}0$ мм) и скелетные ($d > 4{,}0$ мм).

Для горизонтальной корневой системы замерялись следующие показатели: длина корня первого и второго порядка; расстояние до ответвлений второго порядка; длина якорных корней и глубина их проникновения; диаметр корней в месте их прикрепления.

Для вертикальной корневой системы замерялись следующие показатели: глубина и длина корня; расстояние до места прикрепления ответвлений второго порядка; протяжённость корней второго порядка и их диаметры в месте ответвления.

Препарированные корневые системы изучались по горизонтам почвы с зарисовкой и фотографированием их расположения. Измерения диаметров корней проводились штангенциркулем с точностью 0,1 мм, длины – мерной лентой с точностью 1 см.

Корни, взятые из монолитов, взвешивали в сыром состоянии, по фракциям, с точностью до 1 г. Для определения процента влажности отбирали по 5 образцов из каждой фракции, с величиной навески 50 г. После высушивания в сушильном шкафу, при температуре 100–110 °С до абсолютно сухого состояния и повторного взвешивания устанавливали средний процент влажности.

Развитие корневой системы исследовалось анализом процесса роста корней. Средний прирост корня по длине определяли путём деления длины корня на его возраст, вычисляемый по количеству годичных колец у основания корня.

Для изучения роста корня по длине и диаметру использовали метод анатомического анализа корней. Рост по длине определялся при помощи срезов у двух горизонтальных корней типичного строения, у их основания и через каждые 50 см. Рост по диаметру определялся при помощи срезов главных и скелетных корней у их основания.

Результаты исследования и их обсуждение

В данных почвенных условиях у сосны сформировалась поверхностно-стержнево-якорная корневая система, у дуба – колоколовидно-якорная (рисунок). У дуба сформировались крупные корневые лапы (дисковидной формы), которые проникают в почву под углом 30–60° к поверхности, что придаёт особую устойчивость стволу на супесчаной почве. От них в разные стороны (на 90% в противоположную сторону от сосны) в гумусовом, переходном оподзоленном горизонтах с галькой фосфоритов распространяются скелетные корни второго и третьего порядков. Причём горизонтальные глубинные и якорные корни дуба на 35% по корненаселённости проникают до глубины 161–180 см.

Общий вид корневых систем сосны обыкновенной (слева) и дуба черешчатого (справа) на супесчаной подзолистой почве (расстояние между деревьями 3,2 м)

Из них основная масса (65 %), доходя до плотных горизонтов с фосфоритами, принимает горизонтальное направление роста. Якорные корни сосны проникают до глубины 181–200 см, где из-за плотноватого глауконитового песка с редкими желваками фосфоритов образуют на концах корней «метёлки».

Сложные взаимоотношения у сосны и дуба складываются при непосредственном взаимодействии корней. Установлено, что наибольшую активность проявляют поверхностные горизонтальные корни дуба, которые в 4 раза активнее осваивают фитогенное поле корневой сферы сосны. При вхождении в корневую систему сосны скелетные корни дуба (второго и выше порядков) углубляются под поверхностные горизонтальные корни сосны.

Мы наблюдали три типа взаимоотношений между корневыми системами сосны и дуба:

1) полное изменение направления роста, с разворотом скелетных (полускелетных) корней в пространстве относительно друг друга (при угле более 90 °);

2) частичное изменение направления роста, с разворотом скелетных (полускелетных) корней в пространстве относительно друг друга (при угле менее 90 °);

3) непосредственное соприкосновение скелетных (полускелетных) корней. Чаще при взаимовлиянии корней сосны и дуба наблюдается частичное изменение направления их роста.

При третьем типе взаимоотношений поверхностные и глубинные горизонтальные скелетные корни дуба (второго, третьего порядков) растут, соприкасаясь с поверхностными и глубинными горизонтальными корнями сосны (первого, второго, третьего порядков) и располагаются в 50–150 см от стержневого корня сосны. В свою очередь поверхностные горизонтальные (скелетные, полускелетные, тонкие) корни сосны проникают в ризосферу дуба. Более детальное представление о взаимоотношениях корневых систем даёт морфологическая структура корневых систем сосны и дуба представленная в табл. 1.

В ходе анализа табл. 1 видно, что общая длина скелетных корней дуба превышает в 2,3 раза длину сосновых. По категории горизонтальных корней дуб превосходит сосну в 3,3 раза. Поверхностных горизонтальных корней у дуба на 68 %, а глубинных горизонтальных корней на 83 % больше, чем у сосны. Стержневых корней в 3,4 раза больше у сосны.

Во многом на развитие корней дуба повлияло неравномерное распределение по профилю почвы прослоек фосфоритов разной мощности. Так, стержневой корень дуба на глубине 1–1,5 м столкнулся с мощным и плотным слоем фосфоритной гальки, что затормозило его рост в вертикальном

направлении и побудило к разветвлённости и росту в горизонтальном направлении. Стержневой корень сосны не встретил таких плотных прослоек фосфоритов и нормально развивался, проникая в почвообразующую породу.

У дуба средняя скорость роста по диаметру стержневого корня 0,1 см/год, по длине – 1,1 см/год (в первое десятилетие – 22 см). Для сосны средняя скорость роста стержневого корня по диаметру 0,3 см/год, по длине – 2,9 см/год. Неравномерное уплотнение почвы, возможно, повлияло на перераспределение и относительную долю горизонтальных, вертикальных и косовертикальных корней. На долю якорных корней сосны приходится 49%, дуба – 37%. По вертикальным корням дуб превышает сосну в 1,5 раза, косовертикальным – в 3,6 раза, а в целом по категории якорных – на 35%.

В данных условиях у сосны наблюдается переход от поверхностно-глубокого укоренения к ещё более глубокому, что выражается в 57% долевом участии корней вертикальной ориентации. Несмотря на это у сосны чётко выражены горизонтальные корни 1-го и 2-го порядков (табл. 2).

Таблица 1

Морфологическая структура корневых систем сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Порода	Характеристика надземной части модели			Характеристика подземной части модели								
					горизонтальные корни, м			стержневые корни, м	якорные корни, м			
	диаметр, см	высота, м	объём ствола, $м^3$	всего скелетных корней, м	поверхностные	глубинные	всего		вертикальные	косовертикальные	всего	всего корней вертикальной ориентации, м
Сосна 122 года	44,5	30,9	2,5	1240	490	43	533	99	541	67	608	707
Дуб 125 лет	36,1	27,5	1,3	2852	1520	248	1768	29	812	243	1055	1084

Таблица 2

Характеристика горизонтальных корней сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Порода	Суммарная длина корней, м	Корни 1-го порядка			Корни 2-го порядка		
		длина, м	количество, шт.	средняя длина, м	длина, м	количество, шт.	средняя длина, м
Поверхностные горизонтальные корни							
сосна 122 года	109	30	7	4,3	79	99	0,8
дуб 125 лет	50	17	8	2,1	33	67	0,5
Глубинные горизонтальные корни							
сосна 122 года	19	13	4	3,2	6	16	0,4
дуб 125 лет	73	26	10	2,6	47	78	0,6

По данным табл. 2 видно, что у сосны более развиты поверхностные горизонтальные корни 1-го и 2-го порядков, которые превышают аналогичные корни дуба по суммарной длине в 2,2 раза. Наоборот, у дуба глубинные горизонтальные корни развиты в 3,8 раза больше, чем сосновые. По длине поверхностных горизонтальных корней 2-го порядка сосна превышает дуб в 2,4 раза, уступая в глубинных в 7,8 раза. Всё это увеличивает площадь всасывающей поверхности корней с почвой и позволяет дубу более рационально использовать питательные вещества, проникая под поверхностные горизонтальные корни сосны. Тем самым снижается напряжённость конкуренции и укрепляется позиция дуба в ризосфере.

При исследовании корневых систем учитывалась корненаселённость почвы полускелетными и скелетными корнями. Их размещение по почвенному профилю во многом определяет развитие и взаимовлияние сосны и дуба. Для этого были заложены почвенные монолиты в трёхкратной повторности (9 монолитов). Распределение полускелетных корней сосны и дуба приведено в табл. 3.

Таблица 3

Распределение полускелетных (d = 2,1–4,0 мм) корней сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Горизонты почвы, см	Сосна 122 года		Дуб 125 лет	
	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %
0–20	234	49,9	300	30,5
21–40	80	17,1	87	8,8
41–60	45	9,5	145	14,7
61–80	35	7,4	102	10,4
81–100	24	5,1	115	11,7
101–120	19	4,1	81	8,2
121–140	12	2,6	62	6,3
141–160	10	2,2	43	4,4
161–180	6	1,3	29	2,9
181–200	4	0,8	21	2,1
Всего:	469	100,0	985	100,0

Таблица 4

Распределение скелетных (d > 4 мм) корней сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Горизонты почвы, см	Сосна 122 года		Дуб 125 лет	
	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %
0–20	532	15,9	628	12,7
21–40	883	26,4	410	8,3
41–60	579	17,3	746	15,1
61–80	328	9,8	963	19,5
81–100	365	10,9	712	14,4
101–120	217	6,5	459	9,3
121–140	157	4,7	405	8,2
141–160	117	3,5	316	6,4
161–180	97	2,9	252	5,1
181–200	70	2,1	49	1,0
Всего:	3345	100,0	4940	100,0

Распределение полускелетных корней сосны и дуба по профилю почвы неравномерное. Большая часть корней сосредоточена в гумусовом горизонте, где у сосны их 49,9 %, у дуба – 30,5 %, хотя по массе корней дуб превышает сосну в этом горизонте в 1,3 раза. Это объясняется более благоприятным почвенно-гидрологическим режимом исследуемого горизонта почвы для требовательного дуба. В подзолистом горизонте у сосны – 17,1 %, у дуба – 8,8 % корней от общей массы. Этот горизонт слабо освоен полускелетными корнями дуба, хотя по массе не уступает сосне. В переходном иллювиальном горизонте почвы и по доле в общей массе, и по массе корней преимущество за дубом. На глубине от 41 см до 100 см сосредоточено 36,8 % корней дуба, а у сосны – 22,0 % корней. Это объясняется обилием конкреций фосфора в данных горизонтах. Глубже 100 см происходит уменьшение количества фосфоритов, с 140 см изменяется плотность горизонта почвы. Всё это приводит к уменьшению доли в общей массе полускелетных корней, как сосны, так и дуба. Освоенность этих горизонтов у дуба по массе выше и, вероятно, связана с конкурентным влиянием сосны, как породы с более быстрыми темпами развития корней в поверхностных горизонтах почвы. В общем итоге, по массе полускелетных корней, дубовые превышают в 2,1 раза сосновые.

Распределение скелетных корней сосны и дуба приведено в табл. 4.

Распределение скелетных корней сосны и дуба показывает, что сфера их проникновения по почвенному профилю глубже, чем полускелетных. Так у сосны на глубине 81–100 см скелетных корней 10,9 %, у дуба – 14,4 %. В категории скелетных корней преимущество сохраняется за дубом в 1,5 раза, что на 29 % меньше по сравнению с категорией полускелетных. В гумусовом горизонте почвы дуб по массе скелетных корней превышает сосну в 1,2 раза, а в подзолистом – уступает ей в 2,2 раза. В подзолистом горизонте почвы сосна имеет преимущество, проникая по нему в корневую сферу дуба. В переходном иллювиальном горизонте дуб по массе корней превосходит сосну в 1,3 раза. В следующих почвенных горизонтах позиции дуба улучшаются. На глубине 181–200 см сосна по массе скелетных корней превышает дуб в 1,4 раза. Это объясняется повышением плотности горизонта почвы, где у сосны данная категория корней образует большее количество ветвлений на единицу площади.

Выводы

Впервые установлено, что при вхождении в корневую систему сосны скелетные корни дуба углубляются под поверхностные горизонтальные корни сосны. Это является стратегическим элементом развития корневой системы дуба, позволяющим увеличить с возрастом площадь питания и возможность произрастания дуба с сосной в одном пологе насаждения. У сосны к 122-летнему возрасту сформировалась поверхностно-стержнево-якорная корневая система, а у дуба к 125-летнему возрасту – колоколовидно-якорная. Для дуба и сосны характерно развитие крупных якорных корней. В зоне непосредственного контакта между корневыми системами сосны и дуба наблюдается три типа взаимоотношений – полное изменение направления роста, частичное изменение направления роста, непосредственное соприкосновение корней. По морфологической структуре корневых систем у сосны более развиты поверхностные горизонтальные корни, у дуба глубинные горизонтальные корни. По длине поверхностных горизонтальных корней 2-го порядка сосна превышает дуб в 2,4 раза, уступая в глубинных в 7,8 раза. У дуба в первые десятилетия активно развивается стержневой корень. В дальнейшем темпы роста стержневого корня дуба уменьшаются, и со временем, он меняет направление роста на горизонтальное. Это объясняется морфологическими особенностями почвы.

В сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$), на подзолистой почве на флювиогляциальной супеси с галькой фосфоритов, подстилаемой глауконитовым песком с редкими желваками фосфоритов, в корневой сфере взаимовлияния, между дубом и сосной складываются конкурентные отношения с элементами индифферентности. Большую конкурентоспособность проявляет дуб, осваивая больший объём почвы, что позволяет ему произрастать в одном ярусе с сосной.

Список литературы

1. Морозов Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Морозов. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 556 с.

2. Калинин М.И., Тиунчик В.К., Лантух В.С. Восстановительная способность корней сосны и дуба в смешанных

сосново-дубовых культурах / М.И. Калинин, В.К. Тиунчик, В.С. Лантух // Лесн. журн. – 1981. – № 5. – С. 15–18.

3. Калинин М.И., Лантух В.С. Регенерация корневых систем сосны и дуба в культурах / М.И. Калинин, В.С. Лантух // Лес. х-во, лес., бум. и деревообраб. пром-сть. – 1985. – № 16. – С. 15–18.

4. Костомаров В.Н. Корневые системы сосны и дуба свежей субори Украинского Полесья: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. – Киев, 1954. – 22 с.

5. Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений / В.А. Колесников. – М.: Лес. промсть, 1972. – 152 с.

6. Методы изучения лесных сообществ: монография / Е.Н. Андреева, И.Ю. Баккал, В.В. Горшков [и др.] / под ред. проф. В.Т. Ярмишко. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.

7. Калинин М.И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса / М.И. Калинин. – Львов: Вища школа, 1975. – 175 с.

8. Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев / М.И. Калинин. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 152 с.

9. Красильников П.К. Методика полевого изучения подземных частей растений / П.К. Красильников. – Л.: Наука, 1983. – 207 с.

10. Красильников П.К. Классификация корневых систем деревьев и кустарников / П.К. Красильников // Лесоведение. – 1970. – № 3. – С. 35–45.

УДК 631.871/.811:633.491

БИОПРЕПАРАТ РИБАВ-ЭКСТРА В ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

Уромова И.П., Новиков Д.А., Машакин А.М., Соколов И.С., Шихалеева Е.В., Шихалеева С.В.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: uromova2012@yandex.ru

В лабораторно-производственных (защищенный грунт) условиях испытан биопрепарат нового поколения Рибав-Экстра. Целью исследования являлось изучение влияния регулятора роста на рост, развитие и продуктивность оздоровленного исходного материала – картофеля сорта Ред Скарлетт зарубежной селекции, полученного методом апикальной меристемы. Полученные результаты позволяют считать перспективным применение препарата с целью стимуляции корнеобразования и дальнейшего улучшения условий роста и развития растений в культуре in vitro. Добавление Рибав-Экстра в питательную среду на последнем этапе микроразмножения в условиях in vitro увеличивает высоту растений на 10,6–22,7%, количество междоузлий на растении на 9,5–23,8% и усиливает рост корневой системы на 17,2–41,4% в зависимости от концентрации препарата. Использование биопрепарата Рибав-Экстра при прикорневой обработке при дальнейшем выращивании меристемных растений в условиях защищенного грунта способствует увеличению биометрических показателей, таких как высота растений (на 43,6–36,3%), количество стеблей в кусте (на 28,3–10,9%) и масса корней (на 28,3–20,0%), в зависимости от дозы препарата. В результате обработки препаратом увеличивается урожайность на 22,6–12,3% и коэффициент размножения на 23,2–13,6%, благодаря более интенсивному росту корней на начальном этапе развития. Таким образом, на последнем этапе черенкования целесообразно использовать питательную среду МС с добавлением Рибав-Экстра в дозе 0,05 мл/л для увеличения мощности корневой системы. Для повышения устойчивости меристемных растений к стрессу при пересадке и увеличения продуктивности эффективнее при прикорневых подкормках использовать препарат в дозе 0,1 мл/л.

Ключевые слова: биопрепарат, регулятор роста, апикальная меристема, оздоровленный картофель, питательная среда Мурасиге – Скуга, Рибав-Экстра, биометрические показатели, защищенный грунт (теплица)

THE RIBAV-EXTRA BIOLOGICAL PRODUCT IN TECHNOLOGY OF REPRODUCTION THE REVITALIZED POTATOES

Uromova I.P., Novikov D.A., Mashakin A.M., Sokolov I.S., Shikhaleeva E.V., Shikhaleeva S.V.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: uromova2012@yandex.ru

In laboratory and production (protected soil) conditions the biological product of new generation of Ribav-Extra is tested. A research objective was studying of influence of the regulator of growth on growth, development and efficiency of the revitalized initial material of potatoes of the grade of Red Scarlett of foreign selection received by method of an apical meristem. The received results allow to consider perspective use of medicine for the purpose of stimulation of root growth and further improvement of conditions of growth and development of plants in culture of in vitro. Addition of Ribav-Extra in nutrient medium at the last stage of micro reproduction in the conditions of in vitro increases height of plants by 10,6–22,7%, quantity of interstices on a plant for 9,5–23,8% and strengthens growth of root system by 17,2–41,4% depending on concentration of medicine. Use of a biological product of Ribav-Extra at radical processing at further cultivation the meristem of plants in the conditions of the protected soil promotes increase in biometric indicators, such as height of plants (for 43,6–36,3%), quantity of stalks in a bush (for 28,3–10,9%) and the mass of roots (for 28,3–20,0%), depending on a medicine dose. As a result of processing by medicine productivity increases by 22,6–12,3% and coefficient of reproduction for 23,2–13,6%, thanks to more intensive growth of roots at the initial stage of development. Thus, at the last stage of a shanking it is expedient to use the MS nutrient medium with addition of Ribav-Extra in a dose of 0,05 ml/l for increase in power of root system. For increase in stability the meristem of plants to a stress at change and increases in efficiency is more effective at radical stern to use medicine in a dose of 0,1 ml/l.

Keywords: biological product, growth regulator, apical meristem, the revitalized potatoes, Murasige-Skuga nutrient medium, Ribav-Extra, biometric indicators, protected soil (greenhouse)

Одной из главных задач безвирусного семеноводства картофеля является выращивание качественных семян в условиях защищенного грунта (теплица) [1, 2, 10, 11]. В последнее время для выращивания мини-клубней все большее внимание уделяется применению биологических методов, в частности обработки биологическими стимуляторами роста растений.

Стимуляторы роста – это большая группа природных и синтетических органических соединений, которые в малых дозах оказывают существенное влияние на ростовые и физиолого-биохимические процессы, которые проявляются чаще всего в стимулировании собственного иммунитета, что позволяет в дальнейшем растениям индуцировать неспецифическую устойчивость

к действию различного рода фитопатогенов и неблагоприятным факторам (засуха, стресс при пересадке) [4, 5, 13, 14].

К таким стимуляторам роста относится биологический препарат нового поколения Рибав-Экстра, представляющий собой продукт метаболизма микоризных грибов, экстрагированных из корней женьшеня. Действующим веществом данного препарата являются аминокислоты – L – аланин (0,00152 г/л) и L – глутаминовая кислота (0,00196 г/л).

Механизм действия состоит в том, что аминокислоты включаются в синтез структурных и ферментных белков, регулирующих процессы деления, роста и дифференцировки клеток в период роста и образования корней растений. Благодаря корнеобразующей активности и способности к быстрой регенерации растительных тканей препарат Рибав-Экстра рекомендован для введения в состав питательной среды при выращивании растений *in vitro* [8, 15].

Рибав-Экстра стимулирует развитие мицелия микоризных грибов, находящихся в симбиозе с корнями растений, и синтез фитогормонов, что приводит не только к усилению роста и развития корневой системы, но и к повышению устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды.

Поэтому данный агроприем, по мнению некоторых ученых [2, 6], перспективен, так как способствует сглаживанию стрессовых явлений, возникающих при пересадке микрорастений в качественно новые условия и получению большого количества миниклубней, что особенно важно в системе семеноводства при выращивании в условиях защищенного грунта.

Цель и задачи исследования

Определить оптимальные концентрации стимулятора роста Рибав-Экстра для внесения в питательную среду МС, а также проведения прикорневых обработок растений картофеля в условиях защищенного грунта. Для этого необходимо решить следующие задачи:

1) изучить влияние Рибав-Экстра на рост и развитие меристемных растений *in vitro*;

2) изучить влияние Рибав-Экстра на биометрические показатели растений картофеля в условиях теплицы;

3) изучить влияние препарата на урожайность и коэффициент размножения картофеля.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная работа проводилась в биотехнологической лаборатории и теплице ООО «Элитхоз» Борского района Нижегородской области в 2014–2016 гг. В данных лабораторно-производственных опытах использовали оздоровленный меристемный материал картофеля Ред Скарлетт зарубежной селекции.

В схему опыта включены 3 варианта: 1 (контроль) – стандартная питательная среда Мурасиге – Скуга (МС); 2 – МС + Рибав-Экстра (0,1 мл/л); 3 МС + Рибав-Экстра (0,05 мл/л). Концентрация препарата в лабораторном опыте – 0,1 мл/л; 0,05 мл/л. Препарат Рибав-Экстра добавляли в питательную среду на последнем этапе черенкования. В лабораторных условиях определяли биометрические показатели растений *in vitro*.

Лабораторно-производственные опыты закладывали и обрабатывали в соответствии с установленной методикой [3]. Общая площадь делянки составляла 28 м^2, учетная – 14 м^2, повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое. Схема посадки – 70×24 см. Во время вегетации проводили двукратную прикорневую обработку в дозах 0,1 мл/л и 0,05 мл/л. Первую обработку проводили через 7 дней после посадки меристемных растений, вторую – через 14 дней. Концентрация препарата соответствовала рекомендуемой согласно инструкции по применению.

В течение вегетационного периода в условиях защищенного грунта определяли биометрические показатели растений и урожайность. Учет урожая проводили весовым способом путем взвешивания всех клубней с делянки. Учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам [7].

В период вегетации по мере необходимости производили поливы и обработку против колорадского жука и фитофтороза.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования показали, что добавление в питательную среду Мурасиге – Скуга препарата Рибав-Экстра в исследуемых концентрациях (0,1 мл/л и 0,05 мл/л) на последнем этапе черенкования оказало положительное влияние на биометрические показатели микрорастений картофеля сорта Ред Скарлетт в культуре *in vitro* (табл. 1).

Наблюдения за морфогенезом меристемных растений в условиях *in vitro* по-

казали, что при добавлении в питательную среду препарата Рибав-Экстра высота растений и количество междоузлий возрастали, причем в большей степени это происходило в варианте с применением препарата в меньшей концентрации (0,05 мл/л). Так, на 21-й день культивирования высота растений увеличилась на 14,1–6,6 мм в зависимости от концентрации, по сравнению с контролем.

Также произошло и увеличение числа междоузлий на стебле при внесении препарата Рибав-Экстра в питательную среду. Через три недели выращивания количество междоузлий стало больше на варианте с применением препарата в концентрации 0,05 мл/л – на 1,5 шт., по сравнению с контролем. На варианте с применением препарата в концентрации 0,1 мл/л междоузлий образовалось незначительно меньше – на 0,9 шт.

При черенковании меристемных растений в культуре *in vitro* важно получить не только большее количество междоузлий, но и их оптимальную длину, чтобы имелась возможность делить растения на микрочеренки для дальнейшего черенкования в питательную среду. В нашем опыте в вариантах с обеими концентрациями отмечены сегменты с одинаковой длиной, пригодной для дальнейшего черенкования.

Процесс образования корней – это главный и необходимый фактор для культивирования микрорастений *in vitro*, особенно это важно на последнем этапе микрочеренкования перед высадкой растений в условия защищенного грунта для последующего выращивания, с целью получения миниклубней. Микрорастения с более мощной корневой системой в почве быстрее приживаются, от этого в первую очередь зависит их дальнейшее развитие.

Применение препарата Рибав-Экстра в концентрации 0,05 мл/л вызвало максимальное увеличение длины корней – в 1,4 раза, по сравнению с контролем. При повышении концентрации препарата в питательной среде длина корней также увеличивается, но в меньшей степени – в 1,2 раза, по сравнению с контрольным вариантом.

Препарат Рибав-Экстра в исследуемых концентрациях способствовал увеличению ростовых показателей, однако в большей степени это происходило в варианте с применением большей концентрации – 0,05 мл/л.

За период исследования у меристемных растений картофеля сорта Ред Скарлетт в культуре *in vitro* с применением препарата Рибав-Экстра в используемых концентрациях не отмечено внешних изменений по форме, размеру и опушенности листовых пластинок и стеблей. По мнению некоторых исследователей [2, 12], препараты антистрессового действия сохраняют устойчивость морфологической структуры растения. Следовательно, препарат Рибав-Экстра в данных концентрациях не вызывает у растений, культивируемых in vitro модификационных нарушений, связанных с изменением фенотипа и имеющих в большинстве случаев адаптивный характер.

Применение препарата Рибав-Экстра при выращивании картофеля в теплице способствовало также увеличению биометрических показателей растений (табл. 2).

Высота основного стебля в опытных вариантах увеличилась на 43,6–36,2 %, в зависимости от концентрации, по сравнению с контролем. Двукратная прикорневая обработка растений препаратом в концентрации 0,1 мл/л оказала более стимулирующее действие на высоту растений.

Помимо увеличения высоты растений, также было установлено и увеличение количества стеблей в кусте – на 28,3–10,9 %, по сравнению с контрольным вариантом. Наряду с увеличением надземной массы растений отмечено увеличение и подземной части, т.е. массы корней на опытных вариантах с применением препарата – на 28,3–20,0 % соответственно, по сравнению с контролем.

Таблица 1

Влияние препарата Рибав-Экстра на биометрические показатели сорта Ред Скарлетт в условиях *in vitro* (в среднем за 2014–2016 гг.)

Вариант	Высота растений, мм	Количество междоузлий, шт.	Длина корней, мм
Контроль (МС)	62,1	6,3	20,3
МС + Рибав-Экстра (0,1 мл/л)	68,7	6,9	23,8
МС + Рибав-Экстра (0,05 мл/л)	76,2	7,8	28,7
$НСР_{05}$	3,1	1,1	2,8

Таблица 2

Влияние препарата Рибав-Экстра на биометрические показатели растений картофеля сорта Ред Скарлетт в условиях защищенного грунта (в среднем за 2014–2016 гг.)

Вариант	Высота растений, мм	Количество стеблей, шт/растение	Масса корней, г
Контроль (МС)	41,9	4,6	26,5
МС + Рибав-Экстра (0,1 мл/л)	60,2	5,9	34,1
МС + Рибав-Экстра (0,05 мл/л)	57,1	5,1	31,8
$НСР_{05}$	2,8	0,6	1,9

Таблица 3

Влияние препарата Рибав-Экстра на продуктивность картофеля сорта Ред Скарлетт в условиях защищенного грунта (в среднем за 2014–2016 гг.)

Вариант	Урожайность мини-клубней		Коэффициент размножения, шт/растение
	г/растение	кг/м^2	
Контроль (МС)	319,8	1,9	7,3
МС + Рибав-Экстра (0,1 мл/л)	389,2	2,3	9,0
МС + Рибав-Экстра (0,05 мл/л)	359,9	2,1	8,3
$НСР_{05}$	9,9	0,1	0,4

Результаты наших предыдущих опытов по изучению стимуляторов роста [9] свидетельствуют о том, что мощность корневой системы растений картофеля определяет в большей степени (особенно это важно на начальном этапе роста) устойчивость к неблагоприятным условиям (засуха, пересадка растений), а также продуктивность растений. Растения, которые имеют более развитую корневую систему, способны эффективнее использовать питательные элементы и влагу из почвы, поэтому они меньше страдают от засухи и переувлажнения, что особенно важно при выращивании в теплице.

Таким образом, было установлено, что прикорневая обработка растений картофеля данным препаратом стимулировала рост и развитие корневой системы и в меньшей степени зависела от концентрации. В дальнейшем данное стимулирование привело к увеличению клубнеобразования, что положительно отразилось на продуктивности картофеля (табл. 3).

Прикорневая обработка растений в обеих концентрациях оказала положительное влияние на урожайность и количественный выход мини-клубней. Так, максимальные прибавки урожая и количества мини-клубней с одного куста были отмечены в варианте при применении препарата в концентрации 0,1 мл/л. В этом варианте достоверная прибавка к контролю в расчете на одно растение составила 69,4 г по массе и 1,7 штук по количеству клубней под кустом. Меньшие, но также достоверные прибавки урожая и количества мини-клубней были получены на варианте с обработкой препаратом в концентрации 0,05 мл/л.

Выводы

Добавление препарата в питательную среду на последнем этапе микроразмножения в условиях *in vitro* увеличивает высоту растений на 10,6–22,7 %, количество междоузлий на 9,5–23,8 % и удлиняет корни на 17,2–41,3 % в зависимости от концентрации препарата. Применение биопрепарата при выращивании мини-клубней в условиях защищенного грунта из меристемных растений способствует увеличению биометрических показателей, таких как высота растений (на 43,6–36,3 %), количество стеблей в кусте (на 28,3–10,9 %) и масса корней (на 28,3–20,0 %), в зависимости от дозы препарата. В результате прикорневой обработки препаратом увеличивается урожайность на 22,6–12,3 % и коэффициент размножения на 23,2–13,6 %, благодаря более интенсивному росту корней на начальном этапе развития.

Установлено, что биопрепарат Рибав-Экстра, при добавлении его в искусственную питательную среду и обработке данным препаратом растений при определенных концентрациях, обладает высокой биологической активностью. Однако, сравнивая

эффективность изучаемых концентраций, можно сделать вывод о неодинаковом их действии в культуре *in vitro* и дальнейшем выращивании этих растений в теплице. Таким образом, на последнем этапе черенкования целесообразно использовать питательную среду МС с добавлением Рибав-Экстра в дозе 0,05 мл/л для увеличения мощности корневой системы. Для повышения устойчивости меристемных растений к стрессу при пересадке и увеличения продуктивности эффективнее при прикорневых подкормках использовать препарат в дозе 0,1 мл/л.

Список литературы

1. Булдаков С.А. Оздоровленный картофель в пленочных теплицах / С.А. Булдаков, Н.А. Шаклеина, Л.П. Плеханова, О.Н. Логинов // Картофель и овощи. – 2013. – № 6. – С. 28.

2. Булдаков С.А. Микроразмножение картофеля на Сахалине / С.А. Булдаков, О.В. Щегорец // Картофель и овощи. – 2014. – № 2. – С. 25–26.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. Засорина Э.В. Реакция сортов картофеля на применение регуляторов роста в Центральном Черноземье / Э.В. Засорина, К.Л. Родионов, К.С. Катунин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – вып. 5. – С. 50–51.

5. Козлов А.В. Влияние кремнийсодержащих стимуляторов роста на биологическую продуктивность и показатели качества озимой пшеницы и картофеля / А.В. Козлов, И.П. Уромова, А.Х. Куликова // Вестник Мининского университета. – 2016. – № 1–1(13). – С. 31.

6. Кравченко Д.С. Влияние регуляторов роста на развитие пробирочных растений картофеля и их последующую продуктивность в открытом грунте / Д.С. Кравченко // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии. – М.: РАСХН-ВНИИСХБ. – 2004. – С. 19.

7. Методика исследований по культуре картофеля – М.: НИИКХ, 1967. – 167 с.

8. Пентелькина Н.В. Выращивание сеянцев березы повислой с использованием регуляторов роста / Н.В. Пентелькина, Г.И. Иванюшева // Мат. XIII межд. научн.-техн. конференции. – Брянск. – 2012. – С. 158.

9. Уромова И.П. Урожай и качество картофеля при использовании биопрепаратов / И.П. Уромова // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 33.

10. Уромова И.П. Перспективные сорта картофеля для Нижегородской области / И.П. Уромова. – 2008. – № 2. – С. 6.

11. Уромова И.П. Влияние брассиностероидов на продуктивность микрорастений картофеля в защищенном грунте / И.П. Уромова, Т.А. Грибановская // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 24.

12. Ходянков А.А. Влияние брассиностероидов на устойчивость растений льна-долгунца к засухе / А.А. Ходянков // Агрохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 22.

13. Черемис А.И. Влияние стимуляторов роста и биофунгицидов на продуктивность микрорастений картофеля / А.И. Черемис, И.А. Якимова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 3. – С. 26–27.

14. Шевелуха В.С. Регуляторы роста в сельском хозяйстве / В.С. Шевелуха // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. – № 9. – С. 58–59.

15. Шипунова А.А. Клональное размножение плодовых растений: автореф. дис… канд. с-х. наук. – М. – 2003. – 24 с.

УДК 556.3: 550.42

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ

Гавришин А.И., Борисова В.Е., Торопова Е.С.

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, Новочеркасск, e-mail: agavrishin@rambler.ru

В работе выполнен анализ гидрогеохимической информации с привлечением широкого арсенала математико-статистических методов. Описаны закономерности формирования химического состава шахтных вод Восточного Донбасса по результатам обобщения данных за столетний период. Выявлен волнообразный характер изменений состава вод. Выделены и детально охарактеризованы четыре основных направления изменения состава вод до и после массовой ликвидации угольных шахт. После ликвидации шахт произошло коренное изменение направлений и процессов формирования химического состава шахтных вод. Резко сократился приток подземных вод со значительных глубин, в шахты поступают грунтовые и поверхностные воды, существенно обогащенные кислородом и вызывающие развитие процессов окисления, выщелачивания и растворения серы и вмещающих пород. Эти воды образуют обширные потоки загрязнения поверхностных и подземных вод, что требует проведения реабилитационных мер во всех компонентах окружающей среды.

Ключевые слова: Восточный Донбасс, химический состав, шахтные воды

THE MODERN FEATURES OF FORMATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF MINE WATERS IN EASTERN DONBASS

Gavrishin A.I., Borisova V.E., Toropova E.S.

Platov South-Russian State Polytechnical University, Novocherkassk, e-mail: agavrishin@rambler.ru

In work the analysis of hydrogeochemical information with engaging of a wide arsenal of mathematical-statistical methods is made. Regularities of formation of chemical composition of mine waters of Eastern Donbass by results of synthesis of data for the centenary period are described. The wavy nature of changes of composition of waters is revealed. Four main directions of change of composition of waters before mass elimination of coal mines are allocated and in details characterized. After elimination of mines there was a basic change of the directions and processes of formation of chemical composition of mine waters. Inflow of underground waters from the considerable depths was sharply reduced, the ground and surface water significantly enriched with oxygen and causing development of processes of oxidation come to mines, lixiviations and disolutions are gray and the containing rocks. These waters form extensive streams of pollution of the surface and underground water that demands carrying out rehabilitation measures in all components of a environment.

Keywords: Eastern Donbass, chemical composition, mine water

В Восточном Донбассе длительная отработка угольных месторождений и функционирование водопонизительных систем привели к значительному преобразованию гидрогеологических и гидрогеохимических условий на больших территориях. Изменяется режим и баланс подземных вод, происходит трансформация химического состава природных вод с образованием минерализованных шахтных вод, загрязнение поверхностных водотоков, развитие процессов консолидации и уплотнения пород и многие другие негативные явления и процессы.

Массовое закрытие угольных шахт в Восточном Донбассе вызвало многие отрицательные процессы и последствия: оседание земной поверхности и деформация горных пород, подтопление территорий и породных отвалов, формирование высокоминерализованных вод и интенсивное загрязнение природных, выделение «мертвого воздуха» и другие.

Эти негативные факторы вызвали интенсивную деформацию и разрушение сооружений, производственных и жилых зданий, что потребовало переселения части населения на безопасные территории. Возникли проблемы в многих компонентах окружающей среды: воздушной, водной, биологической, геологической и социальной [1–5].

Материалы и методы исследования

Для изучения закономерностей формирования химического состава шахтных вод Восточного Донбасса привлечено более 1700 анализов за период от 1920 до 2015 г. Около 1000 анализов относятся к действовавшим и действующим шахтам и более 700 анализов отобрано во время ликвидации угольных шахт и после ликвидации. По грунтовым водам использовано более 1200 анализов за период с 1950 по 2015 г. [1, 4, 6, 7].

Анализ информации выполнен с привлечением широкого комплекса математи-

ко-статистических методов: интервальная оценка параметров, проверка гипотез (статистические критерии), корреляционный и регрессионный анализы, использован оригинальный G-метод классификации многомерных наблюдений (выделения однородных совокупностей – таксонов), основанный на критерии Z-квадрат (Гавришина), детальное описание которого можно найти в ряде публикаций [1, 5]. G-метод реализован в виде компьютерной технологии AGAT-2, позволяющей автоматически строить классификации многомерных наблюдений различного уровня детальности, и успешно применён для изучения природных и природно-антропогенных систем [5].

Сопоставлением, выделенных автоматически на компьютере однородных таксонов, обнаружены и количественно описаны закономерности формирования химического состава шахтных вод региона, частично охарактеризованные в настоящей работе.

При анализе данных использованы названия типов вод по классификации О.А. Алекина. В название вод по химическому составу включаются компоненты с содержанием более 25%-молей и располагаются в порядке возрастания содержаний.

Результаты исследования и их обсуждение

Для изучения современных особенностей формирования химического состава шахтных вод в Восточном Донбассе выполнено сравнение основных направлений и генезиса изменений состава вод в 1992 г. перед периодом массовой ликвидации шахт региона и в 2015 г. после завершения ликвидации. Состав вод в 1992 г. характеризовался относительно высокой изменчивостью, и в среднем это воды хлоридно-сульфатные натриевые второго типа (отдельные пробы – первого и четвёртого типов). С величиной минерализации сильная корреляционная связь обнаружена для Na, далее по мере убывания тесноты связи компоненты располагаются в следующий ряд: Cl, SO_4, HCO_3, Mg.

С помощью G-метода последовательного классификационного анализа по компьютерной программе АГАТ-2 были выделены четыре главных геохимических направления изменения химического состава шахтных вод, характеристика которых приведена в табл. 1.

Первое направление характеризуется преобразованием исходных гидрокарбонатно-сульфидных вод в кислые (pH до 2,0) сульфатные воды с высокими содержаниями Fe, Mn, Al, Cu и других металлов и обусловлено интенсивным развитием процессов окисления, выщелачивания и растворения серы (содержание серы в углях и во вмещающих породах составляет в основном 1,5–6%, в донецких углях в среднем 3,5%).

По второму геохимическому направлению образуются хлоридно-сульфатные нейтральные воды, в незначительной степени обогащенные Fe и Mn. Теперь, наряду с процессами окисления серы, приблизительно равную роль начинают играть процессы увеличения концентраций хлор-иона за счет притока хлоридных подземных вод при углублении угольных шахт.

Третье геохимическое направление изменения состава шахтных вод фиксирует преобразования гидрокарбонатно-сульфатных вод в сульфатно-хлоридные. На первое место выходит процесс роста концентрации Cl за счет притока хлоридных подземных вод при отработке глубоких шахтных горизонтов. Рост концентрации SO_4 и процесс окисления сульфидов переходит на второе место.

Таблица 1

Средний химический состав шахтных вод в 1992 г. по главным гидрогеохимическим направлениям изменения состава (мг и %-моль)

Направление	pH	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	Fe	M
1	6,0	360	2515	266	349	205	730	11,1	4450
		9	80	11	26	26	48		
2	7,6	516	1577	730	290	138	873	3,4	4235
		14	53	33	23	18	59		
3	7,8	487	1489	1396	179	124	1370	1,6	5055
		10	40	50	11	13	76		
4	7,6	1217	1105	885	107	84	1350	1,1	4566
		29	34	37	8	10	82		

По четвертому геохимическому направлению изменения химического состава шахтных вод образуются оригинальные содовые гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные и хлоридные натриевые воды с высокими содержаниями HCO_3 и очень низкими Ca и Mg. Типоморфными компонентами четвертого направления являются содержания HCO_3 и Cl (высокие содержания), а также Ca и Mg (низкие содержания). Ведущую роль играет приток содовых подземных вод, которые формируются в результате испарительно-конденсационных процессов в водоуглеродной газовой фазе (обратная геохимической зональности подземных вод региона). В районе угольных шахт, где образуются содовые воды четвертого направления, наиболее высоки перспективы обнаружения нефтегазовых скоплений, например, в структурах Гуково-Зверевского угленосного района [1, 5]. Важно отметить, что в пределах Восточного Донбасса в северной зоне мелкой складчатости уже обнаружены перспективные нефтегазопроявления [8–10].

Рассмотрим общие закономерности формирования химического состава шахтных вод Восточного Донбасса за столетний период с 1920-х гг. до 2015 г. по результатам более 1700 анализов. Средний состав этих вод приведен в табл. 2. Во все периоды шахтные воды были сульфатными с переменным составом катионов (преимущественно натриевые). Анализ закономерностей изменений химического состава шахтных вод в Восточном Донбассе за столетний период показал, что этот процесс носит волнообразный характер. Наряду с периодами относительной стабилизации, установлены периоды интенсификации процессов окисления, выщелачивания и растворения. Эти процессы приводят к резкому увеличению минерализации вод и особенно содержаний сульфатов и железа (табл. 2). Такая ситуация обнаружена в шахтных водах после периодов затопления шахт во время оккупации территории в Великую Отечественную войну и после массовой ликвидации угольных шахт в 1990-е гг. [11].

Наиболее интересно рассмотреть современные закономерности изменения химического состава шахтных вод после 1992 г., когда началась массовая ликвидация угольных шахт региона, преимущественно путем затопления. Анализ данных табл. 2 показывает, что наиболее интенсивные изменения состава вод произошли в период затопления шахт. Общие тенденции изменения состава вод в среднем свидетельствуют о росте минерализации, содержаний сульфат-иона и железа и уменьшении содержаний хлор-иона. Но в отдельных шахтах произошли резкие изменения состава вод, например в шахте Комиссаровская минерализация вод повысилась до 17–19, содержания сульфат-иона до 7 и железа до 1 г/л.

Таблица 2

Средний химический состав шахтных вод в различные периоды опробования (мг/л и %-моль, в скобках указаны содержания по ограниченному числу наблюдений)

Период	pH	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	Fe	M
1920-е гг.	6,9	183	1443	397	233	184	405	(0,1)	2840
		7	68	25	26	35	39		
1940-е гг.	4,4	25	2590	257	304	219	642	(32)	4040
		1	88	11	25	30	45		
1950-е гг.	5,2	221	2795	443	330	191	964	(52)	4947
		5	78	17	23	20	57		
1966 г.	6,7	264	1741	448	98	217	710	1,1	3500
		8	68	24	10	35	55		
1992 г.	7,5	580	1700	730	205	137	1035	3,6	4390
		15	54	31	15	17	68		
		20	60	20	15	20	65		
2002 г.	7,1	610	2372	445	223	250	886	47	4810
		16	63	21	17	26	57		
2010 г.	7,2	581	2708	425	366	254	886	35	5275
		12	73	15	36	23	41		
2015 г.	6,9	576	2812	344	287	270	940	34	5238
		12	75	13	18	29	53		

Основные изменения состава шахтных вод завершились к окончанию процесса ликвидации угольных шахт в 2005–2006 гг., и важно рассмотреть, какие же это изменения. Выполнено сравнение связей между компонентами химического состава вод на примере результатов опробования в 1992 и 2010 гг. (табл. 3 и 4).

В 1992 г., до ликвидации шахт (табл. 3), отмечаются следующие наиболее сильные связи: для минерализации (М) с Na, Cl, SO_4; между компонентами: Na–Cl, SO_4–Mg, SO_4–Ca, HCO_3–Na; отрицательные связи pH–Ca, pH–SO_4. Это свидетельствует как о развитии процессов окисления серы, так и о значительном привносе Cl и HCO_3 при дренировании подземных вод соответствующего состава, то есть о значительной роли третьего и четвертого направлений изменений состава шахтных вод. Наличие содовых по составу шахтных вод позволило сделать вывод о перспективах открытия нефтегазовых скоплений в регионе.

Таблица 3

Значения парных коэффициентов корреляции между компонентами химического состава шахтных вод (1992 г.)

Компоненты	pH	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
pH	1	0,27	– 0,49	0,29	– 0,67	– 0,34	0,17	– 0,11
HCO_3	0,27	1	– 0,17	0,27	– 0,32	– 0,16	0,50	0,39
SO_4	– 0,49	– 0,17	1	– 0,21	0,58	0,69	0,24	0,58
Cl	0,29	0,27	– 0,21	1	– 0,15	– 0,16	0,78	0,6
Ca	– 0,67	– 0,32	0,58	– 0,15	1	0,43	– 0,15	0,23
Mg	– 0,34	– 0,16	0,69	– 0,16	0,43	1	0,04	0,37
Na	0,17	0,50	0,24	0,78	– 0,15	0,04	1	0,90
M	– 0,11	0,39	0,58	0,6	0,23	0,37	0,90	1

Таблица 4

Значения парных коэффициентов корреляции между компонентами химического состава шахтных вод (2010 г.)

Компоненты	pH	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
pH	1,00	– 0,03	– 0,55	0,13	– 0,35	– 0,59	– 0,12	– 0,46
HCO_3	– 0,03	1,00	– 0,16	0,09	– 0,09	– 0,14	0,19	– 0,05
SO_4	– 0,55	– 0,16	1,00	0,04	0,42	0,84	0,65	0,95
Cl	0,13	0,09	0,04	1,00	0,23	0,21	0,49	0,34
Ca	– 0,35	– 0,09	0,42	0,23	1,00	0,45	0,08	0,44
Mg	– 0,59	– 0,14	0,84	0,21	0,45	1,00	0,38	0,84
Na	– 0,12	0,19	0,65	0,49	0,08	0,38	1,00	0,79
M	– 0,46	– 0,05	0,95	0,34	0,44	0,84	0,79	1,00

Таблица 5

Средний химический состав шахтных вод в 2015 г. по главным гидрогеохимическим направлениям изменения состава (мг и %-моль)

Направление	pH	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	Fe	M
1	6,2	368	4115	203	277	370	1214	43,8	6547
		6,2	87,9	5,9	14,2	31,6	54,2		
2	7,1	662	3045	533	288	238	1267	3,2	6033
		12,2	71,0	16,8	16,1	22,2	61,7		
3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–	–		
4	7,3	445	1167	202	73	41	695	1,1	2623
		19,6	65,2	15,2	9,7	9,2	81,1		

В 2010 г. (табл. 4), после практически полного завершения ликвидации шахт отмечаются следующие наиболее сильные связи: M с SO_4, Mg, Na; между компонентами SO_4–Mg, SO_4–Na и отрицательные связи pH–Mg, pH–SO_4. Это свидетельствует о резком усилении процессов окисления серы (наиболее высокие коэффициенты для сульфат-иона), снижении роли хлор-иона и уменьшении притоков подземных вод глубокой циркуляции, то есть об интенсификации первого и подавлении роли третьего и четвертого направлений изменения состава шахтных вод.

Сравнение результатов анализа основных направлений изменения химического состава шахтных вод по данным 1992 г. (табл. 1) и 2015 (табл. 5) полностью подтвердило сделанные выше выводы о коренном преобразовании этих направлений.

По первому направлению еще более усилились процессы окисления серы, заключенной в углях и вмещающих породах, что привело к увеличению содержаний SO_4 с 2,5 до 4,1, и Fe с 11,1 до 43,8 мг/л, а минерализации вод – с 4,4 до 6,5 г/л; несколько снизилось содержание Cl. По второму направлению также происходит резкий рост содержаний SO_4 с 1,6 до 3,0, минерализации с 4,2 до 6,0 г/л; снижается содержание Cl. Третье направление изменения состава вод, когда формировались сульфатно-хлоридные воды, вообще отсутствует. Это свидетельствует о том, что резко снизился приток подземных хлоридных вод, формирующихся по прямой геохимической зональности вод и содовых вод, образование которых связано с обратной вертикальной геохимической зональностью вод в Донбассе [2, 5]. Четвертое направление претерпело существенные преобразования: значительно уменьшилась минерализация и содержания HCO_3, Cl и Na; воды стали сульфатными.

Заключение

Анализ гидрогеохимической информации выполнен с привлечением широкого арсенала математико-статистических методов, оригинального критерия Z^2 и инновационного G-метода классификации многомерных наблюдений.

Описаны закономерности формирования химического состава шахтных вод Восточного Донбасса по результатам обобщения более 1700 анализов вод за столетний период (1920-х гг. до 2015 г.). Выявлен волнообразный характер изменений состава вод в указанный период. Выделены и детально охарактеризованы четыре основных направления изменения состава вод до и после массовой ликвидации угольных шахт в регионе.

Анализом корреляционных связей установлено, что в формировании состава вод в 1992 г. помимо первого направления значительную роль играют второе, третье и четвертое направления изменения состава. К 2010 г. ситуация резко изменилась: увеличилось влияние первого направления, частично сохранилось второе, практически отсутствует третье и снизилась роль четвертого.

Все перечисленные факты убедительно свидетельствуют о том, что после ликвидации угольных шахт в Восточном Донбассе произошло коренное изменение направлений и процессов формирования химического состава шахтных вод. Резко сократился приток подземных вод со значительных глубин, что привело к уменьшению содержаний хлор-иона. В шахты поступают грунтовые и поверхностные воды, существенно обогащенные кислородом и вызывающие развитие процессов окисления, выщелачивания и растворения серы и вмещающих горных пород. Эти воды имеют высокую минерализацию, преимущественно сульфатный состав, обогащены Fe, Mn, Al, Co и другими поллютантами, образуют обширные потоки загрязнения поверхностных и подземных вод. Это требует проведения в регионе эффективных реабилитационных мер во всех компонентах окружающей среды.

Список литературы

1. Gavrishin A.I., Coradini A. The origin and the formation laws of groundwater and mine water chemistry in the eastern Donets Basin // Water Resources. – 2009. – T .36. № 5. – P. 538–547.

2. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677 с.

3. Zakrutkin V.E., Sklyarenko G.Y. The influence of coal mining on groundwater pollution (Eastern Donbass) // International multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th. – 2015. – P. 927–932.

4. Гидрогеология СССР. Донбасс. – М.: Недра, 1970. – 480 с.

5. Гавришин А.И., Корадини А. Многомерный классификационный метод и его применение при изучении природных объектов. – М.: Недра, 1994. – 92 с.

6. Заяц Г.Н., Фесенко Н.Г. Шахтные воды Ростовской области // Гидрохимические материалы. – 1963. – Т. 35. – С. 131–134.

7. Назарова Л.Н. Шахтные воды восточной части Донецкого бассейна и некоторые вопросы происхождения их химического состава // Гидрохимические материалы. – 1968. – Т. 47. – С. 99–109.

8. Бобух В.А., Чихирин А.А., Тюльдин В.Н. Региональное надвигообразование северных окраин Восточного Донбасса в связи с формированиями залежей УВ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. – № 7. – С. 22–28.

9. Маломинерализованные воды глубоких горизонтов нефтегазоносных провинций / Под ред. Колодия В.В. – Киев: Наук. думка, 1985. – 280 с.

10. Суярко В.Г. Гидрогеохимические особенности подземных вод Донбасса // Геохимия. – 1988. – № 5. – С. 738–747.

11. Гавришин А.И. Некоторые важные закономерности формирования химического состава шахтных вод в Восточном Донбассе // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–11. – С. 2465–2470.

УДК 504.3.054 (504.064.36)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ

Дега Н.С., Онищенко В.В., Байчорова Э.М., Узденов У.Б.

ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева», Карачаевск, e-mail: kcsu@mail.ru

Моделирование мониторинга загрязнения атмосферного воздуха республики является важным инструментом для оперативного обеспечения актуальной и прогнозной информацией органов занимающихся вопросами природопользования и охраны окружающей среды, а также для обеспечения устойчивого развития региона и разработки региональных экологических программ. В целях охраны атмосферного воздуха республики целесообразно: составление Сводных томов предельно допустимых выбросов (ПДВ) отдельно по каждому муниципальному району республики и субъекту в целом, установление новых ПДВ для предприятий на основе разработанных Сводных томов ПДВ и применение при установлении ПДВ экологических нормативов качества атмосферного воздуха с целью учета фактора ассимиляционного потенциала. Используя программу Arc GIS, авторы построили геомодели распространения концентраций диоксида азота, оксида углерода и сернистого ангидрида. Превышение ПДК наблюдалось по диоксиду азота в 12 точках отбора, по оксиду углерода и диоксиду серы превышений предельно допустимых концентраций не выявлено. Используя различные методологии геомоделирования, авторы сформировали систему геоинформационных моделей и карт воздушного бассейна республики. Результаты исследования показали эффективность сопряженного использования геоинформационных технологий и геостатистических методов, позволивших сконструировать геоэкологическую ординацию атмосферного воздуха с разным типом компонентов и усовершенствовать систему мониторинга воздушного бассейна КЧР.

Ключевые слова: атмосферный воздух, моделирование, геоинформационные системы, предельно допустимый выброс, предельно допустимая концентрация, качество атмосферного воздуха, нормирование

MODEL OPERATION OF POLLUTION OF FREE AIR IN THE TERRITORY OF KARACHAY-CHERKESSIA

Dega N.S., Onischenko V.V., Baychorova E.M., Uzdenov U.B.

Karachay-Cherkess State University of name U.D. Aliev, Karachaevsk, e-mail: kcsu@mail.ru

Model operation of monitoring of pollution of free air of the republic is the important tool for expeditious providing with urgent and expected information the bodies dealing with issues of environmental management and environmental protection and also for ensuring sustainable development of the region and development of regional ecological programs. For protection of free air of the republic expediently: drawing up Summary volumes of the marginal emissions (ME) separately on each municipal district of the republic and the subject in general, establishment of new ME for the enterprises on the basis of the developed Summary volumes of ME and application at establishment of ME of ecological standards of quality of free air for the purpose of the accounting of a factor of assimilatory potential. Using the Arc GIS program we constructed geomodels of distribution of concentration of dioxide of nitrogen, white damp and sulfur dioxide. Excess of threshold limit values was observed on nitrogen dioxide in 12 tapping points, on white damp and dioxide of sulfur of excesses is not revealed. Using various methodologies of geomodel operation we created system of geoinformational models and maps of the air basin of the republic. Results of a research showed the effectiveness of the conjugate use of geoinformational technologies and geostatistical methods which allowed to design a geoecological ordination of free air with different type of components and to improve system of monitoring of the air basin of Karachay-Cherkessia.

Keywords: free air, model operation, geographical information systems, marginal emission, threshold limit value, quality of free air, rationing

Проблема загрязнения воздушного пространства – одна из трудноразрешимых и актуальных проблем современности. Геомоделирование мониторинга загрязнения атмосферного воздуха является важным инструментом для разработки региональных экологических программ. Моделирование распространения загрязняющих веществ и смесей в атмосферном воздухе населенных пунктов и городов требует комплексного учета многих факторов, влияющих на качество атмосферы. Каждый из этих факторов имеет свои специфические особенности, что приводит к необходимости использования для их учета разных картографических моделей и баз геоданных. Для решения этой сложной задачи целесообразно использовать методы математического моделирования и геоинформационных технологий.

Для оценки современного экологического состояния окружающей среды и анализа пространственной ситуации Карачаево-Черкесской Республики проводились разноплановые исследования ученых с применением геоинформационных технологий. Разработана концепция и реализация методики создания карт для

пространственного анализа данных лесоустройства и определения влияния факторов рельефа на растительность Тебердинского заповедника [1]. Выполнен сопряженный анализ бассейновой системы и административного районирования КЧР с использованием геоинформационных систем [2]. Проведено моделирование климата и социально-экологической структуры функционирования территории КЧР, загрязненности поверхностных вод реки Кубани [3], построены модели ландшафтов Тебердинского заповедника и долинных ландшафтов КЧР [4]. Моделирование загрязнения атмосферного воздуха на территории КЧР ранее не проводилось, в связи с этим подобная работа указывает на открывшиеся перспективы и позволяет наметить пути улучшения проводимых исследований для охраны окружающей природной среды и рационального природопользования на территории республики.

Один из возможных подходов к моделированию реализован в виде информационной системы обеспечения геоэкологического мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы Карачаево-Черкесской Республики промышленными выбросами. Система предназначена для расчета и анализа концентраций загрязняющих веществ в атмосфере с учетом параметров источников выбросов и метеорологической обстановки, обработки данных о качестве атмосферы с использованием мониторинговой информации с передвижных маршрутов контроля с возможностью краткосрочного прогноза загрязнения.

Целью создания геоинформационных моделей загрязнения атмосферного воздуха республики является оперативное обеспечение актуальной и прогнозной информацией о состоянии воздушного бассейна органов занимающихся вопросами природопользования и охраны окружающей среды, а также для обеспечения устойчивого развития региона.

Материалы и методы исследования

Анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников проводился по материалам статистической отчетности по форме № 2 – 2-ТП (воздух) (данные Отдела государственной статистики в Карачаево-Черкесской Республике, исх. № 24-29-24/974-ДР от 14.04.2017 г., запрос «ЦЛАТИ по КЧР» № 30 от 04.04.2017 г.). Отчетность предоставляется хозяйствующими субъектами, имеющими стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха. Количество загрязняющих веществ за отчетный период определяется на основании инструментальных замеров и расчетов от организованных и неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ. Эти материалы сформировали информационную базу геоданных геоинформационных систем (ГИС) атмосферного воздуха КЧР. Модели оценки качества воздушного бассейна создавались в среде Arc GIS.

Анализ структуры и распределения выбросов КЧР по наиболее значимым загрязняющим веществам выполнен нами по муниципальным районам республики. В каждом отдельно взятом районе существуют: суммарные величины предельно допустимого выброса (ПДВ) по загрязняющим веществам (от учтенных источников выбросов), которые условно принимаются нами за единицу ПДВ. В физической интерпретации это фактические величины (тонн в год) по выбросам загрязняющих веществ. Предельно допустимый выброс – норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фонового загрязнения атмосферного воздуха как максимальный выброс (данного источника), не приводящий к нарушению гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов. Несмотря на то, что установление ПДВ загрязняющих веществ в атмосфере предусматривает учет не только гигиенических, но и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, фактически соблюдаются только гигиенические критерии качества атмосферного воздуха населенных мест – предельно допустимых концентраций (ПДК) в атмосферном воздухе населенных мест [5]. Вместе с тем, как показывают результаты ряда исследований, разные уровни загрязнения атмосферного воздуха по-разному влияют на различные составляющие экосистемы (растительность и лесные насаждения, сельскохозяйственные угодья разных видов, почва, вода, фауна и т.д.). При этом нередко для сохранения этих компонентов экосистемы необходимы более жесткие критерии качества атмосферного воздуха, чем для атмосферного воздуха населенных мест.

ПДВ устанавливают территориальные органы Федеральной службы по надзору в сфере природопользования для каждого источника загрязнения и загрязняющего вещества, а также хозяйствующего субъекта в целом. При установлении ПДВ учитывается ассимиляционный потенциал районов: физико-географические и климатические особенности местности; расположение промышленных площадок; расположение участков существующей жилой застройки, санаториев, зон отдыха города; перспективы развития предприятия, прилежащей селитебной территории и промышленной зоны; значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Моделирование загрязнения атмосферного воздуха г. Черкесска включало операции геомоделирования и картографического метода. Концентрации диоксида азота, диоксида серы и оксида углерода были внесены в атрибутивную таблицу оцифрованного слоя «Точек отбора» и обработаны в модуле «Геостатистический анализ» программы Arc Map, методом взвешенных расстояний (IDW) [6]. Чтобы найти определенное значение в какой-либо точке за пределами створа, методом IDW предусмотрено использование опорных точек, находящихся в окрестностях искомой. Показатели опорных точек в большей степени взаимодействуют с интерполируемым значением, чем таковые, удалены на значительное расстояние. Таким образом, метод IDW предполагает, что каждая опорная точка оказывает локальное влияние, которое уменьшается с расстоянием [6].

На основании среднегодовых показателей загрязненности воздуха г. Черкесска, с помощью метода кригинга в модуле «Геостатистический анализ», построена модель аппроксимации распределения диоксида азота, диоксида серы и оксида углерода. Как и при выполнении интерполяции по методу взвешенных расстояний (IDW), при кригинге формируются веса для измеренных значений, находящихся в окрестностях искомой точки, которые используются при интерполировании ее значения. Однако веса кригинга для окружающих искомую точку опорных точек присваиваются более сложным и обоснованным способом, т.е. вычисляются на основе значений вариограммы, учитывающей пространственную структуру данных [6].

Результаты исследования и их обсуждение

На оцифрованную карту Карачаево-Черкесской Республики накладывались тематические слои данных об источниках выбросов и выбрасываемых ими веществах; сведения о постах контроля атмосферы; измеренных на них концентрациях загрязняющих веществ и метеопараметрах. Сопутствующая входная информация включает стандартные параметры расчета концентраций: условия рассеивания в сложном рельефе горных территорий, используемые в расчетах источники выбросов и загрязняющие вещества, границы и интервалы сетки расчетной области, параметры изолиний [1, 7].

Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников по территории республики распределены неравномерно. Максимальное количество выбросов от 27 предприятий зарегистрировано в Усть-Джегутинском районе – 15532 т/год, на 48 % меньше выбрасывается в Прикубанском районе и г. Черкесске, несмотря на увеличение стационарных источников до 85. В 17 раз меньше (857 т/год), по сравнению с Усть-Джегутинским районом, выбрасывается загрязняющих веществ в Карачаевском районе и г. Карачаевске, при одинаковом количестве стационарных источников. В Адыге-Хабльском и Хабезском районах близкое количество выбросов и составляет соответственно 682 и 673 т/год, при количестве стационарных источников – 23 и 13. Почти в 1,5 раза меньше, относительно территории Адыге-Хабльского района, выбрасывается загрязняющих веществ в Зеленчукском районе, при близком количестве источников – 21. Сравнительно незначительное количество выбросов зарегистрировано в Малокарачаевском (198 т/год) и Урупском (197 т/год) районах, что в 74 раза меньше чем на территории Усть-Джегутинского района. Источниками выбросов в этих районах являются 14 предприятий. Общее количество выбросов по территории республики от стационарных источников составляет более 25600 т/год, что весьма существенно в стесненных горных условиях.

На рис. 1 представлена картосхема распределения выбросов оксида железа. По территории республики они распространены следующим образом: максимальное количество выбросов оксида железа зарегистрировано в Усть-Джегутинском районе – 53,9 т/год, в Адыге-Хабльском – 0,3 т/год. В Зеленчукском и Урупском районах они составили 0,1 т/год, в остальных районах выбросы изменялись от 0,07 до 0,03 т/год. Превышение выбросов оксида железа относительно ПДВ наблюдается в Адыге-Хабльском районе и составляет

2,56 от его допустимого значения. В других районах республики превышений ПДВ не наблюдалось. Установленные ПДВ для Адыге-Хабльского района составили 0,114 т/год, а для Усть-Джегутинского 54,859 т/год, что в 481 раз больше.

Максимальное количество выбросов NO_2 зарегистрировано в Усть-Джегутинском районе – 7210 т/год, на второй позиции Адыге-Хабльский район – 91,4 т/год, в остальных районах выбросы от 21,0 до 3 т/год. Согласованные на местном уровне ПДВ

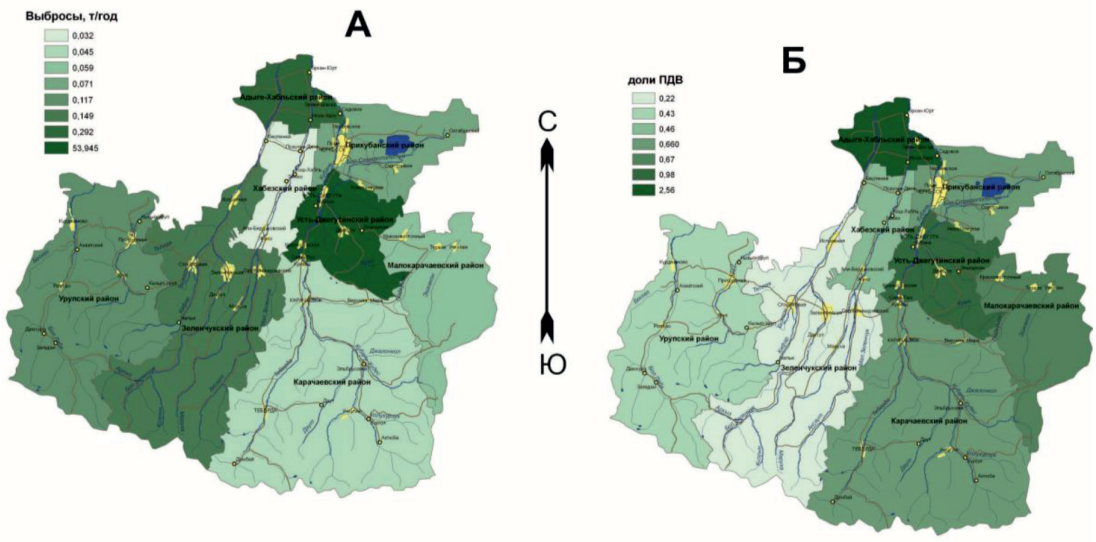


Рис. 1. Распределение выбросов оксида железа на территории КЧР

Анализ ассимиляционного потенциала показывает различные возможности этих двух районов: площадь Адыге-Хабльского района меньше Усть-Джегутинского на 11,8 %, лесистость последнего выше, по климатическим параметрам Адыге-Хабльский район мягче и теплее Усть-Джегутинского, и, наконец на территории Адыге-Хабльского района, количество загрязняющих веществ от стационарных источников существенно (на 95 %) выбрасывается меньше. Комплексный индекс загрязнения атмосферы в Усть-Джегутинском районе повышенный и составил 6,2, что в 1,5 раза больше, чем в Адыге-Хабльском районе, где уровень загрязнения в пределах нормы (низкий).

Ситуация с выбросами диоксида азота в КЧР аналогична выбросам оксида железа Диоксид азота – сегодня один из наиболее распространенных загрязнителей атмосферы, который играет немалую роль в образовании кислотных осадков и смога [8]. Это соединение обладает специфическим запахом, который в определенных концентрациях становится удушливым. Подавляющая часть (более 90 %) выбросов оксидов азота попадают в атмосферный воздух при сжигании различного топлива.

для диоксида азота в Усть-Джегутинском районе – 7842,527 т/год, в 132 раза больше, чем в Адыге-Хабльском. Тем не менее превышение ПДВ отмечается в Адыге-Хабльском районе и составляет 1,5 ПДВ. В других районах выбросы NO_2 в пределах нормы.

Крайне неоднозначно соотношение реальных выбросов взвешенных веществ к согласованным суммарным значениям ПДВ и ассимиляционным возможностям районов республики. В Усть-Джегутинском районе количество выбросов взвешенных веществ составляет 266 т/год, в Карачаевском районе в 33 раза, а в Урупском в 109 раз меньше, остальные районы республики выбрасывают в воздушную среду не более 1 т/год. Значительное превышение ПДВ взвешенных веществ отмечено в Карачаевском районе, 178,1 ПДВ, превышение в Прикубанском районе составило всего лишь 1,05 ПДВ. При сравнительно одинаковых ассимиляционных возможностях природы Прикубанского и Усть-Джегутинского районов по общим выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух лидирует второй район. Согласованное суммарное значение ПДВ для Усть-Джегутинского района составило 278,8 т/год, это в 1415 раз больше, чем в Прикубанском, и в 6195

раз, чем в Карачаевском районах. По показателям ассимиляционного потенциала Карачаевский район располагает весьма существенными преимуществами среди районов республики: самая большая площадь, около 176 тыс. га (до 65%) территории покрыто лесом, сравнительно выгодные метеоусловия. Общие выбросы в атмосферу Карачаевского района в 18 раз меньше, чем Усть-Джегутинского.

Для оценки качества воздушного бассейна республиканского центра г. Черкесска проводится мониторинг по маршрутным постам наблюдений. На контрольных точках в соответствии с ГОСТом 17.2.3.01-86 отбирались пробы воздуха для определения диоксида азота (NO_2), оксида углерода (CO) и сернистого ангидрида (SO_2). Отбор проб проводился из 13 точек, расположенных в промышленных, селитебных и культурно-оздоровительных районах города. Фактические показатели веществ с 2010 по 2015 г. были скорректированы на величины среднесуточных ПДК (ПДКсс) загрязняющих веществ и отражены в долях ПДК. Превышение ПДК наблюдалось по диоксиду азота в 12 точках отбора, по оксиду углерода и диоксиду серы превышений ПДК не выявлено.

Пакет геоданных ГИС атмосферного воздуха г. Черкесска, который использовался для моделирования, содержал следующую информацию: характеристики точек отбора с географической привязкой координат, результаты измерения концентрации загрязняющих веществ, нормативные показатели ПДКсс.

Процедура построения геоинформационных моделей распределения концентраций SO_2, CO, NO_2 начинается с наложения слоя «Точек отбора» проб воздуха г. Черкесска, имеющих географические координаты на оцифрованную карту Карачаево-Черкесской Республики. Тематический слой «Точек отбора» содержит атрибутивную базу данных с необходимой информацией по качеству атмосферного воздуха г. Черкесска.

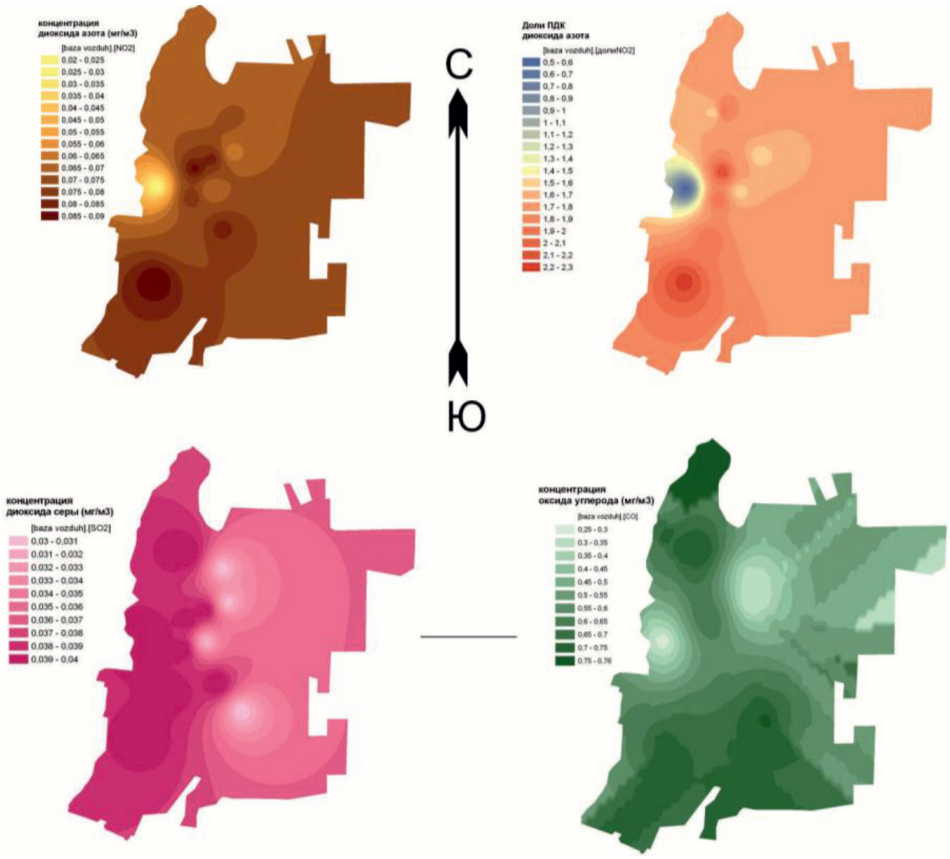


Рис. 2. Геоинформационные модели распределения концентраций загрязняющих веществ атмосферного воздуха г. Черкесска

В результате проведенной интерполяции получено множество геоинформационных моделей по концентрациям загрязняющих веществ (рис. 2). Цветовые гаммы (тона), по показателям степени концентрации химических элементов воздушного бассейна г. Черкесска, на геоинформационных моделях, характеризуют пространственное их распределение и позволяют классифицировать уровни загрязненности атмосферного воздуха в различных районах г. Черкесска.

Из рис. 2 следует, что минимальная концентрация диоксида азота зарегистрирована в районе парка культуры и отдыха «Зеленый остров» и не превышает ПДК. Максимальные значения, 1,8–2,3 ПДК зарегистрированы в юго-западном районе города – район троллейбусного управления и на пересечении улиц У. Алиева и Ленина. В северной части г. Черкесска концентрации NO_2 изменяются от 0,06 до 0,07 мг/м^3 и составляют 1,5–1,7 ПДК. Восточная часть города характеризуется концентрациями диоксида азота в размере 0,07–0,08 мг/м^3.

Превышений концентраций диоксида серы нормированных среднесуточными ПДК на территории города не выявлено. Концентрации от 0,037 до 0,04 наблюдались в западной и юго-западной частях города, минимальные концентрации 0,03–0,032 зарегистрированы в центре города – район Центрального рынка и собора Николая Чудотворца. В восточной и северо-восточной частях г. Черкесска концентрации SO_2 изменяются от 0,034 до 0,035 мг/м^3.

Превышений ПДК оксида углерода на территории г. Черкесска не выявлено. Минимальные значения (0,25–0,35 мг/м^3) зарегистрированы в районе парка культуры и отдыха «Зеленый остров» и Центрального рынка, максимальные значения (0,7–0,75 мг/м^3) отмечены в районах завода низковольтной аппаратуры, мэрии, храма Покрова Пресвятой Богородицы и СОШ № 10. В северо-восточной части города концентрации CO составляют 0,4–0,5 мг/м^3, в восточной изменяются от 0,5 до 0,6 мг/м^3 и в южной части – 0,65 мг/м^3.

Заключение

Согласованное суммарное значение ПДВ для Усть-Джегутинского района имеет высокие показатели, что объясняется рядом причин. На территории района расположены крупные промышленные предприятия строительной индустрии, выбрасывающие значительное количество загрязняющих веществ и установление больших значений ПДВ (при условии соблюдения нормативов качества атмосферного воздуха) здесь вполне оправдано, однако не учтено взаимовлияние этих объектов на основе их допустимых вкладов в общее загрязнение воздушного бассейна района, которое должно осуществляться на основе проведения сводных расчетов загрязнения выбросами промышленных предприятий. Также установление ПДВ проведено без учета экологических нормативов, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологическую систему, необходимость применения которых законодательно закреплена, но фактически, как сказано выше, не осуществляется. Всё это свидетельствует в конечном счете о полном пренебрежении к главному фактору резистентности окружающей среды – ассимиляционному потенциалу.

В целях охраны атмосферного воздуха республики целесообразно:

- проведение сводных расчетов загрязнения выбросами промышленных предприятий – составление Сводных томов ПДВ отдельно по каждому муниципальному району республики и субъекту в целом;
- установление новых ПДВ для предприятий на основе разработанных Сводных томов ПДВ, с учетом вкладов предприятий в общий уровень загрязнения;
- применение при установлении ПДВ экологических нормативов качества атмосферного воздуха с целью учета фактора ассимиляционного потенциала.

Использование различных модификаций методологии геомоделирования позволило сформировать систему ГИС моделей и карт воздушного бассейна Карачаево-Черкесской Республики. Результаты исследования показали эффективность сопряженного использования геоинформационных технологий и геостатистических методов, позволивших сконструировать геоэкологическую ординацию атмосферного воздуха с разным типом компонентов и усовершенствовать систему мониторинга воздушного бассейна КЧР. Геомоделирование позволило перейти от традиционного использования карт только как средства передачи информации, к применению геоинформационных моделей как инструментария комплексного анализа, реконструкции и прогнозирования развития отдельных явлений, территорий, геосистем.

Список литературы

1. Дега Н.С., Онищенко В.В. Опыт использования ГИС-технологий в исследовании экосистемного раз-

нообразия ООПТ Северного Кавказа // Актуальные вопросы экологии и природопользования: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Ставрополь, 2005. – С. 329–334.

2. Кипкеева П.А. Геоморфологические особенности днища долины р. Теберда (Северный Кавказ) / П.А. Кипкеева, Ю.Я. Потапенко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 2(190). – С. 100–104.

3. Опыт геомоделирования гидрохимической структуры поверхностных вод р. Кубани в Карачаево-Черкесской Республике / Н.С. Дега [и др.] // Мониторинг. Наука и технологии. – 2015. – № 2(27). – С. 55–59.

4. Братков В.В. Моделирование сезонной динамики ландшафтов (на примере Северо-Восточного Кавказа) // Биогеография в XXI веке: материалы Всерос. науч. конф. – Москва-Ставрополь, 2011. – С. 144–148.

5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Дополненное и переработанное. – СПб.: ОАО «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха», 2012. – 58 с.

6. Geostatistical Analyst Руководство пользователя. ESRI, M.: DATA+, 2001. [Электронный ресурс]. URL: http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/geostatistical-analyst/introduction-to-the-arcgis-geostatistical-analyst-tutorial.htm (дата обращения: 12.06.2017).

7. Динамика гидрохимической структуры реки Кубани в антропогенной зоне ледникового питания Карачаево-Черкесской республики. / Н.С. Дега [и др.] // Проблемы региональной экологии – 2015. – № 3. – С. 92–99.

8. Скибенко В.В. Регламентация загрязняющих веществ в биосфере / В.В. Скибенко, О.Е. Вихрова – М.: Инфермэлектро, 2013. – 48 с.

УДК 504.5: 621.311.22

ОСОБЕННОСТИ ДЕПОНИРОВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ТЕРРИТОРИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Делигодина Ю.Н., Захарова О.Л., Савельева И.Н., Шанина Е.В.

ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Абакан, e-mail: olgazaharova4691@mail.ru

В работе проведена оценка влияния предприятий теплоэнергетики различной мощности (Минусинская и Абаканская ТЭЦ) на загрязнение почв тяжёлыми металлами и выявлены особенности их распространения в почвенном покрове прилегающих территорий. По результатам исследования выявлено, что средние концентрации тяжёлых металлов (Pb, Cd, Zn, Hg) в регионе не превышают нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК). При этом среднее содержание ионов меди в почвах всех исследуемых территорий приближается к нормативному значению. Буферные свойства почв вблизи исследуемых предприятий в разной степени компенсируют техногенную нагрузку данных источников загрязнения. Почвы вокруг Минусинской ТЭЦ, охарактеризованные как низкобуферные, в большей степени подвержены загрязнению тяжёлыми металлами. Наиболее высокий уровень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами выявлен в северо-восточном направлении от границ исследуемых предприятий, что обусловлено комплексом природных условий, которые определяют интенсивное распространение аэротехногенных выбросов в этом направлении по сравнению с юго-западным.

Ключевые слова: загрязнение почв, тяжёлые металлы, пространственные особенности распространения, буферная способность почв, воздействие предприятий теплоэнергетики

FEATURES OF DEPOSITION OF HEAVY METALS IN THE SOIL COVER OF TERRITORIES OF INFLUENCE OF THE ENTERPRISES OF POWER SYSTEM OF DIFFERENT POWER

Deligodina Yu.N., Zakharova O.L., Saveleva I.N., Shanina E.V.

The Khakass State University of N.F. Katanov, Abakan, e-mail: olgazaharova4691@mail.ru

In work the assessment of influence of the enterprises of power system of various power (The Minusinsk and Abakan combined heat and power plant) on pollution of soils is carried out by heavy metals and features of their distribution in a soil cover of adjacent territories are revealed. By results of a research it is revealed that average concentration of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Hg) in the region don't exceed standards of the threshold limit values (TLV). At the same time, the average content of ions of copper in soils of all explored territories approaches standard value. Buffer properties of soils near the studied enterprises in different degree compensate technogenic loading of these sources of pollution. The soils around the Minusinsk combined heat and power plant characterized as low-buffer are more subject to pollution by heavy metals. The highest level of pollution of a soil cover is revealed by heavy metals in the northeast direction from borders of the studied enterprises that is caused by a complex of an environment which defines intensive distribution of aero technogenic emissions in this direction in comparison with southwest.

Keywords: pollution of soils, heavy metals, spatial features, distribution, buffer ability of soils, influence of the enterprises, power system

Развитие промышленного производства обуславливает поступление в природную среду значительных объёмов химических веществ, при этом их количество ежегодно возрастает [1].

Предприятия теплоэнергетики являются одними из основных источников загрязнения. Приоритетными загрязнителями данных предприятий выступают тяжелые металлы, относящиеся к категории суперэкотоксикантов, они обладают мутагенными и канцерогенными свойствами, а также способностью к накоплению в объектах окружающей среды [2].

Прогрессирующее загрязнение природных сред газообразными, твердыми и жидкими вредными выбросами от предприятий теплоэнергетики приводит к нарушению важнейшего принципа природы – принципа самовосстановления. В данном процессе почвенный покров выполняет важные экологические функции [3].

В связи с этим исследование, направленное на выявление уровня загрязнения и особенностей распространения тяжелых металлов в почвенном покрове в зоне влияния предприятий теплоэнергетики, является актуальным.

Цель данного исследования – оценить влияние предприятий теплоэнергетики различной мощности на загрязнение почв тяжёлыми металлами и выявить особенности их депонирования в почвенном покрове прилегающих к предприятиям территорий.

Объект исследования – почвы, находящиеся в зоне влияния Минусинской и Абаканской ТЭЦ.

Таблица 1

Технологические показатели Минусинской и Абаканской ТЭЦ
(филиалы ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»)

Технологические показатели предприятия	ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»	
	Минусинская ТЭЦ	Абаканская ТЭЦ
Электрическая мощность, МВт	85	406
Тепловая мощность, Гкал/ч	330,4	700
Основное топливо	бурый уголь Ирша-Бородинского месторождения	бурый уголь Ирша-Бородинского месторождения
Высота дымовой трубы, м	100	120
Газоочистное оборудование	батарейные циклоны типа БЦУ-М	электрофильтр типа Alstom Power
Эффективность газоочистного оборудования,%	84,6	99,7
Объём выбросов, т/год	2334,1	8820,0

Для определения содержания и характера распространения ионов тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Hg), в почвах, прилегающих к Абаканской и Минусинской ТЭЦ (филиалы ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»), на заложенных трансектах были отобраны почвенные образцы.

Абаканская ТЭЦ расположена на западной окраине г. Абакана, на левом берегу р. Ташеба. Жилая зона города находится в 3 км от промышленной площадки ТЭЦ. Минусинская ТЭЦ отнесена на 5 км в юго-восточном направлении от административных границ г. Минусинска.

Отбор почвенных проб производился в двух направлениях от границ предприятий с учётом розы ветров: северо-восточном и юго-западном по мере удаления от источника загрязнения. Пробы отбирали по ГОСТу 17.4.3.01-83 на пробных площадях размером 1×1 м, расположенных на расстоянии 100, 500, 700, 1000, 2000 м от границ предприятий, в пределах заложенных трансект. Взятие проб осуществлялось в слое 0–20 см. В пределах исследуемых территорий было отобрано 200 почвенных образцов.

Содержание тяжелых металлов в почве определяли по общепринятым методикам. Концентрацию подвижной формы ионов свинца, кадмия, меди и цинка – методом инверсионной вольтамперометрии, концентрацию ртути – атомно-абсорбционным методом холодного пара.

Для целостного представления о процессах накопления и трансформации загрязняющих веществ, происходящих в почвенном покрове исследуемых территорий и оценки буферной способности почв, были определены необходимые почвенные показатели: содержание гумуса в слое 0–20 см, гранулометрический состав, pH водной вытяжки. Полученные данные были обработаны статистически.

Оценка буферной способности почв исследуемых территорий проводилась по шкале В.Б. Ильина и А.И. Сысо [4].

Минусинская и Абаканская ТЭЦ относятся к предприятиям второго класса опасности, которые вырабатывают энергию в процессе сжигания минерального топлива – угля. Санитарно-защитная зона (СЗЗ), установленная в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, для каждого предприятия составляет 500 м.

Данные предприятия теплоэнергетики различаются как источники загрязнения окружающей среды. Так, объёмы производственных выбросов в атмосферу Абаканской ТЭЦ в 3,8 раза больше по сравнению с Минусинской ТЭЦ, что отчасти обусловлено технологическими показателями и эффективностью используемого газоочистного оборудования [5] (табл. 1).

Буферность – это защитные возможности почвы, влияющие на подвижность химических элементов, что определяет их воздействие на контактирующие среды. Чем меньшими буферными свойствами обладает почва, тем большую опасность представляет её загрязнение химическими веществами [6].

Согласно шкале В.Б. Ильина и А.И. Сысо (2001) [4], основными показателями, учитывающимися при оценке буферной способности почв, являются гранулометрический состав, степень гумусированности и водородный показатель ($pH_{водн.}$).

Результаты диагностики свидетельствуют о том, что почвы территории, прилегающей к Абаканской ТЭЦ, характеризуются как среднесуглинистые, где доля механических фракций физической глины и фи-

зического песка составляет 30 и 70% соответственно. Среднее содержание гумуса в верхнем слое почвы – 1,73%, что позволяет отнести их к низкогумусным. Значение водородного показателя ($pH_{водн.}$) равно 7,36, что характеризует среду почвенного раствора как щелочную (табл. 2).

В отличие от данных почв, почвы территории, прилегающей к Минусинской ТЭЦ, имеют более лёгкий гранулометрический состав (15% физической глины и 85% физического песка) и относятся к супесчаным разновидностям. По показателю содержания гумуса в слое 0–20 см почвы исследуемых территорий близки. Для данных почв $pH_{водн.}$ составляет 6,82 и определяет их как нейтральные.

В соответствии со шкалой буферности почв по отношению к тяжелым металлам, по совокупности показателей, почва территории, прилегающей к Абаканской ТЭЦ, количественно оценивается в 24,5 балла и характеризуется средней буферной способностью.

Буферность почв, расположенных вблизи Минусинской ТЭЦ, оценивается в 17 баллов и характеризуется как низкая. Данные различия обуславливают особенности механизма накопления и миграции тяжелых металлов в пределах верхнего слоя относительно источника загрязнения (табл. 3).

Среднее содержание подвижных форм свинца (1,92 ± 0,44 мг/кг) и цинка (4,41 ± 1,37 мг/кг) в почвах, прилегающих к Абаканской ТЭЦ, в 1,2; 1,4 раза больше, чем в почвах зоны влияния Минусинской ТЭЦ (табл. 4).

Обратная тенденция зафиксирована для ионов меди. Их концентрация в почвах территории, прилегающей к Минусинской ТЭЦ, выше по сравнению с почвами территории Абаканской ТЭЦ и в среднем составляет 2,95 ± 0,62 мг/кг

Содержание ртути в почвенном компоненте исследуемых территорий характеризуется близкими значениями и составляет в среднем 0,003 ± 0,001 и 0,0020 ± 0,0006 мг/кг, соответственно. Подвижные формы ионов кадмия в исследуемых почвах не обнаружены. Это может быть связано с тем, что концентрация данного элемента в почвах ниже предела чувствительности метода, для которого этот порог составляет 0,10 мг/кг. В целом средние концентрации данных поллютантов не превышают нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК). Однако необходимо отметить, что среднее содержание ионов меди приближается к нормативному значению, это характерно для почв всех исследуемых территорий.

Таблица 2

Среднестатистические значения некоторых показателей почв зоны воздействия Абаканской и Минусинской ТЭЦ, n = 4

Приуроченность почв	Механические фракции		Содержание гумуса в слое 0–20 см,%	$pH_{водн.}$	Характеристика почвы
	Физическая глина (< 0,01 мм),%	Физический песок (> 0,01 мм),%			
территория, прилегающая к Абаканской ТЭЦ	30,00	70,00	1,73 ± 0,73	7,36 ± 0,20	среднесуглинистая, низкогумусная, щелочная
территория, прилегающая к Минусинской ТЭЦ	15,00	85,00	2,00 ± 0,84	6,82 ± 0,20	супесчаная, низкогумусная, нейтральная

Таблица 3

Оценка буферной способности почвенного покрова территорий воздействия Абаканской и Минусинской ТЭЦ по В.Б. Ильину и А.И. Сысо (2001) [4]

Показатели	Предприятие теплоэнергетики	
	Абаканская ТЭЦ	Минусинская ТЭЦ
Содержание физической глины,% /количество баллов	30,0/10,0	15,0/5,0
Содержание гумуса,% /количество баллов	1,7/2,0	2,0/2,0
pH /количество баллов	7,4/12,5	6,8/10,0
Итого баллов по совокупности показателей	24,5	17,0

Примечание. Числитель – величина показателя; знаменатель – соответствующее количество баллов.

Таблица 4

Среднестатистические значения концентраций тяжелых металлов в почвах исследуемых территорий, мг/кг (n = 100)

Предприятие	Тяжёлые металлы	Статистические показатели					
		X_{min}	X_{max}	$X_{ср.}$	ПДК	σ	V,%
1	2	3	4	5	6	7	8
Абаканская ТЭЦ	Pb^{+2}	0,00	7,58 ± 1,72	1,92 ± 0,44	6,00	2,37	1,14
	Cd^{+2}	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
	Cu^{+2}	0,27 ± 0,06	9,36 ± 1,96	2,2 ± 0,46	3,00	1,62	0,51
	Zn^{+2}	0,26 ± 0,08	16,79 ± 5,22	4,1 ± 1,37	23,00	1,34	0,81
	Hg^{+}	0,00	0,025 ± 0,001	0,003 ± 0,001	2,10	0,21	0,95
Минусинская ТЭЦ	Pb^{+2}	0,00	4,60 ± 1,04	1,58 ± 0,36	6,00	2,66	1,54
	Cd^{+2}	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
	Cu^{+2}	0,00	9,03 ± 1,90	2,95 ± 0,62	3,00	1,48	1,03
	Zn^{+2}	0,00	8,77 ± 2,73	3,03 ± 0,95	23,00	1,26	0,92
	Hg^{+}	0,00	0,006 ± 0,002	0,0020 ± 0,0006	2,10	0,34	0,47

Примечание. *За нулевое значение концентрации принято содержание металла в почве, оказавшееся ниже предела чувствительности метода исследования (предел чувствительности метода исследования для свинца – 0,50 мг/кг, кадмия – 0,10 мг/кг, меди – 1,0 мг/кг, цинка – 1,0 мг/кг, ртути – 0,001 мг/кг) (ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48-06; МУК 4.1.1471-03).

Характер накопления подвижных форм тяжёлых металлов в почвах северо-восточного и юго-западного направлений различен. Так, в почвах северо-восточного направления от границ предприятия Абаканской ТЭЦ содержание свинца, меди и цинка больше по сравнению с их концентрацией в почвах юго-западного направления (рис. 1).

При этом уровни накопления данных элементов, независимо от направления, находятся в пределах норматива ПДК. Исключением является медь, концентрация ионов которой в почвах северо-восточного направления составляет 1,17 ПДК.

Подобная тенденция накопления подвижных форм тяжёлых металлов сохраняется и в почвенном покрове территории, прилегающей к промышленной площадке Минусинской ТЭЦ (рис. 2).

Анализ полученных результатов выявляет некоторые различия в уровнях накопления токсикантов данной группы. Так, концентрация ионов свинца и цинка в почвах, расположенных в северо-восточном направлении от границы Абаканской ТЭЦ, выше их содержания в почвах этого же направления, прилегающих к Минусинской ТЭЦ, в 1,5 и 1,8 раза соответственно. Значения концентраций ионов меди в почвах, локализованных на северо-востоке от границ исследуемых предприятий, сходны, но в почвах юго-западного направления от промышленной площадки Минусинской ТЭЦ содержание ионов меди в 2 раза выше по сравнению с почвами окрестностей Абаканской ТЭЦ и достигает в среднем 2,3 мг/кг.

Наиболее высокий уровень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами в северо-восточном направлении от границ исследуемых предприятий, вероятно, обусловлен комплексом природных условий, которые определяют интенсивное распространение аэротехногенных выбросов в этом направлении по сравнению с юго-западным.

Несмотря на то, что Абаканская ТЭЦ является более мощным региональным предприятием теплоэнергетики в сравнении с Минусинской ТЭЦ, уровень загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами на исследуемых территориях различается незначительно. Это может быть связано со свойствами почв, прилегающих к данным предприятиям. Так, почвы, расположенные вблизи Абаканской ТЭЦ, обладают средними буферными свойствами, которые в некоторой степени компенсируют техногенную нагрузку данного источника загрязнения на почвенный покров, определяя существующие уровни загрязнения.

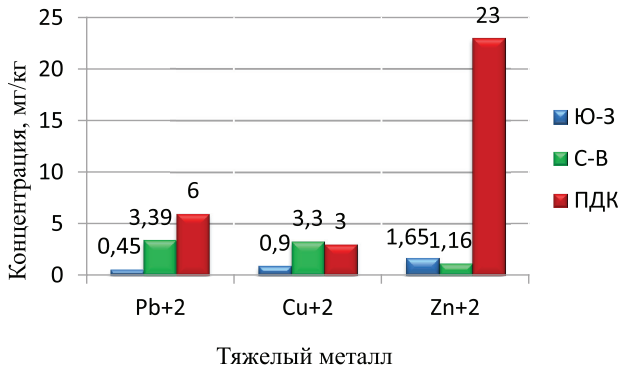


Рис. 1. Содержание ионов свинца, меди и цинка в почвах, прилегающих к Абаканской ТЭЦ, n = 100

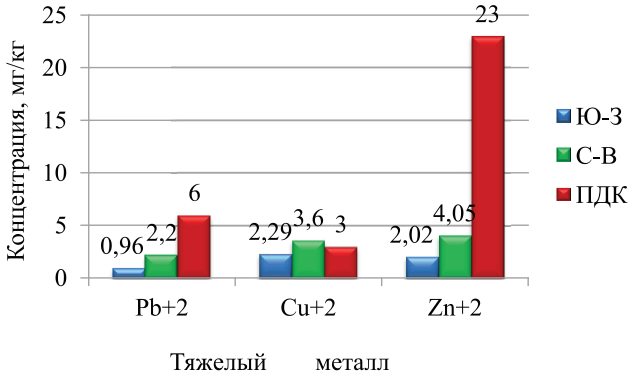


Рис. 2. Содержание ионов свинца, меди и цинка в почвах, прилегающих к границам Минусинской ТЭЦ, n = 100

Почвы вокруг Минусинской ТЭЦ, охарактеризованные как низкобуферные, в большей степени подвержены загрязнению тяжёлыми металлами, так как физические и физико-химические свойства данных почв не способствуют переводу токсикантов в связанное состояние и депонированию их в ходе активных поглотительных процессов.

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Средние концентрации тяжёлых металлов не превышают нормативы предельно допустимых концентраций. При этом среднее содержание ионов меди приближается к нормативному значению, и это характерно для почв всех исследуемых территорий.

2. Наиболее высокий уровень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами в северо-восточном направлении от границ исследуемых предприятий, вероятно, обусловлен комплексом природных условий, которые определяют интенсивное распространение аэротехногенных выбросов в этом направлении по сравнению с юго-западным.

3. Уровень загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами на исследуемых территориях различается незначительно из-за отличий в буферной способности этих почв. Средние буферные свойства почв вблизи Абаканской ТЭЦ в некоторой степени компенсируют техногенную нагрузку данного источника загрязнения. Низкая буферность почв, расположенных вокруг Минусинской ТЭЦ, снижает их способность переводить токсиканты в связанное состояние и депонировать тяжёлые металлы в ходе активных поглотительных процессов.

Список литературы

1. Попова Л.Ф. Особенности накопления тяжелых металлов почвами и растениями в условиях промышленного города / Л.Ф. Попова // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 10. – С. 88–89.

2. Hooda P.S. A special issue on heavy metals in soils: editorial foreword // Adv.Environ. Res. – 2003. – V. 8. – P. 1–3.

3. Лукьянчиков Н.Н. Экономика и организация природопользования / Н.Н. Лукьянчиков. – М.: Тройка, 2002. – 687 с.

4. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: СО РАН, 2001. – 231 с.

5. Пономарева Д.Н. Проект реконструкции газоочистного оборудования на паровых котлоагрегатах БКЗ-75-39ФБ предприятия «Минусинская ТЭЦ» / Д.Н. Пономарева. – Абакан: Март, 2011. – 76 с.

6. Ересько М.Н. Кислотно-основная буферность почв как индикатор устойчивости экосистемы / М.Н. Ересько // Земля Беларуси. – 2014. – № 4. – С. 36–44.

УДК 551.582.2 (470.325)

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ИНДЕКСА КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РАЙОНЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 30 ЛЕТ

Киреева-Гененко И.А., Новикова Е.П., Чумейкина А.С.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: genenko@bsu.edu.ru

В работе проведен анализ изменения индекса континентальности климата по данным 12 метеорологических станций за последние 30 лет с 1981 по 2010 г. на территории Центрально-Черноземного района. Методологической основой данной работы послужили расчетные методы индекса континентальности, предложенные Л. Горчинским, С.П. Хромовым, Ц.А. Швер. Анализ индексов континентальности за исследуемый период по выбранным методам показал, что величины К на всех метеостанциях варьируют в пределах 25–30% от средних значений. Выявлена тенденция уменьшения индекса континентальности К на всей территории по сравнению со средними многолетними данными – «нормой 80» – с 44% до 39% в связи с глобальными процессами изменения климата. В целом на территории ЦЧР сохраняется многолетний умеренно континентальный тип климата с небольшими отклонениями от среднемноголетних норм. Наши результаты рекомендованы для учета при разработке географических прогнозов по оценке устойчивого развития экосистем или их трансформации в будущем.

Ключевые слова: индекс континентальности климата, амплитуда температуры воздуха, сумма осадков зимой и летом, широта и долгота местности

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF AN INDEX OF CONTINENTALITY OF CLIMATE IN CENTRAL BLACK EARTH REGION OVER THE PAST 30 YEARS

Kireeva-Genenko I.A., Novikova E.P., Chumeykina A.S.

Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: genenko@bsu.edu.ru

In the article the analysis of changes of the climate continentality index by the data of 12 meteorological stations over the last 30 years from 1981 to 2010 on the territory of the Central Chernozem region was conducted. Calculation methods of the continentality index proposed by L. Gorchinskiy, S.P. Khromov, C.A. Schwer were used for the methodological basis of this research. The analysis of the continentality indexes during the study period by the selected methods showed that the values K for all meteorological stations are varying in the range of 25–30% from the average values. The tendency of the continentality index K reduction over all area in comparison with the long-term average – «rule of 80» – from 44% to 39% due to global climate change was revealed. On the whole over the territory of the Central Chernozem region the perennial temperate-continental type of climate with small deviations from the average long-term norms is retained. Our results are recommended for the accounting while developing the geographic predictions over assessing the sustainability of ecosystems or of their transformation in the future.

Keywords: climate continentality index, the amplitude of air temperature, sum of precipitation in summer and winter, the latitude and longitude of the area

За последние десятилетия усилились колебания климатических характеристик как в планетарном масштабе, так и в отдельных регионах. Это вызывает повышенный интерес не только у ученых и специалистов, но и у широкого круга населения. Климатологи эти процессы объясняют прежде всего изменением формы циркуляции атмосферы с субширотной до 1980-х гг. на субмеридиональную за последние десятилетия [1]. Другой причиной называют глобальное потепление в северном полушарии. Резкое изменение теплового режима сказывается на самочувствии людей, а также влияет на жизнь и деятельность человека в целом.

Для количественной оценки климатических изменений в Центрально-Черноземном районе (ЦЧР) нами проведено исследование одного из комплексных показателей, а именно индекса континентальности климата, учитывающего амплитуды температуры воздуха, атмосферные осадки и широту места. В этом проявляется актуальность нашего исследования.

Целью исследования настоящей работы является анализ средних многолетних данных индекса континентальности климата ЦЧР за 80 лет (норма-80) и их сравнение с вариациями этого показателя за последние 30 лет по материалам 12 метеорологических станций, размещенных равномерно по всей исследуемой территории.

Выполнение поставленной цели потребовало формулирования следующих задач:

1) изучить физико-географическое положение метеорологических станций;

2) освоить наиболее известные методы определения индекса континентальности климата;

3) произвести анализ особенностей циркуляции атмосферы в рассматриваемом регионе за исследуемый период;

4) выявить широтное и долготное изменения индекса континентальности за период исследования;

5) разработать рекомендации по использованию результатов исследования на практике.

Методологической основой данной работы послужили расчетные методы индекса континентальности, предложенные Л. Горчинским, С.П. Хромовым, Ц.А. Швер, выбранные на основе анализа литературных источников, как наиболее широко распространенные методы [2]. В работах Л. Горчинского и С.П. Хромова учитываются сезонные и годовые амплитуды температуры воздуха и широта местности. Ц.А. Швер, в свою очередь, рекомендует в формуле расчета отдельно учитывать сумму осадков в холодный и теплый периоды года.

Расчетная формула Л. Горчинского имеет вид

$$K = 1{,}7A/\sin\varphi - 20{,}4, \quad (1)$$

где A – годовая амплитуда температуры воздуха;

$\sin\varphi$ – синус широты места φ. Значения индексов континентальности по Л. Горчинскому выражаются двузначными числами, возрастающими с увеличением континентальности.

Конечная расчетная формула С.П. Хромова представлена в виде

$$K = (A - 5{,}4\sin\varphi)/A, \quad (2)$$

где A – годовая амплитуда температуры воздуха;

$5{,}4\sin\varphi$ – годовая амплитуда в океаническом типе климата, где материковое влияние практически отсутствует.

Физический смысл метода С.П. Хромова заключается в том, что доля годовой амплитуды температуры воздуха в данном месте создается за счет наличия суши на земном шаре, каков континентальный вклад в годовую амплитуду температуры. Индекс С.П. Хромова имеет обычно положительные значения и составляет доли единицы, а их предельные максимальные величины равны единице (что возможно на экваторе). А в случае морского климата К может иметь даже отрицательные значения [2].

Ц.А. Швер для расчета коэффициента К предложила использовать данные месячных сумм осадков. Формула расчета имеет вид

$$K = \sum X_{III-VIII}/\sum X_{IX-II}, \quad (3)$$

где $\sum X_{III-VIII}$ – сумма осадков в весенне-летний период;

$\sum X_{IX-II}$ – сумма осадков в осенне-зимний период.

В зависимости от отношения осадков в весенне-летнее (март – август) и осенне-зимнее (сентябрь – февраль) полугодия, она выделила четыре типа годового хода осадков, отражающих степень континентальности климата:

1) не континентальный – $K < 1$;

2) полуконтинентальный – $1 < K < 1{,}75$;

3) континентальный – $1{,}75 < K < 3{,}5$;

4) резко континентальный – $K > 3{,}5$.

Гипотезой работы, принятой в настоящем исследовании, является то, что глобальное потепление климата сказывается на изменении таких основных характеристик, как температура воздуха и осадки в отдельные годы, что позволяет выявить тенденцию уменьшения континентальности климата.

Работа относится к теоретическим исследованиям, выводы которой имеют практическую значимость для разработки географического прогноза по оценке устойчивого развития экосистем или их трансформации в будущем. В частности, изменение структуры баланса тепла и влаги нужно учитывать при проведении мелиоративных работ в южных районах ЦЧР.

Широтное изменение индекса континентальности климата (К) по всем трем методам можно рассмотреть на примере метеостанций, расположенных в северной части ЦЧР (Моршанск, Мичуринск, Елец), в центральной части ЦЧР (Воронеж, Конь-Колодезь, Богородицкое Фенино (Б. Фенино) и метеостанции, находящиеся в южных районах ЦЧР (Богучар, Валуйки) (таблица).

Из таблицы видно, что за 30-летний период исследования практически все методы расчета отражают тенденцию уменьшения индекса континентальности К по сравнению со средними многолетними данными всей территории – «нормой 80» с 44% до 39%. Необходимо отметить, что изменение индекса К за отдельные годы достигает от 17 до 60%, что объясняется неустойчивым характером изменения циркуляции атмосферы над регионом, вызванным глобальными процессами колебания климата [3]. При этом колебания К практически на всех станциях синхронные. Это свидетельствует о том, что на территории ЦЧР за исследуемый период на формирование климата оказывали влияние одни и те же факторы. Прежде всего такими факторами являются повышение зимних температур в среднем на 2–3 °С, и лишь небольшое увеличение среднемесячных температур воздуха в летние месяцы. Соответственно, амплитуды температуры воздуха уменьшались на 2–3 °С [4].

Индексы континентальности, рассчитанные по методу С.П. Хромова, практически не отличаются от расчетов по первому методу и повторяют его вариации во все годы.

Индекс **К**, рассчитанный по методике Ц.А. Швер, также указывает на уменьшение континентальности за исследованный период. Это объясняется, прежде всего, тенденцией увеличения сумм осадков в холодный период года [5]. При этом колебания индекса К почти на всех станциях синхронные. Таким образом, широтное изменение индексов К практически не наблюдается.

Изменение индекса К с запада на восток по мере увеличения долготы станций представлено на примере метеостанции Курск (западная часть ЦЧР), Воронеж (центральная часть ЦЧР) и Жердевка (восточная часть ЦЧР) по данным за 30 лет и средним многолетним данным (см. таблицу). Из таблицы видно, наиболее ярко изменение индекса К с запада на восток за исследуемые периоды проявляется по данным, рассчитанным методом Л. Горчинского. Динамика распределения индекса континентальности по годам, а именно вариации годовых значений индекса континентальности по Горчинскому с 1981 по 2010 г. на станциях Курск, Воронеж и Жердевка показаны на рис. 1–3.

Индекс континентальности климата (**К**) на метеостанциях ЦЧР по данным за 30 лет (**А**) и средним многолетним данным (**Б**) (норма-80)

Метеостанция	Высота н. у. м. (м)	Географические координаты		$К_{горчинск.}$		$К_{хромова}$		$К_{швер}$	
		Широта (φ)	Долгота (λ)	А	Б	А	Б	А	Б
Моршанск	142	53°27'	41°48'	39,49	44,36	0,85	0,86	1,10	1,25
Мичуринск	158	52°53'	40°29'	39,93	45,05	0,85	0,86	1,06	1,21
Тамбов	128	52°48'	41°20'	40,06	45,19	0,85	0,86	1,05	1,17
Жердевка	147	51°51'	41°28'	41,23	46,42	0,85	0,86	1,00	1,18
Елец	168	52°38'	38°31'	37,79	43,35	0,84	0,86	1,20	1,37
Конь-Колодезь	138	52°15'	39°15'	39,02	42,90	0,85	0,86	1,17	1,33
Курск	247	51°46'	36°10'	35,65	40,20	0,84	0,85	1,13	1,19
Воронеж	149	51°39'	39°09'	38,00	43,90	0,84	0,86	1,11	1,26
Б. Фенино	226	51°09'	37°21'	36,56	42,01	0,84	0,85	1,13	1,45
Белгород	224	50°38'	36°35'	37,65	42,05	0,84	0,85	1,16	1,28
Валуйки	112	50°13'	38°06'	37,11	43,09	0,84	0,86	1,12	1,27
Богучар	84	49°56'	40°34'	40,91	45,82	0,85	0,86	1,12	1,20

Рис. 1. Вариации годовых значений индекса континентальности по Горчинскому с 1981 по 2010 г. на станции Курск

Рис. 2. Вариации годовых значений индекса континентальности по Горчинскому с 1981 по 2010 г. на станции Воронеж

Рис. 3. Вариации годовых значений индекса континентальности по Горчинскому с 1981 по 2010 г. на станции Жердевка

В сравнении с многолетними данными значение индекса континентальности в период исследования уменьшилось на 11–12 %. Общий положительный тренд изменения индекса континентальности, который прослеживается на станциях Курск, Воронеж и Жердевка, свидетельствует о том, что за период исследования значение К в 3-м десятилетии превышает значения К в 1-м и во 2-м десятилетиях. Это связано с тенденцией к потеплению зимних месяцев за период исследования в среднем на 1,3 °С и увеличению летних температур в среднем на 2,1 °С.

Вследствие этого отмечается нарастание амплитуды температур, в среднем на 1 °С. Для станции Курск индекс континентальности в 1-м десятилетии составил (34,65), в Воронеже и Жердевке – (38,22) и (41,44) соответственно. Во 2-м десятилетии повсеместно наблюдается минимальное значение К – 33,71 в Курске, 36,49 в Воронеже и 39,50 в Жердевке. Максимальное значение **К**, как и указывалось выше, наблюдается в 3-м десятилетии. Для станции Курск оно составило 37,82, для станций Воронеж и Жердевка – 39,52 и 42,96 соответственно.

Расчет индекса континентальности по методу Ц.А. Швер показал, что значение К уменьшилось по сравнению с многолетними данными в среднем на 11%. Это связано с увеличением сумм осадков в холодном полугодии и их уменьшением в теплом полугодии в сравнении с многолетними данными.

Таким образом, анализ индексов континентальности за исследуемый период по выбранным методам показал, что величины К на всех метеостанциях варьируют в пределах 25–30%. Это объясняется двумя факторами: с одной стороны, колебаниями температуры в холодный и теплый периоды года. В годы максимальных показателей **К**, как правило, зимы были холодными, а лето жаркое, соответственно, годовые амплитуды были большие. Наоборот, в годы минимальных значений индексов континентальности зимы были теплые, а лето прохладное, что приводило к уменьшению годовой амплитуды, соответственно, уменьшались и индексы континентальности **К**.

С другой стороны, преобладание осадков в осенне-зимнее полугодие сказывается на уменьшении индекса **К**. Наоборот, чем больше осадков выпадает в весенне-летнее полугодие, тем резче выражена континентальность климата. Равенство сумм осадков в указанные полугодия или их небольшое преобладание в весенне-летнее полугодие (менее чем в 2 раза) можно отнести к полуконтинентальному типу климата, что отмечается в ЦЧР.

В целом на территории ЦЧР сохраняется многолетний умеренно континентальный тип климата с небольшими отклонениями на 10–15% от среднемноголетних норм. На основании сказанного можно сделать вывод о том, что при разработке географических прогнозов и геоэкологических экспертиз необходимо воспользоваться среднемноголетними данными основных климатических показателей не менее чем за последние 30 лет.

Список литературы

1. Григорьев Г.Н., Крымская О.В., Лебедева М.Г. Крупномасштабные атмосферные процессы Северного полушария и аномалии климатических параметров Центрально-Черноземного региона // География и природные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 135–138.

2. Алисов Б.П. Курс климатологии. – Ч. 1, 2 / Б.П. Алисов, О.А. Дроздов, Е.С. Рубинштейн. – Л.: Гидрометеоиздат, 1952. – 430 с.

3. Petin A.N., Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Chendev Y.G., Lupo A.R. Regional Manifestations of Changes in Atmospheric Circulation in the Central Black Earth Region (Bu the Example of Belgorod Region) // Advances in Environmental Biology, 8(10), June 2014, P. 544–547.

4. Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Lupo A.R., Chendev Y.G., Petin A.N., Solovyev A.B. Trends in Summer Season Climate for Eastern Europe and Southern Russia in the Early 21 st Centuty. Hindaws Publshing Corporation // Advances in Meteorology. – 2016. – Vol. 2016, Article ID 5035086, 10 p. http://dx.doi.org/10.1155/2016/5035086.

5. Новикова Е.П., Чумейкина А.С. Особенности формирования осадков над ЦЧР в конце 20 – начале 21 веков // Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов: материалы IV Международной заочной научно-практической конференции (Брянск, 20 декабря 2016 г.). – Брянск: изд-во «Курсив», 2017. – С. 177–181.

УДК 504.3.054/.064.36

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРКА «МЕЩЕРСКОЕ ОЗЕРО» КАК СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ГОРОДА НИЖНЕГО НОВГОРОДА

Копосова Н.Н., Шайбекова М.Р.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru

В статье на основе анализа принципов геоэкологического проектирования и ландшафтного планирования проведено изучение особенностей структуры и основных функций экологического каркаса города. Дана оценка современного экологического состояния компонентов природно-ландшафтного комплекса Нижнего Новгорода, в частности общей площади и состояния зеленых насаждений и особенностей размещения парковых зон по административным районам города. Представлена общая характеристика проекта парка в микрорайоне Мещерское озеро, создание которого позволит оптимизировать экологический каркас города и обеспечить жителей микрорайона рекреационной зоной. Обоснован выбор основных элементов парка – видов древесной и кустарниковой растительности, структуры дорожно-тропиночной сети, создания и размещения пляжа, детской и спортивной площадок. Изучение экологического каркаса Нижнего Новгорода позволяет сделать вывод о том, что размещение его элементов – узлов, транзитных и буферных зон – очень неравномерно, и есть районы, где эти элементы практически отсутствуют, либо носят фрагментарный характер, то есть не связаны с другими экологически значимыми объектами. Кроме того, в ряде случаев они имеют недостаточную площадь и поэтому не выполняют в полной мере ландшафтно-экологические функции. Эти обстоятельства объясняют необходимость создания на территории спального микрорайона Мещерское озеро парка как одного из элементов экологического каркаса города. Помимо выполнения роли элемента экологического каркаса парк станет крупной зоной ежедневной рекреации для жителей микрорайона.

Ключевые слова: экологический каркас, городской ландшафт, проектирование, зеленые насаждения, парк, рекреация

DESIGN PARK «MESHERSKOE LAKE» AS STRUCTURAL PART OF ECOLOGICAL FRAME OF NIZHNY NOVGOROD CITY

Koposova N.N., Shaybekova M.R.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru

In the article on the basis of analysis of the principles geoecological design and landscape planning study of the characteristics of the structure and main functions the city's ecological frame. The estimation of the modern ecological state components of the natural-landscape complex Nizhny Novgorod, in particular the total area of and the State of greenery and features accommodation parks on administrative districts. Presents general characteristics project in the neighborhood park Mesherskoe ozero, which will allow to optimize city's ecological frame and to ensure that residents of the neighborhood recreation area. Justified the choice of basic elements of the Park – Woody and shrubby vegetation, the structure of the road network are, creating and hosting the beach, children's and sports playgrounds. Studying of an ecological framework of Nizhny Novgorod allows to draw a conclusion that placement of his elements – knots, transit and buffer zones, very unevenly, and is areas where these elements are practically absent, or have fragmentary character, that is, aren't connected with other ecologically significant objects. Besides, in some cases they have the insufficient area and therefore don't perform fully landscape and ecological functions. These circumstances explain need of creation in the territory of the sleeping residential district the Meshchersky lake of the park as one of elements of an ecological framework of the city. Besides performance of a role of an element of an ecological framework the park will become a large zone of a daily recreation for residents of the residential district.

Keywords: ecological frame, the urban landscape, design, green spaces, park, recreation

Города являются центрами притяжения и местами сосредоточения большей части жителей Земли, так как способны удовлетворять их потребности и обеспечивать достаточно высокое качество городской среды жизни благодаря сформированной в городах социальной, архитектурно-планировочной и экономической среде. Но вместе с тем на их территории наблюдается ухудшение экологической ситуации, связанное с концентрацией хозяйственной деятельности, ростом количества автомобилей и проявляющееся в заметном снижении качества компонентов природной среды, уменьшении биологического разнообразия, снижении средообразующих, эстетических и рекреационных функций городского ландшафта, прямым следствием чего становится ухудшение состояния здоровья населения.

Улучшение экологической ситуации города предполагает гармонизацию взаимодействия человека с природной средой, которая может быть реализована через создание экологического каркаса города, обе-

спечивающего устойчивость городских территорий и благоприятные условия жизни населения.

Цель исследования

Целью исследования является разработка проекта парка в микрорайоне Мещерское озеро, как элемента экологического каркаса Нижнего Новгорода, на основе анализа научных принципов ландшафтного проектирования, изучения особенности структуры и основных функций экологического каркаса города, оценки современного экологического состояния компонентов природного комплекса города Нижнего Новгорода.

Материалы и методы исследования

В результате изучения научно-теоретических основ экологического проектирования было установлено, что при планировании городских ландшафтов следует опираться на принципы геоэкологического и ландшафтного планирования, которые позволяют сформировать гармоничные связи человека с природой в условиях города [1–3].

Главной целью ландшафтно-экологического проектирования является создание благоприятной среды жизни для человека. Выделяют семь функций ландшафта природного и социально-экономического характера, которые позволяют учесть все аспекты формирования благоприятной среды при городском планировании. Так, в результате выполнения природных функций формируется среда обитания всех живых организмов, комфортность климата и стабильное состояние гидрологического режима. Социально-экономические функции реализуются через размещение рекреационных и санитарно-защитных зон, создание высокоэстетичного архитектурного облика города [4, 5].

Результаты исследования и их обсуждение

Экологический каркас – это взаимосвязь экосистемы с индивидуальным режимом природопользования на определенной территории. Экологический каркас способствует стабильной экологической ситуации, предотвращая потерю биологического разнообразия и деградацию ландшафта [6]. Скверы и бульвары, территории лесопарков, водоемы и реки – все эти объекты являются элементами экологического каркаса.

Анализ концепции экологического каркаса города показал, что главной целью его создания является поддержание экологической стабильности территории, предотвращение сокращения биологического разнообразия и деградации ландшафта.

Как и любая территориальная система, экологический каркас города имеет структурные звенья, которые выполняют определенные функции, направленные на установление связей между природными и антропогенными процессами. Крупные парки и пригородные лесопарки формируют ядро экологического каркаса, обеспечивающее устойчивое функционирование всей системы. Долины рек и зеленые лесополосы вдоль автомагистралей и бульваров – линейные участки, обеспечивающие взаимодействие отдельных элементов каркаса. Памятники природы, охраняемые зоны городских территорий и водных объектов и небольшие озелененные территории выступают точечными элементами, создающими необходимое разнообразие и множественность элементов, необходимых для устойчивости системы.

Промышленные объекты, санитарно-защитные зоны и санитарные разрывы, пустыри и свалки, которых немало в территориальной структуре городов, – бедленды, которые могут рассматриваться как реставрационный фонд, обеспечивающий возможность развития и расширения экологического каркаса [7].

Экологический каркас города выполняет несколько главных функций, без которых не может быть сформирована благоприятная среда обитания в городе. Основной является средообразующая – она связана непосредственно с образованием среды для существования всех живых организмов, в том числе человека.

Природоохранная функция обеспечивает охрану биологического разнообразия, что в свою очередь увеличивает устойчивость природных компонентов к антропогенным нагрузкам. Рекреационная реализуется через возможность использования элементов каркаса (парков, садов и лесов пригородного зеленого пояса, а также водоемов) в качестве мест для отдыха в городе, как ежедневного кратковременного, так и более продолжительного [4, 8].

При изучении современного экологического состояния компонентов природного комплекса города Нижнего Новгорода была проведена оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха и качества воды рек Волги и Оки. По данным Верхне-Волжского УГМС в атмосферном воздухе не зафиксировано превышения ПДК основных

загрязняющих веществ, их концентрации находятся в интервале от 0,02 ПДК (минимальная по диоксиду серы) до 0,43 ПДК (максимальная по диоксиду азота). Анализ данных о качестве воды показал, что в пределах Нижнего Новгорода происходит значительное ухудшение характеристик воды, наблюдаются случаи загрязнения воды азотом нитритным в концентрациях, превышающих $ПДК_{р.х.}$ [9].

Улучшение экологической обстановки и повышение благоприятности среды для проживания возможно благодаря развитию системы экологического каркаса города, ключевыми элементами которого являются озелененные территории. Анализ современной структуры экологического каркаса Нижнего Новгорода говорит о недостаточности элементов озеленения вдоль транспортных магистралей, на большинстве внутридворовых участков. В настоящее время в Нижнем Новгороде площадь озелененных территорий на 1 жителя в среднем составляет 15,46 м^2 при нормативе 16 м^2 на 1 человека [9]. Этот показатель высок благодаря тому, что город имеет достаточно большие площади пригородных лесопарковых зон, которые зеленым кольцом обхватывают город. Вместе с тем в центральных районах города можно отметить отсутствие достаточного количества парков.

Наиболее острая нехватка зеленых зон наблюдается в Канавинском районе, где находится всего один парк им. 1 Мая с площадью 15 га, а в пересчете на число жителей площадь зеленых насаждений составляет менее одного квадратного метра на человека. Помимо недостаточности площади парка при оценке его состояния было зафиксировано превышение зоны активного отдыха над спокойным, перенасыщение пространства зон активного отдыха элементами бутафории, мелкой пластики, потеря исторического облика парка, отсутствие элементов благоустройства и освещения, угнетенное состояние зеленых насаждений, превышение сорных пород.

В результате проверки состояния парков в 2016 г. обнаружено, что во многих парках не хватает элементов благоустройства, происходит зарастание парков сорными растениями и вытаптывание растительности, ценные породы находятся в угнетенном состоянии, отсутствуют зоны спокойного отдыха и дорожно-тропиночная сеть [10].

Проблему дефицита зеленых насаждений городов-миллионников может решить программа по компенсационному озеленению. Ее сущность заключается в восполнении зеленых насаждений взамен уничтоженных. Анализ данных по компенсационному озеленению, проведенному в 2016 г., показал, что наименьшая площадь озеленения в Канавинском районе – она составляет 0,072 га [11].

Таким образом, становится очевидной необходимость создания парка в Канавинском районе, являющиеся географическим центром Нижнего Новгорода и имеющем значительный резерв неиспользуемых земель, которые могут быть использованы как реставрационный фонд для расширения и оптимизации структуры экологического каркаса города. Одной из таких наиболее уязвимых зон района является микрорайон Мещерское озеро. В микрорайоне расположено много технических объектов: довольно плотная застройка жилых домов и торговых центров, в непосредственной близости проходит крупнейшая железнодорожная магистраль, территорию микрорайона пересекают мощные автотранспортные артерии, но вместе с тем наблюдается острая нехватка рекреационных зон и элементов озеленения.

Нами разработан проект парка «Мещерское озеро», главным элементом которого должен стать большой водоем – Мещерское озеро, являющееся памятником природы областного значения (основан в 1981 г., постановление Правительства Нижегородской области от 29 мая 2012 г. № 317). Площадь Мещерского озера составляет около 20 га, а его максимальная глубина – 4,08 м. По своему происхождению озеро является существовавшей когда-то протокой, а затем – старицей реки Волги. В настоящее время озеро находится в плачевном состоянии, его береговая зона нуждается в благоустройстве. Естественная растительность, как и почвенный покров, на территории озера полностью изменены воздействием человека. Территория берега лишена растительного покрова на 70%. Сейчас зеленый ярус на территории берега Мещерского озера характеризуется хаотично разросшимися ивняками в сочетании с тополем бальзамическим, кленом ясенелистным, чередующимся с луговыми травами (вейник наземный, горец птичий, клевер луговой и ползучий) и многими другими видами сорных растений [12].

Современная растительность в процессе создания парка будет значительно преобразована. По периметру парка должны быть расположены мужские особи тополя пирамидального, высаженные на расстоянии

3 метров друг от друга. Выбор данного вида объясняется тем, что он обладает большим потенциалом поглощения вредных веществ от автотранспорта и способен круглосуточно насыщать воздух кислородом [13, 14]. Это необходимо, учитывая, что озеро и проектируемый парк буквально «зажаты» в прямоугольнике улиц К. Маркса, Пролетарской, Бетанкура и Мещерского бульвара, являющихся мощными автотранспортными магистралями с интенсивным движением и частыми пробками. Для усиления поглотительного эффекта аллея тополей будет дополнена живой изгородью из кустарника бирючины обыкновенной.

По берегам водоема необходимо расположить иву белую, плакучей формы. Ива имеет довольно мощную корневую систему, благодаря чему можно укрепить берега озера и предотвратить возможное обрушение намывного песчаного грунта.

В настоящее время на территории, непосредственно прилегающей к Мещерскому озеру, расположены крупные муниципальные объекты социальной инфраструктуры, обслуживающие население микрорайона: единственный в городе детский театр «Вера», находящийся на реконструкции, физкультурно-оздоровительный комплекс, школа, магазин. Учитывая ограниченность территории проектируемого парка, необходимо данные объекты органично встроить в общую структуру парка. Для этого перед фасадами зданий должны быть разбиты клумбы, а для придания красивого облика строениям по периметру высажены кусты абелии корейской. Это единственный вид азиатского растения абелии, который морозо- и влагоустойчив, а также легко адаптируется под климат средней полосы России.

Абелия является декоративным кустарником, благодаря красивым соцветиям колокольчиков и длительному периоду их цветения с июня по октябрь.

В проекте парка предусмотрена реконструкция местами сохранившегося асфальтового покрытия, которое необходимо сохранить на участках, прилегающих к ФОКу, школе и театру, и замена его грунтовыми дорожками и дорожками, вымощенными природным камнем и предназначенными для прогулок. Для создания дорожек необходимо выкопать траншеи глубиной в 32–35 см, которые должны быть последовательно заполнены слоями гравия толщиной около 12 см, песка – 10 см, грунта – 7 см с добавлением семян различных трав и завершающим слоем природного камня толщиной 6 см. Данная технология позволяет влаге просачиваться вглубь, не скапливаясь на поверхности дорожек и обеспечивая комфортные условия для прогулок в любую погоду. Дорожки будут обсажены красным кленом, использование которого позволит расширить цветовую гамму парка и повысить его эстетические качества, расстояние между деревьями должно составлять около 5 м [13].

В темное время суток парк будет осуществляться световыми тумбами, точечный свет имеет хорошее преимущество, а именно распределяет свет на небольшие расстояния и увеличивает выразительность всех растений.

В парке, находящемся в центре крупного спального микрорайона, предусмотрено создание детской и спортивной площадок: детская – у северо-восточного, спортивная – у западного берега озера. Покрытие площадок выполнено из переработанного сырья – резиновой крошки фракцией 2–3 мм, которое активно впитывает влагу, уводя ее с поверхности в подстилающие песчано-гравийные слои, что позволит заниматься на площадках в любую погоду [15]. Площадки в соответствии с назначением оборудованы спортивными снарядами и уличными тренажерами, горками, качелями и каруселями.

Главную рекреационную функцию в проектируемом парке выполняет Мещерское озеро, на северном берегу которого будет располагаться песчаный пляж. Выровненное дно, отсыпка берега песком при небольшой крутизне берега создадут оптимальные условия для купания. Кабинки для переодевания, биотуалеты и заглубленные мусорные контейнеры обеспечат поддержание необходимых санитарно-гигиенических условий на пляже.

Проектом предусмотрено, что парк «Мещерское озеро» должен стать элементом реставрационного фонда экологического каркаса города. Так как в настоящее время данная территория не только нуждается в благоустройстве, но и практически полностью изолирована от других парковых зон города, необходимо предусмотреть создание системы линейных элементов, которые обеспечат включение парка в экологический каркас города. Линейные участки будут проходить вдоль основных транспортных путей, соединяя «Мещерское озеро» с Сормовским парком, парком им. 1 Мая и Копосовской дубравой, и уходить за пределы города, в лесопарковые

зоны, где образуется зеленое кольцо пригородных лесов [15].

Выводы

Нижний Новгород является весьма крупным городом, с высокой численностью населения, проживающего в многотысячных спальных микрорайонах, и обширными промышленными зонами, обуславливающими недостаточную площадь и структурированность экологического каркаса города. Изучение экологического каркаса Нижнего Новгорода позволяет сделать вывод о том, что размещение его элементов – узлов, транзитных и буферных зон – очень неравномерно, и есть районы, где эти элементы практически отсутствуют, либо носят фрагментарный характер, то есть не связаны с другими экологически значимыми объектами.

Кроме того, в ряде случаев они имеют недостаточную площадь и поэтому не выполняют в полной мере ландшафтно-экологические функции. Эти обстоятельства объясняют необходимость создания на территории спального микрорайона Мещерское озеро парка как одного из элементов экологического каркаса города. Помимо выполнения роли элемента экологического каркаса парк станет крупной зоной ежедневной рекреации для жителей микрорайона.

Список литературы

1. Дьяконов К.П. Экологическое проектирование и экспертиза / К.П. Дьяконов, Л.В. Дончева. – М.: Аспект Пресс, 2005. – 384 с.

2. Дроздов А.В. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 39 с.

3. Козлов А.В. Значение эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды в образовательной и научной деятельности студентов / А.В. Козлов // Экологическое образование для устойчивого развития: традиции и инновации (коллективная монография). – Н. Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2015. – С. 266–273.

4. Владимиров В.В. Город и ландшафт (проблемы, конструктивные задачи и решения) / В.В. Владимиров, Е.М. Микулина, З.Н. Яргина. – М.: Мысль, 1986. – 240 с.

5. Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство. – М.: Стройиздат, 1974. – 275 с.

6. Гриднев Д.З. Природно-экологический каркас территории / Д.З. Гриднев // Территория и планирование. – 2011. – № 1(31).

7. Колбовский Е.Ю. Ландшафтное планирование / Е.Ю. Колбовский. – М.: Академия, 2008. – 348 с.

8. Косинова И.И. Методические рекомендации по проведению инженерных изысканий на территории Воронежской области. – Воронеж: ВГУ, 2012. – 181 с.

9. Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области в 2016 году. – Н. Новгород: Минприроды Нижегородской области, 2017. – 260 с.

10. Концепция программы развития парков и скверов Нижнего Новгорода. – ООО Архитектурно-ландшафтный центр «Архиленд», 2016. – 134 с.

11. Постановление Правительства Нижегородской области «Об утверждении правил проведения компенсационного озеленения и определения компенсационной стоимости зеленых насаждений в городе Нижнем Новгороде и методики расчета компенсационной стоимости зеленых насаждений и компенсационного озеленения» от 21.06.2016 г. № 376.

12. Бакка С.В. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. Аннотированный перечень / С.В. Бакка, Н.Ю. Киселева. – Н. Новгород: Минприроды Нижегородской области, 2009. – 560 с.

13. Авраменко И.М. Деревья и кустарники в ландшафтном дизайне. – М.: Аспект-Пресс, 2009. – 136 с.

14. Атрохин В.Г. Древесные породы мира / В.Г. Атрохин, К.К. Калуцкий, Ф.Т. Тюриков. – М.: Лесная промышленность, 1982. – Т. 3. – 264 с.

15. Реестр озелененных территорий общего пользования [Электронный ресурс]. – URL: http://mineco-nn.ru/reestr-ozelenennyh-territoriy/ (дата обращения: 01.06.2017).

УДК 712.2

АНАЛИЗ ОЗЕЛЕНЁННОСТИ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ СЕВЕРНОГО ОКРУГА Г. ОРЕНБУРГА

Котова Е.Н., Галактионова Л.В., Булгакова М.А.

Оренбургский государственный университет, Оренбург, e-mail: ob@mail.ru

В условиях степного климата Оренбуржья количество зелёных зон на территории городов сведено к минимуму. В результате проведенной работы и благодаря использованию современного оборудования (лазерный дальномер-рулетка Condtrol XP3) установлено, что наиболее неблагополучны по обеспечению зелеными территориями, микрорайоны «Салмышская – Дружбы – Просторная – Родимцева», «Салмышская – Волгоградская – Дзержинского» и «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев». Наименее благополучным микрорайоном по норме обеспеченности детскими площадками является микрорайон «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев» – 72,8 %, а взрослыми площадками – «Брестская – Дзержинского – Салмышская – Юных Ленинцев» – 0,31 %. Наибольший вклад в обеспеченность Северного округа озеленёнными территориями внесли микрорайоны «Театральная – Волгоградская – Всесоюзная – Дзержинского» и «Всесоюзная – Волгоградская – Салмышская – Дзержинского», в котором обеспеченность озеленёнными территориями и детскими площадками превышает норму и делает микрорайон экологически благополучным.

Ключевые слова: зелёная зона, озеленение, градостроительство, экология города, урбанизированная территория, Оренбург

ANALYSIS OF THE GREENING OF RESIDENTIAL AREAS OF THE NORTHERN DISTRICT OF ORENBURG

Kotova E.N., Galaktionova L.V., Bulgakova M.A.

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

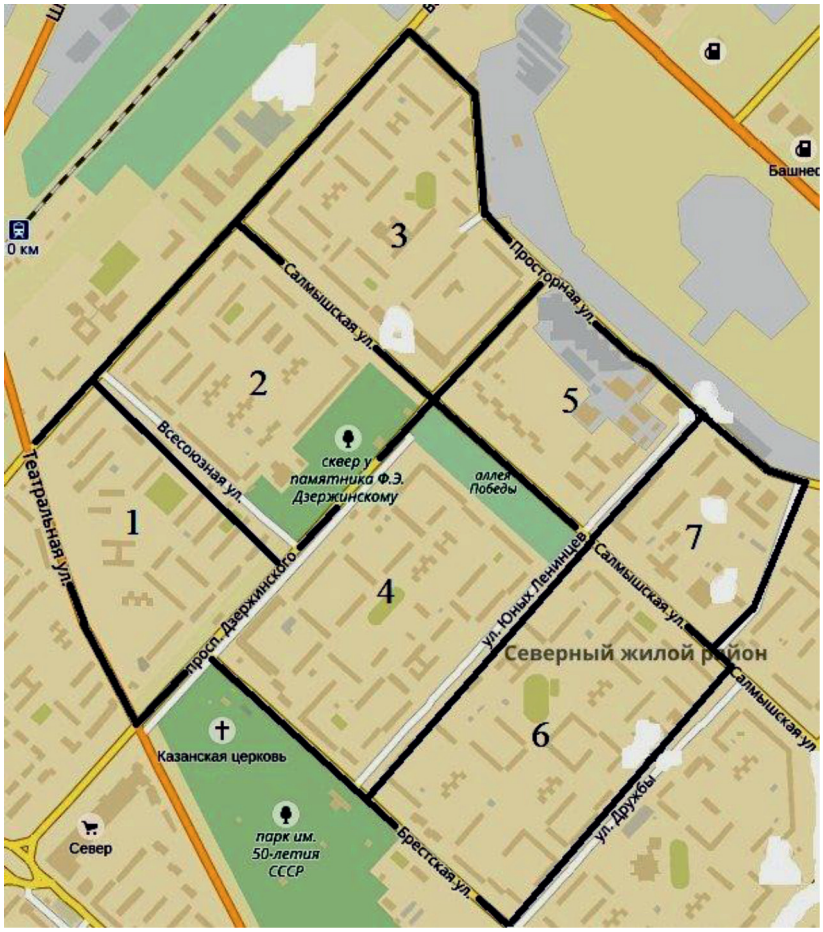
In the conditions of the steppe climate of the Orenburg region, the number of green zones in the city's territory is reduced to a minimum. As a result of the work carried out and the use of modern equipment (laser rangefinder tape Condtrol XP3), it has been established that the most unfavorable for providing green zones, microdistricts «Salmyshskaya – Druzhby – Prostorynaya – Rodimtseva», «Salmyshskaya – Volgogradskaya – Dzerzhinsky» and «Salmyshskaya – Dzerzhinsky – Yunykh Lenintsev» providing green areas. The least prosperous microdistrict in terms of the provision of children's playgrounds is the «Salmyshskaya – Dzerzhinsky – Young Lenintsev» microdistrict – 72,8 %, and the adult sites – «Brestskaya – Dzerzhinsky – Salmyshskaya – Yunykh Lenintsev» – 0,31 %. The largest contribution to the provision of the Northern Okrug with green areas was made by the micro districts «Teatralnaya – Volgogradskaya – Vsesoyznaya – Dzerzhinsky» and « Vsesoyznaya – Volgogradskaya – Salmyshskaya – Dzerzhinsky» in which the provision of green areas and playgrounds exceeds the norm and makes the neighborhood environmentally safe.

Keywords: green zones, gardening, town planning, city ecology, microdistrict, Orenburg

Экологически благополучные территории города выполняют не только эстетическую функцию, обогащая архитектурный облик города, но и санитарно-гигиеническую, так как за счет зелёных зон снижается неблагоприятное воздействие природных факторов – сильных ветров, перегрева, излишней сухости или переувлажненности воздуха, шума и загрязнения воздуха [1, 2].

В городе принято различать несколько видов благоустроенных территорий, среди которых зелёные зоны, специальные зелёные зоны, детские и взрослые площадки. Зеленой зоной называют территорию вокруг и внутри городской застройки, занятую лесами, лесопарками и другими озеленёнными участками, выполняющую экологические функция и используемую для отдыха населения. Специальные зелёные зоны включают в себя защитные зоны у промышленных предприятий, созданные с целью снижения неблагоприятного воздействия на здоровье человека. Под детской площадкой понимают территорию, на которой, с целью организации содержательного досуга, расположены элементы детского уличного игрового оборудования. Взрослая площадка – это специальная зона в жилом массиве, созданная с целью организации досуга взрослых, она может быть оборудована теннисным столом, баскетбольным кольцом, столом для настольных игр [3, 4].

В условиях степного климата Оренбуржья количество зелёных зон на территории городов сведено к минимуму. Поэтому для оптимальной организации структуры урбанизированной территории необходимо искусственно увеличивать площадь зелёных насаждений с целью улучшения эстетического восприятия ландшафтов города и поддержания здоровья населения [5, 6].



Карта-схема расположения точек исследования

Цель исследования

Целью исследования является оценка площадей озеленённых территорий Северного округа г. Оренбурга для определения экологического благополучия микрорайонов.

Материалы и методы исследования

Работа по оценке площадей озеленённых территорий города Оренбурга проводилась в 2013–2014 гг. Объектом исследования послужили микрорайоны Северного округа г. Оренбурга, расположенные вблизи городской объездной дороги (рисунок).

Проанализированы следующие микрорайоны:

1. Микрорайон, ограниченный улицами Театральная – Волгоградская – Всесоюзная – Дзержинского.

2. Микрорайон «Всесоюзная – Волгоградская – Салмышская – Дзержинского».

3. Микрорайон «Салмышская – Волгоградская – Дзержинского».

4. Микрорайон «Брестская – Дзержинского – Салмышская – Юных Ленинцев».

5. Микрорайон «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев».

6. Микрорайон «Брестская – Юных Ленинцев – Салмышская – Дружбы».

7. Микрорайон «Салмышская – Дружбы – Просторная – Родимцева».

Площадь специализированных площадок измерялась лазерным дальномером-рулеткой Condtrol XP3 и пересчитывалась на квадратные метры. При выявлении и подсчете зелёных территорий в микрорайонах использовали стандартные нормативы, отраженные в СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [5].

Нормы обеспеченности специализированными территориями на каждого жителя микрорайона подсчитывались по следующей методике – общая площадь озеленённых и специализированных (детских, взрослых) территорий микрорайонов делилась на

количество жителей проживающих в данных микрорайонах [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Детальное изучение карты-схемы микрорайонов и многократные экскурсии по Северному округу города Оренбурга позволили выявить озеленённые площади в микрорайонах. Полученные данные отражены в табл. 1.

Таблица 1

Площадь озеленённой территории микрорайонов Северного округа г. Оренбурга

Микрорайон	Площадь ЗЗ*	Площадь СЗЗ**	Общая площадь
1	5950	11819,52	17769,52
2	19761	19000	38761
3	5500	8390	13890
4	15414	10500	25914
5	3675	3000	6675
6	11394	17121	28515
7	0	5355	5355

Примечание. *ЗЗ – зелёные зоны; **СЗЗ – специальные зелёные зоны.

Из приведенных в таблице данных можно сделать следующее заключение по количеству озеленённых территорий.

В микрорайоне, ограниченном улицами «Театральная – Волгоградская – Всесоюзная – Дзержинского», было выявлено 6 зелёных зон и 2 специальные зоны. В результате суммарная площадь зелёных зон – 5950 м^2, площадь специальных зелёных зон – 11819,52 м^2. Общая площадь озеленения составила 17769,52 м^2.

В микрорайоне, ограниченном улицами «Всесоюзная – Волгоградская – Салмышская – Дзержинского», были выявлены 4 зелёные зоны и 2 специальные зелёные зоны. В результате суммарная площадь зелёных зон составила 19761 м^2, площадь специальных зелёных зон – 19000 м^2. Общая площадь озеленения составила 38761 м^2.

В микрорайоне, ограниченном улицами «Салмышская – Волгоградская – Дзержинского», были выявлены 2 зелёные зоны и 2 специальные зелёные зоны. В результате суммарная площадь зелёных зон составила 5500 м^2, площадь специальных зелёных зон – 8390м^2. Общая площадь озеленения составила 13890 м^2.

В микрорайоне, ограниченном улицами «Брестская – Дзержинского – Салмышская – Юных Ленинцев», было выявлено 8 зелёных зон и 3 специальные зелёные зоны. В результате суммарная площадь зелёных зон составила 15414 м^2, площадь специальных зелёных зон – 10500 м^2. Общая площадь озеленения составила 25914 м^2.

В микрорайоне, ограниченном улицами «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев», были выявлены 1 зелёная зона и 1 специальная зелёная зона. В результате суммарная площадь зелёных зон составила 3675 м^2, площадь специальных зелёных зон – 3000 м^2. Общая площадь озеленения составила 6675 м^2.

В микрорайоне, ограниченном улицами «Брестская – Юных Ленинцев – Салмышская – Дружбы», было выявлено 13 зелёных зон и 7 специальных зелёных зон. В результате суммарная площадь зелёных зон составляет 11394 м^2, площадь специальных зелёных зон – 17121 м^2. Общая площадь озеленения составила 28515 м^2.

В микрорайоне, ограниченном улицами «Салмышская – Дружбы – Просторная – Родимцева», зелёные зоны отсутствуют, здесь была выявлена 1 специальная зелёная зона. В результате суммарная площадь специальных зелёных зон составила 5355 м^2. Общая площадь озеленения составила 5355 м^2.

Таблица 2

Норма обеспеченности микрорайонов Северного округа г. Оренбурга озеленёнными территориями

Микрорайон	Расчетная обеспеченность, м^2/чел.	Доля вклада в общую обеспеченность озеленёнными территориями Северного округа,%	Выявленное несоответствие,%
1	3,70	11,07	38,3
2	9,08	27,17	–
3	1,12	3,35	81,3
4	2,59	7,75	56,8
5	1,19	3,56	80,1
6	2,84	8,49	52,6
7	0,72	2,15	88,0

Учет суммарных площадей озеленённых территорий микрорайонов города Оренбурга позволил определить размеры зелёных зон каждого микрорайона (табл. 2).

В результате выявлено, что наибольший вклад в обеспеченность Северного округа озеленёнными территориями внесли микрорайоны:

– микрорайон «Театральная – Волгоградская – Всесоюзная – Дзержинского», доля вклада которого составила 11,07 %;

– микрорайон «Всесоюзная – Волгоградская – Салмышская – Дзержинского», доля вклада которого составила 27,17 %.

На основе проведенных расчетов удельных размеров зелёных зон выявлены микрорайоны, не соответствующие нормативным требованиям по обеспеченности озеленёнными территориями (6 м^2/чел).

По итогам расчетов было выявлено, что единственным благополучным микрорайоном по норме обеспеченности озеленёнными территориями является второй микрорайон (здесь обеспеченность озеленёнными территориями превышает норму). Для остальных микрорайонов наблюдаются несоответствия норме в части недостаточности площади озеленённых территорий. Наиболее неблагополучны в этом отношении следующие микрорайоны:

– «Салмышская – Дружбы – Просторная – Родимцева» – 88,0 %;

– «Салмышская – Волгоградская – Дзержинского» – 81,3 %;

– «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев» – 80,1 %.

В микрорайоне 1 («Театральная – Волгоградская – Всесоюзная – Дзержинского») были выявлены 8 детских площадок (7010 м^2) и 4 взрослых (38,25 м^2).

В микрорайоне 2 («Всесоюзная – Волгоградская – Салмышская – Дзержинского») были выявлены 8 детских площадок (7357 м^2) и 5 взрослых (46 м^2).

В микрорайоне 3 («Салмышская – Волгоградская – Дзержинского») были выявлены 15 детских площадок (11105 м^2) и 2 взрослых (500 м^2).

В микрорайоне 4 («Брестская – Дзержинского – Салмышская – Юных Ленинцев») были выявлены 12 детских площадок (13810 м^2) и 3 взрослых (27,25 м^2).

В микрорайоне 5 («Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев») были выявлены 2 детских (1100 м^2).

В микрорайоне 6 («Брестская – Юных Ленинцев – Салмышская – Дружбы») были выявлены 17 детских площадок (14425 м^2) и 9 взрослых (587,25 м^2).

В микрорайоне 7 («Салмышская – Дружбы – Просторная – Родимцева») были выявлены 8 детских (10300 м^2).

На основе проведенных расчетов удельных размеров специализированных территорий (детских, взрослых, спортивных и хозяйственных площадок) выявлены микрорайоны, не соответствующие нормативным требованиям по обеспеченности данными территориями (0,7 м^2/чел для детских площадок, 0,1 м^2/чел для взрослых площадок). Результаты исследования приведены в табл. 3, 4.

Наименее благополучным микрорайоном по норме обеспеченности детскими площадками является микрорайон «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев» – 72,8 %.

Наибольшую долю вклада в обеспеченность Северного округа взрослыми площадками внесли микрорайоны «Салмышская – Волгоградская – Дзержинского» (6,29 %), «Брестская – Юных Ленинцев – Салмышская – Дружбы» (9,13 %).

Наименьшую долю вклада в обеспеченность взрослыми площадками внес микрорайон «Брестская – Дзержинского – Салмышская – Юных Ленинцев» – 0,31 %. Помимо этого следует отметить, что в двух микрорайонах обозначенные специализированные территории отсутствуют.

Таблица 3

Норма обеспеченности микрорайонов детскими площадками и несоответствие нормативным требованиям (0,7 м^2/чел)

Микрорайон	Расчетная обеспеченность, м^2/чел.	Доля вклада, %	Выявленное несоответствие, %
1	1,46	8,4	–
2	1,72	9,9	–
3	0,90	5,2	–
4	1,38	7,9	–
5	0,19	1,1	72,8
6	1,43	8,2	–
7	1,38	7,9	–

Таблица 4

Норма обеспеченности микрорайонов взрослыми площадками и несоответствие нормативным требованиям (0,1 м²/чел)

Микрорайон	Расчетная обеспеченность, м²/чел.	Доля вклада, %	Выявленное несоответствие, %
1	0,008	1,25	92,0
2	0,010	1,57	90,0
3	0,040	6,29	60,0
4	0,002	0,31	98,0
5	–	–	–
6	0,058	9,13	42,0
7	–	–	–

Заключение

В результате проведенной работы установлено, что наиболее неблагополучны по обеспечению зелеными территориями микрорайоны «Салмышская – Дружбы – Просторная – Родимцева», «Салмышская – Волгоградская – Дзержинского» и «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев».

Наименее благополучным микрорайоном по норме обеспеченности детскими площадками является микрорайон «Салмышская – Дзержинского – Юных Ленинцев» – 72,8 %, а взрослыми площадками – «Брестская – Дзержинского – Салмышская – Юных Ленинцев» – 0,31 %.

Наибольший вклад в обеспеченность Северного округа озеленёнными территориями внесли микрорайон «Театральная – Волгоградская – Всесоюзная – Дзержинского» и микрорайон «Всесоюзная – Волгоградская – Салмышская – Дзержинского», в котором обеспеченность озеленёнными территориями и детскими площадками превышает норму и возводит микрорайон в статус экологически благополучного.

Список литературы

1. Лазарев А.Г. Основы градостроительства [Текст] / А.Г. Лазарев. – М.: Стройиздат, 2004. – 256 с.

2. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий [Текст] / В.В. Владимиров, Г.Н. Давидянц, О.С. Расторгуев, В.Л. Шафран. – М.: Стройиздат, 2004. – 128 с.

3. Передельский Л.В. Строительная экология [Текст] / Л.В. Передельский. – М.: Просвещение, 2003. – 465 с.

4. Анисимова Л.В. Городской ландшафт. Социально-экологические аспекты проектирования [Текст] / Л.В. Анисимова. – М.: Наука, 2002. – 819 с.

5. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]. – М.: Госстрой, 2011. – 80 с.

6. Rusanov A.M., Bulgakova M.A. Composition and abundance of soil macrofauna in pasture ecosystems of the steppe zone of the Urals // Russian Journal of Ecology. – 2016. – Vol. 47. – P. 68–73.

УДК 911.3/.7

РЕСПУБЛИКА ТЫВА КАК РЕГИОН УСТОЙЧИВОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ПРИРОСТА НАСЕЛЕНИЯ

Мандыт М.К.

ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», Улан-Удэ, e-mail: mandyt1988@mail.ru

Статья посвящена исследованию особенностей демографического развития Республики Тыва. Несмотря на сложную социально-экономическую ситуацию, восточные регионы России постепенно адаптируются к новым экономическим условиям и переходят от демографической депопуляции к естественному приросту населения. В отличие от большинства из них, Республика Тыва характеризуется устойчивым естественным приростом, несмотря на затяжной кризис 1990-х гг. Соотношение естественного прироста (убыли) и сальдо миграции определяет характер динамики численности населения. Отмечается, что естественный прирост всегда был важнейшим фактором динамики населения республики. Он лишь в 1990–2000-х гг. уступил миграционному оттоку населения. Вместе с тем миграционный отток во внутриреспубликанском пространстве и за пределы региона был и остается негативным фактором и одновременно индикатором его социально-экономического развития. Предлагается для сохранения демографического потенциала республики решить проблему оттока населения и реализовать политику возвратной миграции. При этом основным, ключевым средством решения этих приоритетных задач является, по нашему мнению, формирующаяся иерархическая система расселения региона.

Ключевые слова: поляризация пространства, динамика численности населения, рождаемость, смертность, естественный прирост, миграция, тренды, темпы роста (убыли), экономическая ситуация, структура населения, иерархическая система расселения, приоритет, ключевое звено, экономические и социальные задачи, устойчивое развитие, ООН

REPUBLIC OF TUVA AS A REGION OF SUSTAINABLE NATURAL POPULATION GROWTH

Mandyt M.K.

Buryat State University, Ulan-Ude, e-mail: mandyt1988@mail.ru

The article is devoted to the study of the features of the demographic development of the Republic of Tuva. Despite the difficult social and economic situation, the eastern regions of Russia are gradually adapting to the new economic conditions and are moving from demographic depopulation to natural growth. In contrast to other regions, the Republic of Tuva is characterized by a stable natural growth, despite the economic crisis of the 1990s. The population dynamics is determined by the ratio of the natural growth (decline) in the population and the balance of migration. A natural growth has always been an important factor determining the population dynamics in the republic. However, in 1990–2000 there was a migration outflow of the population.With that, a migration outflow within the republic and outside the region is continuing to be a negative factor and, at the same time, an indicator of its social and economic development. It is proposed to solve the problem of population outflow and introduce the policy of return migration to preserve the demographic potential of the republic. And the emerging hierarchical system of displacement of population is, in our opinion, a key wayto solve these priorities.

Keywords: polarization of space, population dynamics, births, mortality, natural growth, migration, trends, growth/decline, economic situation, population structure, hierarchical system of displacement, priority, key link, economic and social problems, sustainable development, UNO

Процесс поляризации пространства во всех сферах жизни общества – характерная черта современности. Одним из важнейших и чувствительных индикаторов поляризации социально-экономического пространства является демографическая динамика, отражающая общие и региональные особенности демографических и миграционных процессов. При этом миграция населения все больше становится одним из решающих факторов, определяющих основные тенденции динамики численности населения и демографических процессов в регионах страны.

Демографическая ситуация, сложившаяся в Республике Тыва, в целом отражает общие тенденции демографического развития Российской Федерации и характеризуется своими региональными особенностями в динамике демографических процессов. Для Республики Тыва характерны относительно высокие темпы роста численности населения. Поэтому целью исследования данной работы является изучение особенностей демографических процессов и выявление специфики, обусловленной местными условиями этого региона.

На общем фоне снижения численности населения большинства регионов Западной и Восточной Сибири за 1990–2015-х гг. Республика Тыва – одна из трех ее регионов, где число жителей практически не изменилось. Кроме нее этим отличаются Тюменская область и Республика Алтай. Республика Тыва имеет свои региональные особенности в этой сфере (табл. 1).

Таблица 1

Прирост (убыль) населения регионов Сибири, %

Субъекты РФ	1990–2000	2000–2010	2010–2015	1990–2015
Россия	99,5	97,3	102,4	99
Западно-Сибирский экон. район	99,4	96,8	101,6	97,7
Алтайский край	100,4	91,3	98,6	90,3
Кемеровская область	95,6	93,2	98,6	87,9
Новосибирская область	99,4	97,8	103	100,2
Омская область	99,2	92,6	100	91,9
Республика Алтай	104,7	101,8	103,7	110,6
Томская область	98,4	99	102,6	99,9
Тюменская область (включая ХМАО и ЯНАО)	102,2	105,5	105,5	113,7
Восточно-Сибирский экон. район	94,8	93,7	100,2	89
Забайкальский край	90,3	92,8	98,2	82,3
Иркутская область	94,6	91,9	99,4	86,4
Красноярский край	95,8	93,6	101	90,6
Республика Бурятия	95,9	96,7	100,7	93,4
Республика Тыва	97,9	100,6	101,9	100,4
Республика Хакасия	97,6	95,5	100,6	93,8

Из таблицы видно, что чем дальше на восток, тем больше потери населения. В субъектах федерации, где преобладала тяжелая промышленность с широкими экономическими связями в советский период и серьезно пострадала экономика в 1990-е гг., численность населения сократилась за 25 лет на 12–18 % (Кемеровская, Иркутская области и Забайкальский край). Численность населения относительно стабильна или несколько увеличилась либо в автономных образованиях юга Сибири (Республика Алтай, Республика Тыва, Республика Хакасия, Республика Бурятия), либо в регионах, где достаточно успешно развивается экономика и привлекает мигрантов (Тюменская, Новосибирская, Томская, Омская области и Красноярский край). При этом достаточно четко выражены временные рубежи:

– показатели прироста (убыли) в 1990–2000-х гг. относительно более благоприятны по сравнению с последующими периодами, несмотря на затяжной кризис 1990-х гг., благодаря накопленной в советские годы инерционности трендов динамики населения;

– 2000–2010 гг. выделяются самыми «глубокими провалами» в показателях динамики населения, несмотря на некоторую стабилизацию и начало незначительного роста основных показателей экономики и опять же в силу инерционности негативных трендов в демографической и миграционной сферах в 1990-е;

– 2010–2015 гг. – наиболее благоприятный период в приросте населения в результате положительных сдвигов в социально-экономической сфере и постепенного преодоления в большинстве регионов Сибири депопуляции.

Необходимо подчеркнуть, что в 1990–2015 гг. существенно «смягчило» демографическую ситуацию и способствовало проявлению положительных трендов многочисленное поколение 1980-х годов, находящееся в репродуктивном возрасте. Важную роль здесь играла и государственная демографическая политика на фоне относительно низкого уровня жизни населения. Вместе с тем 2017 г. может оказаться рубежным в связи с постепенным истощением демографического потенциала поколения 1980-х и вступлением в брачный возраст малочисленного поколения 1990-х гг.

Необходимо отметить, что население Республики Тыва (РТ) с момента вхождения в состав СССР до последней переписи населения России (1945–2010 гг.) увеличилось в 3,3 раза. 65 лет в историческом измерении – незначительный отрезок времени, соответствующий продолжительности жизни всего одного поколения. Однако за этот короткий исторический период в жизни тувинского общества произошли кардинальные позитивные изменения, которые отразились в демографической сфере республики. Во-первых, численность населения Тывы, в отличие от общей картины по стране и большинства ее регионов, постоянно увеличивалась. Исключение составляет лишь начало 1990-х гг. Во-вторых, данный отрезок времени в демографическом плане имеет свои внутренние различия и одновременно отражает общие социально-экономические события всей страны (табл. 2).

Таблица 2

Динамика численности населения Республики Тыва
(на начало года; тыс. человек / в % к предыдущему году)

Год	Все население	городское население	сельское население	Доля в общей численности населения, в %	
				городское население	сельское население
1945	95,4	6,4	89,0	6,7	93,3
1950	123,4 / 129,3	24,1 / 376,6	99,3 / 111,5	19,5	80,5
1955	152,8 / 123,8	39,5 / 163,9	113,3 / 114	25,9	74,1
1960	183,0 / 119,7	57,9 / 146,6	125,1 / 110,4	31,6	68,4
1965	208,1 / 113,7	73,0 / 126	135,1 / 107,9	35,1	64,9
1970	230,8 / 110,9	87,0 / 119,1	143,8 / 106,4	37,7	62,3
1975	253,7 / 109,9	101,8 / 117,0	151,9 / 105,6	40,1	59,9
1980	266,8 / 105,1	114,7 / 112,6	152,1 / 100,1	43,0	47,0
1985	278,8 / 104,5	124,8 / 108,7	154,0 / 101,2	44,8	55,2
1990	312,6 / 112,1	146,8 / 117,6	165,7 / 107,5	47,1	52,9
1995	303,4 / 97,0	147,8 / 100,6	155,6 / 93,9	47,7	52,3
2000	306,2 / 100,9	152,5 / 103,2	153,7 / 98,7	49,8	50,2
2005	307,7 / 100,5	161,3 / 105,7	146,4 / 95,2	52,4	47,6
2010	307,3 / 99,9	161,1 / 99,8	146,2 / 99,8	52,4	47,6
2015	313,7 / 102,1	169,2 / 105,0	144,5 / 98,8	54	46

Примечание. Источник: [1–6].

Интенсивное восстановление разрушенного войной хозяйства страны в целом, а для республики – первые пятилетние планы развития экономики совпали с общим резким ростом рождаемости и одновременно притоком мигрантов в этот горный регион юга Восточной Сибири. В 1945–1960 гг. население республики возросло в 1,9 раза. Всего за 5 лет (1945–1950 гг.) численность населения увеличилась почти на 30 % (29,3 %). В последующие годы темпы роста численности населения республики постепенно падали. Так, если среднегодовые темпы роста населения в 1945–1960 гг. были 6,1 % в год, то в 1960–1990 гг. – уже 2,3 %, в 1995–2010 гг. – всего 0,3 %. Уменьшение численности населения республики произошло по известным причинам лишь в 1991–1995 гг. (3 %). К региональным особенностям следует отнести и то, что в отличие от средних показателей страны в целом и абсолютного большинства регионов России количество населения в Республике Тыва за 2000–2015 гг. все-таки продолжала увеличиваться (от 306 тыс. чел. до 313,7 тыс. чел.), хотя и замедленным темпами в пределах 0,1–0,4 %.

Следует подчеркнуть, что рост численности населения за последние десятилетия (за исключением 1990–2000-х гг.) происходил за счет естественного прироста. Республика никогда не испытывала депопуляции населения (табл. 3).

Коэффициент естественного прироста населения республики до сих пор остается высоким и составляет 13,5 ‰, хотя и имеет тенденцию к снижению. За 1945–2015 гг. он снизился в 1,8 раза, в то время как по стране в целом – в два с лишним раза. В этих же пределах сократились коэффициенты рождаемости и смертности (в 1,7 раза).

Характер динамики естественного движения населения во времени имеет свои особенности. В 1945–1960 гг., на фоне резкого сокращения смертности в 2 раза, коэффициент рождаемости сохранился на высоком уровне и составлял 39–40 ‰. В 1960–1990 гг. коэффициент рождаемости был также достаточно высоким и варьировал в пределах 26–39 ‰, в то время как смертность была самой минимальной в демографической истории республики (8,5–8,6 ‰). В последующие 1990–2015 гг., на фоне роста показателей смертности (8,6–14,0 ‰), коэффициент рождаемости после падения в 1990–2000-х гг. вновь поднялся до 24–26,0 ‰. Таким образом, по шкале коэффициентов рождаемости проф. Б.Ц. Урланиса уровень рождаемости в республике в 1945–1960 гг. можно оценивать как высокий (от 31 до 40 ‰), а 1960–1990 гг. и также современный период – как уровень выше среднего (от 26 до 30 ‰).

Таблица 3

Родившиеся, умершие и естественный прирост населения

Год	Всего, человек				На 1000 населения			
	родившиеся	умершие	из них умерших в возрасте до 1 года	естественный прирост	родившиеся	умершие	естественный прирост	Число умерших в возрасте до 1 года на 1000 родившихся живыми
1945	4086	1716	499	2370	41,6	17,3	24,3	121,9
1950	5084	2150	496	2934	40,3	17,4	22,9	97,7
1955	5738	1911	432	3827	37,5	12,5	25,0	77,8
1960	7180	1595	326	5585	38,9	8,7	30,2	47,0
1965	6552	1790	317	4762	31,3	8,5	22,8	40,0
1970	6559	1938	261	4621	28,2	8,2	20,0	40,2
1975	6950	2306	225	4644	27,5	9,0	18,5	34,8
1980	7133	2748	386	4385	26,6	10,3	16,3	53,4
1985	8110	2624	361	5486	28,8	9,3	19,5	44,4
1990	8116	2664	272	5452	26,2	8,6	17,6	33,1
1995	6172	4010	172	2162	20,0	13,0	7,0	28,0
2000	4871	4170	146	701	15,6	13,4	2,2	30,0
2005	5979	4326	116	1653	19,4	14,0	5,4	19,4
2006	5950	3802	90	2148	19,3	12,3	7,0	15,1
2007	7568	3687	118	3881	24,4	11,9	12,5	16,3
2008	7874	3526	103	4348	25,2	11,3	13,9	13,2
2009	8242	3666	131	4576	26,1	11,6	14,5	16,1
2010	8246	3610	110	4636	25,8	11,3	14,5	12,3
2015	7467	3231	111	4235	23,8	10,3	13,5	14,6

Примечание. Источник: [1, 5–10].

Нельзя не отметить, что младенческая смертность, напрямую связанная с развитием здравоохранения и условиями жизни населения, сократилась практически в 8–10 раз за весь рассматриваемый период времени. При этом в 2,4–2,6 раза младенческая смертность сократилась сразу после присоединения Тывы к СССР в 1945–1960 гг. в результате улучшения условий жизни населения, а в новейшее время (2000–2015 гг.) – развития перинатальных центров. Однако младенческая смертность остается высокой и существенно превышает среднероссийский показатель (в 2015 – 14,6 против 6,5‰).

На демографические процессы большое влияние оказывают браки и разводы. Как и в других регионах страны, коэффициенты брачности в РТ имеют тенденцию к снижению (1945 г. – 14,5, 2010 г. – 6,7), в то время как коэффициент разводимости – к многократному росту (1945 г. – 0,03, 2010 г. – 2,0). Коэффициент устойчивости браков в республике снизился в 140,5 раза за 1945–2010 гг. и составляет в настоящее время всего 3,4, что в конечном итоге способствует снижению рождаемости.

Миграция населения – один из ключевых факторов внутреннего и внешнего перераспределения населения. Она, как известно, изменяет демографические структуры населения, определяющие, в частности, качественный состав населения и характер динамики различных процессов в этой сфере.

Миграционная подвижность населения тесно связана с уровнем и качеством жизни населения. По мере повышения уровня жизни, как правило, соответственно повышается интенсивность перемещения населения и наоборот. При этом мотивы миграции населения, естественно, кардинально меняются.

В условиях Республики Тыва коэффициент миграционной подвижности имеет устойчивую тенденцию к снижению. Так, за 1960–2010 гг. данный показатель снизился в 3,4 раза. Это подтверждает достаточно сложную социально-экономическую ситуацию в республике. С 1981 г. начался устойчивый миграционный отток населения за пределы региона, продолжающийся до настоящего времени [11]. Пик миграционного оттока приходится на 1990 г., когда коэффициент миграционной убыли соста-

вил минус 35,0. С середины 1990-х гг. миграционная убыль региона составляет 0,7–0,8 тыс. чел., что достаточно чувствительно для небольшой республики. Во внутренней и внешней миграции участвуют экономически активное население, представленное молодыми возрастными группами. В условиях нестабильной экономической ситуации основное направление миграции – перемещение населения в поисках работы «туда, где лучше», т.е. с небольших поселений в районные центры, с сельской местности в городские поселения и в столичный центр и далее, за пределы республики. К числу демографических последствий миграционного оттока прежде всего необходимо отнести изменение возрастной структуры, т.е. повышение доли старших возрастов и снижение рождаемости, что в последующем определяет характер динамики численности населения.

Как известно, динамика численности населения зависит от соотношения и особенностей естественного и механического движения населения. Так, в 1990–2000 гг. численность населения республики уменьшилась за счет превышения миграционного оттока над естественным приростом. В последующие периоды (2000–2010 и 2010–2015 гг.) естественный прирост населения полностью компенсировал отрицательное сальдо миграции и был основным фактором роста численности населения республики.

Таким образом, демографическое развитие республики имеет свои региональные особенности. В отличие от большинства регионов страны, Республика Тыва всегда характеризовалась положительными показателями естественного прироста, которые и определяли характер динамики численности населения данного региона. Это означает, что рассматриваемый регион, несмотря на нестабильную экономическую ситуацию, приведшую к миграционному оттоку со слабоосвоенных территорий внутри республики и за ее пределы, продолжает сохранять относительно сбалансированную возрастную структуру населения, т.е. его демографический потенциал. В данной ситуации наиболее приоритетной задачей становится проблема уменьшения внутреннего и внешнего миграционного оттока населения, а также разработка и реализация региональной политики возвратной миграции. В связи с тем, что данная проблема тесно коррелирует с качеством расселения и социальной средой, необходимо совершенствовать формирующуюся иерархическую систему расселения региона, как наиболее важное ключевое звено для решения этой сложной экономической и социальной задачи. Прежде всего, на основе системного подхода нужно определить стратегические цели и задачи для каждого иерархического уровня расселения в соответствии с целями устойчивого развития ООН, направленные на создание новых рабочих мест. В них организующие центры будут иметь свои территориальные зоны («зоны ответственности») для обеспечения производственными и социальными услугами. Реализация такой сетевой концепции будет способствовать устойчивому социально-экономическому развитию республики.

Список литературы

1. Численность, естественное движение и миграция населения Тувинской АССР: Стат. сб. / Управление статистики Тувинской АССР. – Кызыл, 1989. – С. 14.

2. Демографический ежегодник Республики Тыва: Стат. сб. / Тывастат. – Кызыл, 2006. – С. 123.

3. Демографическая ситуация в Республике Тыва: Стат. сб. / Тывастат. – Кызыл, 2008. – С. 45.

4. Распределение постоянного населения по городам и кожуунам Республики Тыва по полу и возрасту на начало 2006–2010 гг.: Стат.сб. / Тывастат. – Кызыл, 2010. – С. 19.

5. Кан В. Республика Тыва в цифрах и фактах: демографическая ситуация / В. Кан // Плюс информ. – 18.03.2011. – № 11. – С. 5.

6. Численность постоянного населения по муниципальным образованиям Республики Тыва на начало 2015 г.: Стат. сб. / Тывастат. – Кызыл, 2015. – 20 с.

7. 1944-2004. 60 лет вхождения Тувы в состав Российской Федерации: Юбилейный стат. сб. / Тывастат. – Кызыл, 2004. – С. 50.

8. Республика Тыва в цифрах: Стат. сб. / Тывастат. – Кызыл, 2000. – Т. 1. – С. 57.

9. Демографическая обстановка в Республике Тыва: Стат. сб. / Тывастат. – Кызыл, июль 2002. – С. 21.

10. Демографический ежегодник Республики Тыва: Стат. сб. / Тывастат. – Кызыл, декабрь 2010. – С. 176.

11. Кылгыдай А.Ч. Демографический аспект в развитии рынка труда Республики Тыва // Проблема современной экономики. – 2011. – № 1 (37).

УДК 622.235.213

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕТОНАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВЗРЫВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА КАРЬЕРАХ УРАЛА

Меньшиков П.В., Синицын В.А., Шеменев В.Г.

ФГБУН «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург, e-mail: menshikovpv@mail.ru

Приведены результаты инструментальных замеров скорости детонации эмульсионных взрывчатых веществ «Нитронит», «Порэмит-1А» и «Фортис», применяемых на карьерах Урала при разной плотности и диаметрах зарядов. Замеры скорости детонации были проведены реостатным методом с использованием измерителей скорости детонации VODMate и DataTrap II Data/VOD Recorder и рефлектометрическим методом с использованием прибора SpeedVOD. Описаны методы экспериментального определения детонационного давления и температуры взрыва. Показана возможность определения температуры взрыва эмульсионных взрывчатых веществ по молярной теплоемкости газов и исходя из давления в точке Чепмена – Жуге и объединённых законов Бойля – Мариотта и Гей-Люссака с поправкой Ван-дер-Ваальса. Проведен расчет детонационного давления и температуры взрыва эмульсионных взрывчатых веществ «Нитронит», «Порэмит-1А» и «Фортис». Представлены графики изменения детонационного давления и температуры взрыва от скорости детонации промышленных эмульсионных взрывчатых веществ.

Ключевые слова: эмульсионные взрывчатые вещества, взрывные скважины, скорость детонации, плотность взрывчатых веществ, диаметр заряда, детонационное давление, температура взрыва, теплота взрыва, молярная теплоемкость газов

DETERMINATION OF DETONATION PRESSURE AND EXPLOSION TEMPERATURE OF INDUSTRIAL EMULSION EXPLOSIVES USED AT URAL QUARRIES

Menshikov P.V., Sinitsyn V.A., Shemenev V.G.

Institute of Mining Engineering of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, e-mail: menshikovpv@mail.ru

The results of instrumental measurements of velocity of detonation of emulsion explosives «Nitronit», «Poremit-1A» and «Fortis», used in the quarries of Ural with different densities and diameters charges. Measurement of detonation velocity were carried out a rheostat method by using of detonation velocity VODMate and DataTrap II Data / VOD Recorder, and reflectometry method using SpeedVOD device. Methods of experimental determination of detonation pressure and temperature explosion. The possibility of determining the temperature of the explosion of emulsion explosives for the molar specific heat of gases and on the basis of the pressure at the Chapman-Jouguet and united laws of Boyle's law and Gay-Lussac, adjusting the van der Waals forces. The calculation of detonation pressure and temperature of the explosion of emulsion explosives «Nitronit», «Poremit-1A» and «Fortis». The graphs of the change in the detonation pressure and temperature of explosion on the detonation velocity of industrial emulsion explosives.

Keywords: emulsion explosives, blastholes, detonation velocity, density explosives, charge diameter, detonation pressure, the temperature of the explosion, the heat of the explosion, molar heat capacity of gases

В настоящее время разработаны, испытаны и применяются на ряде горных предприятий технологии изготовления многокомпонентных взрывчатых смесей на основе гранулированной аммиачной селитры, раствора окислителя и горючего. Такие смеси состоят из жидких, гранулированных, порошкообразных компонентов и других добавок, стабилизирующих, газифицирующих или придающих другие требуемые свойства приготовляемому ВВ. На сегодняшний день широкое применение на горных предприятиях получили эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ), основу которых составляют обратные эмульсии типа «вода в масле» и специальные добавки для сенсибилизации.

В настоящее время определение температуры взрыва возможно с помощью оптических цветовых методов или с использованием сгораемых термопар, а определение детонационного давления – с использованием магнитоэлектрического метода измерения скорости вещества, лазерных доплеровских интерферометрических измерителей скорости, методов, основанных на регистрации затухания ударной волны, возбуждаемой в эталонной преграде детонацией исследуемого ВВ, а также с помощью сгораемых калиброванных PVDF манометров, карбоновых резисторов, турмалиновых или манганиновых датчиков [10, 12].

Определить температуру взрыва экспериментальным путём весьма сложно

вследствие кратковременности процесса и большого давления взрыва. Наиболее точен оптический цветовой метод, основанный на определении энергии по сплошному непрерывному спектру, характерному для детонации, или на определении отношения значений яркости при двух длинах волн – метод «красно-синего сравнения» [11]. Как отмечено в статье [3], измерение температуры детонации конденсированных ВВ оптическими методами не имеет общепризнанного решения. Это связано с дополнительными эффектами свечения на границе между ВВ и оптически прозрачной средой.

В связи с высокой стоимостью датчиков и данных методов исследования определение детонационного давления и температуры взрыва с помощью экспериментальных методов представляется сложной задачей, но получение этих характеристик ВВ возможно теоретически.

Цель исследования

Определение основных детонационных характеристик взрывчатых веществ (ВВ), таких как плотность и скорость детонации, необходимо на соответствие стандартам контроля качества, устанавливаемым производителем. Определение детонационного давления и температуры взрыва, а также других характеристик промышленных ВВ имеет как теоретический, так и практический научный интерес при решении различных инженерных задач взрывного дела: определения теплоты взрыва, молярной теплоемкости газов, объема продуктов взрыва, времени и ширины зоны химической реакции, а также для анализа и регулирования термодинамических характеристик массовых взрывов при взрывании ВВ разных составов для оптимизации параметров буровзрывных работ и повышения качества дробления горной массы.

Материалы и методы исследования

С 2004 по 2016 г. в технологических скважинах на взрываемых блоках и в вертикальных гильзах при полигонных испытаниях были проведены инструментальные замеры скорости детонации ЭВВ «Нитронит», «Порэмит-1А» и «Фортис» (рис. 1) при разной плотности и диаметрах зарядов ЭВВ.

Замеры скорости детонации проводились реостатным методом с использованием измерителей скорости детонации VODMate и DataTrap II Data/VOD Recorder и рефлектометрическим методом с использованием прибора SpeedVOD.

Рис. 1. Исследуемые эмульсионные взрывчатые вещества, применяемые на карьерах Урала

Таблица 1

Диапазоны изменения скорости детонации ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А» при разной плотности и диаметрах зарядов

Тип ЭВВ	Плотность ЭВВ, т/м^3	Диаметр заряда ЭВВ, мм	Скорость детонации, м/с
ФОРТИС 70	1,05–1,25	171–250	4281–5686
ФОРТИС 85	1,14–1,15	150–250	3868–5606
ФОРТИС 100	1,1–1,17	171–250	4770–5518
НИТРОНИТ Э-70	1,11–1,319	50–300	2474–5476
НИТРОНИТ Э-100	1,205–1,3	90–270	2718–5316
ПОРЭМИТ 1-А	1,11–1,305	95–244,5	2275–5992

Зарегистрированные значения скорости детонации ЭВВ при разной плотности и диаметрах зарядов представлены в табл. 1. Так как экспериментальные значения скорости детонации ЭВВ были получены при большом количестве инструментальных замеров (более 250), в табл. 1 сведены диапазоны изменения скорости детонации при разных диаметрах зарядов ВВ и плотности. Согласно руководству и методикам измерения скорости детонации [4, 5, 12] значения показателей точности измерений составляют 5, 3 и 7% для измерителей скорости детонации VODMate, DataTrap II и SpeedVOD соответственно.

Детонационное давление большинства промышленных ВВ изменяется в пределах 5–26 ГПа, а температура взрыва от 2000 до 4500 °K.

На основании измеренных значений скорости детонации можно произвести расчет детонационного давления в точке Чепмена – Жуге и температуры взрыва.

Детонационное давление в точке Чепмена – Жуге определяется по следующей формуле:

$$P_{ч\text{-}ж} = \rho DU, \text{ (Па)}, \quad (1)$$

где ρ – плотность ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А», определена во время проведения иструментальных замеров скорости детонации в технологических скважинах на взрываемых блоках и на полигонах испытаний ВВ и ВМ, т/м^3;
D – измеренная скорость детонации ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А» в технологических скважинах и в вертикальных гильзах, м/с;
U – массовая скорость истечения продуктов взрыва, м/с.

В общем виде скорость детонации ВВ определяется соотношением, постулированным Е. Жуге:

$$D = U + C, \text{ (м/с)}, \quad (2)$$

где C – скорость звука в продуктах взрыва, м/с.

Массовая скорость движения продуктов взрыва за фронтом детонации определяется из выражения

$$U = \frac{D}{n+1}, \text{ (м/с)}, \quad (3)$$

где n – показатель политропы.

Для большинства промышленных ВВ $n = 3$, откуда $U \approx D/4$.

В основном многими исследователями используется формула определения температуры взрыва через теплоту и удельную теплоемкость взрыва. Для аналитического расчёта предполагается, что взрывчатое разложение происходит при постоянном объёме и выделяющаяся теплота целиком расходуется на нагревание продуктов взрыва.

Для смесевых ВВ определяют температуру газообразных продуктов взрыва из общего термодинамического выражения для изолированной системы, используя теплоту взрыва и теплоемкость [1, 2, 6].

$$-dE = dQv + pdV, \quad (4)$$

где $E = Cvt$ – внутренняя энергия продуктов взрыва, кДж;
Cv – молярная теплоемкость, кДж/моль· °С;
t – температура взрыва, °С;
Qv – теплота взрыва, кДж/моль;
pdV – работа расширения газов, кДж.

Предполагается, что продукты взрыва образуются практически в исходном объеме ВВ, начальная температура взрыва рассчитывается из условия $dV = 0$. Тогда уравнение примет вид

$$-dE = Qv = \sum C_i \cdot t \cdot n_i. \quad (5)$$

Откуда

$$t = \frac{Q_v}{\sum C_i n_i}, \text{ (°С)}, \quad (6)$$

где C_i – молярная теплоемкость i-го компонента продуктов взрыва, кДж/моль· °С;
n_i – число молей i-го компонента продуктов взрыва.

Молярная теплоёмкость C_V для газов в момент взрыва, т.е. до их расширения, берётся при постоянном объёме. Для реальных газов C_V – величина переменная, зависящая от температуры, и различная для разных газов. Малляр и Ле-Шателье предложили для её определения следующее уравнение:

$$C_V = a + bt, \quad (7)$$

где a – молярная теплоёмкость продуктов взрыва при 0 °С (273 °К);
b – приращение молярной теплоёмкости при повышении температуры на 1 °С.

Подставив указанное значение C_V в формулу температуры взрыва (6), получим

$$t = \frac{Q_V}{\sum n(a + bt)}$$

или

$$\sum nbt2 + \sum nat - QV = 0. \quad (8)$$

Откуда методом решения квадратного уравнения получим

$$t = \frac{-\sum na + \sqrt{\left(\sum na\right)^2 + 4\sum nbQ_V}}{2\sum nb}. \quad (9)$$

Продукты взрыва состоят из твердых компонентов и газов, теплоёмкость которых различна. Поэтому величина $\sum na$ означает суммарную молярную теплоёмкость продуктов взрыва при температуре 0 °С, т.е. $\sum na = n_1a_1 + n_2a_2 + ... + n_na_n$. Точно так же $\sum nb$ означает суммарное приращение молярной теплоёмкости продуктов взрыва при повышении их температуры на 1 °, т.е. $\sum nb = n_1b_1 + n_2b_2 + ... + n_nb_n$ [6].

Температура взрыва переводится в °K. $T = t + 273{,}15$ °С.

На основании формулы (9) можно провести расчет температуры взрыва для ЭВВ.

Продукты взрыва можно определить по уравнению реакции взрывчатого превращения аммиачной селитры: $2NH_4NO_3 \rightarrow 2N_2 + O_2 + 4H_2O$. Для грубой оценки содержанием газогенерирующей добавки (ГГД) и дизельного топлива (ДТ) в реакции можно пренебречь, т.к. содержание аммиачной селитры в ЭВВ составляет до 98 %, ГГД – до 1,5 %, а ДТ – до 5 %.

Значения параметров a и b, для N_2, O_2 и H_2O принимаются из таблицы, предложенной Г. Кастом [6]. Для N_2, a = 23,45 кДж/(кмоль· °С), b = 0,001352 кДж/(кмоль· °С); для O_2 a = 24,07 кДж/(кмоль· °С), b = 0,002209 кДж/(кмоль· °С); для H_2O a = 29,85 кДж/(кмоль· °С), b = 0,00522 кДж/(кмоль· °С).

$$\sum na = 2\cdot 23{,}45 + 4\cdot 29{,}85 + 24{,}07 = 190{,}37 \text{ кДж/(кмоль· °С)}.$$

$$\sum nb = 2\cdot 0{,}001352 + 4\cdot 0{,}00522 + 0{,}002209 = 0{,}025793 \text{ кДж/(кмоль· °С)}.$$

Используя уравнение

$$D = \sqrt{2Q(n^2 - 1)}, \text{ (м/с)}, \quad (10)$$

можно определить удельную теплоту взрыва Q при постоянном объеме:

$$Q = \frac{D^2}{2\left(n^2 - 1\right)}, \text{ (Дж/кг)}. \quad (11)$$

Формула расчета температуры продуктов взрыва из общего термодинамического выражения дает приблизительные результаты и используется большинством исследователей.

Давление газов в зарядной камере при взрыве конденсированных ВВ может быть определено исходя из объединённых законов Бойля – Мариотта и Гей-Люссака с поправкой Ван-дер-Ваальса [1, 2]. Если условно принять продукты взрыва за идеальные газы, то давление их возрастает пропорционально росту температуры:

$$P = \frac{P_0 V_{\text{пв}} T}{273\cdot\left(V - \alpha\right)}, \text{ (Па)}, \quad (12)$$

где P_0 – атмосферное давление газов при 0 °С, $P_0 = 1{,}01\cdot 10^5$ Па;
V – объем заряда ВВ, м^3. $V = l_{\text{зар}}\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)$;
T – температура взрыва, °К;
$V_{\text{ПВ}}$ – объем продуктов взрыва, м^3;

$$V_{\text{ПВ}} = V_{\text{ПВ}}^{\text{уд.}} * Q_{\text{зар}}, \text{ (м}^3\text{)}, \quad (13)$$

где $V_{\text{ПВ}}^{\text{уд.}}$ – удельный объем газообразных продуктов взрыва, м^3/кг;
$Q_{\text{зар.}}$ – масса заряда ВВ, кг.

Согласно ТУ 7276-001-23308410-2006 [9] для ЭВВ «Фортис 70, 85 и 100» $V_{\text{ПВ}}^{\text{уд.}}$ = 1012 (1,01), 1023 (1,02) и 1036 (1,04) л/кг (м^3/кг). В соответствии с ТУ 7276-003-58995878-2004 [7] для ЭВВ «Нитронит Э-70, Э-100» $V_{\text{ПВ}}^{\text{уд.}}$ = 950 – 1100 (0,95-1,1) дм^3/кг (м^3/кг) ~ 1 м^3/кг. Согласно ТУ 84-08628424-671-96 [8] для ЭВВ «Порэмит-1А» $V_{\text{ПВ}}^{\text{уд.}}$ = 1010 (1,01) л/кг (м^3/кг).

α – поправка, учитывающая собственный объем молекул продуктов взрыва – несжимаемая часть газа или коволюм, м^3. Для более высоких плотностей (ρ > 1 г/см^3) для расчетов принимают $\rho = 0{,}0006\cdot V_{\text{ПВ}}$. Здесь ρ – плотность заряжания ВВ, г/см^3.

Для грубой оценки, если принять, что детонационное давление, действующее на стенки зарядной полости, приблизительно равняется давлению в точке Чепмена – Жуге: $P \sim P_{ч\text{-}ж}$, тогда, используя формулы (1) и (12), можно определить температуру взрыва.

$$T = \frac{273 * P\left(V - 0{,}0006 V_{пв}\right)}{1{,}01 * 10^5 V_{пв}}, (°K). \quad (14)$$

Таблица 2

Результаты расчета детонационного давления ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А»

Тип ЭВВ	Плотность ЭВВ, т/м^3	Масса ВВ, кг	Скорость детонации, м/с	Детонационное давление, ГПа
ФОРТИС 70	1,05–1,25	56–443	4281–5686	5,27–9,54
ФОРТИС 85	1,14–1,15	20–423	3868–5606	4,30–9,19
ФОРТИС 100	1,1–1,17	80–570	4770–5518	6,54–9,52
НИТРОНИТ Э-70	1,11–1,319	2–700	2474–5476	1,71–9,37
НИТРОНИТ Э-100	1,205–1,3	6–74	2718–5316	1,5–8,97
ПОРЭМИТ 1-А	1,11–1,305	8–715	2275–5992	2,05–11,40

Таблица 3

Результаты расчета температуры взрыва ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А» по молярной теплоемкости газов и через закон Бойля – Мариотта и Гей-Люссака

Тип ЭВВ	Температура взрыва по молярной теплоемкости газов, °К	Температура взрыва через закон Бойля-Мариотта и Гей-Люссака, °К
ФОРТИС 70	4200–5940	2989–4951
ФОРТИС 85	3645–6145	2936–5912
ФОРТИС 100	4874–5969	3994–4973
НИТРОНИТ Э-70	2463–5872	1357–5114
НИТРОНИТ Э-100	2938–5644	1119–4556
ПОРЭМИТ 1-А	2945–5726	1029–5534

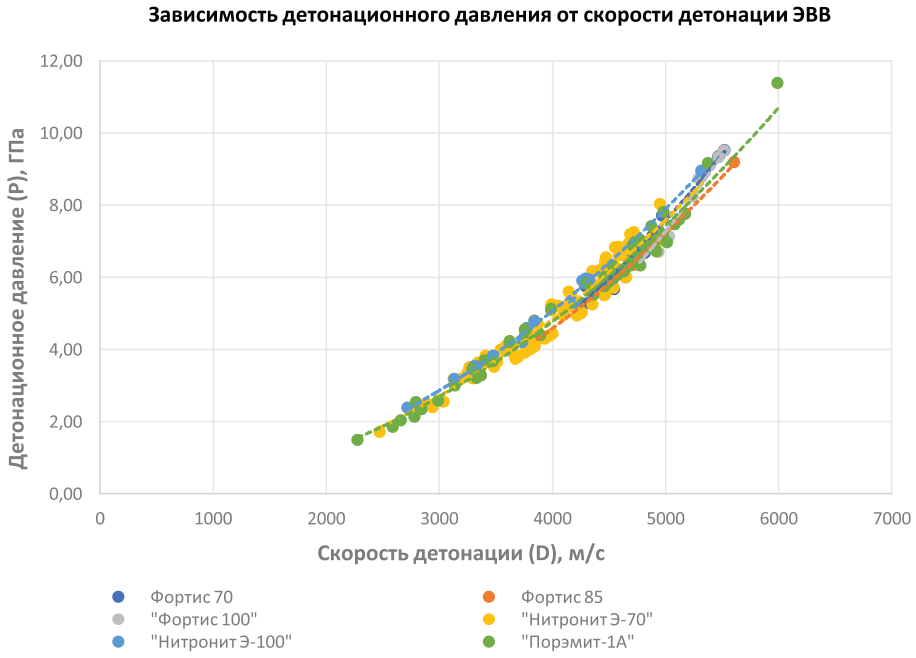


Рис. 2. Зависимость детонационного давления от скорости детонации ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А»

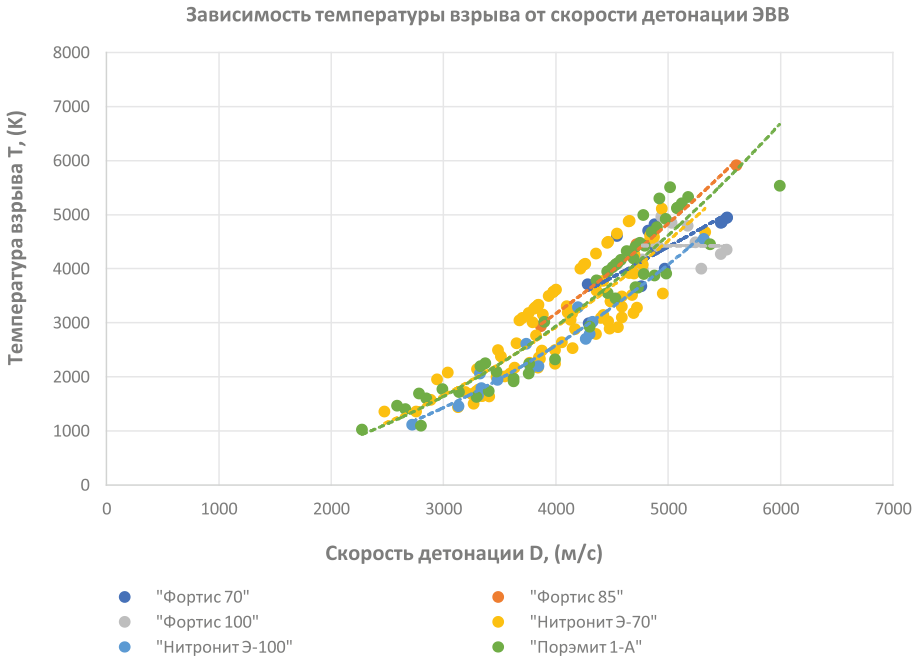


Рис. 3. Зависимость температуры взрыва от скорости детонации ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А». (расчет по закону Бойля – Мариотта и Гей-Люссака)

Результаты исследования и их обсуждение

На основании формул (1), (9) и (14) можно провести расчет детонационного давления и температуры взрыва для ЭВВ по двум методикам.

Результаты расчета детонационного давления и температуры взрыва ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А» по молярной теплоемкости газов и через закон Бойля – Мариотта и Гей-Люссака представлены в табл. 2 и 3.

Из табл. 3 видно, что значения температуры взрыва, рассчитанные по молярной теплоемкости газов, получаются немного завышенными, по сравнению с расчетом через уравнение Бойля – Мариотта и Гей-Люссака, и могут отличаться от 0,5 до 12 %.

Графики изменения детонационного давления и температуры взрыва через уравнение Бойля-Мариотта и Гей-Люссака в зависимости от скорости детонации для ЭВВ «Фортис», «Нитронит» и «Порэмит-1А» на основании проведенных расчетов представлены на рис. 2 и 3.

Выводы

Кроме определения температуры взрыва через теплоту и удельную теплоемкость возможен расчет температуры взрыва через уравнение Бойля-Мариотта и Гей-Люссака, который дает вполне достоверные данные и может использоваться для приблизительной оценки температуры взрыва большинства промышленных ВВ, зная скорость детонации, плотность, массу ВВ, объем зарядной полости и удельный объем газообразных продуктов взрыва.

Госзадание 007-01398-17-00. Тема № 0405-2015-0013, № 0405-2015-0014.

Список литературы

1. Горбонос М.Г. Методические указания по практическим занятиям и выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 130403 «Открытые горные работы». Часть 1. – Петрозаводск, Петрозаводский государственный университет, 2011 – 51 с.

2. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах. – М.: Недра, 1980 – 456 с.

3. Сильвестров В.В., Бордзиловский С.А., Караханов С.М. Измерение температуры детонации эмульсионного взрывчатого вещества. Доклады Академии наук. – 2014, Т. 458, № 2. – С. 155–157.

4. Скорость детонации взрывчатых веществ. Методика измерений скорости детонации взрывчатых веществ реостатным методом с использованием измерителя скорости детонации VODMate. СТО 01.01.004 – 2011. – Екатеринбург, ИГД УрО РАН, 2011. – 17 с.

5. Скорость детонации взрывчатых веществ. Методика измерений скорости детонации взрывчатых веществ рефлектометрическим методом с использо-

ванием измерителя скорости детонации SpeedVOD. СТО 01.01.004 – 2013. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2013. – 21 с.

6. Теплота и температура взрыва. Все о горном деле. Добывающая промышленность, 2012–2016 [Электронный ресурс]. – URL: http://industry-portal24.ru/gorno-razvedochnye-vyrabotki/2335-teplota-i-temperatura-vzryva.html (дата обращения: 02.03.2017).

7. Эмульсионное промышленное взрывчатое вещество «Нитронит». Технические условия ТУ 7276-003-58995878-2004. – Качканар, ООО «АВТ-Урал», 2004 – 19 с.

8. Эмульсионное промышленное взрывчатое вещество «Порэмит-1А». Технические условия ТУ 84-08628424-671-96. – Дзержинск, ФГУП ГосНИИ «Кристалл», 1996 – 19 с.

9. Эмульсионное промышленное взрывчатое вещество «Фортис». Технические условия ТУ 7276-001-23308410-2006 (с изменениями, на 26.01.2015 г.). – М.: ЗАО «Орика СиАйЭс», 2015 – 21 с.

10. Энциклопедия по машиностроению XXL. Затухание ударной волны [Электронный ресурс]. – URL: http://mash-xxl.info/info/400095/ (дата обращения: 02.03.2017).

11. Энциклопедия по машиностроению XXL. Метод цветовой температуры [Электронный ресурс]. – URL: http://mash-xxl.info/info/554488/ (дата обращения: 02.03.2017).

12. DataTrap II Data/VOD Recorder. Руководство по использованию измерителя скорости детонации. Редакция 3.0. – MREL Group of Companies Limited, Kingston, Canada, 2013 – 102 p.

УДК 631.4:553 (571.56)

ПОЧВЫ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОЛИНЫ РЕКИ БОЛЬШОЙ КУРАНАХ (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)

Оконешникова М.В.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, e-mail: mvok@yandex.ru

На основе детального изучения почв техногенных ландшафтов россыпных месторождений золота в долине реки Большой Куранах впервые рассматривается разнообразие техногенных поверхностных образований (ТПО) и особенности формирования почв, их строение, свойства и классификация. Установлено, что в результате самозарастания на 35 и 40-летних валунно-галечных дражных отвалах формируются эмбриоземы грубогумусовые, дерновые и гумусово-аккумулятивные, на 40-летних отвалах вскрышных пород – эмбриоземы грубогумусовые, на прибрежной части днищ отстойников действующих драг – эмбриоземы инициальные, которые различаются мощностью почвенного профиля, характером накопления, разложения и гумификации органического вещества. При одинаковом возрасте ТПО эмбриоземы грубогумусовые, развитые на иловых отвалах вскрышных пород, характеризуются очень высоким содержанием органического вещества по всему профилю, чем их аналоги на дражных отвалах.

Ключевые слова: Южная Якутия, отвалы, техногенные поверхностные образования, эмбриоземы, морфология, свойства, классификация

SOILS OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE VALLEY OF THE RIVER LARGE QURANAKH (SOUTH YAKUTIA)

Okoneshnikova M.V.

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: mvok@yandex.ru

Based on a detailed study of soils of technogenic landscapes of alluvial gold deposits in the valley of the Bolshaya Kuranakh River, the diversity of man-made surface formations (TPOs), their structure, properties and classification is considered for the first time. It has been established that as a result of self-growth on 35 and 40-year-old boulder-pebble dredge dumps embriozemes are formed coarse-humus, sod and humus-accumulative embryos, 40-year-old overburden dumps embriozemes coarse-humus, on the coastal part of the bottoms of sediment basins, embryosemes initial, Soil profile, the nature of accumulation, decomposition and humification of organic matter. At the same age of TPO, embriozemes coarse-humic, developed on silt dumps of overburden, are characterized by a very high content of organic matter throughout the profile, than their analogues in dredging dumps.

Keywords: South Yakutia, dumps, technogenic surface formations, embryosems, morphology, properties, classification

Открытие россыпных месторождений золота и создание золотодобывающей промышленности в Южной Якутии явились исходным пунктом для коренного изменения окружающей среды, и в особенности почвенного покрова этого региона Якутии. По долине р. Большой Куранах на площади 1169,7 гектаров, отведенной Постановлением Совета Министров СССР № 7100-р от 24.05.1947 г. на постоянное пользование для разработки россыпных месторождений золота, пойменные комплексы почв в естественном состоянии не сохранились. Долина р. Большой Куранах полностью разработана и представлена в действующих дражных полигонах техногенной пустыней, а в примыкающих территориях – техногенными комплексами дражных полигонов: разнообразными дражными отвалами – перемытыми валунно-галечными и иловыми вскрышных пород, дамбами, а также обводненными или осушенными котлованами-пазухами. Практически оставленные без внимания человека, техногенные ландшафты долины р. Большой Куранах в суровых биоклиматических условиях криолитозоны самовосстанавливаются медленно. Известно, что процесс самовосстановления техногенно нарушенных ландшафтов сопровождается постепенной сменой нескольких стадий почвообразования и формированием на техногенных поверхностных образованиях (ТПО) разных типов и подтипов почв [1–6]. В настоящее время почвы долины р. Большой Куранах изучены крайне слабо [7], практически отсутствуют публикации, которые бы системно отображали их разнообразие, строение, свойства и классификацию.

Цель работы – изучить почвы долины р. Большой Куранах и дать морфогенетическую характеристику по существующей классификационной системе.

Материалы и методы исследования

Район исследований расположен на территории Алданского района Южной Якутии (58° с.ш., 125° в.д.), в зоне деятельности закрытого акционерного общества (ЗАО) горнодобывающей компании (ГДК) «Алд-

голд». Изучены почвы разновозрастных отвалов, сроки разработки которых установлены на основе устного опроса работников драг и подтверждены в процессе натурных исследований почвенно-растительного покрова (по проективному покрытию, видовому составу и возрасту древесных растений, морфологическому облику почвогрунтов), возраст наиболее старых отвалов составил около 40 лет. При этом на вариантах ТПО с восстановленной лесной растительностью закладывали типичные почвенные разрезы (35–40-летние отвалы), а на молодых опустыненных вариантах в силу их маломощности и сильной каменистости – прикопки. Гранулометрический состав и химические свойства почвогрунтов определены по общепринятым в почвоведении методикам. Диагностика и классификация ТПО проведена по Андроханову и др. [1].

Результаты исследования и их обсуждение

В районе исследований были выделены 3 вида ТПО.

1. ТПО дражных отвалов. Дражные (галечные) отвалы – наиболее распространенный тип техногенного ландшафта в долине р. Б. Куранах. Они образуются в результате промывки и переотложения золотоносной породы драгой, представляют собой серию прилегающих друг к другу серповидных бугров и имеют высоту несколько метров. На выровненных бульдозером участках наблюдается большая скорость формирования почвенно-растительного покрова, чем на высоких валунно-галечных. В дражных отвалах нами описаны 3 разреза ТПО.

40-летний галечный отвал на правом берегу долины р. Большой Куранах в 140 метрах на юго-восток от автомобильного моста Н-Куранах – Алдан. Эмбриозем грубогумусовый (разр. 3-04) развит на выровненной части отвала в редкотравно-толокнянковом тополево-сосновом лесу.

Морфологический профиль почвы имеет следующее строение: О (0–1 см) – АО (1–14 см) – С (14–20 см), где О – подстилка из сухих листьев тополя, хвои сосны, веточек, листьев толокнянки; АО – грубогумусовый горизонт, темно-бурый, влажный, среднеуплотненный, густо пронизан корнями, на 20–30% состоит из гальки размером 4–6 см, переход ясный, граница волнистая; С – неоднородный, преимущественно светло-бурый с серым и красноватым каменистым мелкоземом, отличается от предыдущего горизонта большим количеством гальки (более 50%), пронизан корнями, свежий, супесчаный, порошистый, в нижней части сильно каменистый, камни размером 8–12 см.

Общее количество органического вещества в горизонте АО (ППП) составляет 58,7%, на глубине 14–20 см резко падает до 1,0% гумуса. Соответственно, высокая сумма поглощенных оснований характерна только для грубогумусового горизонта АО. В составе поглощенных оснований преобладают катионы Ca^{2+} и Mg^{2+}. Обеспеченность подвижными формами фосфора и азота низкая и очень низкая, калия – высокая в органической части и очень низкая в минеральной. Реакция среды слабощелочная и щелочная (табл. 1). В гранулометрических фракциях минеральной части мелкозема наибольшую часть занимает песчаная фракция – 83,2%, доля пылеватых и особенно илистых частиц незначительна – 15,1 и 1,7% (табл. 2).

Эмбриозем дерновый (разр. 4–04) заложен в 20 метрах ниже разр. 3–04 на участке средней поймы р. Большой Куранах под осоково-разнотравным кочкарным ивняком. Средняя высота кочек 15–18 см, диаметр 30–35 см.

Морфологическое строение: Ad (0–2 см) – А (2-16/24 см) – С (16/24–34 см). Сверху густо переплетенная корнями трав маломощная уплотненная дернина на глубине 2–16(24) см сменяется бурым средне уплотненным, суглинистым с комковатой структурой дерново-гумусовым горизонтом А. За счет лучшего разложения органического вещества в нижней части имеется темно-бурая рыхлая прослойка легкосуглинистого гранулометрического состава. Переход заметный, граница волнистая. Нижележащий горизонт С представляет собой смесь обломочного материала (на 70% состоит из гальки) и мелкозема суглинистого гранулометрического состава. Много корней растений.

По внешним признакам и физико-химическим свойствам ТПО данного разреза отличается от предыдущего наличием дерново-гумусового горизонта со средним содержанием гумуса (4,1%), сформировавшегося в результате ускоренного развития дернового процесса под травянистой растительностью в более благоприятных условиях увлажнения, однако обеспеченность питательными элементами – низкая и очень низкая.

35-летний отвал в 16,2 км севернее автомобильного моста Нижний Куранах – Алдан. Эмбриозем гумусово-аккумулятивный (разр. 6–04) развит на склоновой части отвала под разнотравно-злаковой сосново-ивовой растительностью. Встречается примесь тополя и ели.

Таблица 1

Физико-химические свойства эмбриоземов

Горизонт	Глубина, см	pH водный	Гумус, (*ППП) %	Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы				Питательные элементы мг/100 г почвы		
				Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	$N\text{-}NH_4$	P_2O_5	K_2O
разр. 3 Эмбриозем грубогумусовый										
АО	1–14	7,6	58,7*	35,2	12,7	0,7	0,6	7,5	8,0	27,9
С	14–20	8,4	1,0	2,6	1,2	0,2	0,1	1,5	2,0	1,5
разр. 4 Эмбриозем дерновый										
А	2–24	8,3	4,1	21,5	17,7	1,4	0,5	1,7	3,2	6,5
разр. 5 Эмбриозем грубогумусовый										
АО	1–4(5)	7,1	66,6*	95,9	25,3	0,9	1,3	17,6	12,7	47,7
Н	4(5)–10	7,1	23,7	38,8	14,3	0,5	0,3	5,8	3,2	12,7
	10–30	6,6	15,5	27,9	9,6	0,5	0,1	1,9	1,2	4,0
	30–50	7,3	19,4	36,6	13,5	0,3	0,1	1,8	1,2	3,1
разр. 6 Эмбриозем гумусово-аккумулятивный										
О	0–1(2)	7,2	55,8*	52,9	16,6	1,0	1,2	19,2	16,7	20,8
А	1(2)–9	8,0	7,3	16,7	17,4	1,2	0,7	1,7	6,0	22,3
С	9–16	8,1	3,0	18,3	19,0	1,2	0,7	0,9	3,2	12,7
разр. 1 Эмбриозем инициальный										
I	0–10	8,4	1,6	2,5	2,7	1,7	1,0	0,7	2,7	9,6
II	10–20	8,7	0,1	7,3	7,8	0,6	0,2	0,7	0,7	1,5
разр. 2 Эмбриозем инициальный										
I	0–10	8,3	2,5	3,2	3,3	2,6	0,5	0,9	0,7	9,6

Таблица 2

Гранулометрический состав эмбриоземов

Разрез	Глубина, см	Содержание фракций размером (мм), %					< 0,001	Сумма фракций < 0,01
		1,0–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001		
3.	14–20	64,4	18,8	3,7	7,7	3,7	1,7	13,1
4.	2–24	5,7	24,4	41,2	9,0	10,6	9,1	28,7
6.	1(2)–9	21,7	21,1	25,7	6,1	10,2	15,2	31,5
	9–16	21,7	21,1	25,7	6,1	10,2	15,2	31,5
1.	0–10	19,3	14,5	24,5	12,2	18,0	11,5	41,7
	10–20	72,6	17,5	2,5	2,8	2,1	2,5	7,4
2.	0–10	1,2	7,7	27,7	19,6	26,6	17,2	63,4

Морфологическое строение профиля: О (0–1/2 см) – А (1/2–9 см) – С (9–16 см), где О – маломощная рыхлая, темно-бурая органика, состоящая из живых и отмерших листьев тополя, хвои сосны и корней трав с включениями камней и гальки. Переход заметный, граница волнистая. Гумусово-аккумулятивный горизонт А неоднородный по окраске, бурый с темно-бурыми горизонтальными и вертикальными прослойками по ходам корней, мелкозем комковатой структуры, суглинистый. Нижележащий горизонт С представляет собой смесь обломочного материала (70–80%) и мелкозема бурой окраски с множеством корней, суглинистого гранулометрического. Глубже 16 см залегают сплошные камни.

По физико-химическим свойствам эмбриозем гумусово-аккумулятивный характеризуется высоким содержанием гумуса (7,3%) в гумусово-аккумулятивном горизонте А, нейтральной реакцией среды в лесной подстилке и щелочной в органо-минеральной части и среднесуглинистым гранулометрическим составом.

2. ТПО вскрышных отвалов. Вскрышные отвалы формируются в результате складирования почвенного слоя и верхнего слоя пустых горных пород. Они образованы смесью песчано-каменистого грунта и почвенных горизонтов, имеют мощность несколько метров. Отдельного складирования почвенного слоя не производится. Потенциально плодо-

родные вскрышные отвалы характеризуются весьма благоприятными для произрастания многих видов почвенно-грунтовыми условиями. Высокое содержание органического вещества по всему профилю (15,5–66,6 %) обусловливает не только благоприятные для растений химические и физико-химические свойства, но и тепловой режим, по сравнению с почвами дражных отвалов и естественных ландшафтов.

Зональным типом почв на невысоких плоских водораздельных пространствах и средних частях склонов Алданского нагорья являются горные подзолистые, горные мерзлотные таежные типичные и оподзоленные почвы разного гранулометрического состава. Эти типы почв характеризуются высоким содержанием органического вещества только в маломощном (5–8 см) грубогумусированном горизонте A_0A и низким – очень низким содержанием гумуса в преобладающей минеральной части профиля. Почвы бедны питательными веществами, ненасыщены основаниями, имеют кислую реакцию среды, щебнисты и каменисты [8, 9].

40-летний отвал вскрышных пород вверх по р. Большой Куранах, на 1 км выше ручья Сосновый (8 км 430 м на юг от автомобильного моста Н-Куранах – Алдан). Эмбриозем грубогумусовый на оторфованных отложениях (разр. 5–04). Середина склона северо-западной экспозиции, высота над уровнем моря – 438 м. Поверхность неровная с продольными западинами и канавками глубиной до 1 м. Растительность: ивняк рябиновый, хвощово-злаковый. Встречается тополь.

Морфологическое строение: О (0–1/2 см) – АО (1/2–4/5 см) – Н (4/5–50 см), где О – опад из сухих и свежих листьев ивы, тополя, хвоща; АО – бурый, рыхлый, органогенный, почвенный мелкозем составляет 20 %, влажный, переход в следующий горизонт заметный только по плотности и содержанию корней; Н – темно-бурый, перегнойный, пронизан корнями, влажноватый, легкосуглинистый, с включениями камней (до 10 %) размером от 5–6 см до 10–15 см и красноватого и серого гравия, а также былых древесных остатков средней степени разложения.

Кроме оторфованной (перегнойной) основы, почвообразование на вскрышных отвалах приводит к формированию поверхностного горизонта лесной подстилки и органогенного горизонта АО мощностью 3 см с высоким содержанием органического вещества – 66,6 %. Сумма поглощенных оснований высокая, в составе значительно преобладают катионы Ca^{2+} – 77 % и Mg^{2+} – 20 %. Реакция среды ТПО вскрышных отвалов нейтральная по всему профилю. По сравнению с ТПО дражных отвалов, питательных элементов в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте на порядок выше, содержание фосфора и аммиачного азота оценивается как среднее, калия – очень высокое, однако ниже 5–10 см обеспеченность всеми элементами питания снижается в среднем до 10 раз.

3. Молодые ТПО днищ отстойников. Процесс первичного почвообразования хорошо просматривается на молодых техногенных образованиях – эмбриоземах (возраст 10 и менее лет). Ниже приводится описание двух прикопок, сделанных нами на прибрежной части слива отстойника драги.

Разрез 1. Эмбриозем инициальный формируется под открытым редкотравным сообществом.

I слой 0–10 см, светло-бурый опесчаненный средний суглинок. Камней и гальки до 80 %; II слой 10–20 см, желтовато-бурый песок с супесью, сильно каменистый (до 95 %).

Внешне эмбриоземы инициальные сходны с примитивными аллювиальными почвами и представляют собой минеральную массу с контрастными литологическими сменами слоев разного гранулометрического состава (отличаются только сильной каменистостью). Так, по гранулометрическому составу верхний 0–10 см слой характеризуется как тяжелый суглинок, последующий за ним 10–20 см слой – как связный песок. Содержание гумуса очень низкое (1,6 – 0,1 %), реакция среды щелочная.

Разрез 2. Эмбриозем инициальный под редкотравным чозейником в 100 метрах от точки № 1. Максимальная высота чозении 4 м, единично встречается молодой подрост тополя.

I слой 0–10 см, бурый, суглинистый, влажный, пронизан редкими корнями, на 40–50 % каменистый. Ниже сплошные камни. Данный слой отличается от аналогичного слоя разреза 1 глинистым гранулометрическим составом и сравнительно высоким содержанием гумуса (2,5 %), обеспеченность питательными веществами чрезвычайно низкая.

Заключение

Согласно существующей классификации почв техногенных ландшафтов, в долине р. Большой Куранах ТПО представле-

ны разными типами эмбриоземов, которые образовались в результате самозарастания разнообразных отвалов. Мощность почвенного профиля ТПО колеблется от 10 см до 40 см на дражных и более 50 см на иловых отвалах вскрышных пород. На 35 и 40-летних валунно-галечных дражных отвалах выявлены эмбриоземы грубогумусовые, дерновые и гумусово-аккумулятивные, на 40-летних отвалах вскрышных пород эмбриоземы грубогумусовые, на прибрежной части днищ отстойников действующих драг эмбриоземы инициальные, которые различаются характером накопления, разложения и гумификации органического вещества. При одинаковом возрасте ТПО эмбриоземы грубогумусовые, развитые на иловых отвалах вскрышных пород, характеризуются очень высоким содержанием органического вещества по всему профилю, чем их аналоги на дражных отвалах. Полученные результаты могут служить основой для решения многих теоретических и прикладных вопросов функционирования и рекультивации техногенных ландшафтов Южной Якутии.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту: Выявление обратимых и необратимых изменений почв и почвенного покрова мерзлотной области, характера естественных и антропогенных экологических процессов и разработка фундаментальных основ охраны почв и почвенного покрова криолитозоны в условиях возрастающего антропогенного пресса и глобальных изменений. Регистрационный номер: АААА-А17-117020110057-7.

Список литературы

1. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 151 с.

2. Андроханов В.А., Курачев В.М. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. – 2009. – № 2. – С. 165–169.

3. Андроханов В.А. Проблемы рекультивации северных территорий // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11. – С. 28–31.

4. Соколов Д.А., Андроханов В.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Лойко С.В. Морфогенетическая диагностика процессов почвообразования на отвалах каменноугольных разрезов Сибири // Почвоведение. – 2015. – № 1. – С. 106–117.

5. Карпова Д.В., Чижикова Н.П., Иванова Е.А., Митирева Е.А., Хуснетдинова Т.И., Старокожко Н.А., Коротаева В.В. Изменение свойств почв Михайловского ГОКа (КМА) в зависимости от длительности освоения // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докл. Всерос. науч. конф. (Белгород, 15–22 авг. 2016 г.). – Москва – Белгород, 2016. – С. 434–435.

6. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.

7. Тарабукина В.Г. Свойства пород отвалов и особенности почвообразования в техногенных ландшафтах // Наука и образование. – 1996. – № 4. – С. 154–159.

8. Оконешникова М.В., Десяткин Р.В. Почвы бассейна реки Тимптон // География и природные ресуры. – 2011. – № 3. – С. 83–91.

9. Петрова Е.И. Почвы Южной Якутии. – Якутск, 1971. – 168 с.

УДК 553.04

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УГЛЕНОСНОСТЬ ГУВИЛГРИНСКОЙ ВПАДИНЫ ГОНАМСКОГО УГЛЕНОСНОГО РАЙОНА ЮЖНО-ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Рукович А.В.

Технический институт (филиал) СВФУ, Нерюнгри, e-mail: raul1975@mail.ru

Южно-Якутский каменноугольный бассейн (рис. 1) является крупной и надежной базой высококачественных коксующихся и энергетических углей на востоке страны. В 1970-е гг. на юге Якутии было начато формирование Южно-Якутского ТПК, что и предопределило значительное усиление в этом регионе геологоразведочных работ на уголь. В настоящее время в бассейне разрабатываются открытым способом Нерюнгринское, Эльгинское месторождения и отдельные участки на Денисовском и Чульмаканском месторождениях. Отсутствие вблизи действующего Нерюнгринского угольного разреза месторождений угля, пригодных для открытой разработки, а также ограниченные сроки эксплуатации Нерюнгринского месторождения (до 2018–2020 гг.) обусловили расширение поисковых работ на уголь на флангах бассейна, перспективных на выявление мощных угольных пластов, пригодных для разработки открытым способом.

Ключевые слова: Гувилгринская впадина, угленосность, угленосная толща, угольный пласт, песчаник

GEOLOGICAL STRUCTURE AND COAL CONTENTS OF THE GUVILGRINSKY HOLLOW OF THE GONAMSKY CARBONIFEROUS AREA OF THE SOUTHERN YAKUT COAL BASIN

Rukovich A.V.

Technical institute (branch) of NIFU, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru

Southern Yakut coal field (fig. 1) is large and reliable base of the high-quality coked and steam coals in the east of the country. In the 70th years in the south of Yakutia forming of the Southern Yakut TPK was begun, as predetermined considerable strengthening in this region of exploration works on coal. Now in the pool it is developed by an open method Neryungrinsky, Elginsky fields and certain sites on Denisovsky and Chulmakansky fields. Absence near the operating Neryungrinsky coal mine of the coalfields suitable for open-cast mining, and also finite useful lives of the Neryungrinsky field (till 2018–2020) caused expansion of search works on coal on flanks of the pool, perspective on identification of the powerful coal layers suitable for development by an open method.

Keywords: Guvilgrinsky hollow, coal contents, carboniferous thickness, coal layer, sandstone

Гувилгринская впадина расположена в юго-западной части Гонамского угленосного района (рис. 2) в бассейне левого притока р. Гонам – р. Гувилгра [1]. Площадь угленосных отложений составляет 480 км^2. В геологическом строении впадины принимают участие глубокометаморфизованные толщи архея, мезозойские осадочные отложения и рыхлые четвертичные образования. Установлены в районе и интрузивные образования различного возраста, прорывающие осадочный мезозойский чехол.

Стратиграфия

Архейские метаморфические образования, входящие в состав Алданского щита, слагают нижний структурный этаж – кристаллический фундамент Гувилгринской впадины и обрамляют ее со всех сторон. Представлены они преимущественно переслаивающимися интенсивно дислоцированными гнейсами и кристаллическими сланцами, кварцитами. Архейские метаморфические образования относятся к тимптонской и джелтулинской сериям метаморфического комплекса, вскрытая их мощность на площади работ – 20–30 м.

Мезозойские угленосные отложения залегают непосредственно на глубоко эродированной поверхности архейских образований. Как и в других районах бассейна, для осадочных отложений, выполняющих Гувилгринский грабен, характерно циклическое строение. По общепринятой в бассейне методике макроциклы соответствуют, как правило, свитам. На основании циклического строения осадочной толщи, палеоботанических исследований в Гувилгринской впадине в составе мезозойских образований выделены отложения юрского возраста, вскрытая суммарная мощность которых составляет 1520 м. Подразделены они снизу вверх на юхтинскую, дурайскую и кабактинскую свиту (нижне-кабактинская подсвита).

Юхтинская свита (J_1 *jh*). Отложения свиты залегают на архейских гранитах и кристаллических сланцах в верховьях р. Гувилгра и на междуречье р. Гувилгра и руч. Улахан-Мелемкен. В основании сви-

ты залегают полимиктовые конгломераты мощностью 4,0–5,0 м, представленные метаморфическими кристаллическими породами. Выше конгломератов и в переслаивании с ними залегают гравелиты. Обломочный материал представлен в основном кварцем. Нижняя и средняя часть разреза свиты сложена средне- и крупнозернистыми аркозовыми песчаниками. Мелкозернистые и алевритовые песчаники присутствуют в незначительных количествах. В верхней части свиты – переслаивание мелкозернистых песчаников серого цвета с мелкозернистыми алевролитами темно-серого цвета. Соотношение пород различного гранулометрического состава в разрезе юхтинской свиты приведено в табл. 1.

Рис. 1. Схема Южно-Якутского каменноугольного бассейна

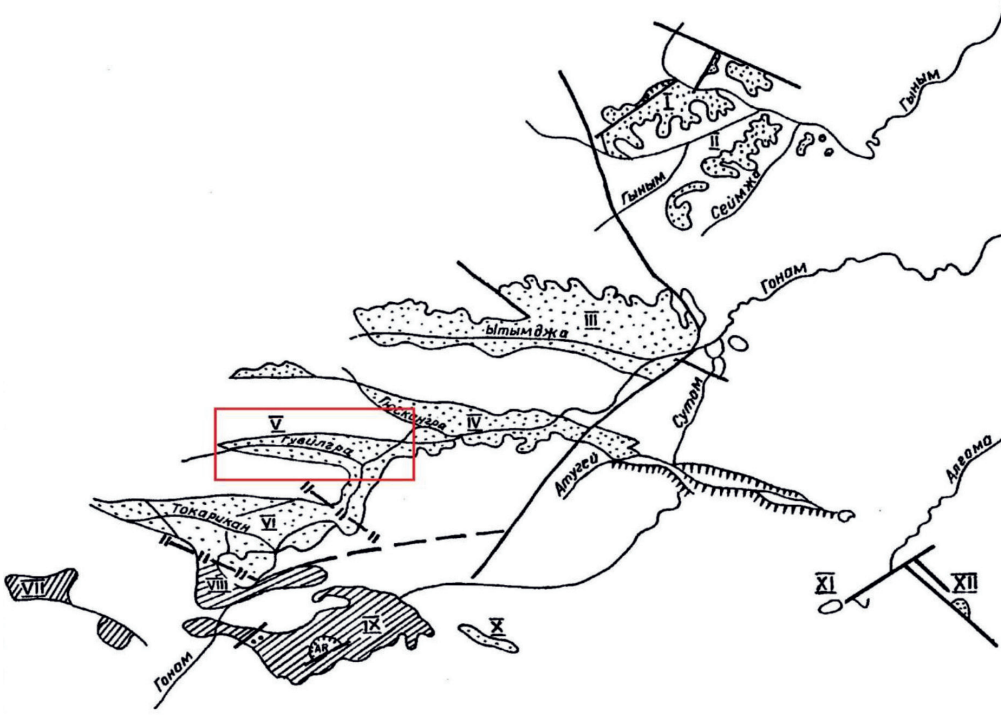


Рис. 2. Схема расположения впадин в Гонамском угленосном районе: I – Куранах-Гынымская; II – Гынымо-Семджинская; III – Ытымджинская; IV – Гюсканграа-Нарулакская; V – Гувилгринская; VI – Токарикано-Конеркитская; VII – Верхне-Тимптонская; VIII – Верхне-Гонамская; IX – Верхне-Сутамская; X – Верхне-Даурканская; XI – Чекчойская, XII – Авенгурская

Таблица 1

Распределение основных типов пород в Гувилгринской впадине в процентах по данным бурения скважин

Типы пород	СВИТЫ		
	Юхтинская	Дурайская	Кабактинская
Угли	–	2,2	2,3
Аргиллиты	0,3	0,5	0,7
Алевролиты мелкозернистые	6,5	20,0	17,8
– крупнозернистые	6,5	18,2	13,0
Песчаники мелкозернистые	32,3	39,8	26,1
– среднезернистые	42,9	13,2	35,5
– крупнозернистые	8,8	6,1	4,6
Гравелиты	1,2	–	–
Конгломераты	1,5	–	–

Верхняя граница между юхтинской и дурайскими свитами проводится по кровле верхней тонкозернистой пачки, венчающей разрез юхтинской свиты и имеющей широкое площадное распространение как в Гонамском, так и в Алдано-Чульманском районах. Мощность свиты 340 м.

Дурайская свита (J_2 *dr*). Отложения свиты согласно залегают на песчаниках юхтинской свиты. Обнаженность отложений свиты плохая, по большей части они задернованы [2]. Разрез свиты сложен частым переслаиванием серых и темно-серых средне- и мелкозернистых песчаников, алевролитов, аргиллитов и углей. Подчиненным распространением пользуются среднезернистые песчаники. Низы свиты характеризуются широким развитием мелкозернистых полимиктовых и кварцевых песчаников с маломощными прослоями песчаников крупно-среднезернистых. Средняя и верхняя части свиты представлены тонким переслаиванием серых и темно-серых мелкозернистых песчаников с алевролитами. Среднезернистые песчаники присутствуют в подчиненном количестве. Отличительной чертой песчаников впадины является преобладание существенно кварцевых разностей над полимиктовыми. К этой же части разреза свиты приурочены пласты и пропластки углей в количестве более 16, из которых 9 имеют мощность более 0,7 м. Песчаники свиты преимущественно полевошпатово-кварцевые, цемент гидрослюдистый и сидеритовый. Соотношение пород различного гранулометрического состава приведено в табл. 1. Вскрытая мощность дурайской свиты оценивается в 490 м.

Кабактинская свита (J_3 *kb*) согласно залегает на породах нижележащей дурайской свиты и вскрыта в центральной и южной частях впадины. Начинается разрез верхнеюрских отложений с мощной толщи грубозернистых и разнозернистых песчаников светло-серой окраски, имеющих пятнистую текстуру за счет цеолитового цемента. В целом же вскрытая часть свиты сложена неравномерным сложно-циклическим чередованием песчаников и алевролитов с редкими прослоями гравелитов и аргиллитов, а также пластами и пропластками углей. Песчаники свиты полимиктовые, с преобладанием полевых шпатов (50–55 %) и кварца (20–25 %). Содержание акцессорных минералов (сфен, циркон, лейкоксен, апатит, эпидот, рутил) не превышает 1–2 %. В разрезе свиты установлено до 30 пластов и пропластков угля, 8 из них в отдельных пластопересечениях имеют рабочую мощность. Соотношение пород свиты различного гранулометрического состава приведено в табл. 1. Вскрытая мощность (неполная) кабактинской свиты составляет 680–690 м.

Таким образом, общая вскрытая мощность мезозойских отложений в Гувилгринской впадине составляет порядка 1520 м.

Четвертичные отложения (Q). Рыхлые отложения этого возраста пользуются практически повсеместным развитием, перекрывая сплошным плащом неравномерной мощности породы более древнего возраста. Среди них выделяются аллювиальные, делювиально-солифлюкционные и озерно-болотные образования.

Аллювиальные отложения развиты по долинам водотоков. Они представлены аллювием русел, пойм и надпойменных террас. В их составе установлены галечники, валунники, пески, суглинки. Мощность аллювиальных образований составляет 1,5–3,0 м, достигая на ряде участков 5–7 м.

Делювиально-солифлюкционные отложения широко представлены на относительно пологих склонах. По гранулометрическому составу они представлены окатышами, обломками подстилающих пород, супесями и суглинками. Мощность этих отложений составляет 3–8 м, в отдельных случаях 10–15 м.

Озерно-болотные образования наблюдаются в наиболее пониженных частях рельефа. Отложения представляют собой чередование органических остатков с темно-серыми илами и тонкозернистыми песками и супесями. Мощность озерно-болотных отложений составляет 0,5–5,0 м. Из-за малой мощности отложений последние на геологической карте не показаны.

Тектоника

Гувилгринский грабен расположен на западе Гонамского района и представляет собой крупную синклинальную структуру протяженностью 60 км и шириной 5–10 км. Структура прослеживается в широтном направлении, занимая бассейн р. Гувилгра и, частично, р. Гонам. Грабен имеет блоковое строение, ограничен со всех сторон субширотными и субмеридиональными разломами. Как и другие структуры района, Гувилгринский грабен имеет асимметричный поперечный профиль. На северном крыле синклинали на фоне преимущественно пологого погружения пород на юг, наблюдается мелкая складчатость субширотного простирания с усилением дислоцированности к мульде синклинали. Иногда дислокации представлены флексурным типом. В целом же складчатая структура угленосной толщи усложняется с северо-востока на юго-запад. Вместе с ней увеличивается изменчивость углов залегания пород и их абсолютная величина от 5^0 до $10–20^0$.

Система разрывных нарушений во впадине выделена по материалам геологической съемки [3], поисковых работ и дешифрированию АФС [4]. Разрывная тектоника накладывается на складчатую и существенно осложняет последнюю. Можно предположить, что сформировавшаяся к настоящему времени общая система разрывных нарушений является суммарным результатом двух основных типов подвижек:

– разнонаправленных и разноамплитудных движений фундамента, разбитого на многочисленные, различные по величине блоки;

– динамических воздействий со стороны надвигающегося становика и возникновения при этом разрывных нарушений как способа разрядки максимальных напряжений складкообразования.

Частота проявления разрывных нарушений, как и интенсивность складчатости, растет с северо-востока на юго-запад. Среди разрывных нарушений преобладающим распространением пользуются взбросы, реже – надвиги. Разрывные нарушения сопровождаются, как правило, мощными зонами дробления. Среди сложившейся системы разломов выделяются два основных направления: субширотное, параллельное общему направлению осей большинства складчатых структур, и северо-восточное, секущее простирание угленосной толщи почти под прямым углом. Из названных направлений преобладает первое. Наиболее крупными нарушениями северо-восточного простирания, установленными поисковыми работами, являются № 1, 2, 3 и имеющие амплитуду смещения 120–140 м. Несомненно, что на площади поисков имеются и другие разрывные нарушения, не установленные в процессе поисков, не только по причине одного профиля и редкой сети скважин, но и в связи с наличием мощного четвертичного чехла, затрудняющего дешифрирование АФС. В заключение следует сказать о широком развитии во впадине малоамплитудных (первые метры) и безамплитудных нарушений, хорошо фиксируемых по зонам сильной трещиноватости керна вмещающих пород в буровых скважинах.

Угленосность

В изученной угленосной толще пласты и пропластки распределены как в разрезе, так и по площади крайне неравномерно [5]. Причинами этого являются как неблагоприятные изначальные условия торфонакопления, так и последующие размывы пластов, а также перераспределение угольного вещества в пластах в процессе тектонических подвижек. Суммарно во вскрытой угленосной толще установлено до 50 углепроявлений, в том числе до 20 пластов рабочей мощности (0,7 м и более). Суммарная мощность всех угольных пластов и прослоев составляет около 40 м, а рабочих пластов – 32 м.

В литолого-стратиграфическом разрезе угольным пластам, которые вскрыты хотя бы в ограниченном числе подсечений, присвоены буквенные и цифровые индексы. Буквенный индекс соответствует названию свиты, а цифровой – порядковому номеру пласта в разрезе каждой свиты (снизу вверх). Индексация пластов в свитах по своей достоверности соответствует стадии работ и имеет предварительный (условный) характер.

Таблица 2

Основные параметры проиндексированных угольных пластов Гувилгринской впадины

Свита	Индекс пласта	Основные параметры				Пределы колебаний суммарной мощности угольных пачек пластов от – до / Средняя мощность	Строение пласта (кол-во разделяющих прослоев)
		Общее число вскрытий в скважинах	Число вскрытий мощностью до 0,7 м/нулевые значения	Число вскрытий мощностью 0,7 м и более	Коэффициент выдержанности пласта		
Дурайская	$Д_{15}$	6	–	6	1,0	0,73–1,37 / 1,20(6)	Сложное 1–3
	$Д_{14}$	6	0/1	5	0,83	0–2,21 / 1,29(6)	Сложное 1–2
	$Д_{13}$	6	0/1	5	0,83	0–2,83 / 1,56(6)	Сложное 1–2
	$Д_{11}$	6	–	6	1,0	1,24–3,17 / 2,07(6)	Простое
	$Д_{5}$	6	1/2	3	0,50	0–3,16 / 1,21(6)	Преимущ. простое
Кабактинская	$К_{15}$	4	–	4	1,0	0,82–1,34 / 1,09(4)	Сложное 1–2
	$К_{14}$	4	–	4	1,0	0,70–2,72 / 1,38(4)	Сложное 1–6
	$К_{11}$	5	1/0	4	0,8	0,64–1,12 / 0,87(5)	Сложное 2–4
	$К_{6}$	6	2/1	3	0,5	0,0–1,22 / 0,71(6)	Сложное 1–4
	$К_{5}$	7	0/0	7	1,0	0,70–1,80 / 1,17(7)	Сложное 2–5
	$К_{4}$	6	3/0	3	0,5	0,20–1,38 / 0,88(6)	Сложное 2–4
	$К_{1}$	4	0/2	2	0,50	0,0–1,74 / 0,84(4)	Сложное 1

Ниже приводится характеристика по свитам.

Юхтинская свита, вскрытая в северной части профиля 1У-1У, практически безугленосна.

Дурайская свита. В разрезе свиты установлено около 20 углепроявлений мощностью от 0,20 м до 3,17 м, из них 10 пластов с рабочими значениями мощности (0,7 м и более). Из шести проиндексированных угольных пластов, представляющих практический интерес, наиболее выдержанными (коэффициент выдержанности 1,0) являются пласты $Д_{15}$ и $Д_{11}$. Суммарные мощности угольных пачек пласта $Д_{15}$ колеблются от 0,73 м до 1,37 м, при среднем значении 1,20 м, а у пласта $Д_{11}$ мощности варьируют от 1,24 м до 3,17 м, средние значения – 2,07 м. Строение пластов простое и сложное (до 3 породных прослоев).

В разрезе кабактинской свиты установлено около 30 углепроявлений, из них 10 имеют рабочие значения мощности (0,7 м и более). Углепроявления распределены относительно равномерно по всему разрезу. Наиболее выдержанными (коэффициент выдержанности 1,0) имеют три пласта $К_{15}$, $К_{14}$ и $К_{5}$. Суммарная мощность угольных пачек пласта $К_{15}$ от 0,82 м до 1,34 м, в среднем 1,09 м; пласт $К_{14}$ – от 0,7м до 2,72 м, в среднем 1,38 м; пласт $К_{5}$ – от 0,70 м до 1,80 м, в среднем 1,17 м. Строение пластов в основном сложное, и каждое пересечение имеет от одного до 5–6 прослоев. Характеристика проиндексированных пластов приводится в табл. 2.

Список литературы

1. Ширяев В.П., Борзых С.Д. Отчет по теме: Структурно-тектоническая карта Южно-Якутского бассейна м-ба 1:500000 с картами-врезками м-ба 1:50000 для перспективных участков. Фонды ГГГП «Южякутгеология», 1981.

2. Утробин Д.В. Геологическое строение и полезные ископаемые Верхне-Сутамского золотоносного района. Фонды ГГГП «Южякутгеология», 1989.

3. Минаков В.С., Веревкин Н.И. Отчет о групповой геологической съемке и геологической доизученности м-ба 1:50000 на территории листов 0-51-132-В,Г; 133-А.Б; 134-А.Б; 0-51-121,122 (Гувилгринский золотоносный район по работам Мелемкенской партии за 1981–1987 гг.). Фонды ГГГП «Южякутгеология».

4. Верховцев А.Н., Лукьянова Ж.К. Проведение специализированных работ по прослеживанию угольных пластов с помощью дешифрирования АФС в Гонамском угленосном районе Южно-Якутского бассейна. Отчет за 1992–1996 гг. – Якутск, 1996.

5. Зализняк М.И. Отчет о поисковых работах в южной части Гонамского угленосного района за 1988–1996 гг. Фонды ГГГП «Южякутгеология», 1997.

УДК 549.514.5 (571)

ТЕКСТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦ-ХАЛЦЕДОНОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЮЖНО-КУЗБАССКОГО МАГМАТИЧЕСКОГО АРЕАЛА (ЮЖНАЯ СИБИРЬ)

Токарева Е.В., Коноваленко С.И., Борозновская Н.Н., Небера Т.С.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, e-mail: zmei7772006@mail.ru

По текстурно-морфологическим особенностям кварц-халцедоновые образования (агаты и ониксы) из проявлений Южно-Кузбасского ареала разделены авторами на 3 группы: 1) с концентрически-зональным рисунком, 2) с комбинированным типом рисунка, 3) с ониксовым рисунком. Особенностью халцедонов Кузбасса является широкое распространение ониксов. Этот факт может быть следствием высокой концентрации кремнезема в растворе, причем в высокомолекулярном (полимеризованном) состоянии, что способствовало гравитационной отсадке коллоидной составляющей этих растворов. Был рассчитан индекс кристалличности (K_{ci}) для образцов кварца и халцедона. Образцы, имеющие высокий (K_{ci}) как кварцевой части, так и халцедоновой, отличаются насыщенной голубой, голубовато-серой, голубовато-белой окраской зон. По мнению авторов, значения индекса кристалличности могут отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезёма – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера.

Ключевые слова: Кузбасс, агатовая минерализация, кварц, халцедон, рентгеноструктурный анализ, индекс кристалличности, трапповая формация

TEXTURAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF QUARTZ-CHALCEDONY MATTER FROM SOUTH KUZBASS IGNEOUS AREAL OCCURENCES (SOUTHERN SIBERIA)

Tokareva E.V., Konovalenko S.I., Boroznovskaya N.N., Nebera T.S.

National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: zmei7772006@mail.ru

According to textural and morphological features quartz-chalcedony matter (agates and onyxes) from South Kuzbass area occurences are subdivided to 3 groups: 1) with concentric zonal pattern, 2) with combined pattern, 3) with onyx pattern. Peculiarity of Kuzbass chalcedony is the prevalence of the onyx pattern. This may be the result of high concentration of silica in the solution, at that in high-molecular (polymerized) state. That led to gravitational deposition of the colloid component of the solution. Crystallinity index for quartz and chalcedony samples was counted. Samples with high Crystallinity index both for quartz and chalcedony parts have intense blue, bluish grey, bluish white colors. In Author's opinion, crystallinity index values may reflect changes of relation between polymerized and monomeric states of silica.

Keywords: Kuzbass, agate mineralization, quartz, chalcedony, x-ray diffraction, crystallinity index, and trap formation

Равномерно-ритмическая полосчатость агатов и ониксов всегда привлекала и до сих пор не оставляет равнодушными не только коллекционеров, но и исследователей [1–5, 7]. Форма и текстурно-морфологические особенности агатов могут определяться особенностями морфологии полостей выполнения и структурными свойствами минералов кремнезема. В настоящее время большинством исследователей признается секреционный механизм образования агатов: последовательное отложение слоев халцедона, кварца и других минералов за счёт растворов, циркулировавших по ранее образованным полостям и каналам [1, 3].

Целью данной работы является установление текстурно-морфологических особенностей агатовой минерализации в пределах Южно-Кузбасского магматического ареала (Южная Сибирь).

Материалы и методы исследования

В ходе работы был использован рентгеноструктурный анализ. Для получения рентгенограмм измерения проводились на дифрактометре X*Pert PRO. Эксперимент выполнялся при нормальных условиях по геометрии Брэгга-Брентано с использованием CuKα-излучения. Напряжение на трубке 40 кV, ток 30 mA. Значения индекса кристалличности высчитывались по положению мультиплетного пика в области 67° … 69° на порошковой рентгенограмме кварц-халцедоновой фазы по формуле **Kci = 10Fa/b,** предложенной Murata&Norman [6–8].

Результаты исследования и их обсуждение

Центральная часть Кузнецкого бассейна известна узкому кругу исследователей как один из районов Сибири, где проявле-

на агатовая минерализация. Но поскольку всё внимание геологов на протяжении всего длительного изучения Кузбасса было приковано в основном к каменному углю, то на проявления кварц-халцедонового сырья обращали внимание редко и нецеленаправленно. К сожалению, проявления на территории области служат источником стихийного извлечения поделочных камней в частном порядке. Мы же считаем, что данный вид сырья нужно брать во внимание не только с целью практического использования. В первую очередь эти удивительные образования интересны с научной точки зрения, так как генезис их до сих пор дискуссионен.

Вулканиты Кузбасса (Кузнецкая зона), несущие агатовую минерализацию, входят в состав Алтае-Саянской камнесамоцветной области, которая является частью Южно-Сибирской провинции. В границах Кузнецкого бассейна доказано наличие агатовой минерализации в раннетриасовых породах [9]. Также высказывается мнение о возможном проявлении этой минерализации в девонское время, в так называемом Крапивинском девонском куполе. По большому счёту, агатовая минерализация региона связана с миндалекаменными разностями раннемезозойских базальтов так называемой «мелафировой подковы», локализованной в Бунгарапской мульде среди нижнетриасовых терригенных отложений. В орографическом плане «мелафировая подкова» отвечает Салтымаковскому, Ажендаровскому, Караканскому хребту, Кайлотским горам, Тарадановскому увалу, Осташкиному камню и входит в состав Южно-Кузбасского магматического ареала. Кроме базальтов пермотриасового возраста на территории области имеются и девонские, в которых также обнаружен кварц-халцедоновый материал жильного типа. На данный момент известно несколько точек распространения девонских кварц-халцедоновых образований: в современном аллювии реки Золотой Китат и в базальтоидах, вмещающих агаты жильного типа у п. Зеленогорский. Нами были изучены следующие проявления.

1. Проявление коренного типа – участок Терсюк.

Участок Терсюк расположен в пределах Новокузнецкого района Кемеровской области. Он приурочен к Кузнецкой котловине в районе примыкания к западному склону Кузнецкого Алатау. Обнажение вскрыто в правом борту реки Терсюк, которая протекает в междуречье нижнего течения рек Средней и Нижней Терси. В геологическом строении участка принимают участие триасовые, юрские и четвертичные отложения. Триас здесь представлен нижним отделом и включает отложения мальцевской, сосновской и яминской свит. Мальцевская (T_{1ml}) и сосновская свита (T_{1ss}) базальтов не содержит. Яминская свита (T_{1jam}) сложена в той или иной степени миндалекаменными базальтами от грязно-зелёного до чёрного цветов, массивной текстуры, афанитовой и брекчиевидной структуры. Проявление Терсюк является наиболее перспективным на агатовое сырье в Кемеровской области. Продуктивный слой обнаружен в подошве вскрытой части карьера на глубине около 3 метров от дневной поверхности. Главной отличительной особенностью терсюкских агатов является то, что внешняя зона агата часто сложена игольчатыми сферолитами цеолита оранжево-красного цвета толщиной до 5 мм. Преобладающий цвет агатов голубовато-серый с контрастными белыми полосами. Миндалины различные по форме, но в основном – продолговатые с уплощённым дном (коэффициент уплощения – 2–5). Интересной особенностью этого проявления является присутствие в базальте на всем протяжении разреза почти идеально круглых пузырей диаметром до 1 см, заполненных веществом неясного минерального состава. В некоторых миндалинах «снизу» и «сверху» «врастают» дендриты. Присутствуют также ксенолиты базальтов. Центральная часть большинства миндалин заполнена прозрачным крупнокристаллическим кварцем. В расположении агатовых миндалин в продуктивном слое замечена определённая закономерность. Например, когда встречается один образец, то под ним, немного ниже, обязательно будет располагаться второй, но только большего размера. Были также встречены миндалины, напоминающие перевернутый усеченный конус, размером 30–15 см. Минерализация проявилась на поздних стадиях становления покровов из сравнительно низкотемпературных гидротермальных растворов, о чём свидетельствует частый парагенезис кварца и халцедона миндалин с цеолитами, кальцитом и другими низкотемпературными минералами.

2. Проявления Салтымаковского хребта (правобережье р. Томи).

На правом берегу р. Томи возвышается Салтымаковский хребет, образованный базальтами, на левобережье р. Томи переходящий в Тарадановский увал. На востоке, к югу от Салтымаковского хребта, базальты

образуют Кайлотские горы. Триасовые отложения района достаточно хорошо изучены работами геолого-разведочной партии под руководством В.П. Болтухина. При этом особое внимание исследователей было сосредоточено на цеолитах, образующих Пегасское месторождение. Район сложен триасовыми породами трапповой формации. Базальты практически не затронуты метаморфическими преобразованиями и имеют свежий, кайнотипный облик. В верхних частях покровов, а также по зонам трещиноватости в центральных и нижних частях покровов часто наблюдается интенсивная цеолитизация. Агаты этого проявления (по большей части ониксы) характеризуются голубовато-серой окраской. Часто наблюдается переслаивание полос белого и голубого цвета, серого и белого. Выделения кварца в центральной части некоторых миндалин также имеют место. Кварцевые выделения присутствуют в форме раухтопаза, горного хрусталя. Можно встретить в одной миндалине переход дымчатого кварца к прозрачному или наоборот.

3. Проявление агата россыпного типа у деревни Ключи.

Проявление является россыпным и локализовано в четвертичных отложениях погребенной террасы. Кварц-халцедоновый материал вынесен из коренных базальтов триасового возраста Тарадановского увала и распространен практически до устья р. Мунгат. Сырьё здесь характеризуется сильной окатанностью и присутствием вторичной окраски у 40–50 % извлечённых образцов. Основные цвета, наблюдаемые в агатах и ониксах: жёлтые, коричневатые, бурые, медовые, красноватые с перемежающимися полосами молочного цвета, встречается и голубовато-серая окраска (рис. 1).

Что касается текстурно-морфологических особенностей, то встречаются как концентрически-зональные агаты, так и ониксы. Большая часть миндалин имеет высокий коэффициент уплощения (2–4). Характерны ланцетовидные, булкообразные формы выделений размером 3–6 см в диаметре. Отобранные нами образцы не крупные – средний диаметр – 3–6 см, самые большие из них достигают 9 см. Миндалины сложены преимущественно халцедоном, меньший объём в миндалине занимает кварц (от прозрачного до дымчатого).

4. Проявление коренного типа у поселка Зеленогорский.

Это своеобразное проявление относится к коренному типу и входит в структуру так называемого Крапивинского купола, сложенного отложениями девонского возраста. В геологическом отчёте В.В. Князева и В.П. Ладыгина высказывается мнение о наличии в центре купола прижерловой части девонского палеовулкана. Камнесамоцветное сырье выявлено в зеленовато-чёрных базальтах в виде жил, которые наиболее подробно охарактеризованы Л.И. Шабалиным [7]. Нами были обнаружены и изучены жилы, достигающие в длину трёх метров при ширине не более 7–8 см. Основная часть таких жильных образований заполнена халцедоном, причём цветовая гамма широко варьирует. Встречаются жилы, заполненные разноокрашенным халцедоном: красноватым, голубоватым, серым или зелёным. В некоторых образцах наблюдается центральная часть, заполненная кварцем. Встречаются кристаллы кальцита. Внутри халцедоновых жил часто наблюдаются ксенолиты базальта. По периферии некоторые жилы оконтурены бурой каймой неясного состава, толщиной до 5 мм.

Некоторые экземпляры характеризуются отчётливым агатовым рисунком (рис. 2).

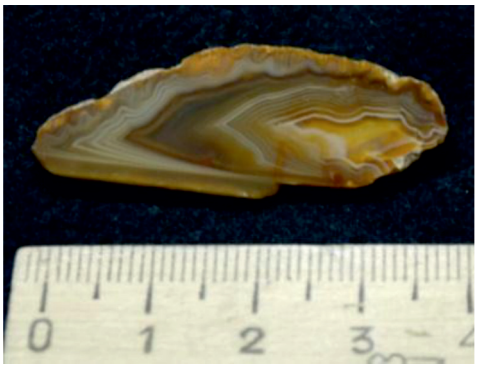


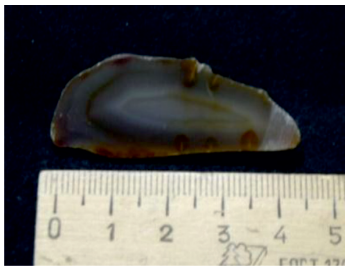
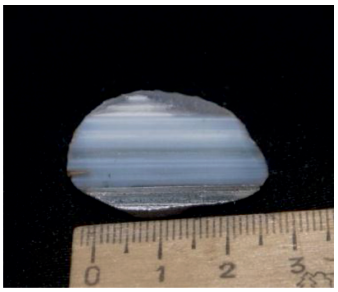
Рис. 1. Агат Кемеровской области проявления у д. Ключи

Рис. 2. Кварц-халцедоновое жильное образование проявления у п. Зеленогорский

Среди исследуемых агатов авторами выделено три типа текстурных рисунков (таблица).

Преобладание ониксов среди халцедонов Салтымаковского хребта и их проявления коренного типа у п. Зеленогорский свидетельствуют о высокой концентрации кремнезема в растворе, причем в высокомолекулярном (полимеризованном) состоянии, что способствовало гравитационной отсадке коллоидной составляющей этих растворов. Рост волокон халцедона происходил за счет полимерной составляющей (путём присоединения целых полимерных цепочек), а полимеризация поддерживалась высокой концентрацией раствора [3]. Значительное распространение ониксов отмечено для триасовых образований Салтымаковского хребта. Для большинства агатов из проявлений Терсюк характерно преобладание концентрически-зональных рисунков, реже встречается комбинированный тип. Снижение содержания ониксов среди кварц-халцедоновых образований из проявления Терсюк может свидетельствовать об уменьшении концентрации кремнезема в заключительных порциях гидротермальных растворов, что препятствовало процессу гравитационной отсадки их коллоидной составляющей [8, 10, 11].

Типы текстурных рисунков в исследуемых агатах

1 тип. Концентрически-зональное строение миндалины (образец проявления у д. Ключи)	2 тип. Комбинированный тип (в одной миндалине наблюдается ониксовая рисунчатость и концентрически-зональная) (образец проявления Салтымаковского хребта)	3 тип. Ониксовое строение миндалины (образец проявления Салтымаковского хребта)
		

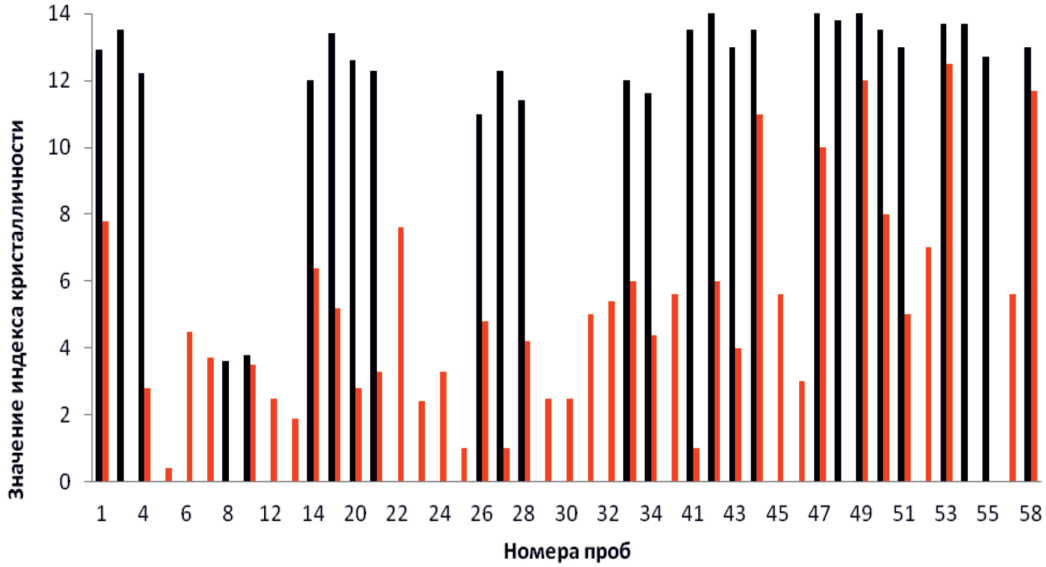


Рис. 3. Значения индексов кристалличности кварца (чёрная линия) и халцедона (красная линия): пробы 1, 6 – п. Зеленогорский, 2–5, 7–18 – д. Ключи; 20–34 – участок Терсюк; 41–58 – Салтымаковский хребет

Состав и свойства отдельных слоев

Рентгеноструктурный анализ

Послойное изучение рентгенограмм минералов, составляющих отдельные слои агатов и ониксов, позволило выявить присутствие трёх минералов: халцедона, кварца и реже кристобалита. Кроме того, был рассчитан индекс кристалличности ($К_{ci}$) для каждой из проб при помощи метода порошковой рентгенографии: для халцедоновой части и кварцевой [5, 6]. Анализ этих данных показал, что кварц-халцедоновые образования региона по индексу кристалличности фаз заметно различаются (рис. 3).

Высоким индексом кристалличности обладает кварц внутренних зон миндалин и агатовых жил. Кварц в агатовых образцах отличается высокой чистотой и характеризуется достаточно высокими значениями $К_{ci}$ (от 11,0 до 12,6). Показатель $К_{ci}$ халцедона всегда заметно ниже, чем у кварца, но отличается большим разнообразием. Наиболее высокий $К_{ci}$ у халцедона Салтымаковского хребта. Примечательно то, что образцы, имеющие высокий $К_{ci}$ как кварцевой части, так и халцедоновой, отличаются насыщенной голубой, голубовато-серой, голубовато-белой окраской зон. По мнению авторов, значения индекса кристалличности могут отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезёма – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера. Авторы полагают, что именно полимеризованное состояние кремнезёма ответственно за высокий индекс кристалличности.

Заключение

Таким образом, по текстурно-морфологическим особенностям кварц-халцедоновые образования (агаты и ониксы) из проявлений Южно-Кузбасского ареала делятся на 3 группы: 1) с концентрически-зональным рисунком, 2) с комбинированным типом рисунка, 3) с ониксовым рисунком. Причем это разделение характерно как для девонских, так и для триасовых проявлений. Особенностью халцедонов Кузбасса является широкое распространение ониксов, что могло быть следствием высокой концентрации кремнезёма в растворе. Снижение содержания ониксов среди кварц-халцедоновых образований из проявлений Терсюк может свидетельствовать об уменьшении концентрации кремнезёма в заключительных порциях гидротермальных растворов, что препятствовало процессу гравитационной отсадки их коллоидной составляющей на определённом этапе. В целом же заключение о повышенных концентрациях кремнезёма для данного региона соответствует данным других исследователей петролого-минералогических особенностей вулканитов центральной части Кузбасса. Рассчитанный для образцов кварца и халцедона индекс кристалличности, по мнению авторов, может отражать изменение пропорций между двумя состояниями кремнезёма – высокомолекулярным (полимеризованным) и в виде мономера. Дальнейшее изучение этих минеральных образований высокопрецизионными методами может дать новую информацию для понимания агатообразования в природе.

Работа подготовлена при поддержке Министерства образования и науки РФ, госзадание № 2282.

Список литературы

1. Кантор Б.З. К проблеме генезиса агатов (новые данные) / Новые данные о минералах. – М.: ЭКОСТ, 2006. – Вып. 41. – С. 145–153.

2. Dumańska-Słowik M., Natkaniec-Nowak L., Kotarba M.J., Sikorska M., Rzymetka J.A., Loboda A., Gaweł A. / Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen. – 2008. – 184 (3). – P. 255–268.

3. Moxon T. Agate and chalcedony from igneous and sedimentary hosts aged from 13 to 3480 Ma: a cathodoluminescence study / T. Moxon and S.J.B. Reed // Mineralogical Magazine. – 2006. – 70. – P. 485–498.

4. Möckel R. Agates from volcanics of the Erzgebirge Basin, Saxony (in German) / Möckel R., Götze J. // Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz. – 2007. – 30. – P. 25–60.

5. Korovkin M.V. Crytallinity Index Identification of Quarzites by X-ray Diffraction Method / Korovkin M.V., Ananjeva L.G., Nebera T.S., Razva O.S. // Crystallogenesis and Mineralogy: Abstracts of the III International Conference. – 2013. – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. – P. 176–177.

6. Murata K.J. An index of crystallinity for quartz / Murata K.J., Norman M.B. // American Journal of Science. – 1976. – V. 276. – P. 1120–1130.

7. Шабалин Л.И. Генезис агатов, гидротермальных месторождений и гранитоидных магматических пород как результат действия СРПС [Текст] / Л.И. Шабалин. – Новосибирск: СНИИГГИМС, 2013. – 292 с.

8. Полеховский Ю.С. Агатовая минерализация базальтоидов северо-восточного Приладожья (Ю. Карелия) / Полеховский Ю.С., Пунин Ю.О // ЗРМО. – 2007. – № 3. – С. 96–103.

9. Буслов М.М. Пермотриасовый плюмовый магматизм Кузнецкого бассейна (Центральная Азия): геология, геохронология и геохимия / М.М. Буслов, И.Ю. Сафонова, Г.С. Федосеев, М. Рейков, К. Дэвис, Г.А. Бабин // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51,№ 9. – С. 1310–1328.

10. Светова Е.Н. Агатовая минерализация в эффузивах суйсарского комплекса Центральной Карелии / Е.Н. Светова, С.А. Светов // Учен. зап. Петрозавод. гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. – 2014. – № 4 (141). – С. 61–66.

11. Наставко А.В. Петролого-минералогические особенности вулканитов центральной части Кузбасса (Южная Сибирь) / А.В. Наставко, Е.В. Бородина, А.Э. Изох // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 4. – С. 435–449.

УДК 528.4 (470.40)

РАЗВИТИЕ И ОХРАНА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Чурсин А.И., Щеглова О.А.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: ktkbr1322@yandex.ru

Обследование пунктов геодезической сети – это технологический процесс, заключающийся в определении на месте степени сохранности пунктов сети и их внешнего оформления. Государственная геодезическая сеть представляет собой совокупность геодезических пунктов, местоположение которых определено в государственной системе координат, используемой при осуществлении геодезических и картографических работ. В работе поставлена проблема ведения существующей государственной геодезической сети в России. Приводится топографо-геодезическая изученность территории Пензенской области. Дан анализ развития государственной геодезической сети на территории Пензенской области, а именно состояние геодезической сети и проблем развития и охраны данной сети. Предложены пути решения поставленных проблем. В заключение приведен расчет экономической эффективности восстановления государственной геодезической сети на территории Пензенской области, даны выводы и предложения по итогам проделанного исследования.

Ключевые слова: развитие, охрана, государственная геодезическая сеть, геодезия, картография Пензенская область, пункты полигонометрии

THE DEVELOPMENT AND PROTECTION OF STATE GEODETIC NETWORK IN THE PENZA REGION

Chursin A.I., Scheglova O.A.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: ktkbr1322@yandex.ru

The survey points geodetic network is a technological process, which consists in determining on the site of the grade points of the network and their external design. State geodetic network is a set of geodetic points, whose location is defined in the state coordinate system used in the implementation of geodetic and cartographic works. In work the problem of reference to the existing state geodetic network in Russia. Given the topographic study of the territory of the Penza region. The analysis of the development of the state geodetic network in the Penza region, namely on the state geodetic network and what are the problems of development and security of the network. Proposed solutions to the problems raised. In conclusion, given the calculation of economic efficiency of restoration of the state geodetic network on the territory of the Penza region, the conclusions and proposals the performed research.

Keywords: development, security, national geodetic network, surveying, cartography, Penza region, the points of the traverse network are made

В Пензенской области в настоящее время государственная геодезическая сеть не совсем отвечает современным требованиям по точности и неоднородна по плотности. Сущность геодезического обеспечения территории Пензенской области составляет комплекс процессов создания, предоставления, актуализации и использования информации на основе геодезического метода определения положения и формы предметов (включая процессы, явления и события) окружающего мира в геодезических системах координат.

Федеральный государственный надзор в области геодезии и картографии (государственный геодезический надзор) заключается в деятельности соответствующих уполномоченных должностных лиц государственной Федеральной службы регистрации, кадастра и картографии и его территориальных органов, которая направлена на предупреждение, выявление и пресечение нарушений юридическими лицами, их руководителями и иными должностными лицами, индивидуальными предпринимателями, их уполномоченными представителями требований, установленных нормативными правовыми актами и нормативно-техническими документами в области геодезии и картографии, посредством организации и проведения неоднократных проверок юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, принятия к ним предусмотренных законодательством РФ мер по пресечению или устранению последствий выявленных ими нарушений, а также деятельность указанных уполномоченных лиц по систематическому наблюдению за исполнением тех требований, которые необходимо им выполнить, а также анализу и прогнозированию состояния исполнения обязательных требований при осуществлении деятельности как юридическими лицами, так и индивидуальными предпринимателями [1].

Обследованные пункты полигонометрии по районам Пензенской области

№ п/п	Название района	Количество уничтоженных пунктов	Количество сохранённых пунктов	Количество необследованных пунктов	Всего пунктов
1	2	3	4	5	6
1	Башмаковский	3	20	32	55
2	Бековский	2	20	37	59
3	Белинский	2	10	58	70
4	Бессоновский	5	9	41	55
5	Вадинский	0	4	8	12
6	Городищенский	4	20	46	70
7	Земетчинский	1	5	20	26
8	Иссинский	27	28	5	60
9	Каменский	11	33	44	88
10	Камешкирский	2	47	41	90
11	Колышлейский	3	13	46	62
12	Кузнецкий	14	16	416	446
13	Лопатинский	0	3	44	47
14	Лунинский	3	10	57	70
15	Малосердобинский	2	18	64	84
16	Мокшанский	9	19	78	106
17	Наровчатский	3	15	45	63
18	Неверкинский	0	4	49	53
19	Нижнеломовский	3	48	167	218
20	Никольский	8	40	75	123
21	Пачелмский	0	3	10	13
22	Пензенский	113	448	1313	1874
23	Сердобский	1	33	131	165
24	Сосновоборский	0	3	9	12
25	Спасский	2	13	40	55
26	Тамалинский	0	4	36	40
27	Шемышейский	1	5	59	65
	Всего:	219	891	2971	4081

Государственный геодезический надзор на территории Пензенской области осуществляется Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии по Пензенской области (далее – Управление). Функции по осуществлению государственного геодезического надзора возложены на руководителя Управления, заместителя руководителя Управления, начальника отдела геодезии и картографии, и специалистов отдела геодезии и картографии Управления по Пензенской области [1].

С начала развития геодезической сети на территории Пензенской области использовалась единая государственная система координат 1942 г. (СК-42). С 1 июля 2002 г. Постановлением Правительства РФ от 28.07.2000 «Об установлении единых государственных систем» была установлена единая система геодезических координат 1995 (СК-95). Целесообразность введения системы координат 1995 г. состоит в повышении точности, оперативности и экономической эффективности решения задач геодезического обеспечения, отвечающего современным требованиям экономики, науки и обороны страны. Сейчас стоят вопросы по переходу к геоцентрической системе координат ГСК-2011 при ведении государственного кадастра недвижимости.

Также на территории области была создана в разные годы сеть геометрического и тригонометрического нивелирования разных классов. Установлены 4 класса точности нивелирных сетей: I класс, II класс, III класс и IV класс.

Государственная геодезическая сеть покрывает всю территорию Российской Федерации и служит основой и ее главной геодезической подложкой, и в связи с этим вопросы состояния геодезических пунктов, а также пунктов государственной ниве-

лирной сети и опорной межевой сети попрежнему актуальны в данный момент [2]. Количество обследованных пунктов на территории Пензенской области приведено в таблице.

Как видно из таблицы и рис. 1, на 1 июня 2017 г. в Пензенской области уничтожено 219 пунктов полигонометрии, что составляет 5%, 891 пункт сохранился (22%) и 2971 пункт (73%) не обследован.

Их всех районов области самая плохая геодезическая основа в Иссинском районе, из 60 пунктов полигонометрии уничтожено 27 пунктов, что составляет почти 50%. Далее следует Пензенский район, уничтожено 113 пунктов, но еще есть около 50 пунктов, в значениях координат которых имеются ошибки.

Отрицательным моментом является, что большое количество пунктов государственной геодезической сети не обследованы на территории области, что не дает сделать более подробные выводы по состоянию геодезической сети в настоящее время.

Состояние пунктов триангуляции можно увидеть на карте состояния пунктов государственной геодезической сети (рис. 2–3). На карте показано местонахождение каждого пункта триангуляции. Из обследованных 632 пунктов уничтожен 41 пункт, что составляет согласно диаграмме 7%, 262 пункта сохранены (41%), также можно увидеть, что пункты триангуляции, находящиеся в фонде государственного земельного надзора Управления росреестра Пензенской области не все находятся на территории Пензенской области. Небольшая их часть находится на территории соседних областей.

Состояние пунктов государственной геодезической сети на территории Пензенской области 2017 г. в соответствии с нормами Инструкции не совсем удовлетворяет. Поэтому авторы предлагают восстановить пункты, которые уничтожены, чтобы требования плотности соблюдались [3].

Глобального обследования геодезической сети на территории Пензенской области с 1996 г. не проводилось. Большой вклад в обследование существующей геодезической сети и опорной межевой сети на территории области вносят межевые организации, которые в соответствии с требованиями пункта 5 Постановления Правительства РФ от 07.10.1996 г. № 1170 «Об утверждении Положения об охранных зонах и охране геодезических пунктов на территории Российской Федерации» в обязательном порядке предоставляют сведения в Управление, а Управление в рамках межведомственного взаимодействия направляет эти сведения в филиал ФГБУ «ФКП Росреестра», а также в рамках сотрудничества помощь оказывает студенческий землеустроительный отряд «ГЕО ПГУАС» при факультете управления территориями в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства при прохождении геодезической практики [4].

Специалистами Управления за 2016 г. было обследовано 80 пунктов геодезической сети. У многих из них были выявлены недостатки, одним из которых является отсутствие наружного знака.

Рис. 1. Пункты полигонометрии Пензенской области

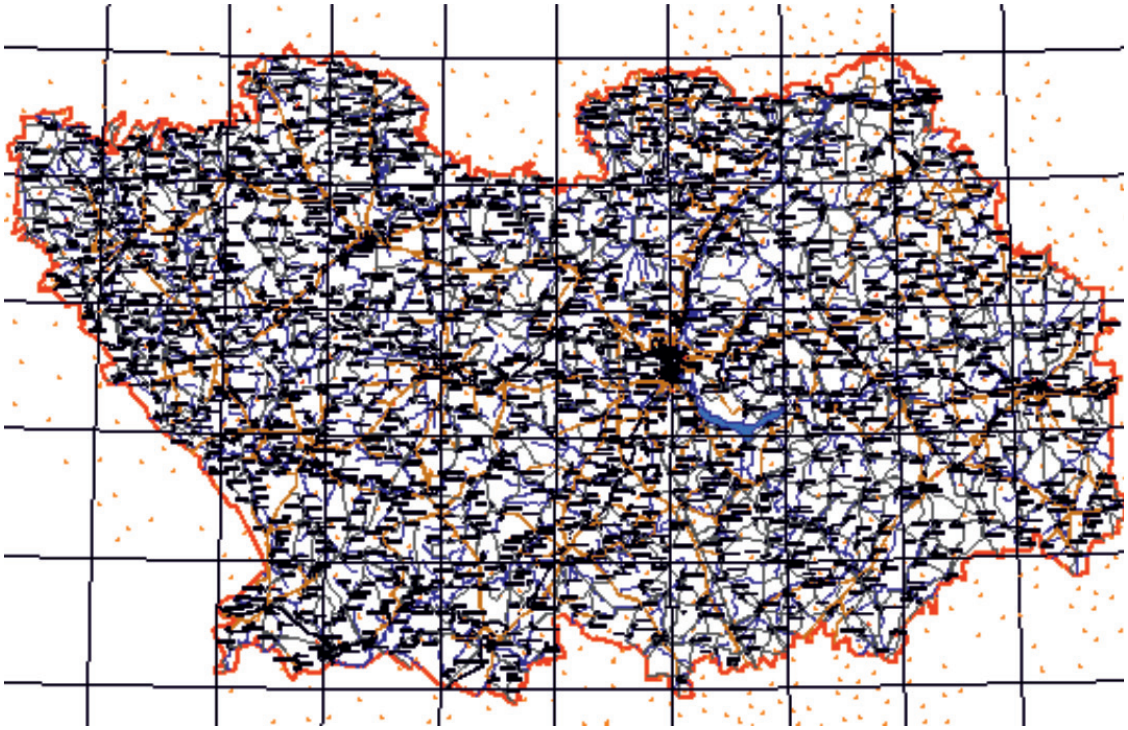


Рис. 2. Состояние пунктов триангуляции Пензенской области

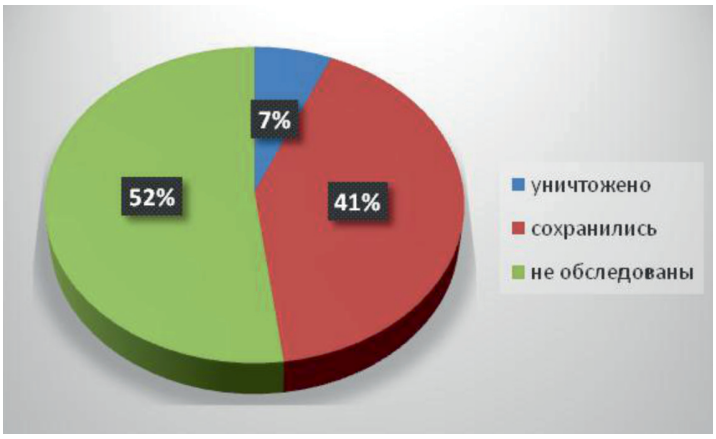


Рис. 3. Пункты триангуляции Пензенской области

В 2016 г. на территории Пензенской области было проведено 3 плановых проверки соблюдения законодательства в области геодезии и картографии, из них:

– 1 плановая проверка;

– 2 внеплановые проверки [4].

В 2015 г. за этот же период было проведено 14 плановых проверок по федеральному геодезическому надзору и 5 внеплановых проверок [4].

Количество проведённых проверок в сравнении 2016 и 2015 гг. приведено на рис. 4.

Уменьшение количества проводимых плановых проверок в 2016 г. связано с введением пункта 1 26.1 «Особенности организации и проведения в 2016–2018 гг. плановых проверок при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля в отношении субъ-

ектов малого предпринимательства» в Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» если иное не установлено частью 2 настоящей статьи, с 1 января 2016 г. по 31 декабря 2018 г. не проводятся плановые проверки в отношении юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, отнесенных в соответствии с положениями статьи 4 Федерального закона от 24.07.2007 г. № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в РФ» к субъектам малого предпринимательства [5].

Также в 2016 г. за непредоставление сведений о материалах и данных их федерального картографо-геодезического фонда инспектором по надзору был составлен один протокол об административных правонарушениях. По решению суда юридическое лицо было привлечено к административной ответственности.

Большой вклад по исполнению Управлением контрольно-надзорных функций вносят и специалисты отдела геодезии и картографии, участвуя в проверках по требованию прокуратуры, УВД, ФСБ и в совместных проверках с другими смежными отделами Управления, а также принимают участие в судах по обращениям граждан.

Всего за 2015–2016 гг. проведено 84 проверки, а именно:

– совместно с УМВД – 6;

– совместно с прокуратурой – 6;

– совместно с сотрудниками ФСБ – 1;

– в рамках государственного земельного надзора – 21;

– на основании писем от межевых организаций – 24;

– на основании заявлений граждан – 23;

– на основании письма департамента госимущества – 1;

– на основании заявления Минлесхоза – 1;

– на основании письма Администрации – 1 [5].

Значительную роль в исполнении надзорных функций играет и внедрение нового геодезического оборудования, грамотное применение которого в разы увеличивает эффективность и качество возложенных на Управление контрольно-надзорных мероприятий.

В процессе проведения контрольных мероприятий выяснилось, что многие пункты геодезической сети прежних лет создания содержат ошибку в координатах, что повлекло за собой присутствие кадастровой ошибки в местоположении объектов на кадастровом плане территории г. Пензы.

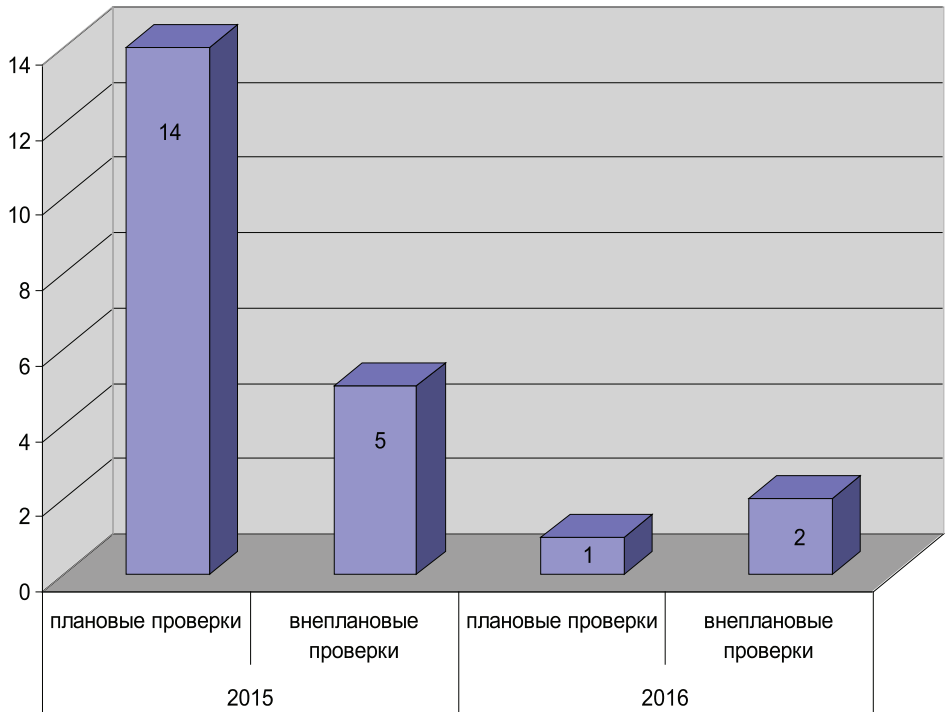


Рис. 4. Количество проверок

Для сохранности геодезических пунктов на территории Пензенской области предлагается провести работу с органами местного управления и органами архитектуры в части выдачи разрешений на земляные работы исполнителям работ в строительстве по согласованию с Управлением Росреестра по Пензенской области, чтобы предотвратить несанкционированное уничтожение геодезических пунктов либо создать общую базу существующих пунктов государственной геодезической сети, чтобы органы архитектуры знали о местоположении пунктов при выдаче разрешений.

На территории Пензенской области уничтожено всего 240 пунктов государственной геодезической сети, и для того, чтобы их восстановить по нашим расчетам, исходя из сборника цен 1998, СУР 2002 и коэффициентов Минэкономразвития России на 1 января 2017 г., необходимо 24 625 574,80 рублей

Выводы

1. Выполнен анализ топографо-геодезической изученности территории Пензенской области.

2. Выполнен анализ состояния существующей государственной геодезической сети Пензенской области. Установлено, что существующая ГГС Пензенской области по точности и по плотности неоднородна и не полностью отвечает современным требованиям, предъявляемым к плановым сетям. В Пензенской области на 1 января 2017 г. установлены 4713 пунктов государственной геодезической сети, из них уничтожено 260 пунктов геодезической сети (41 пункт триангуляции и 219 пунктов полигонометрии). Отрицательным моментом является то, что большое количество пунктов не обследованы на территории области, что не дает сделать более подробные выводы по состоянию геодезической сети.

3. По результатам анализа сделан вывод о необходимости восстановления государственной геодезической сети с использованием спутниковых технологий GPS / ГЛОНАСС.

4. Составлена карта состояния государственной геодезической сети Пензенской области.

5. Рассмотрены проблемы развития и охраны государственной геодезической сети.

6. Предложены способы, которые могли бы предотвратить несанкционированные уничтожения пунктов государственной геодезической сети.

7. Выполнен расчет экономической эффективности восстановления пунктов государственной геодезической сети.

Список литературы

1. Доклад о состоянии государственной геодезической сети и участии специалистов отдела геодезии в проводимых прокуратурой, УВД, ФСБ, следственным комитетом контрольно-надзорных мероприятий // Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Пензенской области. – Пенза, 2016.

2. Щеглова О.А., Чурсин А.И. История развития геодезической основы в России [Текст] / О.А. Щеглова, А.И. Чурсин // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2016. – № 4. – С. 194–198.

3. Официальный сайт Росреестра [Электронный ресурс]. – URL: https://rosreestr.ru/site/. (дата обращения: 22.06.2017).

4. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 г. (ск-95) Вводится в действие с 1 марта 2004 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://rushkolnik.ru/docs/index – 22325849-72.html. (дата обращения: 22.06.2017).

5. Чурсин А.И. Охрана геодезических пунктов на территории Пензенской области [Текст] / О.А. Щеглова, А.И. Чурсин // Научная весна – 2016: Материалы VII-й Всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Днепропетровск, 06–07 апреля 2016 года). – Днепропетровск: Государственный ВНЗ «НГУ», 2016. – С. 184–186.