
УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 12 2016

Часть 1

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор

РИНЦ – 0,906

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru/>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № 77-11311.**

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,906.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

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

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

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

Подписано в печать – 22.12.2016

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.
Усл.п.л. 28,88
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/12-2016
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМОЙ УПАКОВКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ТАКОЙ УПАКОВКЕ <i>Асякина Л.К.</i>	9
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОГО НАРУЖНОГО СРЕДСТВА ТЕРАПИИ ДЕРМАТОЗОВ <i>Кунгуров Н.В., Чупахин О.Н., Зильберберг Н.В., Хонина Т.Г., Кохан М.М., Полищук А.И., Евстигнеева Н.П.</i>	14
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ФЛЮОРИТОВЫХ РУД НИЖНЕ-БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ) <i>Марченко А.А., Зашихин А.В., Воскресенская Е.Н., Южанников А.Ю.</i>	20
ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ЛИНЕЙНОГО СТРОЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ГАЗОВЫХ УГЛЕЙ <i>Муллина Э.Р., Мишурина О.А.</i>	26
ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА НЕНАСЫЩЕННЫХ 4-МЕТОКСИФЕНИЛСЕЛАНОВ <i>Потапов В.А., Амосова С.В.</i>	31
СИНТЕЗ ТЕРМОЛЮМИНОФОРОВ НА ОСНОВЕ $MgB_4O_7 \cdot 2H_2O$ <i>Субанакоев А.К., Базаров Б.Г., Первалов А.В., Базарова Ж.Г.</i>	36
СТРУКТУРА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ДИГЛИЦИНОБОРАТА МЕДИ (II) <i>Тютрина С.В., Ващенко А.В., Зельбст Э.А., Ущановская З.Ф., Осина М.А.</i>	42
ОСОБЕННОСТИ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ПОЧВ В ПРЕДЕЛАХ СТЕПНЫХ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ <i>Францева Н.Н., Безгина Ю.А., Глазунова Н.Н.</i>	48
РЕГУЛИРОВАНИЕ АНТИДОТНЫХ СВОЙСТВ НАФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА ПРИ ЕГО МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ <i>Халиков С.С., Спиридонов Ю.Я., Поляков Н.Э., Ильин М.М.</i>	52
ФОТОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЦИАНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ <i>Цыбикова Б.А., Батоева А.А.</i>	57

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

К ИЗУЧЕНИЮ ВЫСОТЫ НАГАРА В ЛИСТВЕННИЧНИКАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ <i>Габдыева Л.П., Протопопова В.В.</i>	63
КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ ВИДОВ И ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ В СЕМЕЙСТВЕ GROSSULARIACEAE DC <i>Гаврилова О.А., Тихонова О.А.</i>	68
КОЛЛЕКЦИОННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ, ВОПРОСЫ ИНТРОДУКЦИИ И АККЛИМАТИЗАЦИИ <i>Губанов А.Г.</i>	74
СОСТАВ, СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СЕВЕРОТАЁЖНЫХ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ БАССЕЙНА Р. АЛАЗЕИ (КОЛЫМСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ, СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ) <i>Ефимова А.П.</i>	79
АНАЛИЗ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАМЧАТСКОГО КРАЯ – ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Иваненко Н.В.</i>	85
НАСЛЕДУЕМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ТЕСТИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ <i>Кибкало И.А., Кайргалиев Д.В.</i>	90

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОДНОЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ПИТОМНИКОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ <i>Морозова Е.В., Иозус А.П.</i>	94
ВОСПРИИМЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОВСА К КОРОНЧАТОЙ РЖАВЧИНЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ <i>Свиркова С.В., Старцев А.А., Заушинцева А.В., Стецов Г.Я.</i>	99
К ОЦЕНКЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПАШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮГА РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА <i>Суржик М.М., Ознобихин В.И., Черняк Д.М., Чеканникова Т.А.</i>	105
ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНИХ АГРОЦЕНОЗОВ <i>Тюлин В.А., Сутягин В.П.</i>	110
БИОПРЕПАРАТЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЯ <i>Уромова И.П., Султанова Л.Р., Дедюра И.С.</i>	117

Науки о Земле (25.00.00)

О СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ОКЕАНСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА КЛИМАТ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ СУШИ <i>Аничкина Н.В., Ростом Г.Р.</i>	122
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН С БОКОВЫМИ СТВОЛАМИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО ОБВОДНЕНИЯ ПЛАСТОВ <i>Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Колев Ж.М., Черепанов А.С.</i>	127
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ В ЧЕРНОЗЕМАХ АГРОЛАНДШАФТОВ УЙМОНСКОЙ МЕЖГОРНОЙ КОТЛОВИНЫ (БАССЕЙН Р. КАТУНЬ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ) <i>Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Ельчиногова О.А., Рождественская Т.А., Кузнецова О.В., Балыкин С.Н., Трошкова И.А.</i>	133
АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ ДЛЯ САНАЦИИ МАРГИНАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ <i>Бортникова Г.А., Луговской А.М., Межова Л.А.</i>	139
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОТОКОВ В УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЯХ СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО БАЙКАЛА <i>Воробьева И.Б., Белозерцева И.А., Власова Н.В., Янчук М.С.</i>	144
ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ НА ЛАНДШАФТЫ ПРЕДГОРНО-ГОРНОЙ ЗОНЫ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ <i>Гайрабеков У.Т.</i>	149
СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЛУБОКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ И НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В РЕГИОНАХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА <i>Жуков А.В., Кусраева Д.Э., Жукова Ю.А., Шмелев А.А., Умаров М.С.</i>	154
ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПРИ ВЕЕРНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ <i>Катышев П.В., Кисляков В.Е., Вокин В.Н.</i>	162
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «ВОСКРЕСЕНСКОЕ ПОВЕТЛУЖЬЕ» <i>Копосова Н.Н., Плашкина А.Д.</i>	167
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ <i>Копылов И.С.</i>	172
О ТИПОХИМИЗМЕ ШЕЕЛИТА РАЗНОГЛУБИННЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗОЛОТА ЗАПАДНОЙ ТУВЫ <i>Кужугет Р.В., Монгуш А.А.</i>	178

К ВОПРОСУ ОБ УНИФИКАЦИИ КРИТЕРИЕВ СОПОСТАВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ <i>Кусачева С.А., Саценко И.И., Черняев С.И., Гришакова В.В., Сафронова М.Е.</i>	184
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО МАССОПЕРЕНОСА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕХНОГЕННОМ МАССИВЕ <i>Михайлов А.Г., Ваишаев И.И., Харитонова М.Ю.</i>	188
ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕФЕРРИТИЗАЦИИ КИСЛЫХ РУДНИЧНЫХ ВОД <i>Мишурина О.А., Муллина Э.Р.</i>	194
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЬГИНСКОГО УГОЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА НАЗЕМНЫЕ РЕСУРСЫ <i>Николаева Н.А., Пинигин Д.Д.</i>	199
СТРАТИГРАФИЯ ПОЗДНЕИНДСКИХ-РАННЕОЛЕНЕКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ ПРЕДВЕРХОЯНСКОГО ПРОГИБА В СВЯЗИ С ИХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ <i>Рукович А.В.</i>	204
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ОБРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Тюкленкова Е.П., Акифьев И.В., Чурсин А.И.</i>	210
АНАЛИЗ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ЛЁССОВЕДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ (ЛЁССОВЫХ ПОРОД) <i>Хансиварова Н.М.</i>	216
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ <i>Шеховцов А.И., Белозерцева И.А.</i>	222
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА В ПРИБЛИЖЕНИИ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ <i>Ямалетдинова К.Ш., Хакимов Р.М., Гоц С.С., Янгуразова З.А., Ямалетдинова А.А., Гимаев А.Р., Нурутдинов А.А., Тухватуллин М.Ф., Хуснутдинова Р.Р., Хафизов А.Р., Емельянов Д.В., Шайхутдинова М.Ш.</i>	228

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

TECHNOLOGICAL SCHEME OF PRODUCTION OF BIODEGRADABLE PACKAGING AND RESEARCH FOOD STORAGE ABILITY OF THIS PACKAGING <i>Asyakina L.K.</i>	9
PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE DERMATOSES TOPICAL TREATMENT <i>Kungurov N.V., Chupakhin O.N., Zilberberg N.V., Khonina T.G., Kokhan M.M., Polischuk A.I., Evstigneeva N.P.</i>	14
DEVELOPMENT OF FLUORITE ORE PROCESSING TECHNOLOGY FOR THE NIZHNE-BEREZOVSKY DEPOSIT (KRASNOYARSK' REGION) <i>Marchenko A.A., Zashikhin A.V., Voskresenskaya E.N., Yuzhannikov A.Yu.</i>	20
RESEARCH OF ADSORPTION OF ESTERS OF THE LINEAR STRUCTURE ON THE SURFACE OF GAS COALS <i>Mullina E.R., Mishurina O.A.</i>	26
EFFICIENT METHODS OF SYNTHESIS OF UNSATURATED 4-METHOXYPHENYLSELANES <i>Potapov V.A., Amosova S.V.</i>	31
THERMOLUMINESCENT PHOSPHOR SYNTHESIS ON THE BASIS OF $MgB_4O_7 \cdot 2Dy$ <i>Subanakov A.K., Bazarov B.G., Perevalov A.V., Bazarov Zh.G.</i>	36
STRUCTURE AND SOME PROPERTIES OF DIGLYCINENITRATE COPPER (II) <i>Tyutrina S.V., Vaschenko A.V., Zelbst E.A., Uschapovskaya Z.F., Osina M.A.</i>	42
FEATURES OF DISPERSION ANALYSIS OF SOILS WITHIN THE STEPPE DIRT ROADS <i>Frantseva N.N., Bezhina Yu.A., Glazunova N.N.</i>	48
REGULATION OF SAFENER PROPERTIES OF NAPHTHALIC ANHYDRIDE BY ITS MECHANOCHEMICAL MODIFICATION <i>Khalikov S.S., Spiridonov Yu.Ya., Polyakov N.E., Ilin M.M.</i>	52
PHOTOCHEMICAL OXIDATION OF STABLE CYANIDE COMPOUNDS <i>Tsybikova B.A., Batoeva A.A.</i>	57

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

STUDY OF DEPOSIT HEIGHT IN LARCH FORESTS IN CENTRAL YAKUTIA <i>Gabyшева L.P., Protopopova V.V.</i>	63
THE QUALITY OF POLLEN OF SPECIES AND REMOTE HYBRIDS IN THE FAMILY GROSSULARIACEAE DC <i>Gavrilova O.A., Tikhonova O.A.</i>	68
COLLECTOR STUDY OF MEDICINAL PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH TRANS-URAL, INTRODUCTION AND ACCLIMATIZATION ISSUES <i>Gubanov A.G.</i>	74
A COMPOSITION, STRUCTURE AND DYNAMICS OF NORTH-TAYGA LARCH (LARIX CAJANDERI MAYR) FORESTS OF ALAZEYA RIVER BASIN (KOLYMA LOWLANDS, NORTH-EASTERN YAKUTIA) <i>Efimova A.P.</i>	79
THE ANALYSIS OF SOIL AND LAND RESOURCES OF KAMCHATKA KRAI – THE PROSPECT OF USE <i>Ivanenko N.V.</i>	85
THE HERITABILITY OF INDICATORS FLUORESCENT SOUNDING, TESTING THE QUALITY OF WHEAT <i>Kibkalo I.A., Kayrgaliev D.V.</i>	90

FEATURES OF CHEMICAL COMPOSITION OF ANNUAL PINE SEEDLINGS WHEN GROWN IN CONDITIONS OF NURSERIES OF STEPPE ZONE <i>Morozova E.V., Iozus A.P.</i>	94
SUSCEPTIBILITY OF OATS TO CROWN RUST AND GENETIC SOURCES OF RESISTANCE <i>Svirkova S.V., Startsev A.A., Zaushintsena A.V., Stetsov G.Ya.</i>	99
TO ASSESS OF SOIL FERTILITY ARABLE LANDS OF SOUTH RUSSIAN FAR EAST <i>Surzhik M.M., Oznobikhin V.I., Chernyak D.M., Chekannikova T.A.</i>	105
PHYTOCENOTIC FEATURES PERENNIAL AGROCENOSES <i>Tyulin V.A., Sutyagin V.P.</i>	110
BIOLOGICAL PRODUCTS AS INCREASE FACTOR PRODUCTIVITY AND QUALITY OF POTATOES <i>Uromova I.P., Sultanova L.R., Dedyura I.S.</i>	117

Earth sciences (25.00.00)

THE DEGREE OF INFLUENCE OF OCEAN SURFACE CURRENTS ON ADJACENT LAND CLIMATE <i>Anichkina N.V., Rostom G.R.</i>	122
ANALYSIS OF OPERATING EFFICIENCY AND DRILLING SIDETRACK WELLS IN HIGH WATER CUT <i>Apasov T.K., Apasov G.T., Kolev Zh.M., Cherepanov A.S.</i>	127
MODELING OF MOISTURE INTERPROFILE MOVEMENT IN CHERNOZEM E OF AGROLANDSCAPES OF UIMON INTERMOUNTAINE DEPRESSION (KATUN BASIN, CENTRAL ALTAI) <i>Baboshkina S.V., Puzanov A.V., Elchininova O.A., Rozhdestvenskaya T.A., Kuznetsova O.V., Balykin S.N., Troshkova I.A.</i>	133
ANALYSIS OF THE MODELS OF RECLAMATION OF QUARRIES FOR SANALI MARGINAL REGIONS <i>Bortnikova G.A., Lugovskoy A.M., Mezhova L.A.</i>	139
CURRENT STATE OF WATERCOURSES IN THE ESTUARINE AREAS OF THE MIDDLE AND SOUTHERN LAKE BAIKAL <i>Vorobeva I.B., Belozertseva I.A., Vlasova N.V., Yanchuk M.S.</i>	144
IMPACT OF TECHNOLOGICAL FEATURES OIL PRODUCTION FACILITIES ON THE LANDSCAPE PIEDMONT-MOUNTAIN ZONE OF THE CHECHEN REPUBLIC <i>Gayrabekov U.T.</i>	149
CONDITION, PROBLEMS AND BASIC TRENDS OF DEEP CHEMICAL COALPROCESSING FOR CREATION OF COMPETITIVE PRODUCTION AND HIGHLY EFFECTIVE ENERGY SOURCES OF NEW BREED IN FAR-EASTERN FEDERAL REGION <i>Zhukov A.V., Kusraeva D.E., Zhukova Yu.A., Shmelev A.A., Umarov M.S.</i>	154
RATIONALE CONVEYING DIRECTION GANGUE OF THE FAN SYSTEM DEVELOPMENT <i>Katyshev P.V., Kislyakov V.E., Vokin V.N.</i>	162
PROBLEMS AND PROSPECTS OF ECOLOGICAL TOURISM DEVELOPMENT IN TERRITORY OF THE NATURE PARK «VOSKRESENSKY POVETLUZH'E» <i>Koposova N.N., Plashkina A.D.</i>	167
REGIONAL GEOLOGICAL FACTORS OF FORMATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS <i>Kopylov I.S.</i>	172
TYPOCHEMISTRY OF SCHEELITE OF DIFFERENT-DEPTH GOLD-ORE OCCURRENCES IN WESTERN TUVA <i>Kuzhuget R.V., Mongush A.A.</i>	178
ABOUT UNIFICATION OF CRITERIA COMPARISON OF VARIOUS MICROBIAL FUEL CELLS <i>Kusacheva S.A., Saschenko I.I., Chernyaev S.I., Grishakova V.V., Safronova M.E.</i>	184

MATHEMATICAL MODEL OPERATION OF THE FILTRATION MASS TRANSFER OF NON-FERROUS METALS IN THE TEHNOGENIC MASSIF <i>Mikhaylov A.G., Vashlaev I.I., Kharitonova M.Yu.</i>	188
CHEMICAL ASPECTS OF THE PROCESS OF DEFERRISATION ACIDIC MINE WATERS <i>Mishurina O.A., Mullina E.R.</i>	194
THE ELGA COAL COMPLEX ECOLOGICAL AND ECONOMIC DAMAGES ON LAND RESOURCES <i>Nikolaeva N.A., Pinigin D.D.</i>	199
STRATIGRAPHY OF LATEIND-EARLYOLENEK OF DEPOSITS OF EAST PART OF THE VILYUYSK SYNECLISE AND ADJACENT REGIONS OF THE PREVERKHUYANSK DEFLECTION DUE TO THEIR OIL-AND-GAS CONTENT <i>Rukovich A.V.</i>	204
RECLAMATION AREAS OF GULLIES AND RAVINES AREA NETWORK PENZA <i>Tyuklenkova E.P., Akifev I.V., Chursin A.I.</i>	210
ANALYSIS OF THE LOESS STUDIES TERMBASE TO STUDY SUBSIDING SOILS (LOESSIAL ROCKS) <i>Khansivarova N.M.</i>	216
ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF PRODUCTION OF RARE-EARTH ELEMENTS IN SOUTHEAST TRANSBAIKALIA <i>Shekhovtsov A.I., Belozertseva I.A.</i>	222
STUDY OF THE SURFACE RELIEF OF CORE MATERIAL IN APPROXIMATION THEORY RUNDOM FIELDS <i>Yamaletdinova K.Sh., Khakimov R.M., Gotz S.S., Yangurazova Z.A., Yamaletdinova A.A., Gimaev A.R., Nurutdinov A.A., Tikhvatullin M.F., Khusnutdinova R.R., Khafizov A.R., Emelyanov D.V., Shaykhutdinova M.Sh.</i>	228

УДК 665.931.7:621.798.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМОЙ УПАКОВКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ТАКОЙ УПАКОВКЕ

Асякина Л.К.

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»,
Кемерово, e-mail: alk_kem@mail.ru

Создание упаковки, которая в процессе утилизации не наносила бы вред окружающей среде, является в настоящее время актуальной задачей. В данной статье приведены рецептуры биоразлагаемой упаковки из желатина и природных полисахаридов, а также технология ее получения. Технологическая схема включает шесть этапов и представляет собой абсолютно новый подход к получению полимерных материалов. Полученную упаковку предлагается использовать для хранения различных молочных продуктов. На примере творога определены органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества и безопасности продукта в процессе хранения в биоразлагаемом контейнере. В качестве контрольного образца выбран тот же продукт, который хранился в упаковке из полиэтилентерефталата. По окончании эксперимента установлено, что творог, находившийся в разработанной биоразлагаемой упаковке, дольше сохранял свои потребительские свойства. Показано, что использование данной упаковки позволяет увеличить срок годности продукта на 40–50%.

Ключевые слова: желатин, природные полисахариды, биоразлагаемая упаковка, показатели качества, хранимоспособность

TECHNOLOGICAL SCHEME OF PRODUCTION OF BIODEGRADABLE PACKAGING AND RESEARCH FOOD STORAGE ABILITY OF THIS PACKAGING

Asyakina L.K.

*Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), Kemerovo,
e-mail: alk_kem@mail.ru*

Currently, creating a packaging, which is not harmful for the environment in a process of recycling, is very actual task. This article describes the recipes of biodegradable packaging made of gelatin and natural polysaccharides, as well as the technology of production this biodegradable packaging. The technological scheme includes six stages and it is a completely a new approach in obtaining of polymeric materials. The obtained packaging is proposed to use for the storage of different dairy products. As example, we used a cottage cheese for determining organoleptic, physical, chemical and microbiological parameters of quality and safety of the product during storage in the biodegradable container. As a control sample we used the same product that was stored in the package made of polyethylene terephthalate. At the end of the experiment it was revealed that the sample of cottage cheese, which was in the obtained biodegradable packaging, longer retained their consumer properties. It is shown that the using of the biodegradable packaging can increase the shelf life of the product on 40–50%.

Keywords: gelatin, natural polysaccharides, biodegradable packaging, quality indicators, storage ability

Упаковка является важным звеном в процессе сохранения качества пищевой продукции, поэтому в пищевой промышленности к упаковочным материалам, предъявляют очень жесткие требования [4]. Они должны соответствовать санитарно-эпидемиологическим характеристикам, сертификатам соответствия и нормативным документам (ГОСТ 522903-2007 «Пакеты из полимерных пленок и комбинированных материалов»), гигиеническим нормативам и инструкциям Министерства здравоохранения Российской Федерации (№ 880-71 «Санитарно-химические исследования изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами»). Данные документы устанавливают требования к качеству и составу

материала, используемого для изготовления упаковки, поверхности упаковки, размеру и качеству боковых швов, герметичности и прочности упаковки. Одним из обязательных условий, регламентирующих использование упаковки в пищевой промышленности, является наличие сертификата соответствия, выданного Министерством здравоохранения, подтверждающего безопасность упаковочных материалов для человека [3, 5].

В настоящее время широкое распространение в пищевой промышленности и торговой сети получила упаковка, которая должна не только обеспечивать сохранность пищевых продуктов, но и быть экономически выгодной и безопасной для здоровья человека и окружающей среды [6]. Одним из возможных путей развития является про-

изводство биоразлагаемой упаковки из природных материалов, снижающей вредное воздействие на окружающую среду различных отходов [1].

К упаковочной продукции предъявляют следующие санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования. Во-первых, упаковка не должна изменять органолептические и физико-химические свойства пищевой продукции. Во-вторых, упаковка не должна выделять вредные, токсичные вещества. В-третьих, в составе упаковки не должны присутствовать вещества, обладающие мутагенными, аллергенными и канцерогенными свойствами, и другие соединения, негативно влияющие на состояние и здоровье живого организма. В-четвертых, упаковка не должна служить питательной средой для развития патогенной и иной микрофлоры, а также не должна пропускать микроорганизмы [4, 8].

Согласно нормативной документации, разработчик новой продукции обязан учитывать показатели потребительских свойств и безопасности, их гигиенические нормативы, требования по обеспечению указанных нормативов в процессе производства, хранения, транспортировки и реализации продукции. Кроме этого, упаковочный материал, контактирующий с пищевой продукцией, должен обладать определенной технологичностью в изготовлении и использовании, экономичностью, надежностью, прочностью, привлекательностью, а самое главное, быть удобным для потребителя [2, 7].

Цель исследования

Разработка технологической схемы получения биоразлагаемой упаковки на основе желатина и природных полисахаридов и изучение динамики изменения органолептических, микробиологических и физико-химических показателей качества и безопасности творога с массовой долей жира 5%, упакованного в такую упаковку, в процессе хранения при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Материалы и методы исследования

Органолептические показатели исследуемых образцов пищевых продуктов на соответствие их действующим стандартам в процессе хранения в разработанной биоразлагаемой упаковке определяли в следующей последовательности:

– внешний вид и консистенция: характеризовали общее зрительное впечатление о продукте (характер поверхности, однородность, форма);

– цвет: устанавливали цвет для разработанного продукта, а также отклонения от цвета;

– запах: определяли, типичен ли аромат для данного вида продукта;

– вкус: определяли, типичен ли вкус для данного вида продукта.

Массовую долю белка в исследуемых пищевых продуктах определяли по ГОСТ 23327-98 «Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка», массовую долю влаги по ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества», кислотность по ГОСТ 3624-92. «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности».

Микробиологический анализ исследуемых пищевых продуктов осуществляли согласно нормативным документам: ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)», ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов», ГОСТ 31746-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*», ГОСТ 10444.12-88 «Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов», ГОСТ 31659-2012 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*», ГОСТ 10444.11-89 «Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов».

Результаты исследования и их обсуждение

Технологическая схема направлена на производство биоразлагаемой упаковки, сохраняющей свои свойства и характеристики непосредственно в период использования, но в дальнейшем под воздействием условий окружающей среды претерпевая биологические, химические и физико-химические превращения, при этом включаясь в обменные процессы в природной биосистеме.

Биоразлагаемая упаковка состоит из вещества белковой природы – желатина и природных полисахаридов (агар-агар, каррагинан и гидроксипропилметилцеллюлоза). Рецептурный состав биоразлагаемой упаковки представлен в табл. 1.

Таблица 1
Состав биоразлагаемой упаковки

Состав пленки	Количество ингредиента, мас., %
Каррагинан	5,0
Гидроксипропилметилцеллюлоза	2,5
Агар-агар	10,0
Желатин	51,0
Вода	31,5

Технологическая схема процесса производства биоразлагаемой упаковки включает

следующие этапы: подготовка сырья; составление композиций из желатина и природных полисахаридов согласно рецептурам; экструзия смеси компонентов; раздув заготовки в форме и формование изделия; охлаждение изделия и его удаление из формы; конечная обработка изделия.

1. Подготовка сырья. Оценка качества исходного сырья согласно методам испытани-

ий и правилам приемки, указанных в действующих технических условиях и стандартах на данный вид сырья.

2. Составление композиций из природных полисахаридов и желатина согласно предложенным рецептурам. Получение смеси композиций согласно рецептуре, при нагревании до температуры 70–80 °С при перемешивании до полного растворения.

Таблица 2

Динамика органолептических показателей творога, упакованного в биоразлагаемые контейнеры на основе желатина и природных полисахаридов, в процессе хранения

Продолжительность хранения, сутки	Органолептические свойства					
	Внешний вид и консистенция		Цвет		Вкус и запах	
	Тест	Контроль	Тест	Контроль	Тест	Контроль
0 (фон)	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов
2	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов
4	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов
6	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Недостаточно рассыпчатая, рыхлая	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Белый или с кремовым оттенком, по массе не однородный	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Недостаточно выраженный привкус пастеризации
8	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Недостаточно рассыпчатая, рыхлая	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Белый или с кремовым оттенком, по массе не однородный	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Недостаточно выраженный привкус пастеризации
10	Рыхлая или мажущаяся, мягкая с присутствием частиц молочного белка или без них	Недостаточно рассыпчатая, рыхлая	Белый или с кремовым оттенком, однородный по всей массе	Белый или с кремовым оттенком, по массе не однородный	Кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	Недостаточно выраженный привкус пастеризации

3. Экструзия смеси компонентов. Смесь компонентов нагревается, плавится, перемещается в канале шнека экструдера и выдавливается через кольцевую формующую головку. Параметры экструзии: температура $70 \pm 2^\circ\text{C}$, скорость линии – 210 м/мин.

4. Раздув заготовки в форме и формование изделия. Когда заготовка достигает нужной длины, полуформы сжимаются, фиксируя верхний и нижний края заготовки своими бортами. Нижний конец заготовки сваривается, при этом образуя отверстия на ее верхнем конце (или наоборот). После сжатия формы в нее через дорн или ниппель подается сжатый воздух, способствуя размягчению материала рукава, который принимает при этом очертания внутренней полости формы.

5. Охлаждение изделия и его удаление из формы. Охлаждение начинается, когда заготовка вступает в контакт с поверхностью охлаждаемой формы, а прекраща-

ется, когда охлаждаются самые толстые участки изделия, соединенные с дном или горловиной.

6. Окончательная обработка изделия. После охлаждения изделия форма раскрывается, готовое изделие извлекается и направляется на окончательную обработку (удаление приливов, снятие заусенцев и т.п.).

Так как упаковка является важным звеном в процессе сохранения качества пищевой продукции, то дальнейшими исследованиями было определение органолептических, микробиологических и физико-химических показателей качества и безопасности пищевых продуктов в процессе хранения в полуценной биоразлагаемой упаковке.

В качестве анализируемого продукта выбран продукт молочной промышленности: творог. Контролем служил этот же продукт, но упакованный в контейнер из полиэтилентерефталата.

Таблица 3

Динамика физико-химических показателей творога, упакованного в биоразлагаемые контейнеры на основе желатина и природных полисахаридов, в процессе хранения

Продолжительность хранения, сутки	Физико-химические свойства					
	Массовая доля белка, %		Массовая доля влаги, %		Кислотность, °Т	
	Тест	Контроль	Тест	Контроль	Тест	Контроль
0 (фон)	16,0 ± 1,6	16,0 ± 1,6	73,5 ± 7,4	73,5 ± 7,4	225 ± 11	225 ± 11
2	16,0 ± 1,6	16,0 ± 1,6	73,5 ± 7,4	73,5 ± 7,4	225 ± 11	225 ± 11
4	16,0 ± 1,6	16,0 ± 1,6	73,5 ± 7,4	73,5 ± 7,4	225 ± 11	225 ± 11
6	16,0 ± 1,6	16,0 ± 1,6	73,5 ± 7,4	76,5 ± 7,7	225 ± 11	230 ± 12
8	16,0 ± 1,6	16,0 ± 1,6	74,0 ± 7,4	77,8 ± 7,8	227 ± 11	235 ± 12
10	16,0 ± 1,6	16,0 ± 1,6	74,5 ± 7,5	79,5 ± 8,0	228 ± 11	240 ± 12

Таблица 4

Динамика микробиологических показателей творога, упакованного в биоразлагаемые контейнеры на основе желатина и природных полисахаридов, в процессе хранения

Продолжительность хранения, сутки	Микробиологические свойства											
	Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/г		БГКП (колиформы), масса (г), в которой не обнаружены		<i>S. aureus</i> , масса (г), в которой не обнаружены		Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, масса (г), в которой не обнаружены		Дрожжи, КОЕ/г		Плесени, КОЕ/г	
	1	2*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0 (фон)	1,0·10 ⁶	1,0·10 ⁶	0,001	0,001	0,1	0,1	25,0	25,0	2,0	2,0	2,5	2,5
2	1,0·10 ⁶	1,0·10 ⁶	0,001	0,001	0,1	0,1	25,0	25,0	2,0	2,0	2,0	2,0
4	1,0·10 ⁶	1,0·10 ⁶	0,001	0,001	0,1	0,1	25,0	25,0	2,0	2,0	2,0	2,0
6	1,0·10 ⁶	7,5·10 ⁵	0,001	0,001	0,1	0,1	25,0	25,0	5,0	15,0	7,5	18,0
8	1,0·10 ⁶	1,0·10 ⁵	0,001	0,001	0,1	0,1	25,0	25,0	10,0	30,0	10,0	35,0
10	1,0·10 ⁶	8,0·10 ⁴	0,001	0,001	0,1	0,1	25,0	25,0	15,0	55,0	17,5	60,0

Примечание. * 1 – тест, 2 – контроль.

Динамика органолептических, физико-химических и микробиологических показателей творога, упакованного в биоразлагаемый контейнер на основе желатина и природных полисахаридов, в процессе хранения при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ по сравнению с контролем представлена в табл. 1–3.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанная упаковка на основе желатина и природных полисахаридов позволяет увеличить сроки хранения творога по сравнению с полимерной упаковкой. Так, уже на 6-е сутки хранения в контейнерах из полиэтилентерефталата органолептические показатели (цвет, внешний вид, вкус и запах, консистенция) и физико-химические характеристики (массовая доля влаги, кислотность) творога претерпевают значительные изменения, в результате чего образцы творога не соответствуют требованиям нормативной документации (ГОСТ 31453-2013). Согласно требованиям ГОСТ 31453-2013, массовая доля влаги в твороге не должна превышать 75,0%, а кислотность – 230 °Т. Аналогичные изменения характерны для микробиологических показателей творога, упакованного в контрольный материал из полиэтилентерефталата. На 6-е сутки хранения количество молочнокислых микроорганизмов в данном образце снижается до $7,5 \cdot 10^5$ КОЕ/г, а содержание дрожжей и плесеней на 10-е сутки хранения превышает нормируемые показатели (50,0 КОЕ/г).

Таким образом, показано, что использование разработанных биоразлагаемых контейнеров на основе желатина и природных полисахаридов для упаковки молочных продуктов (творог) целесообразно, поскольку позволяет увеличить сроки годности продукта на 40–50% по сравнению с традиционными полимерными упаковками.

Список литературы

1. Антипов С.Т. Внедрение принципов устойчивого развития производства биоразлагаемой упаковки из вторичных материальных ресурсов пищевых производств / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, М.О. Жигулина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – № 4 (62). – С. 53–57.
2. Зарипова Э.Х. Перспективы применения полимерной упаковки с повышенными эксплуатационными свойствами в пищевой промышленности / Э.Х. Зарипова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 16. – С. 92–94.
3. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения / О.А. Неверова, А.Ю. Просеков, Г.А. Гореликова, В.М. Позняковский. – М.: Издательский Дом «Инфра-М», 2014. – 318 с.
4. Ультразвуковая технология изготовления порционной упаковки с направляющими пастообразных продуктов / В.Н. Хмелев, А.Д. Абрамов, С.С. Хмелев, Д.В. Генне, Д.С. Абраменко, А.Н. Сливин // Южно-сибирский научный вестник. – 2015. – № 3(11). – С. 26–32.
5. Чадова, Т.В. Исследование качества полимерной тары для пищевой промышленности / Т.В. Чадова, А.Е. Некрасов, Н.В. Берлова // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7, № 5 (30). – С. 167.
6. Bradley E.L. Applications of nanomaterials in food packaging with a consideration of opportunities for developing countries / E.L. Bradley, L. Castle, Q. Chaudhry // Trends in food science & technology. – 2011. – V. 22. – P. 604–610.
7. Evaluation and preventing measures of technological risk of food production / I.V. Surlov, A.Y. Prosekov, E.O. Ermolaeva, G.A. Gorelikova, V.M. Poznyakovskiy // Modern Applied Science. – 2015. – Т. 9, № 4. – С. 42–52.
8. Rhim J.W. Bio-nanocomposites for food packaging applications / J.W. Rhim, H.M. Park, C.S. Ha. – Progress in Polymer Science, 2013. – 71 p.

УДК 615.262.1

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОГО
НАРУЖНОГО СРЕДСТВА ТЕРАПИИ ДЕРМАТОЗОВ****¹Кунгуров Н.В., ²Чупахин О.Н., ¹Зильберберг Н.В., ²Хонина Т.Г.,
¹Кохан М.М., ¹Полищук А.И., ¹Евстигнеева Н.П.**¹*ГБУ СО «Уральский научно-исследовательский институт дерматовенерологии
и иммунопатологии», Екатеринбург, e-mail: nauka-urnii@mail.ru;*²*Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения
Российской академии наук, Екатеринбург, e-mail: khonina@ios.uran.ru*

Современная терапия заболеваний кожи во многом основана на использовании местных глюкокортикоидных и антибактериальных препаратов. Несмотря на известные преимущества данных групп наружных средств терапии, частое бесконтрольное применение их пациентами приводит к возникновению различных, системных и местных, побочных эффектов, возникновению устойчивости инфекционных возбудителей к антимикробным препаратам и стероидофобии у пациентов, что может снижать приверженность их к лечению. Учитывая данные особенности, представляется перспективной разработка инновационного топического средства для лечения осложненных дерматозов, эффективного и лишённого побочных действий топических глюкокортикоидов и антибактериальных препаратов. В ГБУ СО «УрНИИДВиИ» проведено изучение бактерицидной, антимикробной, антифунгальной активности вновь синтезированного в институте органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения РАН кремнийорганического глицерогидрогеля, с дополнительным содержанием цинка и бора. Биохимические, бактериологические, токсикологические исследования нового геля показали его хорошую переносимость, безопасность, выраженную бактерицидную и бактериостатическую активность в отношении спектра бактерий и грибов, выраженную противовоспалительную, регенерирующую и транскутанную активность. Проведенные исследования свидетельствуют о перспективах использования данного геля в наружной (топической) терапии острых и хронических дерматозов, в том числе сочетанной этиологии.

Ключевые слова: кремнийорганический глицерогидрогель, цинк, бор, дерматозы, топическая терапия**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE
DERMATOSES TOPICAL TREATMENT****¹Kungurov N.V., ²Chupakhin O.N., ¹Zilberberg N.V., ²Khonina T.G.,
¹Kokhan M.M., ¹Polischuk A.I., ¹Evstigneeva N.P.**¹*Ural Research Institute for Dermatology, Venereology and Immunopathology,**Ministry of Health of the Russian Federation, Ekaterinburg, e-mail: nauka-urnii@mail.ru;*²*Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, e-mail: khonina@ios.uran.ru*

Contemporary therapy of different skin diseases relies largely on topical glucocorticosteroids and antimicrobial drugs. Despite the known advantages of these topical agents, their frequent uncontrolled usage leads to various systemic and localized adverse effects, bacterial resistance to antibiotics, and steroidophobia in patients, which can cause patients' compliance decrease. Having this in mind, the development of an innovative topical drug for the treatment of complicated dermatoses without side effects of steroids and antibiotics appears to be promising. The team of Ural Research Institute for Dermatology, Venereology and Immunopathology studied antibacterial, antifungal activity of the new organosilicone glycerohydrogel (SGG-gel) with addition of zinc and boron, developed by Postovsky Institute of Organic Synthesis, Ural Branch of RAS. Biochemical, bacteriologic, toxicological studies showed its acceptability, safety, antimicrobial and bacteriostatic activity against a spectrum of bacteria and fungi, anti-inflammatory, regenerating and transcutaneous activity. Conducted studies show the potential of using SGG-gel in topical treatment of acute and chronic dermatoses, including those with mixed etiology.

Keywords: organosilicone glycerohydrogel, SGG-gel, zinc, boron, dermatosis, topical therapy

Наружное лечение является неотъемлемой частью терапевтического комплекса у больных с заболеваниями кожи, а у 60–80% пациентов с легкими и умеренными проявлениями дерматозов позволяет достигать выздоровления или стойкой клинической ремиссии [15, 27]. В современной клинической практике значительно возросли требования к лекарственным препаратам, используемым в терапии острых и хронических дерматозов. Препарат должен обладать

активным патогенетическим и/или симптоматическим воздействием, хорошо переноситься больными, иметь высокий профиль безопасности, обеспечивать приверженность пациентов к лечению [4, 7].

Базовой терапией воспалительных дерматозов в наше время являются топические препараты, содержащие глюкокортикоидные гормоны (ТГКС). Быстрота наступления и выраженность противовоспалительного действия ТГКС зачастую де-

лает их выбор в качестве терапевтического средства первой линии безальтернативным для лечения дерматозов аллергической, пролиферативной и аутоиммунной природы. Активное клиническое использование ТГКС объясняется их высокой противовоспалительной, противоаллергической, иммуносупрессивной активностью, а также сосудосуживающим и антимитотическим эффектом [21, 25].

В то же время повсеместное применение ТГКС без консультации врача-дерматовенеролога обуславливает развитие побочных эффектов. Системные побочные эффекты, такие как подавление эндокринной функции надпочечников, формирование синдрома Иценко – Кушинга, задержка роста, крайне редки. Из местных побочных эффектов наиболее распространенным считается развитие бактериальной, вирусной и микотической инфекции, стероидзависимого розацеаподобного дерматита, телеангиэктазий, атрофии кожи, гипертрихоза, депигментации. Перечисленные потенциально возможные побочные явления и осложнения послужили причиной формирования явления стойкой стероидофобии – боязни применения гормональных препаратов, широко распространенной среди населения, особенно у родителей детей, больных дерматозами, что приводит к снижению приверженности больных к терапии [2].

Бактериальные инфекции кожи являются междисциплинарной проблемой, они встречаются в практике дерматовенерологов, хирургов, терапевтов, педиатров, гинекологов. Широкое применение антибиотикотерапии привело к распространению резистентности ко многим препаратам [17]. Также за последнее десятилетие в дерматологической практике отмечается увеличение числа больных, страдающих одновременно несколькими кожными заболеваниями различной этиологии [5, 8], в том числе бактериальной и грибковой. Частой причиной развития дерматозов сочетанной этиологии являлась длительная непрерывная терапия монокомпонентными топическими препаратами. Но и комбинированные средства, содержащие ТГКС, антимикробные и противогрибковые компоненты [8], не предотвращают возможные риски возникновения нежелательных явлений.

В настоящее время для топической терапии дерматозов в Российской Федерации доступны около ста препаратов для наружного применения, однако указанные для

их использования ограничения, являются основанием для поиска новых подходов к терапии, определяют перспективность создания инновационных топических лекарственных средств, эффективных и безопасных, комплаентных, в том числе при длительном использовании.

Цель исследования

Разработка нового отечественного инновационного топического средства на базе кремнийорганического глицерогидрогеля (КГГ) с добавлением микроэлементов цинка и бора для лечения хронических дерматозов, с последующей оценкой изучения бактерицидной, антимикробной, антифунгальной активности вновь синтезированного КГГ.

Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что глицеролаты кремния и гидрогели на их основе проявляют выраженную противовоспалительную, ранозаживляющую, регенерирующую активность и демонстрируют транскутанное проникновение самого геля и композиций КГГ с другими веществами [19]. Кремний, эссенциальный микроэлемент, входящий в их состав, выполняет различные функции в биологически активной форме в организме человека: в составе мукополисахаридов и их белковых комплексов образует остов соединительной ткани, определяет её механическую прочность, эластичность и упругость; обеспечивает рост и уплотнение соединительной ткани при заживлении ран; способствует биосинтезу коллагена и образованию костной ткани; играет существенную роль в метаболических процессах [6]. Глицеролаты кремния и гидрогели на их основе могут быть использованы как самостоятельные лекарственные средства для местного применения, так и в составе фармацевтических композиций для лечения различных заболеваний кожи и полости рта [10–13].

Бор, как и кремний, участвует в ферментативных процессах, влияет на функции щитовидной и половых желез, регулирует активность паратиреоидного гормона, способствует переходу витамина D в активную форму, влияет на всасывание и обмен макроэлементов, в частности кальция и фосфора, участвует в регуляции активности центральной нервной системы, а также, путем участия в обмене нуклеиновых кислот, моделирует процессы регенерации орга-

нов и тканей организма [1]. Известна также бис(глицеро)борная кислота $\text{NB}(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)_2$, 10%-ный раствор в глицерине проявляет более выраженные кислотные свойства, и обладает антисептическим действием [9, 26]. Совместное использование глицеролатов кремния и бора в качестве предшественников в золь-гель процессе позволило получить гидрогель, сочетающий в себе положительные фармакологические свойства, характерные для эссенциальных элементов кремния и бора, в биологически активной и доступной форме.

Цинк является эссенциальным микроэлементом для человека; его важность обусловлена, тем что он входит в состав более чем 300 металлоэнзимов и более чем 2000 факторов транскрипции генов, необходимых для регулирования метаболизма липидов, белков, нуклеиновых кислот [30]. Цинк играет важную роль в поддержании нормальной репродуктивной функции, иммунного статуса; заживлении ран с помощью регулирования ДНК- и РНК-полимераз, тимидин-киназы и рибонуклеазы, поддерживает функции макрофагов и нейтрофилов, активность натуральных киллеров и фагоцитарную функцию гранулоцитов; стабилизирует плазмемные субклеточные мембраны, особенно лизосомальные. Он ингибирует экспрессию интегринов кератиноцитами и уменьшает выработку ФНО- α и ИЛ-6, снижает выработку воспалительных медиаторов; влияет на функцию дендритных клеток и иммунные процессы [29]. Цинк как в виде топических, так и в виде системных препаратов широко применяется в лечении акне, что обусловлено его антибактериальным действием на *Propionibacterium acnes* путём ингибирования липаз; противовоспалительным эффектом за счёт уменьшения экспрессии толл-подобных рецепторов-2 и ингибирования индуцибельной NO-синтазы кератиноцитов (iNOS), повышенной при акне. Цинк уменьшает себопродукцию за счёт ингибирования 5α -редуктазы [24, 28, 31]. Ингибирующее влияние цинка (пиритиона) на жизнедеятельность грибов *Malassezia spp.* позволяет использовать его в лечении себорейного дерматита [18]. Моноглицеролат цинка $\text{Zn}[\text{OCH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{OH})\text{O}]$ в составе фармацевтических композиций эффективно используется при местном лечении дерматитов, экземы, псориаза и других заболеваний кожи, в том числе, осложненных вирусной и антибактериальной инфекцией [23, 32, 33].

Институтом органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения РАН был синтезирован новый комбинированный биологически активный кремнийцинксодержащий глицерогидрогель [14]; сочетающий в себе положительные фармакологические свойства, характерные для кремния и цинка. Кремнийцинксодержащий глицерогидрогель обладает выраженной ранозаживляющей, регенерирующей активностью; оказывает умеренное антибактериальное действие, охватывая аэробные бактериальные формы ряда грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов. Кремнийцинксодержащий глицерогидрогель может быть рассмотрен как потенциально иммуномодулирующий топический препарат, нетоксичный, эффективный, в том числе для терапии герпесвирусных инфекций [3, 20, 22]. Учитывая имеющиеся данные о свойствах кремнийцинксодержащего глицерогидрогеля и сведения об участии бора в биологических процессах, на базе кремнийорганического глицерогеля специалистами Института органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения РАН был разработан новый КГТ, включающий в себя микроэлементы цинк и бор.

Новый комбинированный биологически активный КГТ синтезирован «золь-гель» методом с использованием в качестве прекурсоров глицеролатов кремния, моноглицеролата цинка и бисглицеролатов. Полученный гидрогель представляет собой белую непрозрачную коллоидную систему, лишенную текучести; гель устойчив к синерезису, при диспергировании легко переходит в мазеподобное состояние, хорошо распределяется на коже и слизистой оболочке. Гель не плавится до температуры разложения, нерастворим в обычных органических растворителях, частично растворим в воде.

Новое топическое средство было подвергнуто комплексу фармакологических и микробиологических исследований, исследованию ранозаживляющей и регенерирующей активности состава. Исследование острой и хронической токсичности исследуемого геля на лабораторных животных (мышах и крысах) показало безопасность его применения; полученный состав кремнийцинкборсодержащего глицерогеля относится к малотоксичным веществам (IV класс опасности согласно ГОСТ 12.1.007-76).

ГБУ СО «УрНИИДВиИ» исследовал бактерицидную активность КГТ-ЦБ методом диффузии в агар в отношении следующих тест-штаммов микроорганизмов: *Escherichia coli* ATCC 8739, *Staphylococcus aureus* ATCC

25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027. КГГ-ЦБ тестировали также в отношении клинических штаммов *Staphylococcus aureus*: 2 метициллинрезистентных штамма золотистого стафилококка с различным спектром антибиотикочувствительности, и на штаммах *Streptococcus pyogenes*, выделенных с кожи больных с дерматозами, осложненными вторичной инфекцией (табл. 1). Кроме того, данным методом была исследована активность кремнийцинкборсодержащего глицерогидрогеля относительно штамма *Candida albicans* РКПГ – 401/NCTC-885-653. Оценку антимикробной активности проводили по стандартным критериям фиксации зоны задержки роста микроорганизмов [16].

Как следует из табл. 1, КГГ-ЦБ *in vitro* проявляет высокую бактерицидную активность в отношении наиболее частых возбудителей пиодермий (*S. aureus* как тест-штамма, так и клинических штаммов, и *S. pyogenes*), в том числе клинических штаммов *S. aureus*, демонстрирующих устойчивость к метициллину (MRSA) и являющихся эпидемиологически опасными и полирезистентными к широко применяемым антимикробным препаратам; высокую активность в отноше-

нии тест-штамма *E. coli*. и наиболее низкую – в отношении тест-штамма *P. aeruginosa*. Кроме того, исследуемый глицерогидрогель проявляет высокую фунгицидную активность относительно штамма *Candida albicans* (величина зоны подавления – 24 мм).

Противогрибковую (фунгистатическую) активность исследовали методом серийных разведений в отношении следующих тест-штаммов грибов из Российской коллекции патогенных грибов (табл. 2).

Как следует из табл. 2, образец КГГ-ЦБ проявляет высокую антифунгальную активность в отношении всех исследуемых тест-культур дерматофитов в разведении 1:10 – 1:20, при этом в отношении *Candida albicans* – высокую активность только в нативном состоянии (метод диффузии в агар). В разведении 1:40 отмечено фунгистатическое действие кремнийцинкборсодержащего глицерогидрогеля в отношении *Tr. rubrum*, *Tr. violaceum*, *Tr. mentagrophytes var. interdigitale*, *Tr. schoenleinii*, *E. floccosum*. В разведении 1:80 кремнийцинкборсодержащий глицерогидрогель еще проявляет фунгистатическое действие в отношении *Tr. mentagrophytes var. interdigitale*, *Tr. schoenleinii*, *E. floccosum*.

Таблица 1

Величина зон угнетения роста тест-культур для заявляемого КГГ-ЦБ

Тест-культура	Величина зоны подавления роста, мм
<i>E. coli</i> ATCC 8739	22
<i>S. aureus</i> 25925	23
Клинический штамм <i>S. aureus</i> (MRSA 1)	24
Клинический штамм <i>S. aureus</i> (MRSA 2)	26
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 9027	16
Клинический штамм <i>S. pyogenes</i>	28
<i>Candida albicans</i> РКПГ _F 401/NCTC- 885-653	24

Таблица 2

Противогрибковая активность кремнийцинкборсодержащего глицерогидрогеля

Культура гриба	Разведения исследуемого КГГ-ЦБ							К*
	1:10	1:20	1:40	1:80	1:160	1:320	1:640	
<i>Trichophyton rubrum</i>	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Trichophyton mentagrophytes var. gypseum</i>	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Trichophyton tonsurans</i>	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Trichophyton violaceum</i>	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Trichophyton mentagrophytes var. interdigitale</i>	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Trichophyton schoenleinii</i>	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Epidermoph. floccosum</i>	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Microsporium canis</i>	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
<i>Candida albicans</i>	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+

Примечания: (+) – наличие роста гриба, (-) – отсутствие роста гриба. К* – контроль без исследуемого КГГ-ЦБ.

КГГ-ЦБ оценивали с точки зрения ранозаживляющей и регенерирующей активности на модели термических повреждений кожи крыс. Так, при нанесении на поверхность термического ожога КГГ-ЦБ наблюдались более короткие сроки заживления травматических повреждений (9–13 суток при лечении исследуемым гелем против 15–21 суток в контрольной группе) с тенденцией к более быстрому отхождению струпа и восстановлению кожного покрова. Присоединения вторичной флоры и возникновения отеков не наблюдалось. При экспериментальном термическом ожоге с большой глубиной и степенью дистрофических изменений эпидермиса, наличием субэпителиальных полостей в дерме на фоне выраженного отека с деструкцией коллагеновых волокон сосочкового слоя, инфильтрацией сегментоядерных лейкоцитов, отеком подкожно-жировой клетчатки (при морфологических исследованиях). В опытной группе крыс, где применялся новый КГГ-ЦБ, отмечалась полная эпителизация зоны повреждения. В дерме раневой канал был ограничен глубокими ее слоями, представлен грануляционной и зрелой соединительной тканью, характер воспалительной инфильтрации – лимфогистиоцитарный. Зафиксирована более выраженная пролиферативная активность клеток многослойного плоского ороговевшего эпителия над зоной повреждения. Гистологические исследования также не показали наличие каких-либо структурных изменений внутренних органов при использовании КГГ-ЦБ.

Выводы

Таким образом, контекстный анализ свойств ингредиентов и проведенные исследования свидетельствуют о перспективах использования инновационного кремнийцинкборсодержащего глицерогеля в качестве основного действующего вещества в наружном средстве терапии острых и хронических дерматозов, в том числе сочетанной этиологии. Дальнейшие исследования в направлении создания нового лекарственного средства, обладающего комплексным действием, должны быть направлены на разработку компонентного состава наружного лекарственного препарата; верификацию физико-химических и фармакологических свойств новой композиции (мягкая лекарственная форма), проведение в полном объеме стандартных доклинических и клинических этапов его исследова-

ния, регистрацию в установленном порядке и внедрению в практику.

Список литературы

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека // М.: Медицина. – 1991. – С. 496.
2. Барбинов В.В., Белоусова И.Э., Соколова М.В., Хайрутдинов В.Р. Рациональное использование современных топических глюкокортикостероидных препаратов в практике дерматовенеролога // Эффективная фармакотерапия. Дерматовенерология и дерматокосметология. – 2014. – № 2 (19).
3. Баркова А.С., Шурманова Е.И., Хонина Т.Г. и др. Оценка эффективности кремнийцинк-содержащих средств при заболеваниях сосков вымени высокопродуктивных коров // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – № 3. – С. 20–24.
4. Белоусова Т.А. Современные принципы наружной терапии воспалительных дерматозов // РМЖ. – 2008. – № 8. – С. 547.
5. Белоусова Т.А., Горячкина М.В. Алгоритм наружной терапии дерматозов сочетанной этиологии // Фармакотерапия в дерматовенерологии. – 2011. – № 5. – С. 146–152.
6. Воронков М.Г., Зелчан Г.И., Лукевич Э.Я. Кремний и жизнь. Биохимия, токсикология и фармакология соединений кремния. – Изд. 2-е. – Рига: Зинатне, 1978. – С. 587.
7. Короткий Н.Г. Современная наружная терапия дерматозов. Тверь: «Губернская медицина», 2001. – 528 с.
8. Котрехова Л.П. Диагностика и рациональная терапия дерматозов сочетанной этиологии // Consilium medicum. Дерматология. – 2010. – № 4. – С. 6–11.
9. Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: Новая Волна. – 2012. – С. 942.
10. Хонина Т.Г., Ларионов Л.П., Русинов Г.Л., Суворов А.Л., Чупахин О.Н. Глицераты кремния, обладающие транскутанной проводимостью медикаментозных средств, и глицерогидрогели на их основе // Патент России № 2255939.2005. Бюл. № 19.
11. Чарушин В.Н., Хонина Т.Г., Чупахин О.Н., Ларионов Л.П., Зобнина Г.А., Зобнин С.А., Браташ Б.М., Бояковская Т.Г., Забокрицкий Н.А. Средство для лечения гнойно-воспалительных заболеваний кожи и мягких тканей различной этиологии // Патент России № 2326667.2008. Бюл. № 17.
12. Чарушин В.Н., Хонина Т.Г., Чупахин О.Н., Чернышева Н.Д., Ронь Г.И., Ларионов Л.П., Зобнина Г.А., Зобнин С.А., Браташ Б.М., Забокрицкий Н.А., Шадрина Е.В. Местное антимикробное средство // Патент России № 2336877.2008. Бюл. № 30.
13. Чупахин О.Н., Симбирцев А.С., Тузанкина И.А., Хонина Т.Г., Тосова И.Н., Ларионов Л.П., Ронь Г.И., Саркисян Н.Г., Чернышева Н.Д. Средство для лечения воспалительных заболеваний полости рта и способ лечения воспалительных заболеваний полости рта // Патент России № 2470640.2012. Бюл. № 36.
14. Штанько И.Н., Хонина Т.Г., Бондарев А.Н., Шадрина Е.В., Чупахин О.Н., Ваневская Е.А., Мандра Ю.В., Базарный В.В., Ларионов Л.П., Григорьев С.С., Тузанкина И.А. Кремнийцинк-содержащий глицерогидрогель, обладающий ранозаживляющей, регенерирующей и антибактериальной активностью // Патент России № 2520969.2014. Бюл. № 18.
15. Торопова Н.П. Атопический дерматит у детей – современные клинико-патогенетические аспекты заболевания и подходы к наружной терапии // Вопросы современной педиатрии. – 2009. – № 8 (5). – С. 98–105.
16. Хабриев Р.У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. – 832 с.
17. Хамаганова И.В. Наружная терапия пиодермии у детей // Лечащий врач. – 2012. – № 5.

18. Хлебникова А.Н., Петрунин Д.Д. Цинк, его биологическая роль и применение в дерматологии // Вестник дерматологии и венерологии. – 2013. – № 6. – С. 100–116.
19. Хонина Т.Г., Чупахин О.Н., Ларионов Л.П., Бояковская Т.Г., Суворов А.Л. и др. Синтез, токсичность и трансдермальная проницаемость глицератов кремния и гидрогелей на их основе // Химико-фармацевтический журнал. – 2008. – № 11. – С. 3–5.
20. Чупахин О.Н., Бондарев А.Н., Штанько И.Н., Хонина Т.Г., Шадрина Е.В., Богданова Е.А., Ларионов Л.П. Синтез и свойства биологически активного кремнийцинк-глицероидрогеля // Известия АН. Сер. хим. – 2014. – № 5. – С. 1219.
21. Чурюканов В.В., Белоусова Т.А., Горячкина М.В. Топические глюкокортикостероиды в дерматологии: представление о механизме действия, соотношение эффективности и безопасности // Клиническая дерматология и венерология. – 2004. – № 3. – С. 106–110.
22. Штанько И.Н., Ваневская Е.А., Мандра Ю.В. и др. Кремнийцинксодержащий глицероидрогель – потенциальный иммуностимулирующий препарат топического применения // Российский иммунологический журнал. – 2015. – Т. 9(18), № 2(1). – С. 514–515.
23. Apisariyakulm A., Buddhasukh D., Apisariyakul S., Ternai B. Zinc monoglycerolate is effective against oral herpetic sores // Med J Aust. – 1990. – P. 152–154.
24. Bojar R., Eady E., Jones C. Inhibition of erythromycin-resistant propionibacteria on the skin of acne patients by topical erythromycin with and without zinc // Br J Dermatol. – 1994. – № 130. – P. 329–336.
25. Brazzini B., Pimpinelli N. New and established topical corticosteroids in dermatology // Am. J. Dermatol. – 2002. – № 3. – P. 47–58.
26. Chiappe C., Signori F., Valentini G. et al. Novel (Glycerol)borate-Based Ionic Liquids: an Experimental and Theoretical Study // J. Phys. Chem. B. – 2010. – № 114. – P. 5082–5088.
27. Ference J.D., Last A.R. Choosing Topical Corticosteroids // Am Fam Physician. – 2009. – № 79. – P. 135–40.
28. Jarrousse V., Castex-Rizzi N., Khammari A. et al. Zinc salts inhibit in vitro Toll-like receptor 2 surface expression by keratinocytes // Eur J Dermatol. – 2007. – № 17(6). – P. 492–496.
29. Kitamura H., Morikawa H., Kamon H. Toll-like receptor-mediated regulation of zinc homeostasis influences dendritic cell function // Nature Immunology. – 2006. – № 7/9. – P. 971–977.
30. Nitzan Y. B., Cohen A.D. Zinc in skin pathology and care // Journal of Dermatological Treatment. – 2006. – № 17/4. – P. 205–210.
31. Rebello T., Atherton D., Holden C. The effect of oral zinc administration on sebum free fatty acids in acne vulgaris // Acta Derm Venereol. – 1986. – № 66. – P. 305–310.
32. US Pat. № 4544761. 1985. Chem. Abstrs. № 97, 133357.
33. US Pat. № 4876278. 1989. Chem. Abstrs. № 112, 132472.

УДК 622.7:549.454.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ФЛЮОРИТОВЫХ РУД НИЖНЕ-БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)**¹Марченко А.А., ²Зашихин А.В., ¹Воскресенская Е.Н., ¹Южанников А.Ю.**¹ООО «Сибцветметниипроект», Красноярск, e-mail: ven@sibmetproekt.ru;²ФГБНУ «Институт химии и химической технологии СО РАН, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, e-mail: obog2006@yandex.ru

Изложены результаты лабораторных исследований и полупромышленных испытаний технологической пробы флюоритовой руды с содержанием фтористого кальция 31 % флотационным методом. Определены оптимальная степень измельчения, дозировка реагентов, влияние оборотной воды на показатели флотации. Разработана схема обогащения руды, включающая основную и контрольную флотацию и три перерешетки. В замкнутом цикле с использованием оборотной воды получены флотоконцентраты с содержанием флюорита 95–96 %, что по концентрации основного компонента и лимитирующих примесей соответствует маркам ФФ-95А (кислотный) и ФФС-95 (сварочный). Проведены полупромышленные испытания разработанной технологической схемы обогащения на крупнообъемной пробе руды (3 т). Испытаниями подтверждено, что предложенная технология позволяет получить из руд сварочный флотоконцентрат марки ФФС-95 при извлечении 89 % от исходной руды.

Ключевые слова: плавиковый шпат, флюорит, обогатимость руд, флотация, концентрат, полупромышленные испытания

DEVELOPMENT OF FLUORITE ORE PROCESSING TECHNOLOGY FOR THE NIZHNE-BEREZOVSKY DEPOSIT (KRASNOYARSK' REGION)**¹Marchenko A.A., ²Zashikhin A.V., ¹Voskresenskaya E.N., ¹Yuzhannikov A.Yu.**¹LLC «SIBTSVETMETNIIPROEKT», Krasnoyarsk, e-mail: ven@sibmetproekt.ru;²Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of Siberian Branch of Russian Academy of the Sciences», Krasnoyarsk, e-mail: obog2006@yandex.ru

The results of laboratory studies and pilot tests were established for technological fluorite ore samples with calcium fluoride content of 31 % by flotation method. The optimum degree of grinding, the dosage of reagents, and influence of recycled water on the flotation performance were selected. The scheme of ore dressing, comprising the main and control flotation and 3 re-operations, was developed. In a closed cycle with the use of recycled water the flotation concentrates with fluorite content of 95–96 % were produced, which corresponds to a brands FF-95A (acid) and FFS-95 (welding) on the concentrations of the main component and limiting impurities. Pilot tests of the developed technological schemes on the large sample of ore (3 tons) were carried out. Tests confirmed that the proposed technology allows obtaining the welding concentrate of brand FFS-95 at 89 % extraction from the original ore.

Keywords: fluorspar, fluorite, ore dressability, flotation, concentrate, pilot tests

Плавиковый шпат (флюорит) относится к минеральному сырью многоцелевого назначения. Благодаря своим уникальным химическим и оптическим свойствам он широко используется в различных областях производства: черной и цветной металлургии, химической, керамической, стекольной, оптической и других отраслях промышленности. Кроме того, флюорит применяется в электронике, голографии, электро- и радиотехнике, лазерной и оптической технике, в металлургии специальных сплавов и других новых и новейших отраслях техники. Структура отраслевого потребления флюорита на сегодня в России выглядит следующим образом (%): алюминиевая промышленность – 30; черная металлургия – 45; химическая промышленность и атомная энергетика – 12,5; свароч-

ные материалы – 3,2; другие производства, включая оптическое – 9,3.

Предприятия России в настоящее время испытывают недостаток в высококачественном флотоконцентрате кусковым и особенно в концентрате, пригодном для сварочного производства. Так, в 2013 г. потребность российской промышленности в плавиковом шпате была обеспечена за счет внутреннего производства на 57,7 % и 42,3 % за счет импортных поставок. В связи с закрытием Ярославского ГОКа (Приморский край) в 2015 году производство плавикового шпата в России сократилось более чем в 3 раза и доля импорта в общем потреблении выросла до 81 %.

В России на сегодняшний день нет ни одного крупного разведанного месторождения с высококачественными флюорито-

выми рудами. Отечественные руды в целом заметно беднее (средняя массовая доля 26–28% CaF_2), чем зарубежные (45,0% CaF_2). За последние 10–15 лет в России резко сократилось производство плавикового шпата, дефицит покрывается за счет импорта из Монголии и Китая. В связи с этим разработка месторождений качественного плавикового шпата является актуальной задачей для России.

Одной из перспективных является Дербинская флюоритоносная зона, в пределах которой известны ряд рудопоявлений и месторождений. Одним из крупных по запасам является Нижне-Березовское флюоритовое месторождение, которое находится в Балахтинском районе Красноярского края.

Цель настоящей работы – лабораторные исследования по обогащению руды Нижне-Березовского месторождения с разработкой технологической схемы и режимов ее переработки; проведение полупромышленных испытаний с целью апробации разработанных технологических режимов.

Материалы и методы исследования

Технологическая проба была отобрана на участке «Лиственный», который по запасам Нижне-Березовского месторождения является основным. Вес исходной пробы – 3 тонны. Пробоподготовка осуществлялась в 2 стадии – на первой стадии дробления используется щековая дробилка ШДС-170х250 с размером щели 170 мм, на второй стадии щековая дробилка ДЩ 100х200, разгрузочная щель которой регулируется в диапазоне 0–30 мм. Для гарантированного получения дробленой руды крупностью менее 8 мм применяется контрольное грохочение на грохоте ULS 1,5х0,6. Таким образом, была подготовлена вся проба руды крупностью – 7 + 0 мм для укрупненных испытаний. Далее был произведен отбор пробы руды для лабораторных исследований весом 60 кг с доведением ее до крупности – 2 + 0 мм. Перед флотацией руда крупностью – 2 + 0 мм измельчалась в лабораторной шаровой мельнице с поворотной осью при соотношении Т:Ж:Ш = 1:0,7:8.

Флотация измельченной руды проводилась во флотационных машинах «Механобр» с объемом камер 1,0 и 0,5 л. Температура пульпы + 22 °С. Расход воздуха при флотации контролировался ротаметром, встроенным во флотомашину. При флотации использованы следующие реагенты [3–6]:

- регулятор среды – сода кальцинированная;
- модификатор – жидкое стекло;
- собиратель – ЖКТМ (жирнокислотная фракция талового масла);

Для проведения полупромышленных испытаний использовали флотомашину ФМЛ-12 с объемом камер 12 л, сгустители СЦ-1, для фильтрации промпродуктов – нутч-фильтры НПФ 1000. Полупромышленные испытания проведены в замкнутом цикле.

Химические анализы выполнялись по методикам ГОСТ 7619-81. Качество концентратов оценивалось по ГОСТ 4421-73; 29219-91; 29220-91.

Результаты исследования и их обсуждение

Выполнение минералогического, химического и ситового анализов состава руды

Ситовая характеристика руды, дробленной до крупности – 2 мм приведена в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, флюорит распределяется по классам крупности неравномерно, его содержание повышается в относительно крупных классах, что свидетельствует об избирательном его дроблении на стадии рудоподготовки.

Химический состав исследуемой пробы руды приведен в табл. 2.

Из данных химического анализа видно, что промышленную ценность представляет только флюорит.

Минералогические исследования, проведенные на искусственных аншлифах в отраженном свете микроскопа, показали, что исследуемая руда характеризуется силикатно-флюоритовым составом и представлена обломками вмещающих, преимущественно полевошпатовых пород и флюорита. В качестве примесей присутствуют кварц, глинистые минералы, слюды, оксиды и гидроксиды железа, карбонаты. В процессе измельчения и фракционирования исходной руды полезный компонент – флюорит распределяется таким образом, что максимальные его содержания принадлежат классам – 0,6 + 0,044 мм. С учетом выходов фракций, очевидно, что максимально распределяется флюорит в крупных классах – 2 + 0,2 мм. Более 80% минерала остается здесь, образуя выделения размером 125*125 мкм – 150*2600 мкм при преобладающих 195*195 мкм – 780*2000 мкм. Таким образом, показано, что в процессе измельчения происходит активное раскрытие рудобразующих минералов. Флюорит во флотационной крупности в классе – 0,074 мм раскрывается почти на 100%, что способно оказывать положительное влияние на процесс обогащения и извлечение полезного компонента.

Исследование на обогатимость руды флотационным методом в лабораторных условиях

Для определения оптимальных условий флотации изучалось влияние следующих основных факторов: тонина помола, время флотации, рН среды, эффективность действия реагентов (собирателя и депрессора) и их расходов.

Таблица 1

Ситовая характеристика руды, дробленной до крупности – 2 мм

Класс, мм	Выход, %	Фтористый кальций, %	
		Массовая доля	Распределение
– 2 + 0,6	51,4	25,7	41,5
– 0,6 + 0,2	33,6	39,4	41,6
– 0,2 + 0,074	7,3	41,8	9,6
– 0,074 + 0,044	0,2	36,3	0,2
– 0,044	7,5	29,4	6,9
ИТОГО	100,0	31,8	100,0

Таблица 2

Химический состав проб руды

Наименование соединения	Массовая доля, %
Фтористый кальций	31,8
Углекислый кальций	2,3
Диоксид кремния	46,8
Фосфор	0,03
Оксид алюминия	8,5
Сера общая	0,1

Таблица 3

Выход класса – 0,074 + 0 мм в зависимости от времени измельчения

Наименование класса, мм	Время измельчения, мин			
	10	20	25	30
+ 0,074	62,7	46,7	35,0	21,7
– 0,074 + 0	37,3	53,3	65,0	78,3
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0

В табл. 3 приведены результаты исследования кинетики измельчения по расчетному классу – 0,074 + 0 мм.

Опыты, включающие основную и контрольную флотацию, проводились при следующих расходах реагентов: расход соды для измельчения – 500 г/т; расход реагентов в основную флотацию: ЖКТМ – 300 г/т; жидкое стекло – 200 г/т, в контрольную флотацию ЖКТМ – 50 г/т.

Результаты опытов по определению необходимой степени измельчения руды приведены в табл. 4.

Анализ результатов опытов показывает, что наилучшие показатели получены при измельчении руды до 60 % по классу – 0,074 мм.

На пробе получен черновой концентрат с массовой долей фтористого кальция 73,6 % при извлечении минерала 95,5 %. Содержание CaF_2 в хвостах контрольной

флотации составило 1,0 %. Потери минерала с хвостами флотации низкие и составляют 1,75 % от исходной руды. Это указывает на хорошую селекцию и раскрытие минералов.

Флотация плавиковошпатовых руд осуществляется в щелочной среде при значении $\text{pH} = 8,0-9,5$ [5–6]. В качестве регулятора среды в основном используется сода кальцинированная, которая, кроме того, повышает селективность разделения минералов, улучшает пенообразование и предотвращает отрицательное влияние катионов тяжелых металлов [7–8].

Опыты по определению оптимальной щелочности пульпы (табл. 5) проводились по схеме с получением концентрата основной флотации и хвостов. Руда измельчалась до крупности 60 % класса минус 0,074 мм; сода подавалась в мельницу и являлась переменным фактором.

Таблица 4

Влияние тонины помола руды на показатели флотации

Наименование продукта	Выход, %	Фтористый кальций, %		Массовая доля – 0,074+0 мм в измельченном, %
		массовая доля	извлечение	
Концентрат основной	40,25	73,0	92,4	50
Концентрат контрольный	2,9	36,3	3,31	
Хвосты	56,85	2,4	4,29	
Руда	100,0	31,8	100,0	
Концентрат основной	41,27	73,6	95,5	60
Концентрат контрольный	3,0	29,15	2,75	
Хвосты	55,73	1,0	1,75	
Руда	100,0	31,8	100,0	
Концентрат основной	41,9	71,8	94,6	70
Концентрат контрольный	3,1	22,82	2,81	
Хвосты	55,0	1,5	2,59	
Руда	100,0	31,8	100,0	

Таблица 5

Показатели основной флотации в зависимости от щелочности пульпы
(Расход ЖКТМ – 300 г/т, жидкого стекла – 200 г/т)

Наименование продукта	Выход, %	Фтористый кальций, %		Расход соды, г/т рН среды
		массовая доля	извлечение	
Концентрат	26,41	75,0	62,3	0 7,2
Хвосты	73,59	14,1	37,7	
Исходная руда	100,0	28,5	100,0	
Концентрат	41,26	73,6	95,5	500 8,0
Хвосты	58,74	2,44	4,5	
Исходная руда	100,0	31,8	100,0	
Концентрат	41,04	74,0	96,1	1000 8,5
Хвосты	58,96	2,1	3,9	
Исходная руда	100,0	31,8	100,0	
Концентрат	42,22	72,3	96,0	1500 9,0
Хвосты	57,78	2,2	4,0	
Исходная руда	100,0	31,8	100,0	

Оптимальные условия флотации достигаются при рН 8,5, расход соды составляет 1,0 кг/т. При повышенных расходах соды происходит увеличение извлечения флюорита, но снижается качество концентрата.

Как показывают данные исследований, в открытом цикле с тремя перемешиваниями пенного продукта основной флотации на руде получен концентрат с массовой долей фтористого кальция 97,02% при его извлечении 87,2%. Селекция флюорита в перемешивающих операциях относительно хорошо происходит и без подачи в перемешиватель депрессора пустой породы жидкого стекла. Однако для повышения качества концентрата рекомендуется подавать жидкое стекло в первую перемешивку – 100 г/т, а во вторую перемешивку – 50 г/т.

После обработки режимных параметров операций флотации в открытом цикле поставлены опыты в замкнутом цикле. Схемой предусматривается оборот каждого последующего промпродукта перемешивки в предыдущую операцию. Концентрат контрольной флотации вместе с первым промпродуктом поступают в голову основной флотации. При постановке опытов в замкнутом цикле использовалась оборотная вода.

Применение технологических схем с замкнутым водооборотом является основным решением в комплексе мероприятий по охране окружающей среды. Результаты опытов в замкнутом цикле в установившемся режиме приведены в табл. 6.

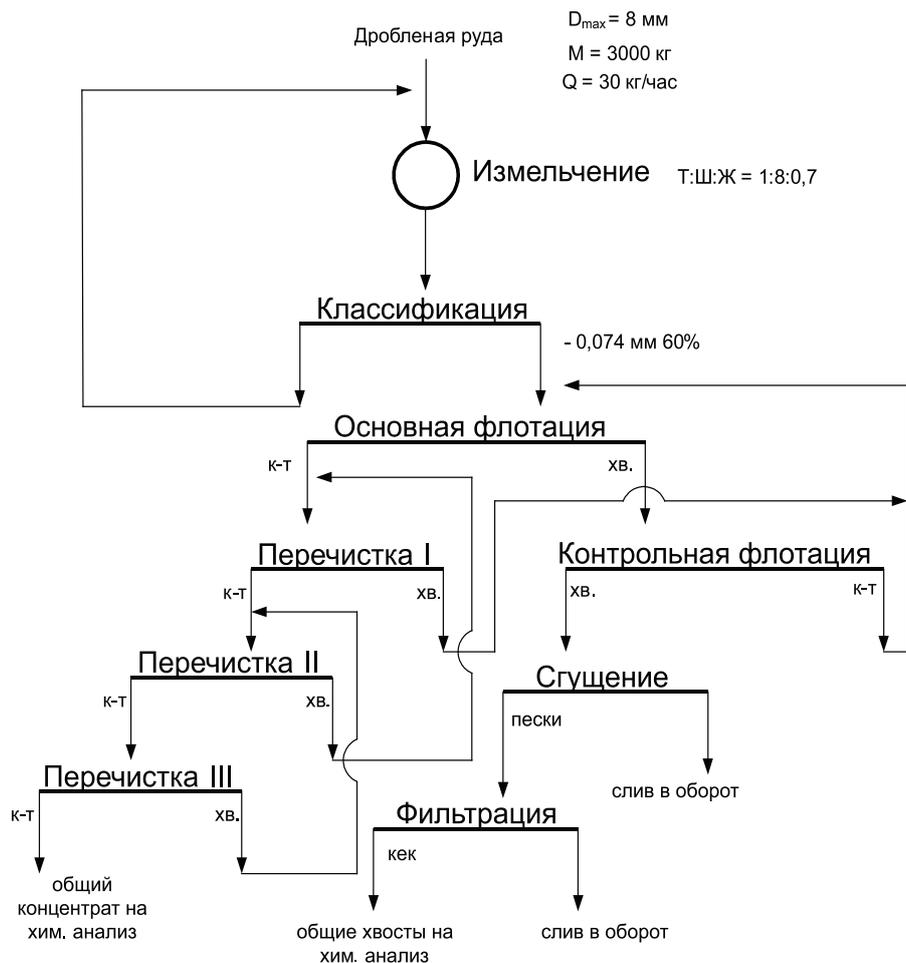


Схема проведения полупромышленных испытаний обогатимости плавиковошпатовой руды

Таблица 6
Результаты опыта в замкнутом цикле с использованием оборотной воды

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %					Извлечение, CaF ₂ , %
		CaF ₂	CaCO ₃	SiO ₂	Сера общая	Фосфор	
Концентрат	30,11	96,10	0,5	1,5	0,07	0,03	91,00
Хвосты	69,89	4,09	–	–	–	–	9,00
Исходная руда	100,00	31,8	–	–	–	–	100,00

Таблица 7
Показатели эффективности обогащения пробы руды при полупромышленных испытаниях

Продукт	Выход, %	Массовая доля, %					Извлечение, %
		CaF ₂	CaCO ₃	SiO ₂	Сера общая	Фосфор	
Концентрат	29,7	95,4	0,50	1,65	< 0,07	0,023	89,1
Хвосты	70,3	4,93	1,79	–	–	–	10,9
Исходное	100	31,8	2,3	46,8	0,1	0,03	100

В замкнутом цикле с использованием в процессе оборотной воды на технологической пробе получен концентрат с содержанием фтористого кальция 96,1% при извлечении от исходной руды 91%. Концентрат по содержанию основного компонента и лимитирующих примесей соответствует марке ФФ-95А (кислотный) по ГОСТ 29220-91 [1] и марке ФФС-95 (сварочный) по ГОСТ 4421-92 [2].

Проведение полупромышленных испытаний разработанных режимов

Схема непрерывного цикла обогащения руды представлена на рисунке.

На основании результатов лабораторных исследований приняты следующие исходные показатели для полупромышленных испытаний:

1. Условия измельчения: Т:Ж:Ш = 1:8:0,7; заполнение объема мельницы мелющими телами – 40%; мелющие тела – шары.

2. Характеристики продукта в питании флотационного цикла: Т:Ж = 1:3; класс крупности 65% – 0,074 мм.

3. Реагентный режим: расход соды кальцинированной 500 г/т в операцию измельчения, ЖКТМ 300 г/т в основную флотацию и 100 г/т в контрольную флотацию, жидкое стекло 200 г/т в основную флотацию, 100 г/т в первую перечистку и 50 г/т во вторую перечистку.

По результатам проведения испытаний в непрерывном цикле на замкнутом водообороте проведена корректировка следующих параметров: расход соды снижен до 380 г/т, расход ЖКТМ в основной флотации снижен до 180 г/т, расход жидкого стекла в основной флотации снижен до 160 г/т.

Сквозные показатели обогащения по приведенной схеме сведены в табл. 7.

В результате полупромышленных испытаний получен концентрат с содержанием флюорита 95,4%, что соответствует марке флюорита ФФС-95 (флюорит флотационный сварочный с содержанием CaF_2 не менее 95%) при извлечении 89% от исходной руды.

Заключение

Разработана технология переработки флюоритовой руды Нижне-Березовского месторождения Красноярского края. Показано, что исследуемые пробы руд отно-

сятся к кварцфлюоритовому типу и могут перерабатываться по единой технологической схеме и режиму обогащения. По разработанным технологическим режимам получены флотоконцентраты с массовой долей фтористого кальция 95–96%. Технология апробирована в полупромышленном масштабе в замкнутом цикле, проведена корректировка расходов основных реагентов. Показано, что предложенная технология позволяет получить из руд сварочный флотоконцентрат марки ФФС-95, что является преимуществом перед рудами известных плавиковошпатовых месторождений в России.

Учитывая большую потребность в плавиковом шпате в России, высокие технологические показатели обогащения руд Нижне-Березовского месторождения, а также его расположение в благоприятных географо-экономических условиях, можно сделать вывод о высокой перспективности дальнейшей разработки Дербинской флюоритоносной зоны и привлечения инвесторов для освоения месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (конкурс 2016 г.).

Список литературы

1. ГОСТ 29220-91. Концентраты плавиковошпатовые металлургические. Технические условия [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 7 с.
2. ГОСТ 4421-73. Материалы для электродных покрытий. Концентрат плавиковошпатовый для сварочных материалов. Технические условия [Текст]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 5 с.
3. Исследование на обогатимость пробы № 1 флюоритовой руды Дербинской флюоритовой зоны. Отчет/Сибцветметниипроект. Руководитель работы – А.А. Марченко. – Красноярск, 2001 – 43 с.
4. Исследование на обогатимость пробы № 2 флюоритовой руды Дербинской флюоритовой зоны. Отчет/Сибцветметниипроект. Руководитель работы – А.А. Марченко. – Красноярск, 2002 – 38 с.
5. Разработка и внедрение мероприятий на Кяхтинской обогатительной фабрике. Этап: Исследование на обогатимость пробы руды Наранского месторождения. Отчет/Сибцветметниипроект. Руководитель работы – А.А. Марченко. – Красноярск, 1992 – 57 с.
6. Совершенствование технологии обогащения руд ГОКа в районе Хар-Айрак (МНР). Отчет/Сибцветметниипроект. Руководитель работы – А.А. Марченко. – Красноярск, 1989 – 78 с.
7. Справочник по обогащению руд [Текст]. Обогаительные фабрики / ред. О.С. Богданова, Ю.Ф. Ненарокова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 358 с.
8. Эйгелес М.А. Основы флотации несulfидных минералов [Текст]. / М.А. Эйгелес. – М.: Недра, 1970. – 347 с.

УДК 544.723.23

ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбЦИИ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ЛИНЕЙНОГО СТРОЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ГАЗОВЫХ УГЛЕЙ**Муллина Э.Р., Мишурина О.А.***ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: erm_73@mail.ru*

Статья посвящена исследованию влияния строения углеводородного радикала на адсорбцию сложных эфиров линейного строения на поверхности газовых углей. Изучение термодинамических характеристик процесса адсорбции свидетельствует о том, что с удлинением углеводородного радикала происходит возрастание времени удерживания сложных эфиров угольной поверхностью, обусловленное увеличением поверхности действия дисперсионных сил углеводородной цепочки. Показано, что абсолютные значения изменения энтальпии увеличиваются от молекул с разветвленной цепью к молекулам с прямой цепью, что свидетельствует об уменьшении прочности закрепления вследствие снижения доли дисперсионных сил взаимодействия углеводородного радикала с угольной поверхностью. Экспериментально полученные изотермы адсорбции сложных эфиров линейного строения имеют характерную выпуклую форму, характеризующую локализованную адсорбцию за счет межмолекулярных сил нехимической природы.

Ключевые слова: флотация, реагенты-модификаторы, сложные эфиры линейного строения, изомерия, адсорбция, адсорбат, адсорбент, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, время удерживания, изотерма адсорбции

RESEARCH OF ADSORPTION OF ESTERS OF THE LINEAR STRUCTURE ON THE SURFACE OF GAS COALS**Mullina E.R., Mishurina O.A.***Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: erm_73@mail.ru*

Article is devoted to a research of influence of a structure of the hydrocarbonic radical on adsorption of esters of a linear structure on the surface of gas coals. Studying of thermodynamic characteristics of process of adsorption demonstrates that to lengthening of the hydrocarbonic radical there is an increase of time of keeping of esters a coal surface caused by increase in a surface of action of dispersive forces of a hydrocarbonic chain. It is shown that absolute values of change of an enthalpy increase from molecules with a branched chain to molecules with a direct chain that demonstrates reduction of durability of fixing owing to decrease in a share of dispersive forces of interaction of the hydrocarbonic radical with a coal surface. Experimentally received isotherms of adsorption of esters of a linear structure have the characteristic convex form characterizing the localized adsorption at the expense of intermolecular forces of not chemical nature.

Keywords: flotation, reagents modifiers, esters of a linear structure, isomerism, adsorption, adsorbate, adsorbent, enthalpy, entropy, Gibbs's energy, keeping time, adsorption isotherm

В программном документе «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года» предусматривается дальнейшее развитие угольной промышленности и увеличение объемов добычи угля до 430 млн т [3]. Дефицит углей высокой коксующести, которые применяются в цветной и черной металлургии, производстве искусственных абразивных материалов и в химической промышленности, приводит к увеличению объемов добычи труднообогатимых углей, запасы которых составляют практически половину мировых запасов угля [6]. Однако добываемый уголь во многих случаях не отвечает требованиям потребителей по основным качественным показателям: зольности, влажности, теплотворной способности и спекающим свойствам. Повышение его качества возможно только с применением методов обогащения, совершенствование которых может стать основным направлением

развития производственного потенциала угольных бассейнов [3, 6].

В настоящее время единственным эффективным способом обогащения тонких шламов крупностью до «нуля» является пенная флотация [4, 13]. Совершенствование технико-экономических показателей флотации углей во многом определяется применяемым реагентным режимом. Многочисленные исследования флотации труднообогатимых углей направлены на улучшение эффективности и селективности этого процесса благодаря использованию новых реагентных режимов [5]. Одним из наиболее перспективных решений этой задачи является применение реагентов-модификаторов как органического, так и неорганического происхождения, позволяющих увеличить различие в гидратированности поверхности угля и минеральных частиц [2, 8, 9, 10].

Термодинамические характеристики и хроматографические параметры удерживания при адсорбции сложных эфиров на поверхности газового угля

Вещество	$-\Delta H$, кДж/моль	$-\Delta G$, кДж/моль	$-\Delta S$, кДж/моль·град	τ_R , мин	ν
Бутилформиат	26,4	8,15	0,047	2,50	4,25
Изобутилформиат	23,6	5,00	0,041	1,80	2,00
Бутилбутират	38,9	11,90	0,070	8,17	5,17
Изобутилбутират	35,9	10,20	0,066	5,67	4,17
Изобутилизобутират	35,1	9,04	0,067	3,67	3,33
Изоамилизобутират	38,2	9,17	0,075	4,33	3,67

Так, применение в качестве реагентов – модификаторов сложных эфиров линейного строения позволяет существенно повысить селективность процесса флотации газовых углей [1, 7, 12]. Причем использование сложных эфиров изомерного строения позволяет более существенно повысить качество концентрата по сравнению со сложными эфирами нормального строения [11, 15].

С целью установления механизма закрепления сложных эфиров линейного строения на поверхности газовых углей были исследованы термодинамические характеристики процесса адсорбции. Изучение адсорбционных свойств сложных эфиров линейного строения проводилось методом газо-адсорбционной хроматографии, которая позволяет не только качественно, но и количественно оценить адсорбцию изучаемых органических соединений на поверхности газовых углей.

Поскольку основными физико-химическими процессами в газо-адсорбционной хроматографии являются процессы сорбции и десорбции, то этот метод позволяет наиболее полно изучить сорбционные процессы, протекающие на границе адсорбат (реагент) – адсорбент (уголь).

Различия в элементном составе, геометрической и электронной структуре молекул органических соединений приводят к их различной сорбируемости угольной поверхностью.

В процессе исследования взаимодействия сложных эфиров линейного строения с поверхностью газового угля были изучены такие важнейшие термодинамические характеристики процесса адсорбции, как изменения свободной энергии (ΔG), теплоты адсорбции (ΔH), энтропии (ΔS), кроме того, были изучены такие параметры, как время удерживания реагента поверхностью угля (τ_R) и коэффициент асимметрии (ν) (таблица).

Результаты определения времени удерживания сложных эфиров линейного строе-

ния на поверхности газовых углей (таблица) показывает, что с удлинением углеводородного радикала исследуемых соединений величина τ_R возрастает, что свидетельствует о повышении прочности закрепления. Это связано с увеличением поверхности действия дисперсионных сил углеводородной цепочки. В работе [14] установлено, что время удерживания полярных соединений с увеличением длины углеводородного радикала возрастает не только за счет увеличения дисперсионных сил между углеводородным радикалом и аполярными участками поверхности, но и с повышением специфических сил взаимодействия за счет увеличения электронной плотности на полярном центре. Следует отметить, что наличие изомерии в структуре молекул сложных эфиров линейного строения приводит к снижению величины времени удерживания вследствие уменьшения доли дисперсионных сил взаимодействия углеводородного радикала с угольной поверхностью в силу структурных факторов.

Наблюдаемое при многократном хроматографировании исследованных веществ постоянство времени удерживания для каждого соединения и воспроизводимость величины хроматографического пика указывает на обратимость взаимодействия в системе уголь – реагент. Равенство количества адсорбционного вещества на угле количеству десорбированного вещества, несмотря на разное время удерживания различных соединений, свидетельствует о межмолекулярных взаимодействиях физического характера между поверхностью угля и молекулами реагента.

Важнейшими термодинамическими характеристиками процесса адсорбции молекул органических соединений на угольной поверхности являются изменения свободной энергии (ΔG), теплоты адсорбции (ΔH) и энтропии (ΔS).

По значениям изменений энтальпии (ΔH) можно судить о прочности и типе

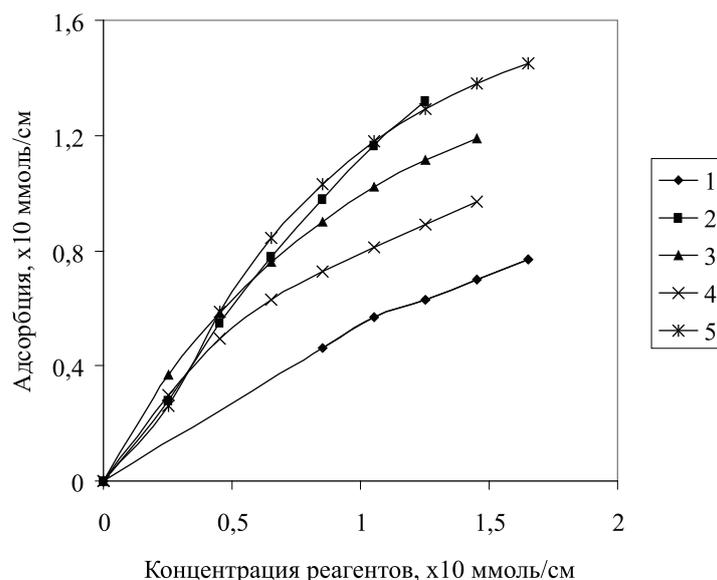
связей в системе «адсорбат – адсорбент». Сопоставление термодинамических характеристик процесса адсорбции исследованных соединений газовыми углями, протекающего в условиях изотермического хроматографирования, показывает, что значения изменений энтальпии ΔH для всех соединений находятся в пределах от $-23,6$ до $-38,9$ кДж/моль (таблица). Абсолютные значения ΔH увеличиваются от молекул сложных эфиров с разветвленной цепью к молекулам с прямой цепью, что подтверждает уменьшение прочности закрепления вследствие снижения доли дисперсионных сил взаимодействия углеводородного радикала с угольной поверхностью. Так, например, в ряду бутилбутират – изобутилбутират – изобутилизобутират, характеризующемся увеличением разветвленности углеводородного радикала молекул, наблюдается уменьшение абсолютных значений ΔH : $38,9 - 35,9 - 35,1$ кДж/моль.

Изменение энергии Гиббса (ΔG) характеризует способность твердого тела поглощать вещество из окружающей среды. Изменение величины ΔG от $-5,0$ до $-11,9$ кДж/моль означает уменьшение запаса свободной энергии угольной поверхности (поверхностной активности) в результате закрепления молекул реагента. Для исследованных соединений наиболее высокие значения ΔH и ΔG соответствуют закреплению на поверхности газовых углей сложных эфиров масляной и изо-

масляной кислоты: бутилбутирата и изоамилизобутирата.

Изменение энтропии (ΔS) показывает влияние температуры на величину ΔG и является функцией состояния системы «адсорбат – адсорбент». Отрицательные значения ΔS в адсорбционном процессе от $-0,041$ до $-0,070$ кДж/моль·град свидетельствуют об упорядочении системы «уголь – реагент» по мере приближения адсорбата к поверхности и формировании адсорбционного слоя.

Анализ приведенных выше данных показывает, что закрепление молекул сложных эфиров линейного строения на поверхности газовых углей в значительной степени зависит от строения углеводородного радикала исследованных соединений. Так, сложные эфиры изомерного строения характеризуются несколько пониженной адсорбционной способностью и прочностью закрепления на угольной поверхности, это обусловлено, по-видимому, тем, что наличие разветвленности в структуре углеводородного радикала приводит к увеличению расстояния между отдельными атомами молекулы и угольной поверхностью. Кроме того, исследования, проведенные в работе [14], так же показывают, что изомерное строение углеводородных радикалов молекул гетерополярных реагентов снижает величину их адсорбции на угле вследствие уменьшения дисперсионных сил межмолекулярного взаимодействия углеводородного радикала с угольной поверхностью.



Изотермы адсорбции сложных эфиров на газовом угле: 1 – бутилформиат; 2 – бутилбутират; 3 – изобутилбутират; 4 – изобутилизобутират; 5 – изоамилизобутират

С увеличением длины углеводородного радикала внутри гомологического ряда сложных эфиров изомерного строения возрастают значения термодинамических параметров, коэффициенты асимметрии ν хроматографического пика, связанного с термодинамическим размыванием зон реагента, а также времени удерживания τ_R молекул реагентов на сорбционных центрах угольной поверхности, что в целом свидетельствует об увеличении прочности закрепления на углях. Это связано с увеличением поверхности действия дисперсионных сил углеводородной цепочки, обеспечивающей гидрофобизацию угольной поверхности.

Термодинамическое размывание хроматографических зон, на что указывает значение $\nu > 1$ связано с нелинейностью изотермы адсорбции. Экспериментально полученные изотермы адсорбции исследованных соединений имеют характерную выпуклую форму и описываются уравнениями М.М. Дубинина и Л.В. Радушкевича в теории полимолекулярной адсорбции Поляни (рисунок).

Вид изотермы адсорбции, выражающей зависимость количества поглощенного сорбентом вещества A от его концентрации C , определяется природой адсорбата и адсорбента и характером взаимодействия молекул друг с другом и с твердой поверхностью. Изотерма адсорбции однозначно связана с формой хроматографического пика адсорбируемого вещества.

Все исследуемые вещества имеют выпуклую изотерму адсорбции (рисунок), для которой производная dA/dC с ростом концентрации уменьшается, и скорость движения по адсорбенту малых концентраций веществ будет меньше, чем больших. Это приводит к искажению формы хроматографического пика – восходящая ветвь обостряется, а нисходящая растягивается.

Такая картина наблюдается, как правило, при адсорбции на неоднородной поверхности со сравнительно малым числом высокоактивных сорбционных центров. Основное количество адсорбата закрепляется на менее активных центрах и выходит из колонки с более высокими скоростями, что и определяет крутую восходящую ветвь пика. Десорбция с высокоактивных сорбционных центров происходит медленнее, что приводит к растягиванию нисходящей границы хроматограммы.

Экспериментально полученные изотермы адсорбции сложных эфиров линейного строения (рисунок) имеют характерную

выпуклую форму, характеризующую локализованную адсорбцию за счет межмолекулярных сил нехимической природы.

Изотермы реагентов с нормальным строением молекул располагаются выше и величина адсорбции больше, чем у соответствующих структурных изомеров, что указывает на более низкую сорбционную способность веществ с разветвленным строением молекул. Это подтверждается и меньшими величинами времени их удерживания на поверхности газовых углей (таблица). Меньшая прочность закрепления разветвленных молекул обусловлена влиянием структурного фактора, т.к. энергия специфического взаимодействия зависит от расстояния между поверхностью адсорбента и силовыми центрами звеньев адсорбированной молекулы.

Кроме того, следует отметить, что наличие алкильных радикалов приводит к увеличению в структуре молекулы центров с локально сконцентрированными отрицательными и положительными зарядами вследствие смещения электронной плотности + I-типа от метильных групп к углеродным атомам главной цепи, что в свою очередь приводит к некоторому увеличению специфического взаимодействия между молекулами реагентов и угольной поверхностью.

Наличие изомерии в структуре молекул сложных эфиров линейного строения приводит к снижению их адсорбционных способностей вследствие уменьшения дисперсионных сил взаимодействия углеводородного радикала с угольной поверхностью. Однако дисперсионные силы проявляются между адсорбентом и адсорбатом независимо от их природы и строения и относятся к неспецифическому взаимодействию.

Таким образом, снижение доли неспецифического взаимодействия между молекулами изомерного строения и поверхностью газовых углей приводит к повышению избирательности их закрепления и, как следствие, увеличению селективности процесса флотации углей.

Список литературы

1. Аглямова Э.Р. Повышение селективности флотации газовых углей с применением органических и неорганических соединений // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Магнитогорск, 2002.
2. Аглямова Э.Р., Савинчук Л.Г. Способ флотации угля // патент на изобретение RUS 2165799. 23.11.1999.
3. Антипенко Л.А. Будущее угольной промышленности – обогащение угля. – Уголь. – 2012, – № 1. – С. 50-52.
4. Байченко А.А., Батушкин А.Н. Изучение собирательных свойств аполярных реагентов при флотации угольных

шламов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 2. – С. 29–30.

5. Батушкин А.Н., Байченко А.А. Разработка новых технологических режимов флотации углей Кузнецкого бассейна // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 2. – С. 30–31.

6. Гиззатов А.А., Ибрагимов А.А., Давлетгареев К.Ф., Рахимов М.Н. Разработка флотационных реагентов для процесса обогащения высокозольных углей. – Башкирский химический журнал. – 2013. – том 20. – № 4. – С. 86–89.

7. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Ершова О.В. Изучение влияния химического строения реагентов-модификаторов на электрохимические свойства угольной поверхности // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 11. – С. 130–133.

8. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В. К вопросу повышения селективности флотационного обогащения углей с применением неорганических реагентов-модификаторов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 8. – С. 41–44.

9. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В. Изучение влияния неорганических солей на извлечение серо-содержащих примесей при флотации углей низкой стадии метаморфизма // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 22. – С. 64–69.

10. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В. Влияние химической природы модифицирующих

добавок неорганического происхождения на электрокинетический потенциал угольных дисперсий // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 51–55.

11. Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В. Исследование влияния сложных эфиров линейного строения на флотацию газовых углей // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: www.science-education.ru/122-20619 (дата обращения: 24.10.2016).

12. Муллина Э.Р., Чупрова Л.В., Мишурина О.А. Исследование влияния химических соединений различного состава на процесс флотации газовых углей // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 12. – № 3. – С. 4–8.

13. Новак В.И., Козлов В.А. Обзор современных способов обогащения угольных шламов // ГИАБ. – 2012. – № 6. – С. 21–23.

14. Петухов В.Н. Интенсификация процесса флотации труднообогатимых и низкометаморфизованных углей путем направленного изменения электронной структуры и стереохимии молекул реагентов: Автореф. дис. докт. тех. наук. – Санкт-Петербург, 1992 г.

15. Чупрова Л.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.А. Влияние органических и неорганических соединений на флотацию углей низкой стадии метаморфизма // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9663> (дата обращения: 24.10.2016).

УДК 547.379

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА НЕНАСЫЩЕННЫХ 4-МЕТОКСИФЕНИЛСЕЛАНОВ

Потапов В.А., Амосова С.В.

*Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского Сибирского отделения
Российской академии наук, Иркутск, e-mail: v.a.potapov@mail.ru*

Разработаны удобные и эффективные способы получения 4-метоксифенилселанов, содержащих винильную, аллильную и пропаргильную группы, с выходами 90–95% на основе бис(4-метоксифенил)диселана. Эффективные методы синтеза винил-4-метоксифенилселана, аллил-4-метоксифенилселана и пропаргил-4-метоксифенилселана основаны на восстановлении бис(4-метоксифенил)диселана до 4-метоксифенилселенолат-аниона боргидридом натрия или гидразингидратом в присутствии гидроксида калия с последующей реакцией с ацетиленом, аллилбромидом или пропаргилбромидом. Реакции 4-метоксифенилселенолат-аниона с аллилбромидом и пропаргилбромидом протекают при комнатной температуре в этаноле и приводят к аллил-4-метоксифенилселану и пропаргил-4-метоксифенилселану с выходами 95% и 91% соответственно. Эффективный синтез винил-4-метоксифенилселана (выход 95%) осуществлен в автоклаве под давлением ацетилена 10–12 атмосфер при температуре 80–100 °С. Разработанные эффективные способы получения селанов, имеющих способные к функционализации ненасыщенные группы, открывают возможности их практического использования в синтезе новых селенорганических соединений.

Ключевые слова: бис(4-метоксифенил)диселан, аллил-4-метоксифенилселан, винил-4-метоксифенилселан, пропаргил-4-метоксифенилселан, ацетилен, аллилбромид, пропаргилбромид

EFFICIENT METHODS OF SYNTHESIS OF UNSATURATED 4-METHOXYPHENYLSELANES

Potapov V.A., Amosova S.V.

*A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, e-mail: v.a.potapov@mail.ru*

Efficient convenient methods for preparation of 4-methoxyphenylselanes containing vinyl, allyl and propargyl groups in 90–95% yields have been developed based on bis(4-methoxyphenyl)diselane. Efficient methods of syntheses of vinyl-4-methoxyphenylselane, allyl-4-methoxyphenylselane and propargyl-4-methoxyphenylselane are based on reduction of bis(4-methoxyphenyl)diselane to 4-methoxyphenylselenolate anion by sodium borohydride or hydrazine hydrate in the presence of potassium hydroxide followed by the reactions with acetylene, allylbromide or propargyl bromide. The reactions of 4-methoxyphenylselenolate anion with allylbromide or propargyl bromide proceed at room temperature in ethanol giving allyl-4-methoxyphenylselane and propargyl-4-methoxyphenylselane in 95% and 91% yield, respectively. Efficient syntheses of vinyl-4-methoxyphenylselane (95% yield) have been realized under the pressure of acetylene at 80–100 °C in autoclave. The developed methods for preparation of the selanes, containing unsaturated groups capable of functionalization, open possibilities of their practical application in synthesis of new organoselenium compounds.

Keywords: bis(4-methoxyphenyl)diselane, vinyl-4-methoxyphenylselane, allyl-4-methoxyphenylselane, propargyl-4-methoxyphenylselane, acetylene, allylbromide, propargylbromide

Ряд селенорганических соединений проявляет высокую биологическую активность [5, 8]. Селен является важным микроэлементом для млекопитающих, в том числе для человека [10]. В организме человека действует селенсодержащий фермент глутатионпероксидаза, катализирующий реакцию глутатиона с перекисными соединениями, присутствие которых в организме является причиной таких распространенных патологий, как сердечно-сосудистые заболевания, в том числе атеросклероз и ишемическая болезнь сердца, инсульт головного мозга, болезнь Паркинсона, артрит и многие другие заболевания [5, 8, 10]. Пероксидазоподобную активность проявляет ряд известных селенорганических соединений, например, Эбселен, который уже используется в медицине [5, 8].

Многие органические соединения, имеющие в своем составе бензольные кольца с электронодонорными заместителями – гидрокси- и метоксигруппами, проявляют антиоксидантную активность [3, 9]. Из природных антиоксидантов, кроме витаминов и лигнанов, можно отметить флавоноиды [9]. Большинство флавоноидов имеют в своем составе бензольные кольца с электронодонорными заместителями – гидрокси-, метокси- и метильными группами [9].

Таким образом, сочетание в молекуле селенсодержащей группы и ароматического фрагмента с сильными электронодонорными заместителями может обеспечить высокую биологическую активность, и в первую очередь антиоксидантные и глутатионпероксидазоподобные свойства.

Одним из основных направлений наших исследований является разработка эффективных методов синтеза ненасыщенных халькогенорганических соединений – веществ с потенциальной биологической активностью и ценных полупродуктов для органического синтеза [6]. Синтез новых селенорганических соединений с целью поиска препаратов с высокой биологической активностью, в том числе с пероксидазоподобным эффектом, является актуальной задачей. С целью получения потенциально биологически активных веществ нами разработаны эффективные методы синтеза ненасыщенных 4-триметоксифенилселанов. Входящие в состав этих соединений ненасыщенные группы (аллильная, пропаргильная и винильная) обеспечивают возможность дальнейших превращений и получения новых производных. Также эти соединения представляют большой интерес как активированные субстраты в реакциях с галогенидами халькогенов, в которых может сочетаться присоединение по ненасыщенной группе и электрофильное ароматическое замещение с образованием конденсированных продуктов (ряд подобных реакций осуществлен нами ранее с использованием аллилфенилового и пропаргилфенилового эфиров [1, 6, 7]). Следует отметить, что 4-метоксифенильный фрагмент входит в структуру ряда медицинских препаратов [2].

Материалы и методы исследования

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C регистрировали на приборе Bruker DPX-400 (рабочие частоты 400.13, и 100.61 МГц соответственно) в CDCl_3 , внутренний стандарт – ГМДС. Элементный анализ выполнен на приборе Thermo Finigan EA 1112.

Синтез винил(4-метоксибензил)селана (2) в системе $\text{NaBH}_4/\text{EtOH}$. К раствору 0,744 г (2 ммоль) бис(4-метоксифенил)диселана в 40 мл этанола порциями добавили 0,3 г боргидрида натрия и перемешивали 1 ч при комнатной температуре. Смесь нагревали (80–100 °С) во вращающемся автоклаве (объемом 250 мл) под давлением ацетилен (10–12 атм) в течение 5 ч. Из смеси отогнали растворитель. Остаток промыли гексаном, фильтровали. После отгонки растворителя на роторном испарителе из фильтрата остаток сушили в вакууме. Получили 0,809 г (выход 95 %) селана **2** в виде желтоватой жидкости.

Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 3.76 с (3H, OCH_3), 5.71 д (1H, = CH_2 , $^3J = 17$ Гц), 5.82 д (1H, = CH_2 , $^3J = 10$ Гц), 6.76 д.д. (1H, = CHSe , $^3J = 10$, $^3J = 17$ Гц), 6.89 д (2H_{аром.}), 7.41 д (2H_{аром.}).

Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 55.94 (OCH_3), 106.12 ($\text{HC}_{аром.}$), 111.68 (= CH_2), 129.06 (= CHSe), 132.72 ($\text{C}_{аром.}$), 137.27 ($\text{OC}_{аром.}$), 153.29 ($\text{OC}_{аром.}$).

Найдено, %: C 51,12; H 4,92; Se 36,83. $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{OSe}$. Вычислено, %: C 50,72; H 4,73; Se 37,05.

Синтез винил(4-метоксибензил)селана (2) в системе гидразингидрат/КОН/ДМФА/ H_2O . К рас-

твору 0,744 г (2 ммоль) бис(4-метоксифенил)диселана в 40 мл ДМФА добавили 1 г (15 ммоль) 85%-го гидроксида калия, 0,5 мл воды и 3 мл гидразингидрата и нагревали смесь (80–90 °С) во вращающемся автоклаве (объемом 250 мл) под давлением ацетилен (10–12 атм) в течение 5 ч. Смесь разбавили водой (100 мл) и экстрагировали эфиром (3x20 мл). Органическую фазу промыли водой, сушили Na_2SO_4 . После отгонки растворителя на роторном испарителе остаток сушили в вакууме. Получили 0,767 г (выход 90 %) селана **2** в виде желтоватой жидкости.

Аллил(4-метоксифенил)селан (4). К раствору 0,744 г (2 ммоль) бис(4-метоксифенил)диселана и 0,532 г (4,4 ммоль) аллилбромид в 40 мл этанола порциями добавили 0,3 г боргидрида натрия и перемешивали 16 ч при комнатной температуре. Из смеси отогнали растворитель. Остаток промыли гексаном, фильтровали. После отгонки растворителя на роторном испарителе из фильтрата остаток сушили в вакууме. Получили 0,863 г (выход 95 %) селана **4** в виде желтоватой жидкости.

Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 3,69 д (2H, SeCH_2 , $^3J = 7$ Гц), 3,80 с (3H, OCH_3), 5,09 д (1H, = CH_2 , $^3J = 17$ Гц), 5,32 д (1H, = CH_2 , $^3J = 10$ Гц), 5,79 м (1H, = CH), 6,89 д (2H_{аром.}), 7,43 д (2H_{аром.}).

Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 35,21 (SeCH_2), 55,76 (OCH_3), 106,07 ($\text{HC}_{аром.}$), 116,88 (= CH_2), 133,32 ($\text{C}_{аром.}$), 134,17 (= CH), 137,14 ($\text{OC}_{аром.}$), 153,03 ($\text{OC}_{аром.}$).

Найдено, %: C 53,16; H 5,51; Se 35,02, $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{OSe}$. Вычислено, %: C 52,87; H 5,32; Se 34,76.

Пропаргил(4-метоксифенил)селан (5). К раствору 0,744 г (2 ммоль) бис(4-метоксифенил)диселана и 0,524 г (4,4 ммоль) пропаргилбромид в 40 мл этанола добавили 0,3 г боргидрида натрия и перемешивали 16 ч при комнатной температуре. Из смеси отогнали растворитель. Остаток промыли гексаном, фильтровали. После отгонки растворителя на роторном испарителе из фильтрата остаток сушили в вакууме. Получили 0,819 г (выход 91 %) селана **5** в виде желтоватой жидкости.

Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2,26 т (1H, CH , $^4J = 3$ Гц), 3,75 д (2H, SeCH_2 , $^4J = 3$ Гц), 3,75 с (3H, OCH_3), 6,83 д (2H_{аром.}), 7,41 д (2H_{аром.}).

Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 10,87 (SeCH_2), 55,88 (OCH_3), 71,26 ($\equiv\text{CH}$), 81,05 ($\equiv\text{C}$), 105,81 ($\text{HC}_{аром.}$), 132,72 ($\text{C}_{аром.}$), 136,92 ($\text{OC}_{аром.}$), 152,99 ($\text{OC}_{аром.}$).

Найдено, %: C 53,64; H 4,67; Se 34,83. $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{OSe}$. Вычислено, %: C 53,35; H 4,48; Se 35,07.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработаны удобные и эффективные способы получения 4-метоксифенилселанов, содержащих винильную, аллильную и пропаргильную группы, с выходами 90–95 % на основе бис(4-метоксифенил)диселана (**1**). Эффективные методы синтеза винил-, аллил-, и пропаргил-4-метоксифенилселанов основаны на восстановлении бис(4-метоксифенил)диселана до 4-метоксифенилселенолат-аниона боргидридом натрия или гидразингидратом в присутствии КОН с последующей реакцией с ацетиленом, аллилгалогенидами или пропаргилгалогенидами.

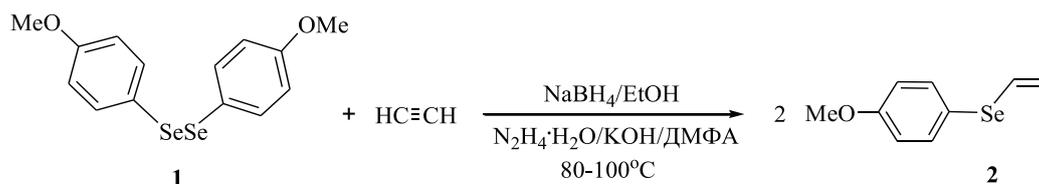


Схема 1

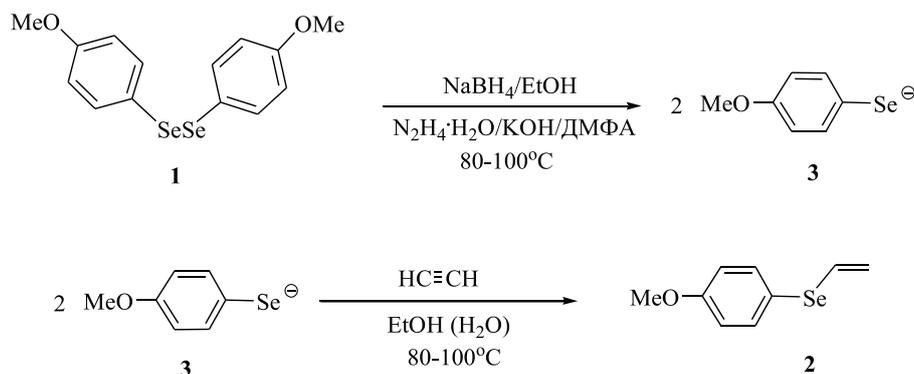
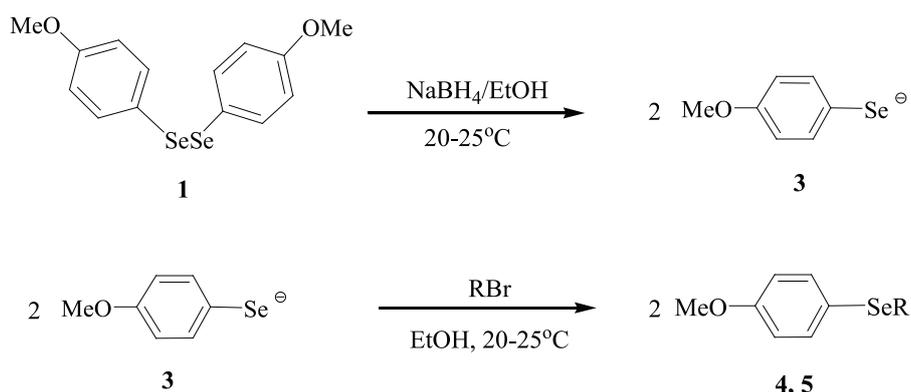


Схема 2



$\text{R} = \text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ (**4**), $\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$ (**5**)

Схема 3

На основе диселана **1** и ацетилена разработан эффективный способ получения винил(4-метоксифенил)селана (**2**) с выходом до 95% реакцией нуклеофильного присоединения 4-метоксифенилселенолат-аниона к ацетилену (Схема 1).

Для получения винилселана **2** из соединения **1** использованы две основно-восстановительные системы: $\text{NaBH}_4/\text{EtOH}$ и гидразингидрат/ $\text{KOH}/\text{DMF}/\text{H}_2\text{O}$. При действии боргидрида натрия или гидразингидрата и гидроксида калия на диселан **1** генери-

руется 4-метоксифенилселенолат-анион **3**, нуклеофильное присоединение которого к ацетилену в присутствии донора протонов приводит к винилселану **2** (Схема 2). Вода или этанол играют роль донора протонов.

Реакция осуществляется под давлением ацетилена в автоклаве при температуре $80-100^\circ\text{C}$. Система $\text{NaBH}_4/\text{EtOH}$ оказалась несколько более эффективной: выход продукта составил 95%, в то время как в системе гидразингидрат/ $\text{KOH}/\text{DMF}/\text{H}_2\text{O}$ винилселан **2** получен с выходом 90%.

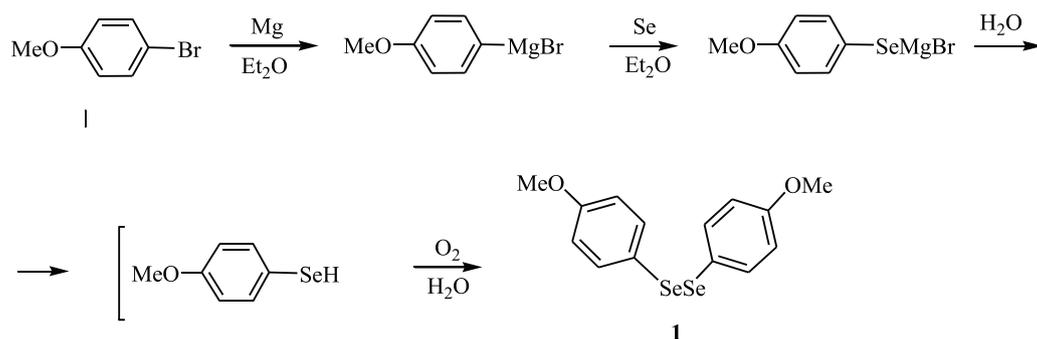


Схема 4

Разработан эффективный способ получения аллил(4-метоксифенил)селана (**4**) и пропаргил(4-метоксифенил)селана (**5**) восстановлением диселана **1** основно-восстановительной системой $\text{NaBH}_4/\text{EtOH}$ с последующей реакцией 4-метоксифенилселенолат-аниона с аллилбромидом или пропаргилбромидом. Выход полученных по этому методу продуктов **4** и **5** составил 95% и 91% соответственно (Схема 3).

Бис(4-метоксифенил)диселан **1** синтезирован с выходом 72% по известному методу [4] на основе реакции реактива Гриньяра, полученного из 4-броманизола и магния, с элементарным селеном. В конце реакции обработка промежуточного 4-метоксифенилселанилмагнийбромида водой приводит к 4-метоксифенилселенолу, который легко окисляется кислородом воздуха с образованием диселана **1** (Схема 4).

Строение продуктов **2**, **4**, **5** доказано методами ЯМР ^1H , ^{13}C и подтверждено данными элементного анализа.

В спектре ЯМР ^1H винилселена **2** присутствуют типичные для винилселанильной группы сигналы: два дублета при 5,71 и 5,82 м.д. и дублет дублетов при 6,76 м.д. с константами спин-спинового взаимодействия 10 Гц ($^3J_{\text{вин}}^{\text{вин}}$) и 17 Гц ($^3J_{\text{вин}}^{\text{транс}}$).

В спектре ЯМР ^1H пропаргилселена **5** наблюдаются триплет протона терминальной ацетиленовой группы $\equiv\text{CH}$ при 2,26 м.д. и дублет группы CH_2Se при 3,75 м.д. с константой спин-спинового взаимодействия около 3 Гц ($^4J_{\text{HH}}$). В спектре ЯМР ^{13}C пропаргилселена **5** сигналы пропаргилселанильной группы проявляются при 10,87 (SeCH_2), 71,26 ($\equiv\text{CH}$) и 81,05 м.д. ($\equiv\text{C}$).

В спектрах ЯМР ^1H соединений **2**, **4**, **5** имеются сигналы протонов бензольного кольца в виде двух дублетов в ароматиче-

ской области с константами спин-спинового взаимодействия около 8 Гц ($^3J_{\text{вин}}$).

Метоксигруппа в бензольном кольце соединений **2**, **4**, **5** проявляется синглетом при 3,75–3,80 м.д. в спектрах ЯМР ^1H и сигналом в области 55–56 м.д. в спектрах ЯМР ^{13}C .

Полученные селаны имеют способные к дальнейшей функционализации ненасыщенные группы (винильную, аллильную и пропаргильную) и являются перспективными полупродуктами для синтеза новых селеноорганических соединений с потенциальной биологической активностью.

Выводы

1. Разработаны эффективные и технологичные способы получения аллил-4-метоксифенилселана и пропаргил-4-метоксифенилселана с выходами 90–95% на основе бис(4-метоксифенил)диселана и аллилбромидом или пропаргилбромидом. Реакции 4-метоксифенилселенолат-аниона с аллилбромидом и пропаргилбромидом протекают при комнатной температуре в этаноле.

2. Разработан эффективный метод синтеза винил-4-метоксифенилселана с выходом 95% из бис(4-метоксифенил)диселана, который реализуется в автоклаве под давлением ацетилена 10–12 атмосфер при температуре 80–100 °С. Реакция протекает как нуклеофильное присоединение к ацетилену 4-метоксифенилселенолат-аниона в присутствии донора протонов (этанола или воды).

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда (№ 14-13-01085). Основные результаты получены с использованием материально-технической базы Байкальского аналитического центра коллективного пользования СО РАН.

Список литературы

1. Мусалов М.В., Потапов В.А., Амосова С.В. Аннелирование пропаргилфенилового эфира дихлоридом селена // Изв. АН. Сер. хим. – 2011. – № 4. – С. 751–752.
2. Справочник Видаль 2015. Лекарственные препараты в России. – М.: Видаль Рус, 2015. – 1480 с.
3. Baur J.A., Sinclair D.A. Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence // *Nat. Rev. Drug Discov.* – 2006. – Vol. 5. – P. 493–506.
4. Campbell T.W., Walker H.G., Coppinger G.M. Some aspects of the organic chemistry of selenium // *Chem. Rev.* – 1952. – Vol. 50. – P. 279–349.
5. Nogueira C.W., Zeni G., Rocha J.B.T. Organoselenium and organotellurium compounds: Toxicology and pharmacology // *Chem. Rev.* – 2004. – Vol. 104. – P. 6255–6286.
6. Potapov V.A., Musalov M.V., Musalova M.V., Amosova S.V. Recent advances in organochalcogen synthesis based on reactions of chalcogen halides with alkynes and alkene // *Curr. Org. Chem.* – 2016. – Vol. 20. – P. 136–145.
7. Potapov V.A., Musalov M.V., Amosova S.V. Reactions of selenium dichloride and dibromide with unsaturated ethers. Annulation of 2,3-dihydro-1,4-oxaselenine to the benzene ring // *Tetrahedron Lett.* – 2011. – Vol. 52. – P. 4606–4610.
8. Tiekink, E.R.T. Therapeutic potential of selenium and tellurium compounds: Opportunities yet unrealized // *Dalton Trans.* – 2012. – Vol. 41. – P. 6390–6395.
9. Ross J.A., Kasum C.M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety // *Ann. Rev. Nutr.* – 2002. – Vol. 22. – P. 19–34.
10. Schwarz K., Foltz C.M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration // *J. Am. Chem. Soc.* – 1957. – Vol. 79. – P. 3292–3293.

УДК 546.273:535.3

СИНТЕЗ ТЕРМОЛЮМИНОФОРОВ НА ОСНОВЕ $MgB_4O_7:DY$ **¹Субанакон А.К., ^{1,2}Базаров Б.Г., ³Перевалов А.В., ^{1,2}Базарова Ж.Г.**¹*ФГБУН «Байкальский институт природопользования» Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, e-mail: subanakov@mail.ru;*²*ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», Улан-Удэ;*³*ФГБУН «Геологический институт» Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ*

Использование ионизирующего излучения является неотъемлемой частью современной науки и техники. Для контроля дозы облучения используются датчики, действие которых основано на эффекте термостимулированной люминесценции (ТЛ). Перспективными термоллюминофорами для этих целей являются бораты на основе щелочных и щелочноземельных элементов ($Li_2B_4O_7$, MgB_4O_7 , CaB_4O_7): из-за близости эффективных атомных номеров термоллюминофоров и мягкой биологической ткани они идентичны ей по пропусканию и поглощению ионизирующего излучения, что позволяет использовать их в индивидуальной, клинической и радиобиологической дозиметрии слабого ионизирующего излучения. Проведен синтез поликристаллических термоллюминофоров на основе бората магния методами осаждения, твердофазного синтеза и пиролизом полимерно-солевой композиции. Полученные образцы анализировались методами рентгенофазового анализа и термостимулированной люминесценции. С максимальной интенсивностью термоллюминесценции получены образцы пиролиза полимерно-солевой композиции и изовалентным замещением магния на кальций.

Ключевые слова: термоллюминофоры, бораты, синтез**THERMOLUMINESCENT PHOSPHOR SYNTHESIS ON THE BASIS OF $MgB_4O_7:DY$** **¹Subanakov A.K., ^{1,2}Bazarov B.G., ³Perevalov A.V., ^{1,2}Bazarova Zh.G.**¹*Baikal institute of Nature management Siberian branch of the Russian academy of sciences, Ulan-Ude, e-mail: subanakov@mail.ru;*²*Buryat State University, Ulan-Ude;*³*Geology institute Siberian branch of the Russian academy of sciences, Ulan-Ude*

Ionising radiation is an integral part of a modern science and technics. For the radiation dose control the gauges which action is based on thermoluminescence (TL) effect are used. Among set of thermoluminophores promising thermoluminescent materials for a weak ionising radiation are borates of alkali and alkaline earth elements ($Li_2B_4O_7$, MgB_4O_7 , CaB_4O_7). They possess the following features: 1) high thermoluminescent (TL) sensitivity, 2) tissue equivalent – effective atomic number close to a biological tissue, that allows to use them in individual, clinical and radio biological dosimetry. The synthesis of polycrystalline termoluminoforov magnesium borate based deposition techniques, solid-phase synthesis and pyrolysis of polymer-salt compositions. The resulting samples were analyzed by X-ray diffraction, and thermally stimulated luminescence. With maximum intensity the samples were obtained by pyrolysis thermoluminescence polymer-salt compositions and isovalent magnesium substitution for calcium.

Keywords: thermoluminescent phosphors, borates, the synthesis

Использование ионизирующего излучения является неотъемлемой частью современной науки и техники. Для контроля дозы облучения используются датчики, действие которых основано на эффекте термостимулированной люминесценции (ТЛ). Метод термоллюминесценции используется во всем мире для персональной и медицинской дозиметрии. Несмотря на большое количество ТЛ систем, основанных на таких материалах, как LiF (производство Harshaw, США), LiF:Mg,Ti (TLD-100), его изотопные вариации с Li^6 и Li^7 (TLD-600 и TLD-700), $CaF_2:Mn,Dy$, $Al_2O_3:C$, до настоящего времени не решены проблемы измерения дозы облучения кожного покрова слабопроникающим излучением [4], а также дозиметрии смешанных полей излучения. Люминофоры на основе LiF:Mg,Cu,P [9], обладая высокой

чувствительностью, не обеспечивают необходимой стабильности измерений.

Перспективными термоллюминофорами для этих целей являются бораты на основе щелочных и щелочноземельных элементов ($Li_2B_4O_7$ [14], MgB_4O_7 [10], CaB_4O_7 [12]): 1) из-за близости эффективных атомных номеров термоллюминофоров (табл. 1) и мягкой биологической ткани ($Z_{эфф} = 7,4$) они идентичны ей по пропусканию и поглощению ионизирующего излучения, что позволяет использовать их в индивидуальной, клинической и радиобиологической дозиметрии слабого ионизирующего излучения. В статьях [1, 6, 7, 11, 15] отмечается важное значение методики приготовления термоллюминофоров, но детальной методики синтеза в вышеуказанных работах не рассмотрено и кро-

ме того в настоящее время термолуминесцентная чувствительность термолуминесцентных дозиметров, представленных в табл. 1, не в полной мере обеспечивает требования по нижнему пределу реги-

стрируемых доз. Поэтому целью данного исследования явился синтез высокочувствительного термолуминофора и поиск новых на основе боратов щелочных и щелочноземельных элементов.

Таблица 1

Общие характеристики некоторых термолуминесцентных дозиметров [7]

Тип ТЛД	Эффективный атомный номер $Z_{эфф}$	Основной пик (°C)	Максимум пробега излучения (нм)	Относительная чувствительность	Фединг (при 25 °C)
LiF:Ti,Mg	8,3	200	400	1	5%/года
LiF:Na,Mg	8,3	200	400	1	5%/года
LiF:Mg,Cu,P	8,3	210	400	25	5%/год
Li ₂ B ₄ O ₇ :Mn	7,3	220	605	0,20b	4%/месяц
Li ₂ B ₄ O ₇ :Cu	7,3	205	368	2b	10%/2 месяца
MgB ₄ O ₇ :Dy	8,4	190	490	10 b	4%/месяца
BeO	7,1	190	200-400	0,20 b	8%/2 месяца
CaSO ₄ :Dy	14,5	220	480-570	30 b	1%/2 месяца
CaSO ₄ :Tm	14,5	220	452	30 b	1-2%/2 месяца
CaF ₂ :Mn	16,3	260	500	5 b	16%/2 недели
CaF ₂ (природный)	16,3	260	380	23	очень слабое
CaF ₂ :Dy	16,3	215	480-570	15 b	8%/2 месяца
Al ₂ O ₃	10,2	360	699	4 b	5%/2 недели

Примечание. *a* – фединг в темноте (после применения постиррадиационного отжига в течение 15 минут при 100 °C) при выдержке 1 день, *b* – чувствительность к свету.

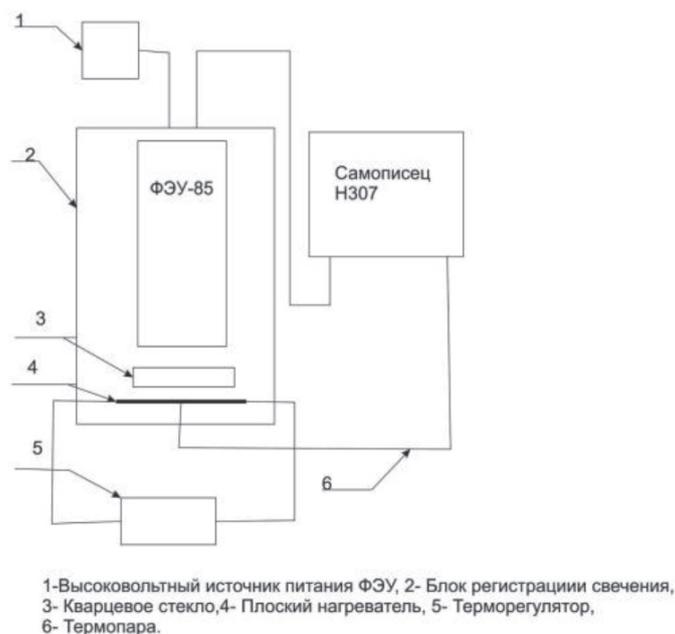


Рис. 1. Схема установки термолуминесцентного анализа

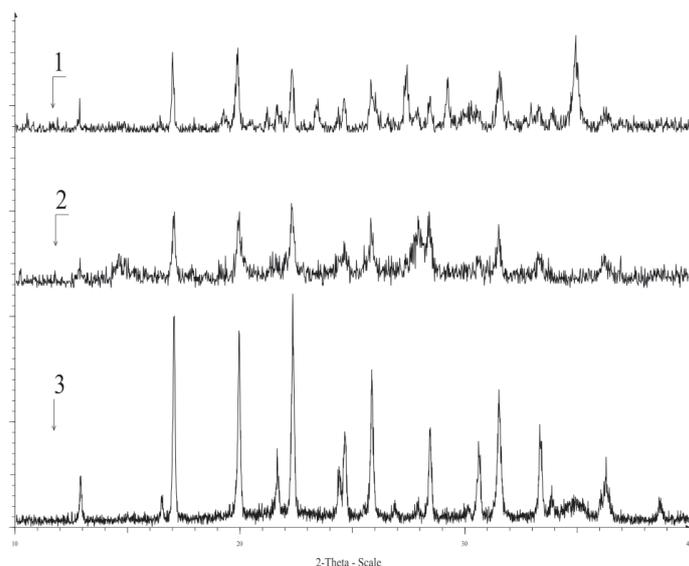


Рис. 2. Дифрактограммы $MgB_4O_7:Dy$:
1) после синтеза методом осаждения,
2) прокаливание при $600\text{ }^\circ\text{C}$, 3) прокаливание при $850\text{ }^\circ\text{C}$

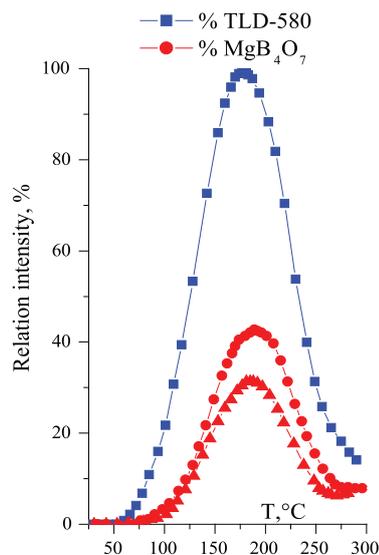


Рис. 3. Кривые термического
высвечивания эталонного образца
ТЛД-580 и бората магния
полученного методом осаждения

Синтез поликристаллических термолюминофоров проводили методами осаждения, твердофазного синтеза по методике, разработанной в [2], и пиролизом полимерно-солевой композиции. Исходными веществами служили H_3BO_3 (х.ч.), Li_2CO_3 (ос.ч.), Na_2CO_3 (ос.ч.) MgO (х.ч.), Dy_2O_3 (99,9% осн. в-ва), CaO (х.ч.), BaO (х.ч.), SrO (х.ч.), CdO (х.ч.), $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (х.ч.), $Dy(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (99,9% осн. в-ва). В качестве полимерной составляющей был использован полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГГх), представляющий собой водорастворимый поликатионный электролит [5], полученный в результате поликонденсации в расплаве гексаметилендиамина и гуанидин гидрохлорида [8].

Контроль фазового состава осуществляли методом рентгеновского анализа, который проводили на порошковом автодифрактометре D8 Advance фирмы Bruker AXS (CuK α -излучение, детектор VANTEC) в интервале углов дифракции от 10 до 60 ° .

Термолюминесцентный анализ проводился на установке, состоящей из нагревателя, терморегулятора, самописца и фотоумножителя (рис. 1). Для облучения использовался контрольный стронций-иттриевый бета-источник. Доза облучения составила $7,5$ мГрэй. Результаты измерений термолюминесцентной чувствитель-

ности нормировались по сигналу от эталонного термолюминесцентного образца (ТЛД-580). По методике, описанной в [13] нами получен чистый борат магния. Для получения бората магния, допированного диспрозием, в исходный раствор буры добавлялось стехиометрическое количество нитрата диспрозия. Фазовый состав полученного и высушенного бората магния соответствует MgB_4O_7 (PDF № 01-076-0666).

Широкие низкой интенсивности рефлексы на дифрактограммах свидетельствуют о низкой степени упорядоченности структуры (рис. 2). Поэтому образцы далее подвергались высокотемпературному отжигу. Кривые термического высвечивания полученного вышеизложенным способом бората магния, допированного диспрозием, имеют низкую интенсивность (рис. 3).

Синтез методом пиролиза полимерно-солевой композиции. Смесь, содержащую стехиометрические количества $MgCl_2$, H_3BO_3 и $Dy(NO_3)_3$, перетирают в среде этилового спирта по следующей методике: тщательно растирают хлорид магния и борную кислоту в течение 15 мин, затем малыми порциями добавляют нитрат диспрозия. Приготовление раствора полимера: смешивали 15 мл дист. воды и 5 мл полигексаметиленгуанидин гидрохлорида со средневязкостной молекулярной мас-

сой 8,5 кДа, рассчитанной по известным параметрам уравнения Марка – Куна – Хауинка [3] и концентрацией 7,09 мас. %. Далее навеска из неорганического композита помещается в раствор полимера и растворяется при нагревании (90 °С). Полученная полимерно-солевая композиция сушится на воздухе в сушильном шкафу при температуре 95 °С. Полученный композит отжигают при температурах 750–800 °С в течение 10–15 часов, затем перетирают в ступке и проводят измере-

ние интенсивности ТЛ (рис. 4). Предлагаемый способ получения термолюминесцентного материала отличается тем, что получают термолуминофоры с высокой интенсивностью термолюминесценции, поэтому данный материал может использоваться в дозиметрической пленке. Получение бората магния таким способом обеспечивает лучшую гомогенизацию компонентов композиций, снижение температуры синтеза и устойчивой интенсивности термолюминесценции.

Таблица 2

Относительная интенсивность термолюминесценции образцов $Mg_{1-x}A_xB_4O_7:Dy$ (A = Ca, Cd, Sr, Ba; x = 0,1, 0,5, 1)

	x = 0,1	x = 0,5	x = 1
Ca $I_{отн}, \%$	$Mg_{0,9}Ca_{0,1}B_4O_7:Dy$ 132,3 ^а	$Mg_{0,5}Ca_{0,5}B_4O_7:Dy$ 148,7	$CaB_4O_7:Dy$ 166,3
Cd $I_{отн}, \%$	$Mg_{0,9}Cd_{0,1}B_4O_7:Dy$ 113	$Mg_{0,5}Cd_{0,5}B_4O_7:Dy$ 111,6	$CdB_4O_7:Dy$ 49,6
Sr $I_{отн}, \%$	$Mg_{0,9}Sr_{0,1}B_4O_7:Dy$ 37	$Mg_{0,5}Sr_{0,5}B_4O_7:Dy$ 10,8	$SrB_4O_7:Dy$ 0
Ba $I_{отн}, \%$	$Mg_{0,9}Ba_{0,1}B_4O_7:Dy$ 78	$Mg_{0,5}Ba_{0,5}B_4O_7:Dy$ 31,2	$BaB_4O_7:Dy$ 0

Примечание. а – интенсивность термолюминесценции выражена в процентном соотношении к эталонному термолуминофору ТЛД-580 (100 %).

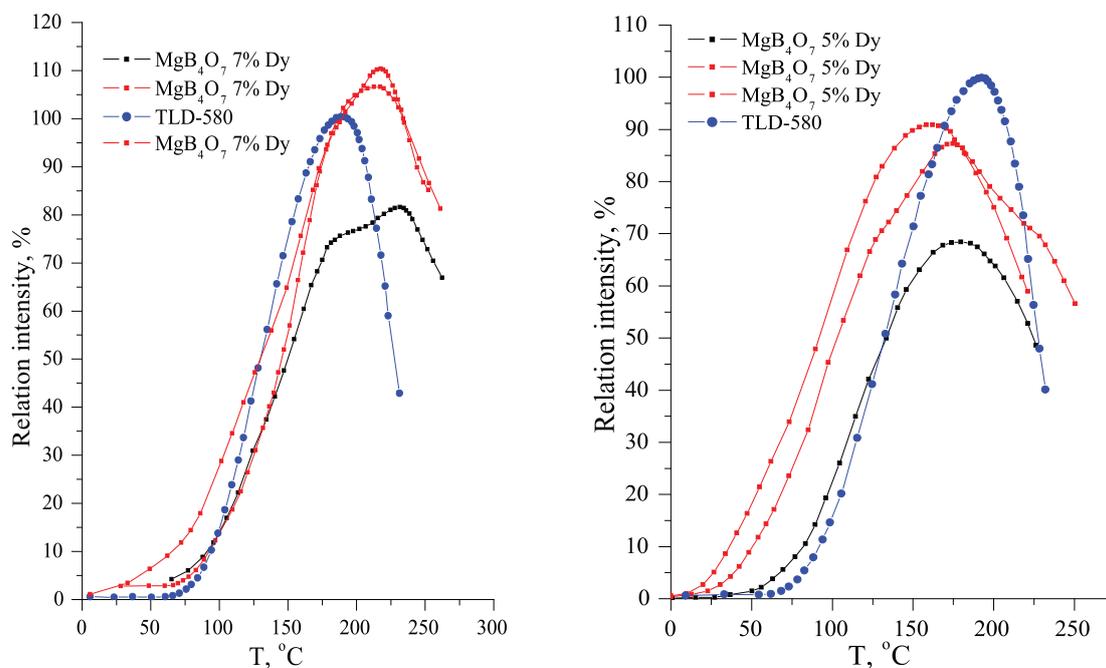


Рис. 4. Кривые термического высвечивания эталонного образца ТЛД-580 и бората магния, полученного пиролизом полимерно-солевой композиции с концентрацией диспрозия 7% и 5%

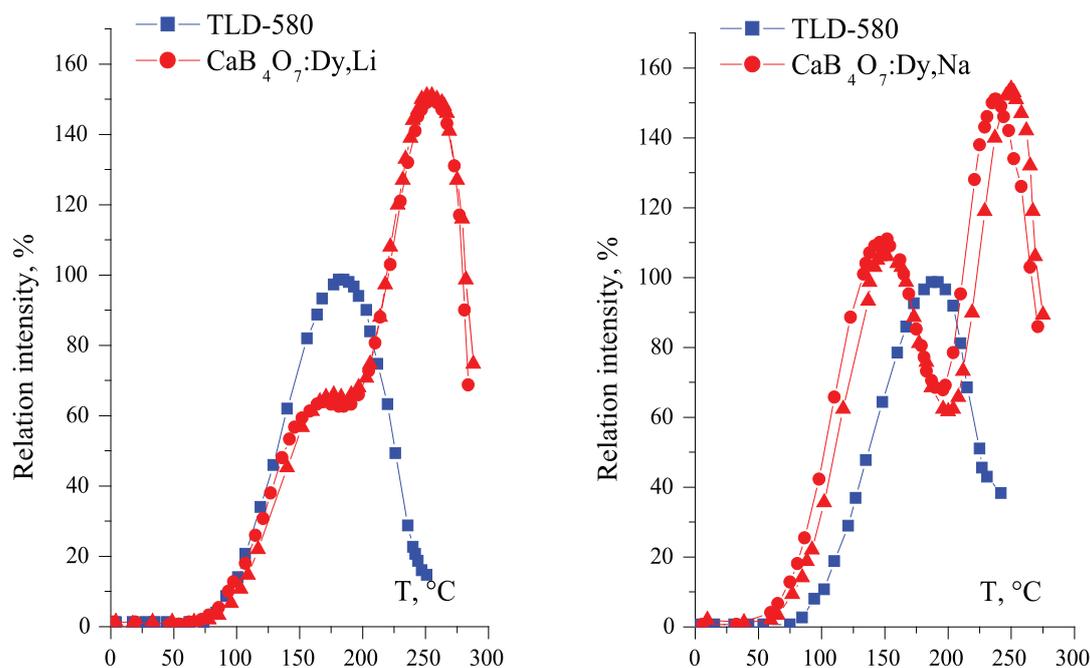


Рис. 5. Кривые термического высвечивания эталонного образца ТЛД-580 и бората кальция, допированного диспрозием и щелочным элементом

Синтез и термолюминесцентные свойства $Mg_{1-x}A_xB_4O_7:Dy$ ($A = Ca, Cd, Sr, Ba$; $x = 0, 1, 0,5, 1$). Следующий этап увеличения интенсивности термолюминесценции продолжен изовалентным замещением магния на двухвалентные металлы Ca, Cd, Sr, Ba . Образцы получены методом твердофазного синтеза и изучены методом термолюминесцентного анализа. При увеличении содержания двухвалентного металла A для $Mg_{1-x}A_xB_4O_7:Dy$ ($A = Cd, Sr, Ba$) интенсивность термолюминесценции падает, а в случае Ca увеличивается (табл. 2).

Интенсивность образцов $Mg_{0,9}Ca_{0,1}B_4O_7:Dy$, $Mg_{0,5}Ca_{0,5}B_4O_7:Dy$, $CaB_4O_7:Dy$, $Mg_{0,9}Cd_{0,1}B_4O_7:Dy$, $Mg_{0,5}Cd_{0,5}B_4O_7:Dy$ выше уровня интенсивности эталонного образца термолюминесцентного материала ТЛД-580. Проведено вторичное допирование $CaB_4O_7:Dy$ щелочными металлами литием и натрием, при этом образуется второй низкотемпературный термолюминесцентный пик (рис. 5). Максимальная интенсивность термолюминесценции наблюдается при допировании натрием.

Таким образом, получены термолюминесцентные бораты методами осаждения, твердофазной реакцией и пиролизом полимерно-солевой композиции. Проведен тест на интенсивность термолюминесценции.

С максимальной интенсивностью термолюминесценции получены образцы методами пиролиза полимерно-солевой композиции и изовалентным замещением магния на кальций. При вторичном допировании $CaB_4O_7:Dy$ натрием с увеличением интенсивности термолюминесценции наблюдался второй низкотемпературный термолюминесцентный пик.

Работа частично поддержана грантом РФФИ 16-43-030861.

Список литературы

1. Алукер Н.Л., Алукер Э.Д. Рабочее вещество для термолюминесцентного дозиметра ионизирующих излучений // Патент России № 2108598.1998. Бюл. № 53.
2. Базарова Ж.Г., Непомнящих А.И., Козлов А.А., Богдан-Курило В.Д., Рогалев Б.И., Базаров Б.Г., Субанакоев А.К. Термолюминесцентные свойства бората магния активированного диспрозием ($MgB_4O_7:Dy$) // Вестник БГУ. – 2007. – Вып. 3. – С. 6–9.
3. Базаров Л.У., Стельмах С.А. Молекулярно-массовые характеристики полигексаметиленгуанидин гидрохлорида // ЖПХ. – 2008. – Т. 81. – С. 1906–1910.
4. Гимадова Т.И., Шахс А.И. Индивидуальные дозиметры для измерения эквивалентных доз в коже пальцев рук, лица и хрусталике глаза при хроническом и аварийном облучении // АНРИ. – 2001. – № 3. – Р. 21–27.
5. Григорьева М.Н., Стельмах С.А., Базаров Л.У., Могнонов Д.М. Зависимость вязкостных характеристик полигексаметиленгуанидин гидрохлорида от условий синтеза // ВМС Серия Б. – 2014. – № 3. – С. 245–249.
6. Гунда Б.М., Головей В.М., Турок И.И., Соломон А.М., Пуга П.П., Пуга Г.Д. // Неорган. Материалы. – 2005. – № 9. – С. 1125–1129.

7. Серия норм МАГАТЭ по безопасности. Оценка профессионального облучения от внешних источников ионизирующего излучения № RS-G-1.3; http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1076r_web.pdf.
8. Стельмах С.А., Базарон Л.У., Могнонов Д.М. О механизме поликонденсации гексаметилендиамина и гуанидин гидрохлорида // ЖПХ. – 2010. – Т. 83. – С. 244–246.
9. A.J.J. Bos. High sensitivity thermoluminescence dosimetry // N. Inst Meth. Phys. Res. B. – 2001. – V. 184. – P. 3–28.
10. C. Furetta, G. Kitis, P.S. Weng, T.C. Chu. Thermoluminescence characteristics of MgB4O7:Dy,Na // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. – 1999. – V. 420. – P. 441–445.
11. Furetta C., Prokic M., Salamon R., Kitis G. Dosimetric characterisation of a new production of MgB4O7: Dy,Na thermoluminescent material // Appl. Radiat. Isotop. – 2000. – V. 56. – P. 243–250.
12. Haghiri M.E., Saion E., Soltani N., Abdullah W.S.W., Navasery M., Sarae K.R.E., Deyhimi N. Thermoluminescent dosimetry properties of double doped calcium tetraborate (CaB4O7:Cu-Mn) nanophosphor exposed to gamma radiation // J. Alloys Compd. – 2014. – V. 582. – P. 392–397.
13. Hu Z.S., Lai R., Lou F., Wang L.G., Chen Z.L., Chen G.X., Dong J.X. Preparation and tribological properties of nanometer magnesium borate as lubricating oil additive // Wear. – 2002. – V. 252. – P. 370–374.
14. M. Prokic. Lithium borate solid TL detectors // Radiat. Measurements. – 2001. – V. 33. – P. 393–396.
15. Prokic M. Effect of lithium co-dopant on the thermoluminescence response of some phosphors // Appl. Radiat. Isotop. – 2000. – V. 56. – P. 97–103.

УДК 54-386

СТРУКТУРА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ДИГЛИЦИНОБОРАТА МЕДИ (II)**¹Тютрина С.В., ²Ващенко А.В., ²Зельбст Э.А., ²Ущановская З.Ф., ¹Осина М.А.**¹*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет**Московский энергетический институт», Москва, e-mail: universe@mpei.ac.ru;*²*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, Иркутск,**e-mail: irk_inst_chem@irioch.irk.ru*

С целью изучения строения диглицинобората меди (II) (ДГБК), синтезированного из борной и аминокислот, а также ионов меди (II), использован метод рентгеноструктурного анализа. На основании данных рентгеноструктурного анализа кристаллов ДГБК показано, что входящий в молекулу комплексной соли α -глицин имеет структуру, отличающуюся от известных изомеров α -глицина. Для подтверждения предполагаемой структуры синтезированного соединения определены длины химических связей и пространственные координаты атомов в комплексе. В качестве эталонного образца использовали α -глицин с известной рентгенограммой из Американской картотеки, выпуск № 32-1702 C₂H₅NO₂, линии исследуемого образца диглицинобората меди проиндуцированы по указанному эталону. В работе приведена эмпирическая формула и некоторые физико-химические характеристики исследуемого вещества. Плотность соединения определена пикнометрическим методом. Соль диглициноборной кислоты с ионами меди (II) обладает биоцидными свойствами и расширяет ассортимент антисептических препаратов. Показано, что ДГБК проявляет избирательную активность в отношении патогенных микроорганизмов золотистого стафилококка и кишечной палочки. Подавляющая концентрация ДГБК для уничтожения культур микроорганизмов составляет, мкг/мл 0,2; 0,002; 0,2 для Escherichia coli, Staphylococcus aureus и Candida albicans соответственно.

Ключевые слова: диглициноборат меди, рентгеноструктурный анализ, α -глицин, антисептический препарат

STRUCTURE AND SOME PROPERTIES OF DIGLYCINENITRATE COPPER (II)**¹Tyutrina S.V., ²Vaschenko A.V., ²Zelbst E.A., ²Ushapovskaya Z.F., ¹Osina M.A.**¹*National research University Moscow power engineering Institute, Moscow, e-mail: universe@mpei.ac.ru;*²*Irkutsk Institute of chemistry A.E. Favorsky Russian Academy of Sciences, Irkutsk,**e-mail: irk_inst_chem@irioch.irk.ru*

With the aim of studying the structure of diglycinenitrate copper (II) (DGBK), synthesized from boric acid and aminoussua, as well as ions of copper (II) used x-ray diffraction method. Based on the data of x-ray analysis of crystals DGBC it is shown that part of the molecule of the complex salt of α -glycine has the structure different from the known isomers of α -glycine. To confirm the proposed structure of the synthesized compounds determined by the chemical bond lengths and spatial coordinates of the atoms in the complex. As the reference model used α -glycine with the famous radiograph of the U.S. filing, issue No. 32-1702 C₂H₅NO₂, the lines of the studied sample diglycinenitrate copper productively specified standard. The paper presents the empirical formula and some physico-chemical characteristics of the analyte. Connection density is defined polnometrazhnyy method. Salt diglycolamine acid with ions of copper (II) has biocidal properties and expanding the range of antiseptic agents. It is shown that DGBK shows selective activity against pathogenic microorganisms Staphylococcus aureus and Escherichia coli. The overwhelming concentration DGBC for the destruction of cultures of microorganisms is $\mu\text{g/ml}$ 0,2; 0,002; 0,2 for Escherichia coli, Staphylococcus aureus and Candida albicans, respectively.

Keywords: x-ray diffraction analysis, α -glycine, diglycinenitrate copper, an antiseptic drug

В настоящее время для борьбы с патогенными микроорганизмами используются самые разнообразные химические соединения. Однако проблема формирования толерантности микроорганизмов к существующим препаратам требует постоянного обновления их перечня и поиска новых экологически безопасных и высокоэффективных соединений, обладающих биоцидными свойствами.

Подробная методика синтеза диглицинобората меди (II) (ДГБК), относящегося к новому поколению биоцидных препаратов, изложена в работе [4]. В этой же работе на основании данных ИК-спектроскопии, термогравиметрии и кондуктометрии предложено строение комплексного соединения.

Синтезированная соль ДГБК с ионами меди (II) представляет собой кристаллы голубого цвета, устойчивые на воздухе и хорошо растворимые в воде. Схема синтеза комплексного соединения представлена на рис. 1.

Целью настоящей работы являлось определение длины химических связей и пространственных координат атомов в комплексе для подтверждения предполагаемой структуры синтезированного соединения.

Для проведения рентгеноструктурного анализа отбирали кристаллы размером 0,159–0,860 μm . Параметры элементарной ячейки кристаллов определяли из рентгенограммы и сравнивали с имеющимися эталонными образцами [2].

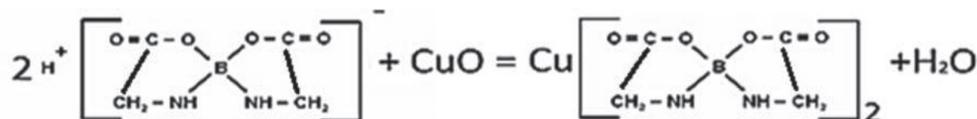


Рис. 1. Схема получения комплексной соли ДГБК

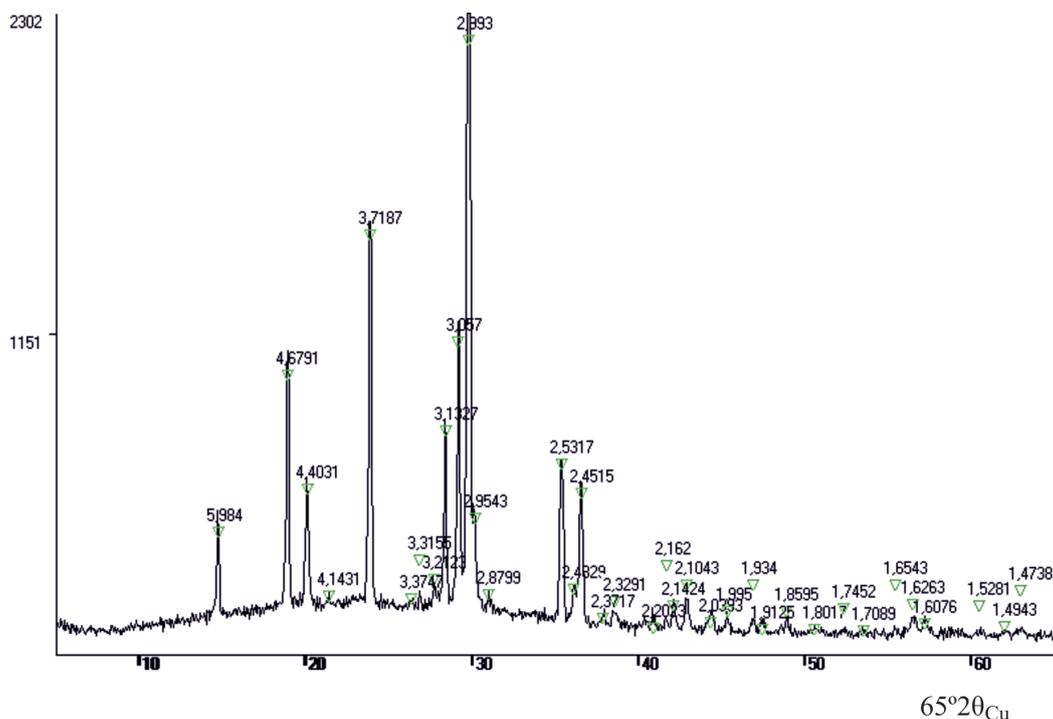


Рис. 2. Сравнение рентгенограмм монокристалла эталонного α-глицина и кристалла синтезированной соли ДГБК; ▽ – значения максимумов дифракционных пиков соли ДГБК

Известно, что каждая фаза, обладая собственной кристаллической структурой, характеризуется определенным, присущим только данной фазе набором дискретных значений межплоскостных расстояний d/n . В соответствии с уравнением Вульфа – Брэгга, каждому значению межплоскостного расстояния соответствует линия на рентгенограмме от поликристаллического образца под определенным углом θ при заданном значении длины волны λ [3]. То есть определенному набору межплоскостных расстояний для каждой фазы на рентгенограмме соответствует определенная система линий (дифракционных максимумов). Относительная интенсивность этих линий на рентгенограмме зависит, прежде всего, от структуры химического соединения. Следовательно, определив местоположе-

ние линий на рентгенограмме (ее угол – θ) и зная длину волны излучения, на котором была снята рентгенограмма, можно определить значения межплоскостных расстояний d/n по формуле Вульфа – Брэгга [1]:

$$d/n = \lambda / (2 \sin \theta). \quad (1)$$

Зависимость относительных интенсивностей дифракционных отражений I от набора брэгговских углов θ для кристалла соли ДГБК получена на рентгеноструктурном дифрактометре общего назначения ДРОН-3. По результатам рентгеноструктурного анализа установлены значения межплоскостных расстояний в кристалле синтезированного соединения [1]. Сравнение рентгенограмм известного изомера α-глицина (Американская картотека, выпуск № 32-1702 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$) и ДГБК представлено на рис. 2.

Таблица 1

Длина связей d во внутренней сфере комплексной соли ДГБМ

Связь	$d, \text{Å}$	Связь	$d, \text{Å}$
O ₁ -C ₂	1,2586	H ₂ -N ₁ -H ₁	109,5
O ₂ -C ₂	1,2556	H ₃ -N ₁ -H ₁	109,5
N ₁ -C ₁	4838	N ₁ -C ₁ -C ₂	111,55
N ₁ -H ₁	0,9100	N ₁ -C ₁ -H ₄	109,3
N ₁ -H ₂	0,9100	C ₂ -C ₁ -H ₄	109,2
N ₁ -H ₃	0,9100	N ₁ -C ₁ -H ₅	109,3
C ₁ -C ₂	1,5301	C ₂ -C ₁ -H ₅	109,4
C ₁ -H ₄	0,9900	H ₄ -C ₁ -H ₅	108,0
C ₁ -H ₅	0,9900	O ₂ -C ₂ -O ₁	125,82
C ₁ -N ₁ -H ₂	109,4	O ₂ -C ₂ -C ₁	117,32
C ₁ -N ₁ -H ₃	109,6	O ₁ -C ₂ -C ₁	116,85
H ₂ -N ₁ -H ₃	109,5	N ₁ -C ₁ -C ₂ -O ₂	19,66
C ₁ -N ₁ -H ₁	109,4	N ₁ -C ₁ -C ₂ -O ₁	161,39

Линии образца (кристалла соли ДГБК) проиндуцированы по указанному эталону (α -глицину) в силу очевидного совпадения фундаментальных дифракционных пиков.

Параметры элементарной ячейки исследуемого кристалла, определенные с погрешностью во втором знаке, составили: $a = 5,46$ (1); $b = 11,96$ (1); $c = 5,10$ (1) Å; $\beta = 111,77$ градусов, что практически совпадает с эталонными значениями. Установлено, что моноклинный кристалл комплексной соли имеет значение пространственной группы P21/ n .

Для уточнения кристаллической структуры комплексной соли ДГБК дополнительные эксперименты проводили на монокристалльном автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker D8 VENTURE (ИрИХ СО РАН). Использовали метод съёмки Брэгга – Брентано. Точность установки углов составляла 0,005°, рабочие характеристики трубки: 40 кВ и 40 мА. Съёмку вели в непрерывном режиме.

Полученный массив экспериментальных значений интегральных интенсивностей использовали для определения структуры кристалла. По результатам измерений проведены расчёты параметров кристаллических решёток внутренней сферы соли, деформационных напряжений и величины кристаллитов в исследуемом образце, определено атомное строение диглицинобората меди и структурных распределённых деформаций. Дополнительные исследования выполнены для определения кристаллической структуры, симметрии, параметров элементарных яче-

ек, координат атомов, длин связей (табл. 1), углов между атомами и расшифровки структуры кристалла. Структура кристалла определялась с высокой степенью достоверности $R = 3,3\%$. Данные о длине связи во внутренней сфере ДГБМ представлены в табл. 1.

Моделирование пространственного расположения атомов в молекуле α -глицина, входящей в состав внутренней сферы комплексной соли, проведенное на основании совокупности полученных данных позволило провести сравнительный анализ строения исследуемого образца с эталонной структурой α -глицина (рис. 3).

При работе с Кембриджским банком структурных данных было обнаружено большое количество изомеров глицинов. Наиболее близкими параметрами к исследуемому соединению обладает молекула под рефкодом «GLYCIN17» (P21/ n , $a = 5,0835$ (10), $b = 11,820$ (2), $c = 5,4579$ (9) Å, $\beta = 111,95$ градусов, достоверность определения $R = 3\%$) [5]. Однако значения межатомных расстояний, полученные в ходе исследования, позволяют предположить, что синтезированный в составе комплекса ДГБМ глицин является новым структурным изомером α -глицина.

Таким образом, на основании данных рентгеноструктурного анализа и сведений, полученных о структуре внутренней сферы кристалла диглицинобората меди, можно сделать вывод, что входящий в состав внутренней сферы α -глицин действительно имеет структуру, отличную от известных и является новым изомером α -глицина.

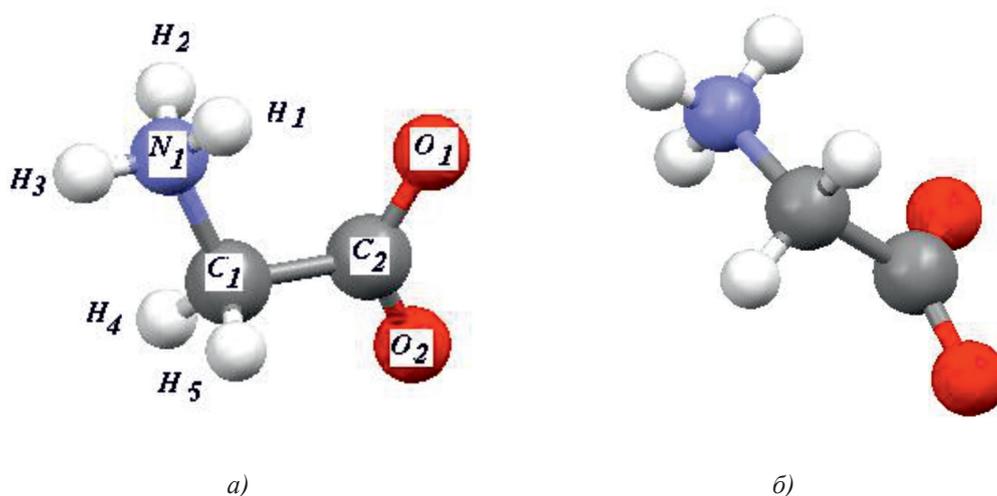


Рис. 3. Структура α -глицина: а – эталонный образец α -глицина; б – исследуемый образец глицина, входящий в состав диглицинобората меди

Таблица 2

Расчетные значения показателей масс и плотностей ДГБМ

Масса вещества $m_{\text{вещ}}, \text{ г}$	Масса пикнометра с раствором $m_{\text{п} + \text{вещ} + \text{вода}}, \text{ г}$	Масса вещества с водой $m_{\text{вещ} + \text{вода}}, \text{ г}$	Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$
0,200	12,800	6,165	1,608
0,300	12,837	6,202	1,600
0,400	12,872	6,237	1,583
0,500	12,908	6,273	1,578

Синтез новых соединений должен сопровождаться исследованием физических свойств соединения. Нами была определена плотность диглицинобората меди (II) пикнометрическим методом. К основным достоинствам этого метода определения плотности следует отнести высокую точность измерений, возможность проводить измерения в широком диапазоне температур и использования малых количеств анализируемого вещества. Определение плотности ДГБМ проводили при температуре 25 °С по стандартной методике [4]. В ходе определения исходили из того, что при равенстве объемов отношение плотностей исследуемой и эталонной жидкостей равно отношению их масс.

Массу воды в пикнометре рассчитывали по формуле

$$m_{\text{воды}} = (m_{\text{п+в}} - m_{\text{п}}) + [(m_{\text{п+в}} - m_{\text{п}}) R], \quad (2)$$

где $m_{\text{п}}$ – масса пустого пикнометра, г; $m_{\text{п+в}}$ – масса пикнометра с водой, г; R – коэффициент корреляции равный $1,06 \cdot 10^{-3}$.

При $m_{\text{п}} = 6,635$ г и $m_{\text{п+в}} = 12,718$ г масса воды в пикнометре составляла

$$m_{\text{воды}} = (12,718 - 6,635) + [(12,718 - 6,635) \times 1,06 \cdot 10^{-3}] = 6,089 \text{ г.}$$

при 25 °С плотность H_2O равна $0,997046 \text{ г}/\text{см}^3$, тогда объем пикнометра равен

$$V_{\text{п}} = m_{\text{воды}} / \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 6,089 / 0,997046 = 6,107 \text{ см}^3.$$

На основании полученных данных плотность исследуемого вещества рассчитывали по формуле

$$\rho_{\text{вещ}} = \frac{m_{\text{вещ}} \cdot \rho_{\text{вода}}}{m_{\text{вода}} - m_{\text{вещ+вода}} + m_{\text{вещ}}}. \quad (3)$$

Результаты измерений приведены в табл. 2.

Графическая зависимость изменения плотности диглицинобората меди (II) от его массы представлена на рис. 4.

По данным рис. 4 была рассчитана плотность диглицинобората меди (II), она составила $1,588 \text{ г}/\text{см}^3$.

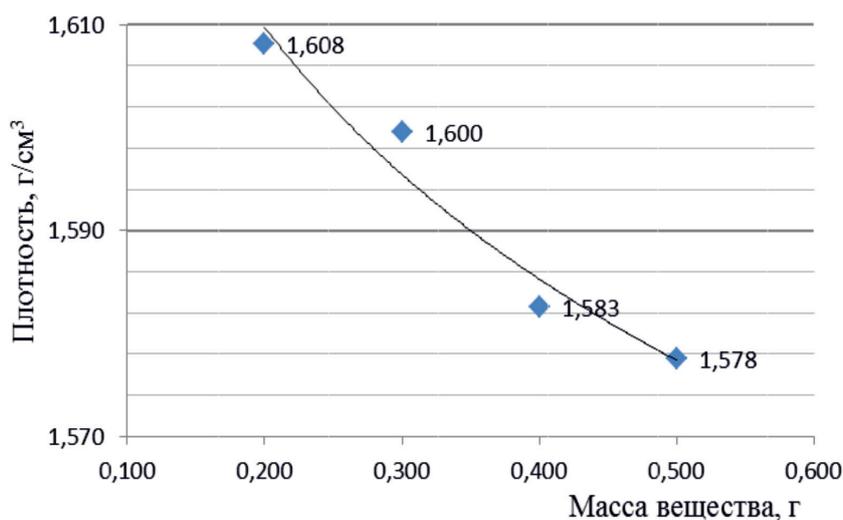


Рис. 4. График зависимости изменения плотности диглицинобората меди (II) от массы образца

Таблица 3

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

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

Соль диглициноборной кислоты с ионами меди (II) расширяет ассортимент антисептических препаратов и сферу их применения. Данное соединение хорошо растворимо в воде, его можно применять как в сухом виде, так и в виде водного раствора. Минимальную подавляющую концентрацию диглицинобората меди (II) (ДГБМ) изучали в отношении *Escherichia coli* (кишечной палочки), *Staphylococcus aureus* (золотистого стафилококка) и *Candida albicans* (дрожжеподобных грибов рода Кандида) методом серийных разведений в мясопептонном бульоне. Данные получены в бактериологической лаборатории ГОУ ВПО ЧГМА Минздравоохранения России. Это позволило сопоставить антисептические свойства ДГБМ и комплексных соединений с подобной структурой и свойствами: дицитратобората гуанидиния (ДЦБГ) и дицитратобората оксихинолиния (ДЦБО),

исследованных ранее [4]. Для сравнения был взят наиболее распространенный препарат, используемый для уничтожения культур изучаемых микроорганизмов – гуанидин гидрохлорид. Результаты исследования показаны в табл. 3.

Анализ полученных результатов позволяет предположить, что новое комплексное соединение ДГБМ проявляет избирательную активность в отношении патогенных микроорганизмов, показывая максимальную подавляющую активность при минимальных концентрациях на *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк) и *Escherichia coli* (кишечную палочку).

Таким образом, на основании данных рентгеноструктурного анализа и особенностей длин связей между частицами внутренней сферы кристалла диглицинобората меди (II) установлено, что входящий в состав внутренней сферы α -глицин

является новым изомером имеющихся модификаций данного соединения.

Плотность нового комплексного соединения ДГБМ, измеренная пикнометрическим методом, составила 1,588 г/см³.

При изучении минимальной подавляющей активности диглицинобората меди (II) показано, что наблюдается избирательная биоцидная активность на патогенные микроорганизмы (*Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*) даже при малых концентрациях соли.

Список литературы

1. Рентгеноструктурный и рентгеноспектральный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vevivi.ru/best/Rentgenostruktturnyi-i-rentgenospektralnyi-analiz-ref52728.html>.

2. Рентгеноструктурный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.ibmc.msk.ru%2Fcontent%2FEducation%2Fwo_pass%2FMMoB%2F11.pdf&name=11.pdf&page=1&lang=ru&c=5734a595341c.

3. Сафиуллина А.Г. Определение плотности жидкостей и твердых тел при помощи пикнометра. / А.Г. Сафиуллина. – Уфа: Уфимский государственныеднефтяной технический университет, 2010. – 7 с.

4. Тютрина С.В., Бурнашева Н.Н. Синтез, строение и изучение биоцидных свойств комплексной соли диглицинобората меди (II) / С.В. Тютрина, Н.Н. Бурнашева, А.Н. Хатькова, Т.Л. Соловьева // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 61–66.

5. Legros J.P., Kvich A. // Acta Crystllogr., B. – 1980. – V. 36. – P. 3052.

УДК 544.77.023.523

ОСОБЕННОСТИ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ПОЧВ В ПРЕДЕЛАХ СТЕПНЫХ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**Францева Н.Н., Безгина Ю.А., Глазунова Н.Н.***ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь, e-mail: n.frantseva@mail.ru*

В Ставропольском крае полевые грунтовые дороги более развиты по сравнению с капитальными асфальтовыми. При этом зачастую разработанность дороги до эрозионных форм вынуждает прокладывать новые, параллельные данной дороге, пути. Вред, наносимый такими объектами, является существенным: в начале «страдает» растительность, а затем и почва. Развиваются водно-эрозионные процессы, которые совместно с механическим воздействием транспорта, разрушают дисперсионную структуру почвогрунта. Гранулометрический анализ почв был проведен в двух пунктах Ставропольского края на различных элементах дорог. Контролем служила целинная степь, не тронутая дорожной дигрессией. Объектами изучения были как действующая, так и дороги, уже не эксплуатируемые в течение разного времени. Выявлены существенные отличия по основным показателям как в двух пунктах, так и на элементах разновозрастных дорог. Анализы показали, что почвы дорог отличаются более легким дисперсионным составом по сравнению с контрольными участками.

Ключевые слова: дорога, почвогрунты, фракции, частицы, песок, глина, ил, Ставропольский край**FEATURES OF DISPERSION ANALYSIS OF SOILS WITHIN THE STEPPE DIRT ROADS****Frantseva N.N., Bezgina Yu.A., Glazunova N.N.***Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: n.frantseva@mail.ru*

In the Stavropol region field dirt roads are more developed compared with the major asphalt roads. In most cases the development of the road to the erosion forms forced to lay a new parallel this way. The damage to these objects is significant: in the beginning of the suffering the flora and vegetation, and then the soil. Developing water-erosion processes which together with the mechanical stress of transport destroy the dispersion structure of the soil. Particle size analysis of soils was conducted at 2 points in Stavropol region on the various elements of the roads. The controls were virgin steppe untouched by the road digression. The objects of study were both active and the road not operated during different time. Revealed significant differences on main indicators in 2 points and the elements of the uneven roads. The tests showed that the soil roads are more easy dispersion of the composition compared.

Keywords: road, soils, fraction, particles, sand, clay, il, the Stavropol Krai

Дорога, являясь важным коммуникативным звеном между человеком и земным пространством, для экосистемы остается «чужеродным элементом» [1]. При этом полевые грунтовые дороги в Ставропольском крае развиты сильнее по сравнению с капитальными (асфальтовыми). Зачастую инициальная дорога трансформируется до эрозионных форм, которые оказываются непроходимыми для транспорта. Это вынуждает прокладывать новые пути, параллельные уже существующим. Поэтому объектами изучения в данной работе, являются грунтовые дороги и их сеть разного возраста и состояния.

Дорожная дигрессия оказывает существенное влияние вначале на растительность, а затем, постепенно, и на почвенный покров. В результате механического воздействия транспорта гибнут растения целинной степи. Почвенные частицы продуктивного слоя постепенно смешиваются с минеральными (глина, песок). Вскоре развиваются водно-эрозионные процессы и происходит

перемещение стоком воды плодородных частиц почвы в отрицательные элементы микрорельефа. Различные виды транспорта уплотняют почву, что разрушает ее структуру (возрастает количество тонкодисперсных частиц), и в конечном итоге оказывает влияние на развитие водной и ветровой эрозии [8, 6, 11, 12].

Таким образом, почвенный покров разновозрастных дорог является важным объектом познания происходящих на ней трансформационных изменений. Изучая гранулометрический состав почвы, можно раскрыть его влияние на интенсивность развития водной и ветровой эрозий, на проходимость транспорта по грунтовым дорогам [4]. Ведь именно от содержания фракций частиц зависит интенсивность многих почвообразовательных процессов, связанных с превращением, перемещением и накоплением различных соединений в почве, а также все свойства и режимы (водно-физические, физико-механические, окисли-

тельно-восстановительные условия, погло- тительная способность и другие).

Цель исследования – изучить диспер- сионный (гранулометрический) состав почв под грунтовыми дорогами в зоне неустой- чивого увлажнения центрального Ставро- полья по сравнению с целинными участка- ми степи.

Материалы и методы исследования

Существуют прямые и косвенные методы опре- деления гранулометрического состава. Прямые ме- тоды позволяют непосредственно получить размер частиц в поле зрения оптического или электронного микроскопа. Косвенные же методы основаны на ис- пользовании физических свойств суспензии или мо- делировании природной седиментации [2, 3].

В данной работе применялся пипеточный метод в комбинации с ситовым, относящиеся к косвенным методам. Пипеточный метод основан на разделении ча- стиц грунта по скорости падения в спокойной воде [3].

Определялось массовое содержание частиц раз- личной крупности в процентах по отношению к мас- се сухой пробы грунта. Отбор образцов почвы про- водился по ГОСТ 12071. Все измерения проводились в трехкратной повторности. При этом результаты вы- числения гранулометрического состава грунтов опре- делялись с погрешностью до 0,1% [3].

В исследовании применялся экспедиционный метод сбора научной информации и как вспомога- тельный – метод сбора опросных сведений (возраст, история эксплуатации дорог и продолжительность демультизации) [7].

Классификация механических элементов почвы приведена по Н.А. Качинскому: > 3 мм – камени- стая часть почвы; 1–3 мм – гравий; 1–0,25 – круп- ный и средний песок; 0,25–0,05 – тонкий песок; 0,05–0,01 – крупная пыль; 0,01–0,005 – средняя пыль; 0,005–0,001 – мелкая пыль; < 0,001 мм – ил [3]. Пер- вые два вида частиц из-за большого размера не вклю- чались в исследование.

Также нами были выделены *грубодисперсные системы* (фракция физического песка) – > 0,01 мм и *среднедисперсные системы* (фракция физической глины) – < 0,01 мм.

Грунт представляет собой сложную динамиче- ски изменяющуюся дисперсионную систему, в кото- рую обычно входят собственно грунт, вода и воздух, заполняющий свободные от воды поры между его составляющими. Встречающиеся в природе грун- ты обычно представляют собой смесь песчаных (2– 0,05 мм), пылеватых (0,05–0,005 мм) и глинистых ча- стиц (< 0,005 мм), образующих гранулометрическую группу: пески, супеси, суглинки, глины [5].

Самой часто встречающейся почвообразующей породой центральной части Ставропольской возвы- шенности являются рыхлые осадочные четвертич- ные отложения – лёссовые карбонатные суглинки. В большинстве случаев они имеют вертикальную де- лимность, что обуславливает легкость их размыва ат- мосферными осадками. По классификации Н.А. Качинского в нашем крае они относятся к средним и тяжелым крупнопылеватым суглинкам.

В работе использовались почвогрунты двух пун- ктов Ставропольского края в зоне неустойчивого ув- лажнения – базовых стационаров в урочище Шале- во и на Уваровой горе. Были изучены почвы разных элементов разновозрастных дорог – колеи и межко- лейного бугра. Почва целинной степи, не тронутой дорожной сетью, представляла собой контрольный участок.

Результаты исследования и их обсуждение

Почвенный покров разновозрастных грунтовых дорог изучался в пределах меж- колейного бугра и колеи в слоях, которые подвергались большей нагрузке транспор- та: 0–10 и 10–20 см.

Результаты анализа показали, что в пун- кте Шалево на целине (контроле) почвы имеют тяжелосуглинистый состав, что об- условлено значительным содержанием в ней среднедисперсных частиц или частиц физической глины (менее 0,01 мм) – 48,3% в слое 0–20 см (табл. 1). Выявлено, что доля физической глины возрастает с глубиной. Соответственно, доля грубодисперсных ча- стиц составляла 51,7%.

Таблица 1
Дисперсионный состав почвенных частиц на разновозрастных дорогах (среднее значение в слое 0–20 см)

Градация дорог	Элемент дороги	Среднедисперсные систе- мы (физическая глина)	Грубодисперсные системы (физический песок)
Шалево (контроль)		48,30	51,70
Средневозрастная дорога (40 лет)	Межколейный бугор	44,80	55,20
	Колея	42,75	57,25
Старовозрастная дорога (65 лет)	Межколейный бугор	45,15	54,85
	Колея	47,05	52,95
Уварова гора (контроль)		8,55	91,45
Действующая до- рога	Межколейный бугор	5,70	94,30
	Колея	8,65	91,35
Средневозрастная дорога (30 лет)	Межколейный бугор	6,25	93,75
	Колея	9,75	90,25

Таблица 2

Гранулометрический состав почвы структурных участков грунтовых дорог

Градация дорог	Элемент дороги	Глубина, см	Размер фракций, мм; содержание, %					
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Шалево – зональная степь (контроль)		0–10	0,9	35,8	15,9	9,4	12,7	25,3
		10–20	0,8	29,7	20,3	6,7	15,2	27,3
Средневозрастная дорога (40 лет)	Межколейный бугор	0–10	0,4	38,2	16,5	8,6	12,2	24,1
		10–20	0,4	36,6	18,3	9,8	12,9	22,0
	Колея	0–10	0,9	39,7	17,7	6,7	12,4	22,6
		10–20	0,4	36,4	19,4	7,9	11,7	24,2
Старовозрастная дорога (65 лет)	Межколейный бугор	0–10	0,8	37,3	17,2	8,0	13,1	23,6
		10–20	0,4	35,6	18,4	5,6	14,7	25,3
	Колея	0–10	0,8	36,7	16,1	8,7	13,6	24,1
		10–20	0,7	36,0	15,6	6,9	13,0	27,8
Уварова гора – зональная степь (контроль)		0–10	–	82,9	7,2	2,4	2,2	5,3
		10–20	–	85,2	7,6	1,3	2,1	3,8
Действующая дорога	Межколейный бугор	0–10	–	89,1	5,4	1,3	1,6	2,6
		10–20	–	89,9	4,2	1,9	1,2	2,8
	Колея	0–10	–	85,5	6,3	1,5	3,0	3,7
		10–20	–	84,8	6,1	2,4	1,7	5,0
Средневозрастная дорога (30 лет)	Межколейный бугор	0–10	–	84,4	7,8	1,4	2,9	3,5
		10–20	–	91,1	4,2	2,3	–	2,4
	Колея	0–10	–	82,1	8,5	2,4	2,9	4,1
		10–20	–	81,8	8,1	2,5	1,9	5,7

Преобладающей фракцией является тонкий песок (0,25–0,05 мм), доля которого 29,7–35,8%. Обращает на себя внимание и высокое содержание фракции ила (< 0,001 мм) – от 25,3 до 27,3% (табл. 2).

Средневозрастная дорога уже имеет облегченный состав почвогрунта и относится к среднесуглинистым. В колее обнаружено уменьшение доли физической глины – 44,85%, по сравнению с межколейным бугром 42,80%, при этом с глубиной содержание этой фракции возрастает.

Старовозрастная дорога содержит физической глины больше (45,15–47,05%), чем средневозрастная (почти столько же, сколько на контроле – под целинной растительностью). Поэтому почвогрунты старовозрастной дороги можно отнести к тяжелосуглинистым. Таким образом, можно сделать вывод, что восстановление дисперсионного спектра почвы старовозрастной дороги (не окончательное) связано с длительным (около 65 лет) отдыхом от воздействия транспорта.

Характерным показателем состояния почвенного покрова целины и разновозрастных дорог является доля тонкого песка. Этой фракции в пределах дорожного полотна больше по сравнению с целиной

и с глубиной происходит уменьшение на всех элементах (на средневозрастной дороге – 36,4–39,7%, а на старовозрастной – 36,0–37,3%).

Следовательно, почвы опытного стационара Шалево под разновозрастными полевыми грунтовыми дорогами по гранулометрическому составу заметно отличаются от целинной степи и требуется долгий (более 100 лет) демутационный период для их восстановления [10].

Почвенный покров пункта Уварова гора имеет слабо сформированный дерновый горизонт и очень легкий состав из-за высокого содержания фракции мелкого песка. Это можно объяснить различными факторами, которые воздействовали многие годы на данный участок: повышенная инсоляция склона южной экспозиции, выход на поверхность сарматских песков. К тому же Уварова гора последние 200 лет является экстенсивным пастбищем села Шпаковского.

На целине, где антропогенный фактор слабо воздействовал на степную экосистему, почвы в слое 0–20 см являются песчаными, а с глубиной переходящие в материнскую породу – железистый песок.

Содержание физической глины по сравнению с предыдущим пунктом Шалево до-

вольно незначительно: на контроле в пределах слоя 0–20 см составляет 8,55%, что позволяет отнести их к песчаным почвам (песок связный). Обнаружено полное отсутствие фракции среднего и крупного песка (1–0,25 мм). А также выявлено характерное свойство почвогрунта на Уваровой горе – высокое содержание фракции тонкого песка – от 82,9 до 85,2%.

В пределах полевых дорог доля среднедисперсной фракции (физической глины) в слое 0–20 см меньше, чем в зональной степи – 5,7–9,75%. Это объясняется усиленным вымыванием во взмученном виде глинистой фракции с межколейных бугров в колею в более нижние слои, что характерно для данного типа почвы. Элементы дорог – колея и бугор – также отличаются повышенной легкостью состава, особенно на действующей дороге. При этом заметно уменьшение доли самой тяжелой фракции – ила на буграх дорог (2,4–3,5%), по сравнению с почвами целинной степи (3,8–5,3%).

Выводы

По ряду основных показателей почвенного покрова два пункта: Шалево и Уварова гора – существенно отличаются друг от друга. По дисперсионному анализу почвогрунтов можно заключить: в обоих пунктах колеи и бугры дорог отличаются более легким составом, что можно объяснить эрозионными процессами, выраженными более интенсивно на дорогах, чем на целине, существенно защищенной корневыми системами растений степи. Действие водной эрозии значительно уменьшает и содержание среднедисперсной фракции, уносимой водными потоками.

Для того чтобы гранулометрический состав почв под грунтовыми дорогами восстановился, необходимы долгие годы (более 100 лет). При этом выявлено, что демульти-

ционные процессы на межколейном бугре идут более интенсивно в Шалево, где подпочвой являются сарматские известняки. А на Уваровой горе прогресс более заметен в пределах колеи, что связано с некоторым уклоном южной экспозиции данного пункта исследований.

Список литературы

1. Евгеньев И.Е., Савин В.В. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1989. – 278 с.
2. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 1990. – 487 с.
3. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2015. – 18 с.
4. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 190 с.
5. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
6. Куприченков М.Т., Симбирев Н.Ф., Цыганков А.С., Петрова А.С. Мониторинг плодородия земельных ресурсов Ставропольского края. – Ставрополь, 2002. – 248 с.
7. Миноранский В.А., Тихонов А.В. Влияние автодорог на биоту в заповеднике // Тр. государственного заповедника «Ростовский». – Ростов-на-Дону, 2002. – С. 190–200.
8. Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте / отв. ред. М.М. Попугаев. – Саратов: Приволжское книжное изд-во, 1973. – 224 с.
9. Уразаев Н.А., Вакулин А.А. [и др.] Сельскохозяйственная экология: учебник. – М.: Колос, 2000. – 304 с.
10. Францева Н.Н. Флора и растительность полевой дорожной сети агроландшафта в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов-на-Дону, РГУ, 2009. – 21 с.
11. Чапцева Н.Н. Сокращение сети грунтовых дорог – фактор увеличения урожайности естественных кормовых угодий. Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2008. – Т. 13, № 4. – С. 32–36.
12. Hallock Bront G., Power Anne, Rein Steve. Performance of erosion control treatments and native vegetation on reapplied topsoil // EC 05: IECA's Annual Conference on Environmental Connection and Expo, Dallas, Tex., Febr. 20–23, 2005. – Steamboat Springs (Colo), 2005. – P. 119–131.
13. Trombulak Stephen C., Frissell Christopher A. Review of ecological effect of roads on terrestrial and aquatic communities // Conservation Biology. – 2000. – № 1. – P. 18–30.

УДК 542.8:631.8

РЕГУЛИРОВАНИЕ АНТИДОТНЫХ СВОЙСТВ НАФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА ПРИ ЕГО МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

¹Халиков С.С., ²Спиридонов Ю.Я., ³Поляков Н.Э., ¹Ильин М.М.

¹ФГБУН «Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова»

Российской академии наук, Москва, e-mail: salavatkhalikov@mail.ru;

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»,

Большие Вяземы, e-mail: spiridonov@vniif.ru;

³ФГБУН «Институт химической кинетики и горения СО РАН им. В.В. Воеводского»,

Новосибирск, e-mail: polyakov@kinetics.nsc.ru

Чтобы защитить культурное растение от токсического воздействия остатков гербицидов, находящихся в почве после предыдущих посевов, рекомендуется применять антидоты (сейфнеры). Среди известных антидотов в РФ рекомендован для применения нафтаlevый ангидрид (НА), который практически не растворим в воде. Для улучшения растворимости НА предложен метод его механохимической модификации с помощью водорастворимых полимеров путем совместной механообработки НА с полисахаридами в аппаратах с регулируемой энергонапряженностью. Методами ЯМР-спектроскопии и ВЭЖХ продемонстрированы изменения физико-химических свойств НА в результате образования супрамолекулярных комплексов с полисахаридами. В результате совместной механообработки НА с полисахаридами было достигнуто значительное увеличение растворимости НА и наблюдались изменения в антидотной активности. Наряду с увеличением растворимости при совместной механообработке НА с натриевой солью карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) наблюдался гидролиз НА до соответствующей 1,8-нафталиндикарбоновой кислоты (НК). Предложен механизм гидролиза и приведены данные биологической активности продуктов механообработки НА. Показано, что существенного снижения антидотной активности в композиции НА с Na-КМЦ не наблюдается. Приведены сравнительные данные биологической активности НА и НК.

Ключевые слова: протравители семян, антидоты, гербициды, нафтаlevый ангидрид, механохимия, полисахариды, гидролиз нафтаlevого ангидрида, 1,8-нафталиндикарбоновая кислота, супрамолекулярные комплексы

REGULATION OF SAFENER PROPERTIES OF NAPHTHALIC ANHYDRIDE BY ITS MECHANOCHEMICAL MODIFICATION

¹Khalikov S.S., ²Spiridonov Yu.Ya., ³Polyakov N.E., ¹Ilin M.M.

¹Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the Russian Academy of Sciences,

Moscow, e-mail: salavatkhalikov@mail.ru;

²All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, e-mail: spiridonov@vniif.ru;

³Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion of Siberian

Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: polyakov@kinetics.nsc.ru

To protect the cultivated plant from the toxic effects of herbicide residues in the soil after the previous crop, it is recommended to apply antidotes (safeners). Among the known antidotes recommended in RF for use naphthalic anhydride (NA), which is practically insoluble in water. To improve the solubility of NA proposed method of its mechano-chemical modification using water-soluble polymers by co-grinding on machines with polysaccharides in a controlled energy input. By NMR spectroscopy and HPLC analysis demonstrated changes in the physicochemical properties of NA in the formation of supramolecular complexes with polysaccharides. The joint machining NA to polysaccharides there was a significant increase in the solubility of NA and observed changes in the activity of the antidote. Along with increased solubility during joint machining of NA with the sodium salt of carboxymethyl cellulose (Na-CMC) hydrolysis of NA was observed and formation of corresponding to 1,8-naphthalenedicarboxylic acid (NDCA). The mechanism of hydrolysis and changes of biological activity data given. It is shown that a significant reduction in the antidotal activity of the composition of HNA with Na-CMC wasn't observed. Comparative data of the biological activity of NA and NDCA was given.

Keywords: seed disinfectants, safeners, herbicides, naphthalic anhydride, mechanochemistry, polysaccharides, hydrolysis of naphthalic anhydride, 1,8-naphthalenedicarboxylic acid, supramolecular complexes

Повышение культуры земледелия достигается за счет внедрения в производство многих мероприятий, в том числе правильных севооборотов, которые создают благоприятные условия для повышения продуктивности и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при значительном уменьшении затрат на их выращивание [1].

Однако при этом возникает проблема защиты нового культурного растения от почвенных остатков гербицида, применяемого при выращивании предыдущей культуры. Для устранения негативного воздействия остаточных количеств гербицидов в современных комбинированных препаратах используют антидоты. Одним из наиболее известных

антидотов, применение которого было впервые показано в конце XX века, является нафталевый ангидрид (НА) [4].

Материалы и методы исследования

В работе был использован нафталевый ангидрид (НА) от Shenzhen Sunrising Industry Co., Ltd., КНР, содержание основного вещества > 96,0%. Для механохимической модификации НА были использованы следующие полисахариды: арабиногалактан (АГ) из лиственницы сибирской по ТУ 9363-021-39094141-08, серия 02042013; натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) марки СЕКОЛ 700 фармакопейной чистоты [3]; ламинария (Л) от Архангельского опытного водорослевого комбината по ТУ 9284-039-00462769-02 «Водоросли беломорские сушеные пищевые».

Совместную механохимическую обработку НА и полисахаридов проводили в условиях, описанных нами ранее [5]. Для определения растворимости НА в композициях с полисахаридами использовали метод ВЭЖХ на хроматографе Agilent 1200 в условиях, описанных ранее [5]. Биологические исследования проводили в условиях лаборатории искусственного климата и оценивали влияние синтезированных препаратов на всхожесть семян ярового рапса с. Труженик, яровой пшеницы с. Ангелина и кукурузы с. Каскад. Выбранные для опытов семена растений (яровая пшеница, яровой рапс, кукуруза) обрабатывали рабочими растворами композиций, просушивали при комнатной температуре в течение 3 суток и раскладывали в чашки Петри, соответственно, по 30 и 20 штук на фильтровальной бумаге в 3-кратной повторности, добавляли 5 мл дистиллированной воды в каждую чашку Петри, помещали в термостат на 72 часа при контролируемой температуре 24 °С и проводили учет всхожести семян для всех композиций по сравнению с контролем (семенами, которые не были обработаны).

Результаты исследования и их обсуждение

Нами при создании комплексного протравителя [2, 6] для защиты семян от почвенных остатков гербицида использовался известный антидот – нафталевый ангидрид (НА) – ангидрид нафталин-1,8-дикарбоновой кислоты, который антагонистически воздействует на гормоны растений, связанные с реализацией активности ауксиноподобных гербицидов; он также мо-

жет восстанавливать синтез липидов, а при обработке семян – ингибировать поглощение гербицидов растениями [7]. В результате НА способствует ускорению детоксикации гербицидов (сульфонилмочевин) в почве и росту устойчивости к ним урожая.

В связи с низкой водорастворимостью НА представляла научный и практический интерес возможность увеличения этого показателя для получения перспективных препаратов защиты культурных растений. С целью увеличения растворимости НА был использован известный метод твердофазной механохимической модификации НА с помощью водорастворимых полимеров с использованием измельчителей с ударно-истирающим действием [5]. В качестве полимеров были выбраны полисахариды арабиногалактан (АГ), ламинария (Л) и натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ). Анализ полученных комплексов показал реальную возможность улучшения растворимости НА с помощью вышеуказанных полисахаридов (таблица).

Анализ данных таблицы показал возможность увеличения растворимости НА при его комплексообразовании с полисахаридами. Резкое увеличение растворимости НА, наблюдаемое при тестировании образца НА:Na-КМЦ=1:2, объяснялось возможностью гидролиза НА до соответствующей дикарбоновой кислоты (НК, 1,8-нафталиндикарбоновая кислота). По нашему мнению, гидролиз НА до НК возможен по следующей схеме:

1) вначале происходит активация группы С(О)-О-С(О) нафталевого ангидрида за счет взаимодействия с Na-КМЦ в условиях совместной механообработки;

2) механоактивированные композиции НА: Na-КМЦ=1:1 и 1:2 при попадании в водную среду начинают гидролизироваться до НК за счет взаимодействия активной группы С(О)-О-С(О)нафталевого ангидрида с молекулой воды.

Изменение растворимости нафталевого ангидрида в комплексах с полисахаридами

№ п/п	Название образца и условия получения	Растворимость, мг/л	Увеличение (разы)
1	НА, исходный образец в воде	2,5	–
2	НА:АГ=1:9 –LE-101; 2 часа	91,5	36,6
3	НА:АГ=1:9 –LE-101; 7 часов	94,7	37,9
4	НА:Na-КМЦ=1:2 –LE-101; 2 часа	80,8	32,3
5	НА:Na-КМЦ=1:2 –LE-101; 7 часов	324,1	129,6

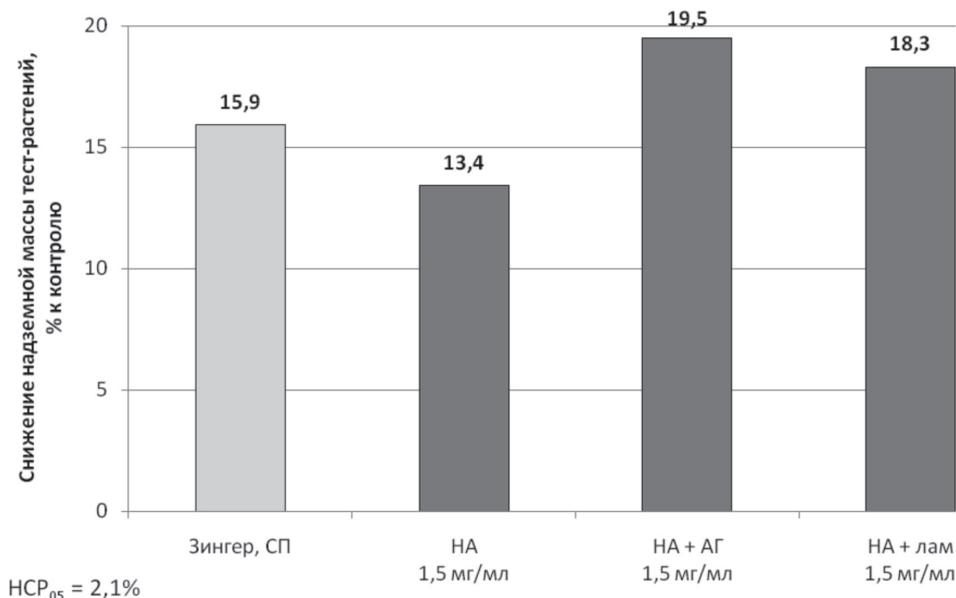


Рис. 1. Влияние НА и его комплексов с полисахаридами на рост надземной массы кукурузы (с. Каскад) при выращивании на почве, загрязненной метсульфурон-метилом

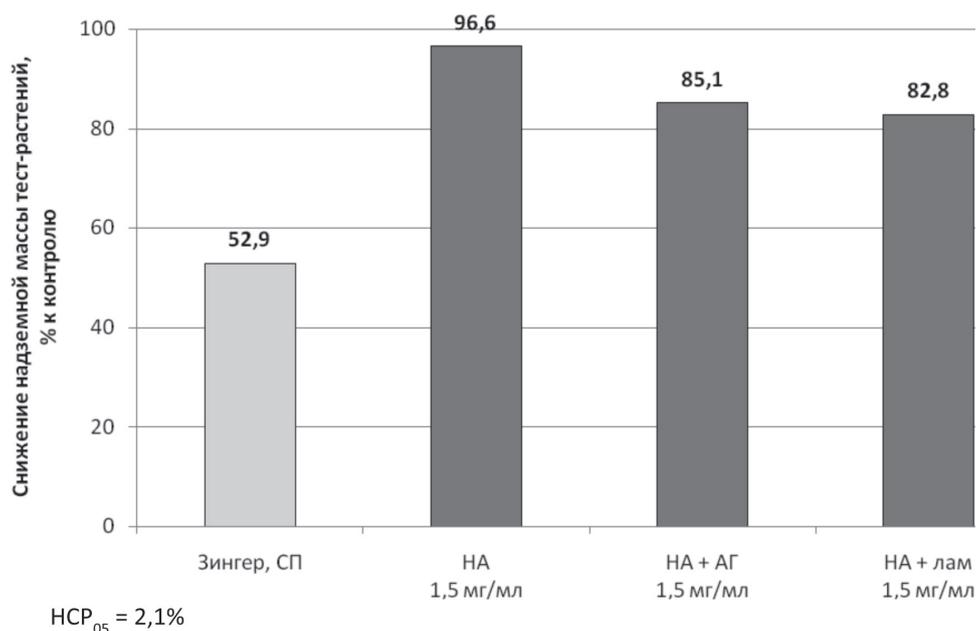


Рис. 2. Влияние НА и его комплексов с полисахаридами на рост надземной массы рапса (с. Труженик) при выращивании на почве, загрязненной метсульфурон-метилом

Образование НК при длительном (3 и более часов) перемешивании композиций НА: Na-КМЦ=1:1 и 1:2 в воде /условия теста на растворимость/ было подтверждено данными ВЭЖХ-анализа (времена удерживания НА и НК 3,56 и 3,76 мин соот-

ветственно) при следующих условиях хроматографирования:

- жидкостной хроматограф Agilent 1100 с диодной матрицей;
- колонка: Hypersil 5μ HyPURITY Elite C18 (150×4,6 mm);

– изократический режим элюирования:
1:1 (вода /ацетонитрил);
– расход: 1 мл/мин;
– температура колонки: 30 °С;
– УФ-детектирование на 230 и 340 нм.
Образование НК при растворении выше-
указанных композиций НА:На-КМЦ в воде

было доказано также методом ¹H ЯМР. Тогда как композиция НА:АГ=1:9 демонстрирует высокую стабильность в водных растворах. Методом ЯМР показано также, что твердо-фазная механохимическая обработка нафта-левого ангидрида с полисахаридами не приводит к химической модификации НА.

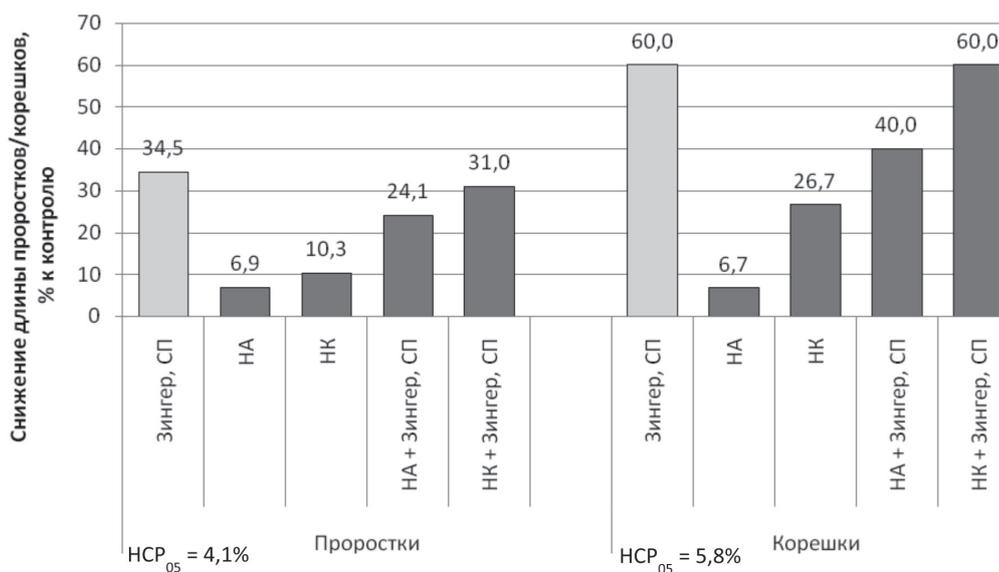


Рис. 3. Влияние НА и НК на длину проростков и корешков рапса при выращивании на почве, в разной степени загрязненной метсульфурон-метилом

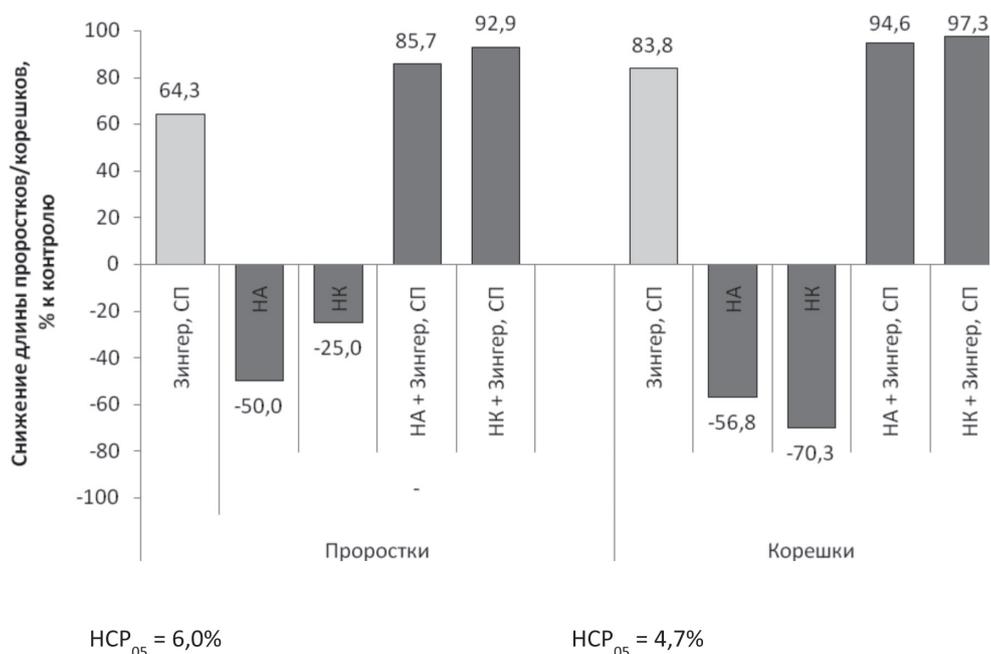


Рис. 4. Влияние НА и НК на длину проростков и корешков кукурузы при выращивании на почве, в разной степени загрязненной метсульфурон-метилом

Биологические исследования комплексов НА с полисахаридами, а также образцов НК проводили в условиях лаборатории искусственного климата ФГБНУ ВНИИФ и оценивали влияние различных вариантов регулирования антидотных свойств нафталевого ангидрида при его механохимической модификации полисахаридами.

В опытах в качестве тест-растений использовали семена рапса сорта Труженик и кукурузы сорта Каскад. В качестве загрязнителя черноземной почвы (Тамбовская обл.) использовали гербицид Зингер, СП (д.в. метсульфурон-метил) в дозе 5 г/га. Обработанные различными образцами протравителей, содержащих нафталевый ангидрид, выращивали в камерах «Фетч» (ФРГ) при следующих гидротермических условиях: температура днем 22 °С, ночью – 18 °С, освещенность в течение 16 часов 25 тыс. лк, влажность воздуха в камере 75 %, полив посевов в сосуде ежедневно обессоленной водой до уровня 60 % от ПВ почвы.

Анализ данных рис. 1–2 показывает, что модификация НА полисахаридами увеличивает его антидотное действие на рапсе, но снижает на кукурузе.

Проведено сравнение антидотной активности НА и НК на кукурузе и рапсе. Результаты представлены на рис. 3–4.

Анализ данных, представленных на рис. 3–4, показывает, что и на рапсе, и на кукурузе существенной разницы в антидотной активности НА и НК не замечено. Проведенные биологические испытания показали, что и НА и НК обладают высокой стимулирующей активностью на кукурузе.

Выводы

1. Показана возможность регулирования антидотных свойств нафталевого ангидрида при его механохимической модификации с полисахаридами.

2. Продукт гидролиза нафталевого ангидрида – нафталин-1,8-дикарбоновая кислота – обладает стимулирующими свойствами на семенах кукурузы, а также высокой антидотной активностью в почвах, зараженных гербицидом сульфонилмочевинного ряда.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-29-05792).

Список литературы

1. Вредители и болезни полевых культур. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/sevooborot-kultur> (дата обращения: 18.11.2016).
2. Пат. 2585858 Российская Федерация. МПК⁸ А01N 29/10, А01С 1/06, А01N 37/36, А 01 Р 3/00. Композиция для предпосевной обработки семян / Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Заявители и патентообладатели. – Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук и Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии. – 2015101937/13; заявл. 23.01.2015; опубл. 10.06.2016; Бюл. № 16.
3. Продукция компании CP Kelco. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cpkelco.com/products/cellulosegum> (дата обращения: 18.11.2016).
4. Спиридонов Ю.Я., Хохлов П.С., Шестаков В.Г. Антидоты гербицидов // *Агрохимия*. – 2009. – № 4. – С. 81–91.
5. Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсенок В.И. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10–12. – С. 2695–2700.
6. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Новый препарат для предпосевной обработки семян с комплексной защитой от болезней и остатков гербицидов в почве // *Агрохимия*. – 2016. – № 6. – С. 39–45.
7. Чкаников Д.И., Макеев А.М. Влияние антидота 1,8-нафталевого ангидрида на фитотоксичность и скорость метаболизма 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и хлорсульфурина в растениях // *Физиология растений*. – 1991. – Т. 38, вып. 2. – С. 290–297.

УДК 542.943-92

ФОТОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЦИАНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Цыбикова Б.А., Батоева А.А.

ФГБУН «Байкальский институт природопользования» СО РАН, Улан-Удэ,
e-mail: abat@binm.bscnet.ru, belegmats@mail.ru

Изучены основные кинетические закономерности фотохимического окисления устойчивых цианистых соединений, на примере гексацианоферратов, комбинированной обработкой сочетанием прямого фотолиза с персульфатом (окислительная система $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$), пероксидом водорода (окислительная система $\{УФ/H_2O_2\}$). Показана возможность реализации процессов окисления в широком диапазоне pH среды. По удельной энергоэффективности, скорости и продолжительности процесса обработки рассматриваемые окислительные системы можно выстроить в следующий ряд $\{УФ/S_2O_8^{2-}\} > \{УФ/H_2O_2\} > \{УФ\}$. Увеличение эффективной деструкции гексацианоферратов в комбинированной системе $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$ обусловлено высокой окислительной способностью сульфатных анион-радикалов $SO_4^{\cdot-}$, образующихся вследствие фотолиза персульфата и его диспропорционирования ионами Fe^{3+} и Fe^{2+} , выделившимися при деструкции $[Fe(CN)_6]^{3-}$, а также образованием дополнительного количества $\cdot OH$ радикалов в результате взаимодействия $SO_4^{\cdot-}$ с водой. Использование комбинированного метода обработки $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$ целесообразно для применения в области очистки цианидсодержащих сточных и оборотных вод различных производств.

Ключевые слова: цианистые соединения, гексацианоферраты, фотохимическое окисление, фотолиз, пероксид водорода, персульфат, пероксид водорода, доза излучения

PHOTOCHEMICAL OXIDATION OF STABLE CYANIDE COMPOUNDS

Tsybikova B.A., Batoeva A.A.

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: abat@binm.bscnet.ru,
belegmats@mail.ru

Studied the main kinetic regularities of photochemical oxidation of stable cyanide compounds, an example hexacyanoferrate, combined treatment with a combination of direct photolysis persulfate (oxidizing system $\{UV/S_2O_8^{2-}\}$), and hydrogen peroxide (oxidizing system $\{UV/H_2O_2\}$). The possibility of realization of oxidation processes in a wide range of pH was shown. In the energy efficiency, rate of destruction and duration of the treatment process considered oxidation systems can rank $\{UV/S_2O_8^{2-}\} > \{UV/H_2O_2\} > \{UV\}$. The increase in the effective destruction of hexacyanoferrate by combined $\{UV/S_2O_8^{2-}\}$ due to high oxidative ability of sulfate anion radicals $SO_4^{\cdot-}$, formed as a result of photolysis persulfate and disproportionation by ions Fe^{3+} and Fe^{2+} , released in the destruction of $[Fe(CN)_6]^{3-}$, and generation of additional $\cdot OH$ radicals by reacting with water $SO_4^{\cdot-}$. Using a combined method of treatment $\{UV/S_2O_8^{2-}\}$ is suitable for use in the field of purification of cyanide-containing waste water and recycled water of different industries.

Keywords: cyanides, hexacyanoferrates, photochemical oxidation, photolysis, persulfate, hydrogen, peroxide, radiation dose

Цианиды, несмотря на высокую токсичность и стоимость реагента цианистого натрия, по-прежнему широко используются в промышленности: ежегодно более 1 млн тонн этого вещества идет для нанесения гальванопокрытий, переработки металлов, производства органических химикатов, пластика и др. Так, высокотоксичные цианистые соединения присутствуют в промышленных стоках значительного числа рудообогатительных фабрик, гальванических цехов, металлургических и металлообрабатывающих заводов, газогенераторных станций, газовых и коксохимических производств [4]. Для обезвреживания указанных стоков по-прежнему широко используются методы с использованием «экологически небезопасных» или «экологически грязных» реагентов окислителей – гипохлориты, хлорная известь, жидкий хлор, сернистый газ и т.д. [3, 12, 14]. В связи с этим приори-

тетной целью экологизации производств в аспекте охраны окружающей природной среды является разработка и внедрение малоотходных технологий, формирование замкнутых технологических циклов, а также разработка и внедрение экологически безопасных технологий обезвреживания образующихся высокотоксичных стоков.

Проблема переработки жидких техногенных цианидсодержащих стоков может быть решена с использованием перспективных комбинированных окислительных процессов (Advanced Oxidation Processes – AOPs), в основе которых лежат реакции окислительной деструкции, инициированные генерируемыми *in situ* активными формами кислорода – высокореакционными кислородсодержащими радикалами [7, 8]. Для генерирования свободных радикалов широко используется комбинация экологически безопасных окислителей с физическим воз-

действием (ультрафиолетовое излучение, ультразвук) или с катализаторами (металлы переменной валентности, TiO_2) [1, 10].

В последнее десятилетие из АОРs наиболее интенсивно применяются фотохимические методы с использованием экологически безопасных окислителей и/или катализаторов [15]. В качестве первичных окислителей при реализации АОР-процессов все чаще используются неорганические пероксосоединения (пероксид водорода, персульфаты), поскольку они являются источниками для образования вторичных более мощных и высокорекреационноспособных окислителей – гидроксильных $\cdot\text{OH}$ и сульфатных анион-радикалов $\text{SO}_4^{\cdot-}$. Для проведения фотохимических процессов применяются различные источники излучения (от коротковолновой УФ до инфракрасной области). На практике в качестве источников УФ-излучения широкое распространение получили ртутные газоразрядные лампы. Использование УФ-излучения получает все большее распространение для деструкции токсичных загрязнителей различной природы, в том числе и для обезвреживания цианистых соединений [9]. Ранее было использовано УФ-излучение в сочетаниях с пероксидом водорода, с катализатором TiO_2 для деструкции устойчивых цианистых соединений, в том числе и гексацианоферратов [8, 11, 13]. Исследования деструкции устойчивых цианистых соединений с помощью ультрафиолетового излучения в комбинации с персульфатом ранее не проводились.

Целью настоящей работы явилось исследование фотохимического окисления устойчивых цианистых соединений, на примере гексацианоферратов, с применением УФ-излучения в присутствии экологически безопасного окислителя персульфата, его сравнительная оценка с уже известным способом использования пероксида водорода и разработка энергоэффективного комбинированного метода обезвреживания высокотоксичных сточных вод, содержащих устойчивые цианистые соединения.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования выбраны гексацианоферраты $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ и $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, поскольку являются одними из наиболее устойчивых ($K_n = 1 \cdot 10^{35}$, $1 \cdot 10^{42}$ соответственно) цианистых соединений. Исследования фотохимических превращений гексацианоферратов проводили на модельных водных растворах $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с начальной концентрацией 100 мг/л ($0,47 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$), приготовленных на дистиллированной воде ($\chi = 2 \text{ мксм} / \text{см}$). В работе использовали реагенты (гексацианоферрат калия, пероксид водорода, персульфат калия) марки «х.ч.». Содержание гексаци-

аноферратов контролировали стандартным фотометрическим методом на фотометре КФК-3 [5]. Значения ионин pH контролировали на универсальном иономере pH 150М [6]. Для подщелачивания растворов использовали 0,1 N раствор NaOH.

Исследования основных кинетических закономерностей фотохимического окисления $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с использованием разных окислительных систем ($\{\text{УФ}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}\}$, $\{\text{УФ}/\text{H}_2\text{O}_2\}$) осуществляли в проточном трубчатом фотореакторе с термостатированием (25°C). Объем обрабатываемого раствора составлял 300 мл, скорость циркуляции $v = 0,5\text{--}0,6 \text{ л/мин}$. В качестве источника УФ излучения использовали ртутную газоразрядную лампу высокого давления ДРТ-400 с полихроматическим спектром излучения с максимумом лучистого потока при 365 нм, интенсивностью излучения $1,88 \text{ мВт/см}^2$, которую определяли актинометрическим методом с ферриоксалатом калия [2].

Результаты исследования и их обсуждение

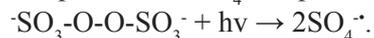
На первом этапе проведено сравнительное исследование кинетики окисления гексацианоферратов при прямом фотолизе и комбинированной обработке сочетанием прямого фотолиза с окислителями ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$, H_2O_2) (рис. 1).

Так, скорость окисления $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ при прямом фотолизе составила $W_0 = 3 \times 10^{-5} \text{ М} \times \text{мин}$, в то время как при комбинированной УФ обработке в присутствии H_2O_2 (окислительная система $\text{УФ}/\text{H}_2\text{O}_2$) за счет дополнительного образования $\cdot\text{OH}$ радикалов вследствие диспропорционирования пероксида водорода по реакции

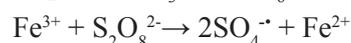


значение W_0 увеличилась в 1,7 раза – $5,2 \times 10^{-5} \text{ М} \times \text{мин}$. При сочетании же прямого фотолиза с $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ наблюдали почти трехкратное увеличение начальной скорости до $8,7 \cdot 10^{-5} \text{ М} \times \text{мин}$ и фиксировали полную деструкцию $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ через 90 мин экспозиции.

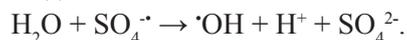
Увеличение эффективности окисления гексацианоферратов в присутствии персульфата обусловлено высокой окислительной способностью образующихся сульфатных анион-радикалов $\text{SO}_4^{\cdot-}$ по реакции



При этом необходимо учитывать образование дополнительного количества $\text{SO}_4^{\cdot-}$ в результате диспропорционирования персульфата ионами Fe^{3+} и Fe^{2+} , выделившимися при деструкции $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$:



а также $\cdot\text{OH}$ в результате взаимодействия $\text{SO}_4^{\cdot-}$ с водой:



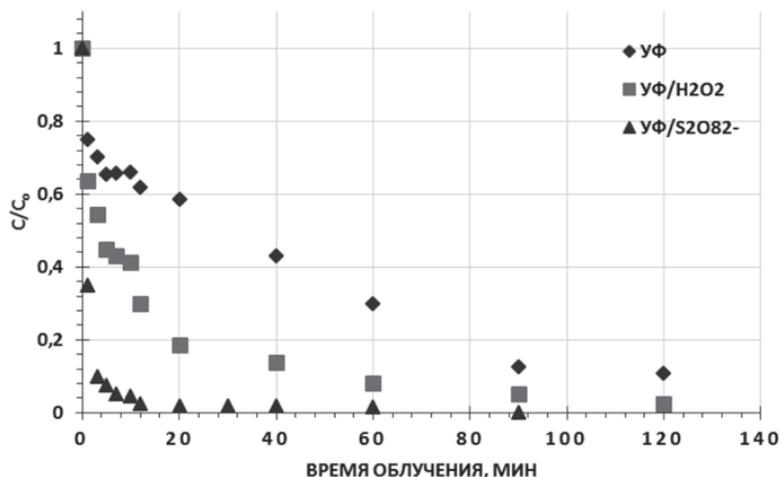


Рис. 1. Кинетические зависимости фотохимического окисления гексацианоферратов. $[K_3[Fe(CN)_6]]_0 = 0,47$ мМ, $[S_2O_8^{2-}]_0 = [H_2O_2]_0 = 4,7$ мМ, $pH_{исх} = 6,2$

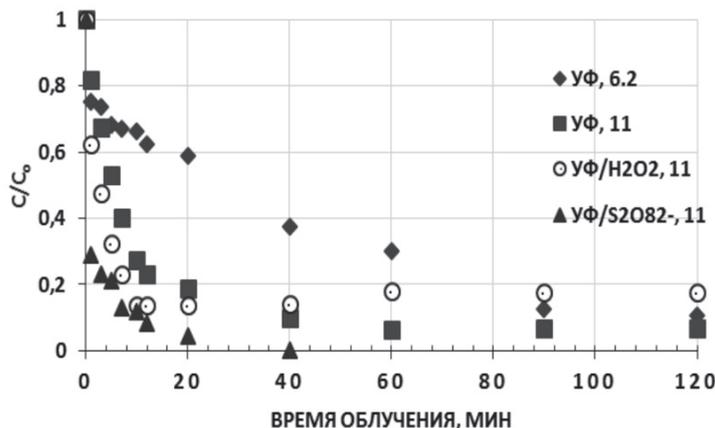


Рис. 2. Кинетические зависимости окисления $K_3[Fe(CN)_6]$ при различных рН. $[K_3[Fe(CN)_6]]_0 = 0,47$ мМ, $[S_2O_8^{2-}]_0 = [H_2O_2]_0 = 4,7$ мМ

Кроме этого, известно, что окислительная система $\{S_2O_8^{2-}/Fe^{3+}\}$ из-за сходства механизмов относится к Фентон-подобным системам.

Таким образом, можно заключить, что фотохимическое окисление с использованием окислителей – $S_2O_8^{2-}$ и H_2O_2 ведет к глубокой конверсии исходного вещества, к снижению продолжительности обработки, что целесообразно для применения в области очистки сточных и оборотных вод различных производств. При этом окислительная система $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$ более эффективна, чем $\{УФ/H_2O_2\}$. Сульфатные анион-радикалы являются реальной альтернативой гидроксильным радикалам, так как обладают более

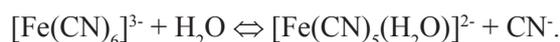
высоким окислительно-восстановительным потенциалом ($E^0_{H_2O_2} = 1,77В$, $E^0_{S_2O_8^{2-}} = 2,5 - 3,1В$), высокой реакционной способностью к большинству загрязнителей окружающей среды, по сравнению с пероксидом водорода имеют меньшую чувствительность к рН, а источники их образования, соли персульфаты, являются твердыми веществами, не теряющими своей активности длительное время, легко дозируются, что весьма удобно при использовании в технологиях обезвреживания.

Показатель кислотности среды рН является основным регулируемым параметром, существенно влияющим на эффективность протекания окислительных процессов. Из-

вестно, что цианидсодержащие сточные воды (СВ) гальванических цехов имеют рН среды в достаточно широком интервале от 2,8 до 11,5, а СВ и оборотные растворы золотоизвлекательных фабрик – 10–11. На примере модельных водных растворов гексацианоферратов рассмотрены прямой фотолиз и фотохимическое окисление с использованием окислительных систем – {УФ/S₂O₈²⁻} и {УФ/H₂O₂} при повышенных значениях рН. На рис. 2 представлены кинетические зависимости фотохимического окисления гексацианоферратов при рН = 11.

Полученные данные подтверждают эффективность комбинированных окислительных систем в щелочной среде. При этом действие окислительной системы {УФ/S₂O₈²⁻} также более эффективно по сравне-

нию с {УФ/H₂O₂}. Кроме того, по возрастающей остаточной концентрации исходного вещества установили, что в присутствии H₂O₂ процесс фотохимической деструкции K₃[Fe(CN)₆] при рН 11 носит обратимый характер, из-за образования интермедиатов, ингибирующих дальнейшую фотодеструкцию, либо накопления свободных CN⁻ ионов с последующим связыванием их в исходный комплекс вследствие снижения концентрации вторичных окислителей – ·ОН:



Проведена сравнительная оценка влияния фотохимического воздействия при деструкции гексацианоферратов разными окислительными системами {УФ/S₂O₈²⁻}, {УФ/H₂O₂} (таблица).

Деструкция K₃[Fe(CN)₆] в разных окислительных системах

Окислительная система	W ₀ *10 ⁻⁵ , М*мин	τ _{1/2} , мин	D [*] ₅₀ , МДж/см ²	D ^{**} ₉₀ , МДж/см ²	W ₀ *10 ⁻⁵ , М*мин	τ _{1/2} , мин	D [*] ₅₀ , МДж/см ²	D ^{**} ₉₀ , МДж/см ²
	рН _{исх} = 6,2				рН _{исх} = 11			
S ₂ O ₈ ²⁻ (темновой)	5,0	3,0	–	–	2,8	150	–	–
H ₂ O ₂ (темновой)	0,85	> 150	–	–	0,52	> 150	–	–
{УФ}	3,0	27,5	3102	13536	4,4	5,2	586,6	4512
{УФ/S ₂ O ₈ ²⁻ }	8,7	1,0	112,8	338,4	7,6	0,64	72,2	1241
{УФ/H ₂ O ₂ }	5,2	6,0	676,8	5640	6,3	2,75	310,2	13536

Примечание. * – доза УФ-излучения, требуемая для 50% исходного вещества, ** – доза УФ-излучения, требуемая для 90% исходного вещества.

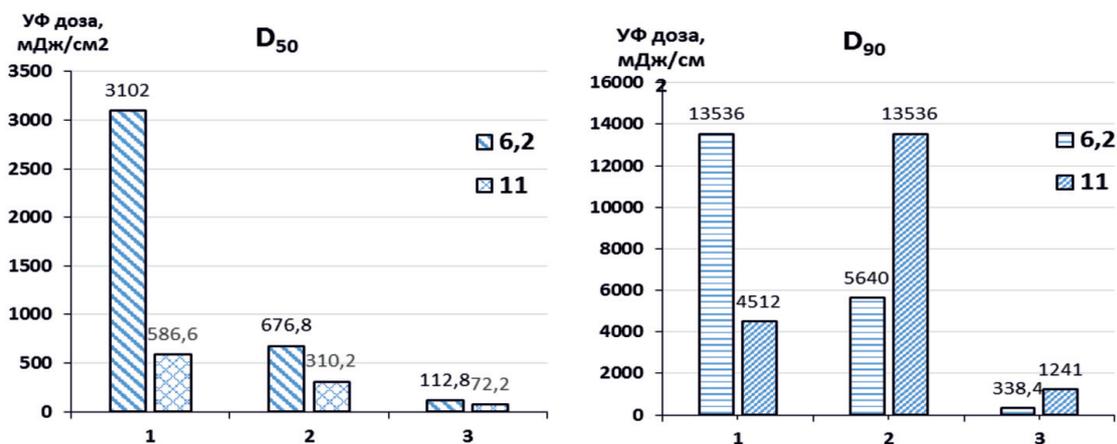


Рис. 3. Дозы УФ-излучения ртутной лампой, необходимые для деструкции 50% и 90% гексацианоферратов при различных рН. 1 – УФ, 2 – {УФ/H₂O₂}, 3 – {УФ/S₂O₈²⁻}. [K₃[Fe(CN)₆]]₀ = 0,47 мМ, [S₂O₈²⁻]₀ = [H₂O₂]₀ = 4,7 мМ

Так, сравнение начальных скоростей окислительной деструкции $K_3[Fe(CN)_6]$ в темновых экспериментах показывает 5–6-кратную разницу между воздействием разных окислителей $S_2O_8^{2-}$ и H_2O_2 . При дополнительном фотохимическом воздействии начальные скорости значительно увеличивались: для $S_2O_8^{2-}$ – в 1,7–2,7 раза, для H_2O_2 – 6–12 раз. При этом 50% деструкция ($\tau_{1/2}$) $K_3[Fe(CN)_6]$ достигается при действии комбинированной окислительной системы $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$ через 1 мин при pH 6,2 и через 0,64 мин при pH 11. В окислительной системе $\{УФ/H_2O_2\}$ преобладающий вклад в окислительную деструкцию гексацианоферратов вносит фотолиз, поскольку $\tau_{1/2}$ составляло 6 мин (pH 6,2) и 2,75 мин (pH 11), в то время как в темновых экспериментах $\tau_{1/2} > 150$ мин. В окислительной системе $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$ взаимодействие носит аддитивный характер.

Далее нами проведена оценка доз УФ-излучения, требуемого для разложения 50% и 90% загрязнителя (D_{50} , D_{90}) в зависимости от pH обрабатываемого раствора (рис. 3).

Максимальные дозы D_{50} (3102 мДж/см²) требуются при прямом фотолизе УФ (pH 6,2), тогда как в присутствии окислителей необходимые дозы значительно снижались и составляли 678,8 мДж/см² для $\{УФ/H_2O_2\}$ и 112,8 мДж/см² $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$. При этом при повышенных значениях pH требуются существенно меньшие дозы D_{50} УФ-излучения – при прямом фотолизе УФ (586,6 мДж/см²), в присутствии H_2O_2 – 310,2 мДж/см², $S_2O_8^{2-}$ – 72,2 мДж/см². Дозы D_{90} УФ-излучения, необходимые для разложения 90% $K_3[Fe(CN)_6]$, значительно выше при прямом фотолизе и в системе $\{УФ/H_2O_2\}$, поскольку лимитирующей стадией деструкции гексацианоферратов является окисление цианид-ионов, высвободившихся из внутренней сферы комплекса, вторичными окислителями – гидроксильными радикалами до менее токсичных цианатов, в свою очередь, гидролизующихся до ионов аммония и диоксида углерода, и образование нерастворимых гидроксосоединений железа (II, III). В комбинированной системе $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$ соответственно D_{90} УФ-излучения значительно ниже, поскольку в реакциях окисления участвуют кроме гидроксильных еще и сульфатные анион-радикалы.

По удельной энергоэффективности, скорости и продолжительности процесса обработки рассматриваемые окислительные системы можно выстроить в следующий

ряд $\{УФ/S_2O_8^{2-}\} > \{УФ/H_2O_2\} > \{УФ\}$. Кроме того, следует отметить, что при использовании $S_2O_8^{2-}$ процесс фотохимического окисления $K_3[Fe(CN)_6]$ носит необратимый характер.

На основании полученных данных нами впервые предложен эффективный способ обезвреживания устойчивых цианистых соединений, в том числе гексацианоферратов, с использованием комбинированной окислительной системы $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$.

Заключение

Изучены кинетические закономерности фотохимического окисления устойчивых цианистых соединений, на примере гексацианоферратов, комбинированной обработкой сочетанием прямого фотолиза с персульфатом (окислительная система $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$), пероксидом водорода (окислительная система $\{УФ/H_2O_2\}$). Показана возможность реализации процессов окисления в широком диапазоне pH среды. По удельной энергоэффективности, скорости и продолжительности процесса обработки рассматриваемые окислительные системы можно выстроить в следующий ряд $\{УФ/S_2O_8^{2-}\} > \{УФ/H_2O_2\} > \{УФ\}$. Эффективная деструкция гексацианоферратов в комбинированной системе $\{УФ/S_2O_8^{2-}\}$ обусловлена высокой окислительной способностью сульфатных анион-радикалов $SO_4^{\cdot-}$, образующихся вследствие фотолиза персульфата и его диспропорционирования ионами Fe^{3+} и Fe^{2+} , выделившимися при деструкции $[Fe(CN)_6]^{3-}$, а также образованием дополнительного количества $\cdot OH$ радикалов в результате взаимодействия $SO_4^{\cdot-}$ с водой. Разработанный способ может быть рекомендован для очистки сточных вод, содержащих высокотоксичные цианистые соединения в местностях с повышенной солнечной активностью. Следовательно, существует возможность осуществления процесса обезвреживания цианидсодержащих сточных вод за счет действия естественных природных факторов.

Список литературы

1. Батоева А.А., Цыбикова Б.А., Будаев С.Л. Каталитическая деструкция серосодержащих соединений в условиях гидродинамической кавитации / А.А. Батоева и др. // Вода: химия и экология. – 2012. – № 6. – С. 86–91.
2. ГОСТ 16948-79. Источники света искусственные. Метод определения плотности потока энергии УФ излучения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 8 с.
3. Кофман В.Я. Обезвреживание цианистых стоков на золотоизвлекательных фабриках Канады / В.Я. Кофман // Цветные металлы. – 1986. – № 11. – С. 91–94.

4. Милованов Л.В. Очистка и использование сточных вод предприятий цветной металлургии / Л.В. Милованов. – М.: Металлургия, 1971. – 325 с.
5. ПНД Ф 14.1: 2.164 – 2000. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций гексацианоферратов в пробах природных и сточных вод фотометрическим методом. ФР. 1.31.2001.00341. – Введ. с 10.01.2000; внес. измен. от 01.01.2009. – Москва: [б.и.], 2000. – 12 с.
6. ПНД Ф 14.1: 2:3:4.121 – 97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом. ФР.1.31.2007.03794. – Введ. с 21.03.1997; внес. измен. от 03.03.2004. – Москва: [б.и.], 2004. – 14 с.
7. Холодкевич С.В. Юшина Г.Г., Апостолова Е.С. Перспективные методы обезвреживания органических загрязнений воды / С.В. Холодкевич и др. // Экологическая химия. – 1996. – Т. 5, № 2. – С. 75–106.
8. Andreozzi R., Caprio V., Insola A., et al. Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery// *Catalysis today*. – 1999. – Vol. 53, № 7. – P. 51–59.
9. Arellano C.A.P., Martinez S.S. Effects of pH on the degradation of aqueous ferricyanide by photolysis and photocatalysis under solar radiation// *Solar Energy Materials and Solar Cells*. – 2010. – Vol. 94. – P. 327–332.
10. Budaev S.L., Batoeva A.A., Tsybiova B.A. Effect of Fenton-like reactions on the degradation of thiocyanate in water treatment// *J. of Environ. Chem. Engin.* – 2014. – № 2. – P. 1907–1911.
11. Chiang K., Amal R., Tran T. Photocatalytic oxidation of cyanide: kinetic and mechanistic studies // *J. of Molecular Catalysis A: Chemical*. – 2003. – Vol. 193. – P. 285–297.
12. Mudder T.I., Botz M.M. Cyanide and society: a critical review// *Eur. J. Miner. Process. and Environ. Prot.* – 2004. – Vol. 4, № 1. – P. 62–74.
13. Rader W.S., Solujic L., Milosavljevic E.B., et al. Sunlight-induced photochemistry of aqueous solutions of hexacyanoferrate (II) and – (III) ions // *Environ. Sci. Technol.* – 1993. – Vol. 27. – P. 1875–1879.
14. Treatment of cyanide heap Leaches and tailings: Technical report, September 1994/ U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste. – Special Waste Branch 401. M Street, SW Washington, DC 20460.
15. Young C.A., Jordan T.S. Cyanide remediation: current and past technologies // *Processing of the 10th Conference on Hazardous Waste Research*. (Kansas, May 23–24 1995). – Kansas, 1995. – P. 104–129.

УДК 630.181

К ИЗУЧЕНИЮ ВЫСОТЫ НАГАРА В ЛИСТВЕННИЧНИКАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Габышева Л.П., Протопопова В.В.

ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск,
e-mail: llp77@yandex.ru

Представлены результаты пиროлогических и лесоводственно-геоботанических исследований в лиственничных лесах Лено-Амгинского междуречья, относящегося к Центрально-Якутскому региону Якутии. Выявлено, что горимость лесного фонда Якутии почти в два раза выше, чем средняя горимость лесного фонда территории Российской Федерации. В лесах Якутии пожары имеют как антропогенные, так и естественные причины возникновения (90% от количества пожаров). Материалы собраны в 2015 г. в лиственничных гарях Мегино-Кангаласского района и окрестностях г. Якутска. Основными признаками жизнеспособности поврежденных огнем деревьев являются их размеры и высота нагара на стволах с заветренной стороны. От распределения отпада на гари зависит, какая часть древостоев будет определять дальнейший ход процессов лесовосстановления. Выявлено, что высота нагара находится в зависимости от диаметра дерева. Деревья, имеющие больший диаметр, характеризуются большей высотой нагара, что находится в прямой зависимости от запасов подстилки под деревьями. Изучение подстилки на гарях 23–25-летнего возраста показало, что на гарях к этому возрасту горючего материала накапливается больше, чем на неповрежденных пожаром лесах. Установлено, что в лиственничных молодняках накапливается столько же запаса подстилки, что и под спелыми древостоями, чем объясняется одинаковое повреждение крупных и молодых деревьев после пожаров. Под мелкими деревьями на гарях накапливается от $26,98 \pm 1,6$ т абс. сух. веса /га до $28,9 \pm 1,57$ т абс. сух. веса /га, что при соответствующих погодных условиях может привести к пожарному созреванию леса на гарях этого возраста.

Ключевые слова: Центральная Якутия, лиственничные леса, гарь, нагар, запас подстилки

STUDY OF DEPOSIT HEIGHT IN LARCH FORESTS IN CENTRAL YAKUTIA

Gabysheva L.P., Protopopova V.V.

Institute for biological problems of cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: llp77@yandex.ru

The article gives the results of forestry-geobotanical and pyrological research in larch forests of the Lena-Amga interfluvium, belonging to the Central Yakutia. It was revealed that the forestry fund Yakutia burn almost twice higher than the average burn forest in the Russian Federation. In the forests of Yakutia fires have both anthropogenic and natural causes of occurrence (90% of the number of fires). Materials collected in 2015 in larch burns in Megino-Kangalassky district and in the vicinity of Yakutsk. It revealed that soot height on stems is dependent on the diameter of the tree. Trees that have a larger diameter are characterized by a greater height of soot, which is in direct proportion to the litter reserves under the trees. Study of litter on burn areas formed after forest fires 23–25 years ago showed that on burn areas accumulates flammability material more than the forest. It was found that in young larch stands accumulate the same amount of stock of litter as under the old trees stands, which accounts for the same damage to old and young trees after fires. It was found that in young stands of larch accumulate the same amount of stock of litter, and that under the mature stands, which accounts for the same damage to large and young trees after fires. Under the small trees on the burned areas accumulated from $26,98 \pm 1,6$ tons abs. dry. weight / ha to $28,9 \pm 1,57$ m abs. dry. weight / ha, under appropriate weather conditions can lead to a fire maturation of forests in burned areas of this age.

Keywords: Central Yakutia, larch forests, burning areas, soot height on stems, supply of litter

Лесные пожары являются наиболее часто встречаемым и разрушительным фактором в лесах всей бореальной зоны. В лесах Якутии пожары имеют как антропогенные, так и естественные причины возникновения. Природные особенности региона – сочетание многолетней мерзлоты с недостатком атмосферного увлажнения и засушливым климатом – обусловили создание естественных причин для возникновения и распространения лесных пожаров. Роль человека в возникновении и распространении лесных пожаров, которая играет немаловажную роль в лесообразовательном процессе лесов Якутии, особенно усилилась в последние годы. Центральные районы Якутии по сравнению

с другими районами длительное историческое время характеризовались особенно высокой горимостью лесов.

Доминирующее положение лиственничных лесов в экосистемах бореальной зоны Северо-Востока России обусловлено, прежде всего, биологическими свойствами вида, выработанными в ходе эволюции. Считается, что доминирующее положение лиственничных лесов в экосистемах Северо-Востока Азии является одним из механизмов снижения эффекта влияния пожаров на природные экосистемы. Имеется достаточно сведений о том, что светлохвойные леса Сибири и Дальнего Востока имеют пирогенное происхождение [1, 5, 8, 13 и др.]. Листвен-

ничные леса в Центральной Якутии являются господствующими и занимают до 90% территории. Доказано, что лиственница [5, 13 и др.] обладает свойствами «пирофитности». Эти леса больше всего имеют пирогенное происхождение, что подтверждается отличным возобновлением лиственницы после пожаров. В ряде типов леса лиственница без обжига поверхности почвы не возобновляется. Они испытывают сильное воздействие антропогенных факторов (лесные пожары, вырубки, раскорчевки др.), которые нередко приводят к их деградации. Особую роль при этом играют лесные пожары, которые существенно меняют все компоненты лесного биогеоценоза и в большей степени влияют на лесовозобновление.

Наиболее заметным следом прошедшего пожара является нагар на стволах деревьев. Нагар является одним из важных диагностических признаков как пожара, так и жизненного состояния древостоев после его прохождения. По высоте и направленности нагара в общих чертах можно определить направление движения горящей кромки, вероятную высоту пламени, прогнозировать послепожарный отпад [11–12].

Отдельные сведения об особенностях образования нагара в сосновых лесах встречается в ряде работ [4, 6, 15]. В то же время данных о формировании нагара в лиственничных лесах, занимающих около 35% площади лесного фонда Сибири, почти нет. Имеются лишь отдельные сведения, характеризующие некоторые особенности образования нагара на стволах лиственницы [14–15]. Как известно, основными признаками жизнеспособности поврежденных огнем деревьев являются их размеры и высота нагара на стволах с заветренной стороны [2]. От распределения отпада на гари зависит, какая часть древостоев будет определять дальнейший ход процессов лесовосстановления. Такие работы проведены для разных древесных пород Средней Сибири [2, 3, 9 и др.], европейской части России [6 и др.], для древесных пород Якутии такие работы до настоящего времени не проводились. Исследованиями в лиственничниках Южной Якутии установлено [15], что при слабых и сильных

пожарах высота нагара не зависит от диаметра дерева, при пожарах средней интенсивности нагар увеличивается с увеличением диаметра. В лесах Центральной Якутии подобные исследования проводятся впервые.

Целью настоящей статьи является изучение высоты нагара в лиственничниках Центральной Якутии, зависимость ее от запасов подстилки под деревьями различных размеров, а также оценка их послепожарного состояния в зависимости от высоты нагара. Исследования проведены в окрестностях с. Матта Мегино-Кангаласского улуса на гари с давностью пожара 12 лет и в окрестностях г. Якутска.

В результате проведенного анализа данных выявлено, что деревья, имеющие больший диаметр, характеризуются большей высотой нагара (табл. 1).

Для каждого участка нами была установлена зависимость высоты нагара от диаметра ствола дерева. Для гари Мегино-Кангаласского улуса: $y = 1,6199\ln(x) - 2,2772$ при $R^2 = 0,6163$ (рис. 1), для гари окрестностей г. Якутска: $y = 1,1045\ln(x) - 1,798$ при $R^2 = 0,3654$ (рис. 2).

Наибольший отпад деревьев (59,4%) на гари Мегино-Кангаласского улуса приходится на деревья с господствующим диаметром 8–12 см на гари Мегино-Кангаласского улуса, относящихся к деревьям средней ступени толщины для данного участка, на гари окрестностей г. Якутска наибольший отпад деревьев (34,7%) – с диаметром 16–18 см. Крупные деревья также подвержены усыханию и отпаду. Гибель от пожаров крупных деревьев в древостоях можно объяснить накоплением под ними большого количества опада и подстилки (табл. 2).

В исследованиях в лесах Средней Сибири [2 и др.] и других регионах России была установлена зависимость между величиной деревьев и запасом подстилки. Наши исследования в лиственничных лесах Центральной Якутии также показали, что запасы подстилки определяются величинами деревьев (табл. 2). Чем крупнее дерево, тем больше запас подстилки под ним, и наоборот, что объясняет сильные повреждения огнем крупных деревьев.

Таблица 1

Высота нагара, при которой лиственница Каяндера, поврежденная огнем, может усохнуть на гари 2003 г. в Мегино-Кангаласском улусе

Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см	6	8	10	12	16	18	20
Высота нагара, м	0,8	1,2	1,3	1,4	2,3	2,4	2,8

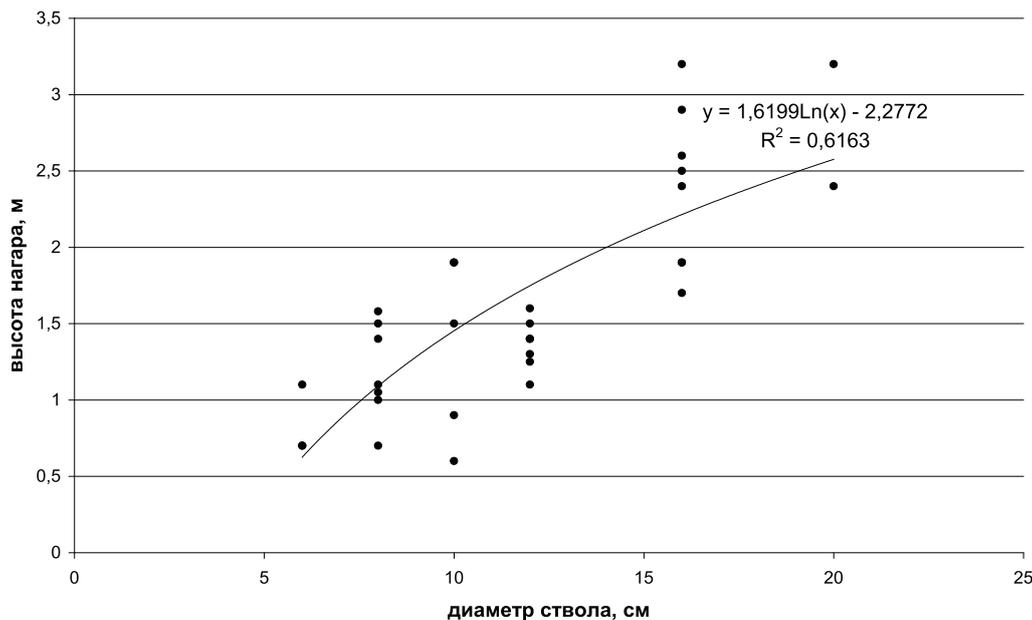


Рис. 1. Высота нагара в зависимости от диаметра ствола на лиственничной гари в Мегино-Кангаласском улусе

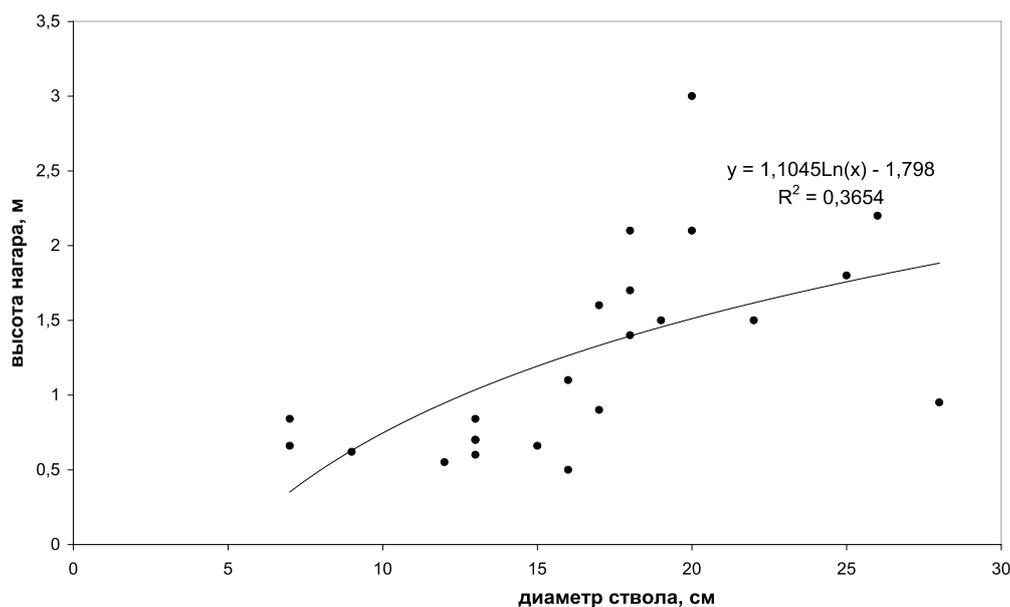


Рис. 2. Высота нагара в зависимости от диаметра ствола в лиственничной гари в окрестностях г. Якутска

Изучение подстилки на гарях 23–25-летнего возраста показало, что на гарях к этому возрасту горючего материала накапливается больше, чем на неповрежденных пожаром лесах. Например, под мелкими деревьями на гарях накапливается от 26,98 до 28,9 т/га, а в лесу – от 14,83 (лиственничник брусничный мертвопокровный)

до 18,88 т/га (лиственничник брусничный). Большой запас подстилки на гарях объясняется высокой плотностью лиственничного молодняка в стадии жердняка, вследствие которого накапливается большой запас подстилки, толщина которого примерно равна толщине подстилки под крупными деревьями. Ранее исследованиями было установле-

но, что большей горимостью в лесах России отличаются массивы светлохвойных молодняков и лесных культур [10]. Они гибнут от пожаров чаще всего, что объясняется большей сухостью напочвенного покрова при изреженности полога леса. Эту закономерность можно связать с выявленным нами выше выводом [7] о том, что в лиственных молодняках накапливается столько же запаса подстилки, как и под крупными деревьями.

По литературным данным [6] у лиственницы наблюдается наибольшая высота нагара, чем у деревьев других видов. Неровная толстая кора в комлевой части стволов лиственницы способствует быстрому продвижению огня вверх, но она и защищает камбий от сильных повреждений при низовых беглых лесных пожарах. Как было выше указано нашими исследованиями, лиственницы, имеющие больший диаметр, характеризуются большей высотой нагара.

По данным таблицы можно также видеть, что наименьший запас подстилки был выявлен в так называемых окнах леса, и, соответственно накопление горючих материалов меньше, чем под деревьями.

Таким образом, нами установлена зависимость высоты нагара от диаметра ствола дерева, которая в свою очередь зависит от величины запаса подстилки.

Запасы подстилки в лиственных лесах определяются размерами деревьев. Чем крупнее дерево, тем больше запас подстилки под ним, и наоборот, что объясняет различную силу повреждения деревьев во время сильных лесных пожаров в зависимости от их размеров. Накопление горючих материалов больше под крупными деревьями и, соответственно, высота нагара выше. Таким образом, при возникновении сильных устойчивых лесных пожаров крупные деревья повреждаются сильнее.

Таблица 2

Запасы горючих материалов под деревьями в зависимости от их диаметра и высоты в лесах и на гари в Центральной Якутии

Дерево по диаметру	Высота дерева, м	Диаметр дерева, см	Толщина подстилки, см	Запас подстилки, т/га
Якутское лесничество				
Лиственничник брусничный мертвопокровный				
Мелкое	7,2	7,6	2,5	14,83 ± 0,74
Среднее	13,2	12,8	3	23,87 ± 1,27
Крупное	15,4	21,6	4,0	29,37 ± 1,66
Лиственничник кустарниково-брусничный с толокнянкой				
Мелкое	3,7	4,2	2,5	16,5 ± 0,42
Среднее	11,4	11,7	3	21,86 ± 0,83
Крупное	16,8	18,2	4	24,4 ± 0,56
Гарь 25 лет (лиственничник разнотравно-брусничный с березой)				
Мелкое	4,0	3,3	2,5	14,34 ± 0,63
Среднее	14,0	12,3	3,0	24,60 ± 0,60
Крупное	17,2	21,6	3,5	28,96 ± 1,57
Мегино-Кангаласское лесничество				
Лиственничник брусничный				
Среднее	12,2	10,8	2,5	22,7 ± 0,79
Крупное	19,6	14,8	3,0	23,34 ± 1,22
Окно леса	–	–	1,5	15,99 ± 1,01
Лиственничник кустарниково-бруснично-моховой				
Мелкое	8,0	6,6	3,0	18,88 ± 0,95
Среднее	14,0	13,2	4,0	26,91 ± 2,87
Крупное	22,8	17,0	5,0	36,65 ± 1,66
Гарь 23 лет (лиственничный молодняк с березой ивовый брусничный)				
Очень мелкое	4,0	4,5	3,0	17,21 ± 0,81
Мелкое	6,2	6,1	5,5	26,98 ± 1,67
Окно леса	–	–	1,5	13,85 ± 0,87

Изучение подстилки на горях 23–25-летнего возраста показало, что на горях к этому возрасту горючего материала накапливается больше, чем на неповрежденных пожарах лесах. Под мелкими деревьями на горях накапливается от $26,98 \pm 1,6$ т абс. сух. веса/га до $28,9 \pm 1,57$ т абс. сух. веса/га. Что при соответствующих погодных условиях может привести к пожарному созреванию леса на горях этого возраста.

Работа выполнена в рамках проектов VI.52.2.8 и II.2П/VI.52-3 программ фундаментальных исследований Президиума РАН.

Список литературы

1. Абаимов А.П., Прокушкин С.Г., Зырянова О.А. Эколого-фитоценотическая оценка воздействия пожаров на леса криолитозоны Средней Сибири // Сиб. экол. журн. – 1996. – № 1. – С. 51–60.
2. Буряк Л.В. Лесообразовательный процесс в нарушенных пожарами светлохвойных насаждениях юга Сибири: авторефер. дисс. ... д-ра. сельхоз. наук. – Красноярск: СибГТУ, 2015. – 38 с.
3. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары. – М.: Наука, 1979. – 198 с.
4. Войнов, Г.С., Софронов, М.А. Прогнозирование отпада в древостое после низового пожара // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 115–121.
5. Исаев А.П. Естественная и антропогенная динамика лиственных лесов криолитозоны (на примере Якутии): авторефер. дисс. ... д-ра биол. наук. – Якутск: Изд-во ЯНЦ, 2011. – 51 с.
6. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. – М.-Л.: Гостехиздат, 1948. – 127 с.
7. Протопопова В.В., Габышева Л.П. К характеристике накопления напочвенных горючих материалов в лесах Центральной Якутии // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/131-23500>.
8. Санников С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценоза // Экология. – 1981. – № 6. – С. 23–33.
9. Толмачев А.В. Лесовозобновление в хвойных насаждениях и на горях горной части национального парка «Шушенский бор»: авторефер. дисс. ... канд. сельхоз. наук. – Красноярск, 2011. – 189 с.
10. Фуряев В.В. Принципы и методы повышения пожароустойчивости молодняков // Лесное хозяйство. – 1979. – № 9. – С. 83–85.
11. Цветков П.А. Формирование нагара в среднетаежных сосняках Сибири / Тр. Института леса СО РАН. – Красноярск, 2005. – С. 41–43.
12. Цветков П.А. Нагар как диагностический признак // Хвойные бореальной зоны. – 2006. – № 3. – С. 132–137.
13. Цветков П.А. Пирогенные свойства древесных пород // Лесоведение. – 2011. – № 2. – С. 25–31.
14. Цветков П.А. О высоте нагара в лиственничниках Эвенкии // Лесоведение. – 1994. – № 4. – С. 90–93.
15. Щербаков И.П., Забелин О.Ф., Карпель В.А. и др. Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса. – Новосибирск: Наука, 1979. – 224 с.

УДК 634.72:634.1:581.162.41

КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ ВИДОВ И ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ В СЕМЕЙСТВЕ GROSSULARIACEAE DC

¹Гаврилова О.А., ²Тихонова О.А.

¹ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова» РАН, Санкт-Петербург,

e-mail: gavrilova@binran.ru;

²ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)»,

Санкт-Петербург, e-mail: o.tikhonova@vir.nw.ru

Статья посвящена изучению качества пыльцы тетраплоидных смородино-крыжовниковых (Jošta, Kroma, B 1323/3 и 3231) и отдаленных межвидовых гибридов (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; 046 Petroc 69; 048 Petjancz 33; Длиннокистная ЦГЛ.) и видов из родов *Ribes* (*R. nigrum* subsp. *europaeum*, *R. aureum*, *R. spicatum*) и *Grossularia* (*G. reclinata*, *G. divaricata*, *G. nivea*) (семейство *Grossulariaceae*). Материал был получен из коллекции черной смородины НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» и коллекции ботанического сада БИН РАН. Фертильность пыльцы изучали с помощью традиционного ацетокарминового метода, определение жизнеспособности проводили путем проращивания пыльцевых зерен на искусственных питательных средах. Для выявления особенностей формирования пыльцы просматривали стадии ее развития каждые 2–4 дня от начала вегетации до фазы выдвижения кистей (образование отдельных пыльцевых зерен). Исследования проводили с помощью светового микроскопа. Почти у всех изученных образцов наблюдалось одновременно наличие разных стадий формирования пыльцевых зерен. Отмечено, что в ходе микроспорогенеза у изученных гибридов происходит образование как тетрад, так и полиад. Корреляция между фертильностью и образованием полиад слабая. Выявлено, что изучаемые образцы, за исключением триплоидного, обладают высокой фертильностью. У смородино-крыжовниковых гибридов процент фертильных пыльцевых зерен оказался ниже в 1,2–1,4 раза, чем у их родительских форм (*R. nigrum* subsp. *europaeum*, *G. divaricata*, *G. nivea*). Не обнаружено существенных различий по уровню фертильности у образцов с разным типом апертур (проростковых пор). Показаны особенности прорастания пыльцы смородино-крыжовниковых гибридов. Пыльца триплоидного образца Длиннокистная ЦГЛ оказалась нежизнеспособной.

Ключевые слова: *Ribes*, *Grossularia*, пыльца, фертильность, жизнеспособность, микроспорогенез

THE QUALITY OF POLLEN OF SPECIES AND REMOTE HYBRIDS IN THE FAMILY GROSSULARIACEAE DC

¹Gavrilova O.A., ²Tikhonova O.A.

¹Komarov Botanical Institute RAS, St-Petersburg, e-mail: gavrilova@binran.ru;

²The N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St-Petersburg,

e-mail: o.tikhonova@vir.nw.ru

The quality of the pollen of tetraploid hybrids between currant and gooseberry (Jošta, Kroma, B 1323/3 and 3231) and remote interspecific hybrids (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*; 046 Petroc 69; 048 Petjancz 33; Dlinnokistnaya TSGL) and species of the genera *Ribes* (*R. nigrum* subsp. *europaeum*, *R. aureum*, *R.*) and *Grossularia* (*G. reclinata*, *G. divaricata*, *G. nivea*) (family *Grossulariaceae*) have been studied. Material was obtained from the collection of black currant NPB «Pushkin and Pavlovsk laboratory VIR» and the collection of the Botanical Garden BIN RAS. Pollen fertility and viability was investigated using traditional methods. Pollen viability was estimated by germination of pollen grains in the artificial medium. For definition of the characteristics of pollen formation we looked through stages of pollen development each 2–4 days from the start of active vegetation period to phase of racemus extension (formation of separate pollen grains). The investigation were made with light microscope. Almost all of samples demonstrated the presence of different stages of pollen development together. It is shown that tetrads and polyades are formed in hybrids during microsporogenesis. Correlation between fertility and polyades occurrence is low. All studied samples except triploid are fertile. The percentage of pollen fertility of hybrids between currant and gooseberry was 1,2–1,4 times lower, than at their parental forms (*R. nigrum* subsp. *europaeum*, *G. divaricata*, *G. nivea*). There were no significant differences in the level of fertility in samples with different types of apertures. The features of pollen germination of tetraploid hybrids between currant and gooseberry have been demonstrated. Pollen grains of triploid «Dlinnokistnaya TSGL» proved to be inviable.

Keywords: *Ribes*, *Grossularia*, pollen, fertility, vitality, microsporogenesis

Фертильность и жизнеспособность пыльцы плодовых культур являются важными показателями, поскольку напрямую связаны с продуктивностью растений. Кроме того, эффективность селекционной работы во многом зависит от качества пыльцы.

По качеству пыльцевых зерен как одному из признаков можно производить отбор наиболее урожайных форм [11].

Известно, что подавляющее большинство современных сортов смородины и крыжовника высокосамоплодны и имеют нормально развитую пыльцу с высокой оплодотворяющей способностью [1; 2; 4; 6; 10].

Вопросы биологии пыльцы отдаленных гибридов в семействе *Grossulariaceae* DC изучены недостаточно полно. По сведениям Е. Кип [4] аллотетраплоиды отличаются по

фертильности в соответствии со степенью близости родительских видов. У тетраплоидов от фертильных внутрисекционных гибридов фертильность сильно снижена, но тетраплоидные формы стерильных межсекционных гибридов обычно обладают хорошей фертильностью. Исследованиями И.Э. Бученкова [1]; И.Э. Бученкова, О.С. Рышкель и др. [2] показано, что при переводе диплоидных сортов на тетраплоидный уровень фертильность снижается в среднем у черной смородины в 2,3 раза; у крыжовника – в 1,36 раза. Е.В. Ульяновской, В.В. Ковалевой и др. [9] приводятся данные о том, что пыльца триплоидных сортов прорастает либо единичными пыльцевыми трубками, либо не прорастает совсем.

Целью настоящего исследования являлась оценка качества пыльцы, а также изучение особенностей формирования пыльцевых зерен у отдаленных гибридов смородины и крыжовника и их исходных диплоидных форм.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили виды рода *Ribes* L.: *R. nigrum* subsp. *europaeum* Jancz., *R. aureum* Purch, *R. spicatum* E. Robson; виды рода *Grossularia* Mill: *G. reclinata* (L.) Mill., *G. divaricata* (Dougl.) Cov. et Britt., *G. nivea* Spach; аллотетраплоидные смородинно-крыжовниковые гибриды: Jošta, Kroma, В 1323/3 и 3231 и отдаленные гибриды: *R. hudsonianum*×*R. dikuscha*; 046 *Petroc* 69; 048 *Petjancz* 33.

Гибриды, включенные в исследование, имеют различное генетическое и эколого-географическое происхождение. Аллотетраплоид Jošta был создан в 1970-х гг. в институте им. Макса Планка (ФРГ). Исходными формами служили (*R. nigrum*×*G. reclinata*)×(*R. nigrum*×*G. divaricata*). Гибрид Крома был выведен в Швеции, на сельскохозяйственной станции в Альнарпе от скрещивания (*R. nigrum*×*Grossularia*)×(*R. nigrum*×*G. nivea*). В настоящее время они получили статус сортов и успешно культивируются в странах Западной Европы [7].

Смородинно-крыжовниковые гибриды В 1323/3 и 3231 были получены на Ист-Моллингской станции (Великобритания). Генетическое происхождение их не установлено.

Отдаленные межвидовые и межподвидовые гибриды *R. hudsonianum*×*R. dikuscha*; 046 *Petroc* 69 и 048 *Petjancz* 33 были созданы А.И. Рилишкисом (Литва, Каунас). Исходными формами при получении 046 *Petroc* 69 служили *R. petraeum*×*R. procumbens*; 048 *Petjancz* 33 – *R. petraeum*×*R. janczewskii*. Родительскими формами триплоида Длиннокистная ЦГЛ ($2n = 24$) являются: Кызырган (*R. altissimum*)×Восьмая Дэвисона (*R. nigrum* subsp. *europaeum*). Он был получен во Всероссийском НИИ генетики и селекции плодовых растений (ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, бывш. ЦГЛ им. И.В. Мичурина).

Пыльцу для определения ее фертильности и жизнеспособности собирали в период массового цветения на коллекции черной смородины НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» и в коллекции ботанического сада БИН РАН.

Микроскопические исследования проводили в лаборатории палинологии БИН РАН с помощью светооптического микроскопа Микмед-6 при увеличениях 20×10 и 40×10. Фертильность пыльцевых зерен изучали с помощью традиционного ацетокарминового метода. Для определения процента фертильных и стерильных пыльцевых зерен проводили подсчет количества зерен не менее, чем в 10 полях зрения. Жизнеспособность пыльцы оценивали путем прорастивания на агаризированной среде, содержащей 1% агар-агар, 0,01% раствор борной кислоты и 0,5 мол/л раствор сахарозы (твердая среда) и на 15% растворе сахарозы (жидкая среда). Жизнеспособной считали пыльцу, размер пыльцевой трубки которой превышал величину пыльцевого зерна.

Для изучения особенностей формирования пыльцы просматривали стадии ее развития путем приготовления давленных препаратов каждые 2–4 дня от начала вегетации до момента выдвижения кистей.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования, проведенные нами ранее, показали, что пыльцевые зерна смородин и крыжовников среднего размера (25–40 мкм в диаметре). Они являются весьма специфичными, обладают рядом признаков, характерных для семейства крыжовниковых в целом, и довольно четко отличаются друг от друга и от пыльцы других семейств в спорово-пыльцевых спектрах [12]. Смородинно-крыжовниковые гибриды имеют зерна с переходными апертурными типами, содержащими и борозды, и поры. Кроме того, у тетраплоидных гибридов выявлен больший разброс размеров пыльцевых зерен [3].

В исследование были включены виды с глобально расположенными порово-оровыми пыльцевыми зернами – правильными (*R. nigrum* subsp. *europaeum*, *R. aureum*) и отклоняющимися (*R. spicatum*) вариантами, и видов с меридионально расположенными бороздно-оровыми зернами – также с правильными (*G. reclinata*, *G. nivea*) и отклоняющимися (*G. divaricata*) вариантами, а также гибридов с правильными (048 *Petjancz* 33), неправильными (*R. hudsonianum*×*R. dikuscha*; 046 *Petroc* 69) глобально порово-оровыми и переходными (смородинно-крыжовниковые гибриды: Jošta, Kroma, В 1323/3 и 3231) апертурными типами.

Исследованиями Н.П. Чувашиной [8] была выявлена корреляция между фертильностью и образованием тетрад и/или полиад в ходе микроспорогенеза.

Для онтогенетического исследования были выбраны тетраплоидные смородинно-крыжовниковые гибриды Kroma и Jošta и их известные родительские виды (*R. nigrum*, *G. reclinata*, *G. divaricata*, *G. nivea*), а также

триплоид Длиннокистная ЦГЛ. Изучение особенностей формирования пыльцы этих образцов показало, что во время вегетации растений, от появления зеленого конуса и до момента выдвижения кистей происходит микроспорогенез (дифференциация спорогенной ткани, мейоз, образование и распад тетрад и/или полиад) и образование отдельных пыльцевых зерен. Стадии развития пыльцевых зерен у изученных образцов представлены в табл. 1.

Стадия тетрад у изучаемых образцов выявлена в период с 14 по 26 апреля. Раньше всех эту стадию (спустя 10–13 дней от начала вегетации), а также стадию образования отдельных пыльцевых зерен (через 17 дней от момента выдвижения зеленого конуса) проходят крыжовники, в первую очередь *G. nivea* и *G. divaricata* (табл. 1). У смородинно-крыжовниковых гибридов формирование отдельных пыльцевых зерен происходит спустя 3 недели от начала вегетации с небольшой разницей в 2 дня (табл. 1), причем у сорта Jošta на протяжении всего периода онтогенеза можно было наблюдать одновременно все его стадии вплоть до момента образования распавшихся отдельных пыльцевых зерен (22.IV). У смородин – европейского подвида *R. nigrum* и триплоида Длиннокистная ЦГЛ стадии онтогенеза пыльцы проходят позже, чем у крыжовников и смородинно-крыжовниковых гибридов.

Следует отметить, что почти у всех изученных образцов в поле зрения микроскопа можно было наблюдать одновременно наличие разных стадий формирования пыльцевых зерен (например, стадии тетрад, распающихся тетрад и отдельных пыльцевых зерен, рис. 1, г).

В особенности в течение довольно длительного времени это было характерно для гибридов. Среди изученных нами образцов образование полиад выявлено только у гибридов. При воздействии ацетокармином обнаружено, что многие полиады окрашиваются полностью, а в некоторых тетрадах отдель-

ные формирующиеся микроспоры остаются неокрашенными. Пыльцевые зерна в этот период остаются незрелыми, их формирование продолжается до начала цветения.

В проведенное нами исследование фертильности пыльцы помимо перечисленных образцов были включены смородинно-крыжовниковые гибриды В1323/3 и 3231, отдаленные межвидовые гибриды *R. hudsonianum*×*R. dikuscha*; 046 *Petroc* 69, 048 *Petjancz* 33 и виды с правильным (*R. aureum*) и неправильным расположением апертур (*R. spicatum*). Результаты представлены в табл. 2.

Определение фертильности пыльцы, проведенное нами, показало, что доля морфологически зрелой (фертильной) пыльцы от общего количества просмотренных пыльцевых зерен составила в зависимости от образца 5,5–97,4% (табл. 2). Наиболее высокий уровень фертильности (90,3–97,4%) наблюдался главным образом у образцов с правильным расположением апертур – *G. nivea*, *R. nigrum* subsp. *europaeum*, *R. aureum*, 048 *Petjancz* 33, а также у *G. divaricata*, апертуры пыльцевых зерен которого расположены неравномерно. Достаточно высокая степень морфологически зрелой пыльцы (82,9–87,1%) была характерна для гибридов с большим количеством пыльцевых зерен, отклоняющихся от типичных с правильными апертурами – *R. hudsonianum*×*R. dikuscha* и смородинно-крыжовникового гибрида В 1323/3. Остальные смородинно-крыжовниковые гибриды, наряду с *G. recclinata* характеризовались средним уровнем фертильности (65,5–76,9%). У образцов с неправильным расположением апертур (046 *Petroc* 69, *R. spicatum*) показатель фертильности был относительно невысоким (50,4–55,7% соответственно). Самый низкий уровень фертильности был свойственен триплоиду Длиннокистная ЦГЛ. Характерные состояния пыльцы в полях зрения микроскопа от высокого уровня фертильности к низкому показаны на рис. 2.

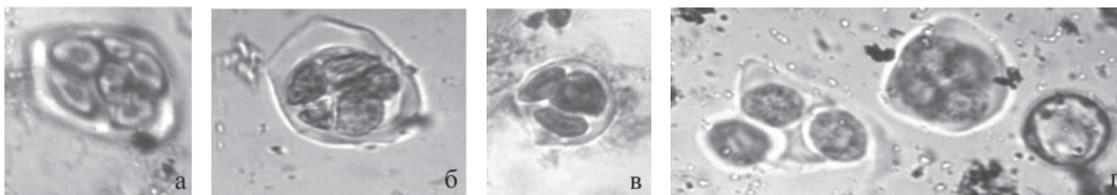


Рис. 1. Микроспорогенез у изучаемых образцов: а) полиада (Jošta), б) полиада (Kroma), в) тетрада (*G. nivea*), г) тетрада, распающаяся тетрада и отдельное пыльцевое зерно (*R. nigrum*)×400

Таблица 1
Стадии микроспорогенеза у представителей семейства Grossulariaceae (2016 г.)

Название образца	Начало вегетации	Даты							
		07.04	11.04	14.04	16.04	18.04	20.04	22.04	26.04
<i>Grossularia nivea</i>	30.03	Сп. ткань	Сп. ткань	Тетрады	Тетрады и отдельные п.з.	Отдельные п.з.			
<i>G. divaricata</i>	1.04	- « -	- « -	Тяжи формирующихся тетрад и тетрады	Тяжи формирующихся тетрад, тетрады, редкие отдельные п.з.	Отдельные п.з.			
<i>G. reclinata</i>	31.03	- « -	- « -	- « -	Тяжи формирующихся тетрад, редкие тетрады	Тяжи формирующихся тетрад, редкие отдельные п.з.	Отдельные п.з.		
<i>Kroma</i>	31.03	- « -	- « -	Неоднородная спорогенная ткань, тяжи формирующихся тетрад	Тетрады, полиады	Тетрады, полиады	Отдельные п.з.		
<i>Jošia</i>	31.03	- « -	- « -	Более интенсивно окрашенные тяжи	Тяжи формирующихся тетрад, редкие тетрады и полиады	Тяжи формирующихся тетрад, редкие тетрады и полиады	Отдельные п.з., присутствуют ед. тетрады и полиады	Отдельные п.з.	
<i>Ribes nigrum</i>	5.04	- « -	- « -	Спорогенная ткань, тяжи	Спорогенная ткань, тяжи, тетрады	Тяжи формирующихся тетрад, тетрады	Тетрады и отдельные п.з.	Отдельные п.з. и тетрады	
Дл/кистная ЦГЛ	30.03	- « -	- « -	Неоднородная спорогенная ткань, тяжи формирующихся тетрад	Тяжи формирующихся тетрад	Тяжи формирующихся тетрад, отдельные мелкие п.з.	Тетрады, отдельные мелкие и крупные п.з., присутствуют тяжи	Отдельные п.з., присутствуют тетрады и тяжи	Отдельные п.з., присутствуют тетрады и тяжи

Таблица 2

Количественное содержание фертильных и стерильных пыльцевых зерен в зрелых пыльниках видов и отдаленных гибридов семейства Grossulariaceae

Название образца	Количество просмотренных пыльцевых зерен, шт.	Фертильные п.з.		Аномальные п.з.		Особенности
		Общее количество, шт.	% от общего количества	Общее количество, шт.	% от общего количества	
<i>G. divaricata</i>	195	190	97,4	5	2,6	
<i>G. nivea</i>	214	200	93,5	14	6,5	
<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i>	282	260	92,2	22	7,8	
048 <i>Petjancz</i> 33	591	545	92,2	46	7,8	
<i>R. aureum</i>	413	373	90,3	40	9,7	Неокрашенные – главным образом мелкие
<i>R. hudsonianum</i> × <i>R. dikuscha</i>	271	236	87,1	35	12,9	Неокрашенные – мелкие и средние
B 1323/3	382	317	82,9	65	17,1	
<i>Kroma</i>	515	396	76,9	119	23,1	Неокрашенные – мелкие и средние
<i>G. reclinata</i>	398	283	71,1	115	28,9	
<i>Jošta</i>	529	360	68,1	169	31,9	
3231	589	386	65,5	203	34,5	
<i>R. spicatum</i>	212	118	55,7	94	44,3	Неокрашенные – мелкие, сгруппированы по 3–8 зерен
046 <i>Petroc</i> 69	641	323	50,4	318	49,6	
Длиннокистная ЦГЛ	897	49	5,5	848	94,5	

В основном неокрашенными оставались мелкие зерна, иногда только мелкие (10–15 мкм в диаметре). Стерильные пыльцевые зерна под микроскопом выглядели сморщенными, деформированными, мелкими по величине (*R. aureum*); мелкими и средними (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha*); мелкими, сгруппированными по 3–8 зерен (*R. spicatum*).

Важными характеристиками пыльцы являются длина пыльцевой трубки и скорость ее роста, поскольку обеспечивают тот или иной уровень конкурентоспособности при прорастании на рыльце пестика [5].

Исследования показали, что жизнеспособность пыльцы изученных гибридов была существенно ниже уровня фертильности и не превышала 30%. Выявлено, что прорастание пыльцы у образца 048 *Petjancz* 33 происходит уже через 4 часа, причем у проросших зерен формируются длинные пыльцевые трубки (рис. 3, а). В отличие от указанного образца пыльцевые трубки других отдаленных гибридов (*R. hudsonianum* × *R. dikuscha* и 046 *Petroc* 69) были короче. Спустя сутки наблюдалась

примерно та же картина, что и ранее (через 4 часа) – количество проросших пыльцевых зерен не увеличилось. Выявлено, что на жидкой среде прорастание пыльцевых зерен происходит более интенсивно у всех изученных образцов. Пыльца тетраплоидных смородинно-крыжовниковых гибридов прорастает одновременно из двух апертур (проростковых пор), тем самым образуя две пыльцевые трубки (рис. 3, б). У триплоида прорастающих пыльцевых зерен не обнаружено.

Заключение

Изученные образцы – виды и отдаленные гибриды, в том числе тетраплоидные, за исключением триплоидного, обладают высоким уровнем фертильности, что свидетельствует о возможности их использования в селекции. У изученных смородинно-крыжовниковых гибридов процент фертильных пыльцевых зерен ниже в 1,2–1,4 раза, чем у их родительских форм (*R. nigrum* subsp. *europaeum*, *G. divaricata*, *G. nivea*). Не выявлено существенных различий по уровню фертильности у образцов с разным типом апертур.

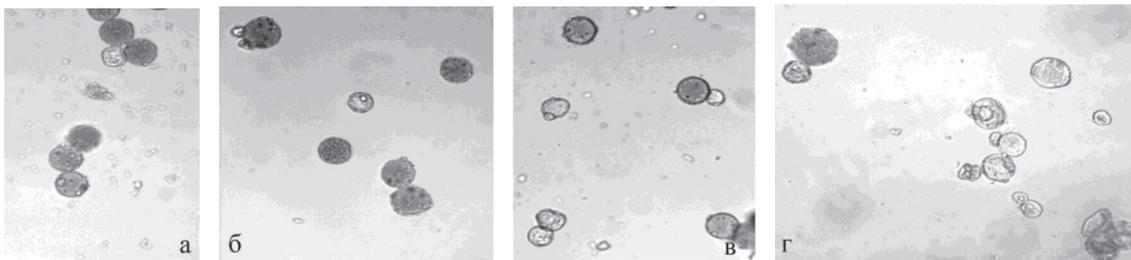


Рис. 2. Пыльцевые зерна, окрашенные ацетокармином: а) 048 Petjancz 33, б) *Ribes hudsonianum* × *R. dikuscha*, в) 046 Petros 69, з) Длиннокистная ЦГЛ, х 200

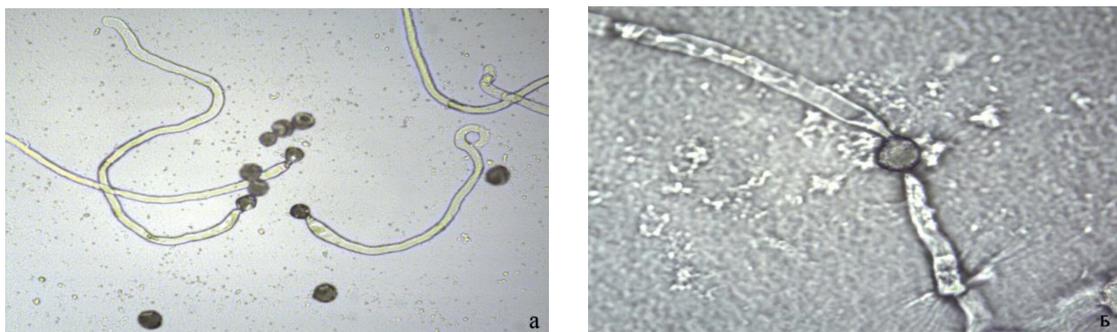


Рис. 3. Прорастание пыльцевых зерен на искусственной питательной среде: а) 048 Petjancz 33 х 200, б) Kroma, х 400

У гибридов в процессе микроспорогенеза происходит образование как тетрад, так и полиад. Корреляция между фертильностью и образованием полиад слабая.

Жизнеспособность пыльцы изученных образцов ниже уровня их фертильности.

При прорастании тетраплоидных смородинно-крыжовниковых гибридов вначале одновременно образуются две пыльцевые трубки (из двух апертур – проростковых пор), что отличает их от других изученных отдаленных гибридов, у которых сразу формируется одна пыльцевая трубка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-04-06386_а.

Список литературы

1. Бученков И.Э. Создание исходного и селекционного материала смородины и крыжовника на основе отдаленной гибридизации и автополиплоидии: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Жодино, 1998. – 20 с.
2. Бученков И.Э. Анализ признаков автотетраплоидных форм *Ribes nigrum*, *Ribes rubrum*, *Grossularia reclinata* / И.Э. Бученков, О.С. Рышкель, И.В. Рышкель // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. – Т. 29. – Гродно, 2015. – С. 31–38.
3. Гаврилова О.А. Разнообразие форм пыльцевых зерен и их распределение у некоторых видов и гибридов крыжовни-

ковых / Гаврилова О.А., Тихонова О.А. // Тр. Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2013. – № 3. – С. 82–92.

4. Кип Е. Смородина и крыжовник // Селекция плодовых растений. – М., 1981. – С. 274–371.

5. Николаевская Т.С. Изучение пыльцы у аборигенных и интродуцированных в условиях Карелии представителей рода *Betula* L. / Николаевская Т.С., Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф., Лебедева О.Н. // Тр. Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2009. – № 4. – С. 90–95.

6. Тихонова О.А. Самоплодность сортов черной смородины. // Электронный журнал «Современное садоводство» {vniispk.ru}. – Орел, 2015. – № 1. – С. 39–53.

7. Тихонова О.А. Морфо-биологические особенности смородинно-крыжовниковых гибридов в условиях Северо-Запада России / Тихонова О.А., Гаврилова О.А., Пупкова Н.А. // Электронный журнал «Современное садоводство» {vniispk.ru}. – Орел, 2015. – № 4. – С. 42–60.

8. Чувашина Н.П. Цитогенетика и селекция отдаленных гибридов и полиплоидов смородины. – Л.: Наука, 1980. – 120 с.

9. Ульяновская Е.В. Цито-эмбриологическая оценка селекционного материала / Ульяновская Е.В., Ковалева В.В., Мохно В.С. // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар, 2012. – С. 205–219.

10. Щекочихина Е.В. Использование инбридинга в селекции смородины черной. // Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Мичуринск, 2008. – 22 с.

11. Яндовка Л.Ф. Фертильность пыльцы у видов *Cerasus* и *Microcerasus* (Rosaceae) // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 6 (72). – С. 58–61.

12. Gavrilova O.A., Tikhonova O.A. Apertural pollen types in the Grossulariaceae family // Abstr. 6 th Balkan Botanical Congress: Book of abstracts – Rijeka. Croatia, 2015 – P. 25.

УДК 63. 523:575: 633.88: 635.34

КОЛЛЕКЦИОННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ, ВОПРОСЫ ИНТРОДУКЦИИ И АККЛИМАТИЗАЦИИ

Губанов А.Г.

ФГБНУ «НИИСХ Северного Зауралья», Московский, e-mail: gubanow.andrew@yandex.ru

На обширной территории Российской Федерации с широкой географической и экологической гетерогенностью почвенно-климатической среды не может быть универсальных видов и сортов, одинаково приспособленных для всех регионов. С началом восстановления нарушенных экономических связей в Тюменской области встала комплексная проблема обеспечения пищевой и перерабатывающей промышленности нужным растительным сырьём. Изучая вопросы акклиматизации и интродукции лекарственных растений, необходимо выявить видовой состав лекарственных растений, пригодный для выращивания в наших условиях с хорошими качественными показателями. С 2013 года по изучению генетических ресурсов пряно-ароматических и лекарственных растений в Северном Зауралье началась работа по выявлению новых форм лекарственных растений для селекции таких культур, как душица обыкновенная, иссоп лекарственный и девясил высокий. В настоящее время работа по интродукции лекарственных растений, их акклиматизации в условиях Северного Зауралья ведется по следующей системе: 1. Первичное коллекционное изучение лекарственных растений (душица обыкновенная, иссоп лекарственный, девясил высокий) с отбором наиболее ценных видов. 2. Создание семенных участков и опытное изучение видов, оказавшихся перспективными для создания новых сортов. 3. Опытное-производственное выращивание новых сортов лекарственных растений выведенных в условиях Северного Зауралья. Изучение генетических ресурсов лекарственных растений, выделение новых технологичных, продуктивных, с высоким содержанием эфирных масел позволит сохранить разнообразие исходного материала и расширить ассортимент лекарственных растений в Северном Зауралье. Работа по интродукции лекарственных растений сводена к первичному коллекционному изучению лекарственных растений с отбором наиболее ценных образцов, закладке маточных участков из оказавшихся перспективными форм для создания новых сортов. Основой селекционного изучения лекарственных растений в условиях Северного Зауралья является подбор и создание исходного материала с использованием местных и дикорастущих форм, которые под воздействием природно-климатических условий прошли жесткий естественный отбор и приспособились к различным зонам возделывания.

Ключевые слова: акклиматизация, интродукция, коллекция растений, эндемические формы, селекция лекарственных растений

COLLECTOR STUDY OF MEDICINAL PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH TRANS-URAL, INTRODUCTION AND ACCLIMATIZATION ISSUES

Gubanov A.G.

*GNU Agricultural Research Institute of Northern Zauralye Scientific Research Institute
of Agriculture of the Northern Trans-Urals, Moskovskiy, e-mail: gubanow.andrew@yandex.ru*

On the vast territory of the Russian Federation with a wide geographical and environmental heterogeneity of soil – climate protection, can not be universal species and varieties, equally adapted to all regions. Since the beginning of restoration of the broken economic ties in the Tyumen region faced complex problem of ensuring the food and vegetable processing industry the necessary raw materials. Studying the issues of medicinal plants acclimatization and introduction, it is necessary to identify the species composition of medicinal plants suitable for growing in our conditions with good quality indicators. Since 2013, for the study of genetic resources spicy – aromatic and medicinal plants in the North Trans-Urals began work to identify new forms of medicinal plants for the breeding of crops such as oregano, hyssop medicinal and elfwort. Currently, work on the introduction of medicinal plants, their acclimatization to the conditions of the North Trans-Urals studied according to the following system: 1. Primary collector's study of herbs (oregano, hyssop officinalis, elfwort) with a selection of the most valuable species. 2. Creation of seed plots and experimental study of the species caught promising for development of new varieties. 3. Opytno – industrial cultivation of new varieties of medicinal plants bred in conditions of the North Trans-Urals. The study of the genetic resources of medicinal plants, the selection of new technological, productive, with a high content of essential oils will keep the diversity of the starting material and expand the range of medicinal plants in the North Trans-Urals. Work on the introduction of medicinal plants is reduced to the primary Collector's study of medicinal plants with the selection of the most valuable specimens of uterine tab sections of forms caught promising to create new varieties. The basis of the study of a selection of herbs in a Northern Zauralye is the selection and creation of a raw material using local and wild forms, which are under the influence of natural – climatic conditions have been hard natural selection and adapt to different cultivation zones.

Keywords: acclimatization, introduction, plant collection, endemic forms, selection of medicinal plants

В последнее десятилетие характерен возрастающий интерес к лекарственным средствам растительного происхождения и многовековому опыту их применения в традиционной (народной) медицине.

В настоящее время в научной и народной медицине используют около 20 тысяч видов растений. В мировом ассортименте около 30% лечебных средств производится из лекарственных растений. В научной медици-

не России разрешено использование около 200 видов растений, в то время как в народной медицине находят применение до 2 тысяч видов [1].

На обширной территории, которой является Российская Федерация с широкой географической и экологической гетерогенностью почвенно-климатической среды, не может быть универсальных видов и сортов, одинаково приспособленных для всех регионов. Необходимо ориентировать селекционные программы на эколого-эволюционные принципы и создание системы географически и экологически дифференцированных сортов лекарственных растений.

Чтобы успешно осваивать и широко использовать лекарственные растения, нужно иметь разработки общей теории акклиматизации переселяемых растений. Дело в том, что продуктивность интродуцированных растений всегда зависит от степени их приспособленности к новым условиям возделывания, которая может быть существенно повышена путём управления процессами акклиматизации.

Акклиматизация растительных организмов является основной проблемой интродукции растений. Об этом говорили такие учёные, как Вавилов, 1936; Гурский, 1957; Русанов, 1973; Некрасов, 1980; Агаев, 1999, и др. Накоплен огромный материал по акклиматизации растительных организмов в области интродукции, но познания процессов остаются весьма ограниченными и в целом характеризуются противоречивостью. Так, 10 лет назад вопросы акклиматизации растений в области интродукции стояли в остро дискуссионном состоянии, у каждого из авторов, занимающихся интродукцией, существовала своя точка зрения в вопросах акклиматизации. В начале XXI века были положены основы создания научной теории акклиматизации растительных сообществ. Для преодоления принципиальных разногласий предлагалось:

1) дифференцировать многогранную проблему акклиматизации с учётом её сложности и комплексности;

2) на различных модельных объектах осуществлять специальные эксперименты для анализа закономерностей процессов акклиматизации;

3) с общепромышленных позиций обобщить всю научную информацию по проблеме акклиматизации [2].

Проблема акклиматизации и интродукции лекарственных растений представляет

большой интерес и вызвана стремлением более глубокого познания в изучении лекарственных растений. В последнее время особое внимание уделяется состоянию и перспективе развития эфиромасличного производства. Усилилась роль фитотерапии при лечении различных заболеваний, особенно на стадии профилактики или при хроническом течении болезни. Растительные препараты, по сравнению с лекарствами, полученными искусственным путём, реже имеют побочные эффекты, реже вызывают привыкание.

На территории Западной Сибири в советский период развития эфиромасличного производства практически не наблюдалось. Производственная база эфиромасличной отрасли была сосредоточена в южных регионах России, это 425 агропромышленных предприятий. Второй по размерам считалась производственная база Украины (197 предприятий). Всего под эфиромасличными культурами было занято 160,5 тыс. га.

На данном этапе развития эфиромасличное производство далеко от тех цифр, которые приведены выше. Основным недостатком в развитии этой отрасли является разобщение производителей сырья и масел и их ведомственная подчинённость. Отсюда и отсутствие в отрасли координации совместных действий в области технической, агрономической и экономической политики, а также к самоизоляции и отрыву от эфиромасличного сообщества.

С ростом и развитием промышленного производства, увеличением численности населения, производство лекарственного сырья на данном этапе развития человека является актуальным, как никогда. Но без научного подхода к проблеме акклиматизации в области интродукции проблему развития эфиромасличного производства не решить.

Существует два основных способа, которыми растительные организмы приспособляются к изменениям в окружающей среде:

1. Изменение в ответ на изменение внешних условий.

2. Реагирование на сигнальный признак, который предупреждает об изменении внешних условий.

С началом восстановления нарушенных экономических связей в Тюменской области встала комплексная проблема обеспечения пищевой и перерабатывающей промышленности нужным растительным сырьём. Таким образом, изучая вопросы

акклиматизации и интродукции лекарственных растений, необходимо выявить видовой состав, пригодный для выращивания в наших условиях с высокими качественными показателями. Разработать приёмы возделывания, вести наблюдения за ростом и развитием растений на устойчивость к болезням, погодным условиям, на способность к быстрому размножению вегетативным путём и семенами, дать заключения о возможности и целесообразности того или иного вида к выживанию в условиях нашего региона.

Впервые для исследования лекарственных растений в 1989 году была заложена коллекция на экспериментальной базе НИИСХ Северного Зауралья. Цель исследований – выявить агробиологические возможности возделывания наиболее ценных и перспективных растений для пищевой и перерабатывающей промышленности в конкретных экологических условиях. Был подготовлен посевной материал из 14 видов лекарственных растений и заложен опыт по выбранной схеме [3]. Все изучения в этой работе сводились к вопросам по применению агротехнических приёмов возделывания лекарственных растений и выживаемости. Вопросы акклиматизации в проблеме интродукции растений не ставились.

Вопросы по акклиматизации лекарственных растений стали возникать, с 2013 года когда нами начала проводиться работа, по изучению генетических ресурсов пряно-ароматических и лекарственных растений в Северном Зауралье и выявление новых эндемичных форм лекарственных растений для селекции таких культур, как душица обыкновенная, иссоп лекарственный и девясил высокий.

В настоящее время вся наша работа по интродукции лекарственных растений, их акклиматизация в условиях Северного Зауралья приобрела следующую систему:

1. Первичное коллекционное изучение лекарственных растений (душица обыкновенная, иссоп лекарственный, девясил высокий) с отбором наиболее ценных видов.

2. Создание семенных участков и опытное изучение видов, оказавшихся перспективными для создания новых сортов.

3. Опытное-производственное выращивание новых сортов лекарственных растений, выведенных в условиях Северного Зауралья.

Из вышеупомянутых лекарственных растений только душица обыкновенная

имеет эндемичные формы распространения для Северного Зауралья. Иссоп лекарственный завезён из Средиземноморья, сначала в европейскую часть России, а затем за Уральский хребет. Девясил высокий, по мнению учёных, имеет дизъюктивный евро-азиатский ареал распространения. В процессе изучения этих лекарственных растений, выявилось немало интересных фактов, хотя времени изучения не так уж велик.

В настоящее время для условий Северного Зауралья душица обыкновенная является малоизученным видом в вопросах её интродукции и акклиматизации, хотя в нашем регионе встречается немало интересных и перспективных эндемичных форм, которые требуют более глубокого и всестороннего изучения.

При первичном коллекционном изучении душицы обыкновенной, в 2013 году было собрано более 1500 растений этого вида из 4 районов юга Тюменской области. Все образцы видов душицы обыкновенной были высажены на опытном поле ГНУ «НИИСХ Северного Зауралья», где размещены согласно схеме полевого опыта. Была подготовлена почва, для проведения исследований и разработана методика проведения опыта. При изучении данной темы использованы методы искусственного отбора в селекции душицы обыкновенной, проводили улучшение исходной популяции по основным хозяйственно-полезным признакам и отобрали наиболее ценные формы.

Исследуемые формы лекарственных растений перенесли зимний период конца 2013 г. и начало 2014 г., это 57,7%. Всего прижились и ушли в зиму 748 растений.

Проведено описание растений по морфологическим признакам (высота, тип роста, окраска соцветий, форма куста, продолжительность цветения соцветий и т.д.). Выделено 25 образцов с вертикальным типом ветвления, средней длиной междоузлия (2,0–3,0 см), толстым стеблем (более 0,3 см), для которых характерно обильное и продолжительное цветение. Отобрано 4 растения: № 1, 3, 17, 18 с большим количеством генеративных побегов – 56, 47, 48, 49 шт. соответственно.

Вегетационный период различных форм душицы обыкновенной от отрастания до созревания семян длился 100–120 дней. Установлено, что основная масса растений относится к формам со средним периодом «отрастание – цветение» – 65–74 дня.

Проведена оценка по урожайности растительного лекарственного сырья, которая варьировала от 0,90 до 4,07 т/га. Выделено 2 образца душицы обыкновенной № 14 и № 1 с массой 3,20; 4,04 т/га.

Проведен учёт семенной продуктивности и сбор семян душицы обыкновенной, что даёт возможность заложить в 2015 году питомники из выделенных форм. Наиболее высокую урожайность показали образцы под № 1 (0,12 т/га) и № 20 (0,19 т/га).

У 22 образцов, выделенных по определённым характерным признакам, проведена оценка содержания эфирных масел в растительном сырье, которое варьировало от 0,05% (№ 21) до 0,15% от величины абсолютно сухого вещества (№ 1; 14; 20).

В коллекционном питомнике было изучено 540 образцов иссопа лекарственного 2 года жизни. Проведено индивидуальное описание растений по морфологическим признакам (высота, плотность растений, число генеративных побегов, окраска цветка, продолжительность цветения растений, созревания семян и т.д.). Выделено 26 образцов со средней плотностью куста, высотой растения 56–67 см, облиственностью 60–65% средней плотности куста. Длина вегетационного периода 139 суток, период «отрастание – цветение» – 58 суток.

Проведена оценка по урожайности растительного сырья, которая варьировала от 0,88 до 5,64 т/га. Образцы с синей окраской соцветия превосходят по урожайности лекарственного сырья (2,4 т/га) и семян (0,043 т/га) белые и розовые растения.

По содержанию эфирных масел в растительном сырье выделено 2 образца, у которых содержание его составило от 2,3 до 3,2 мл/кг, от абсолютно сухого вещества.

Средняя урожайность семенного материала у 26 образцов – 0,005 до 0,18 т/га, урожайность у образцов № 1–1,2 и 4–1,3 составила 0,09 и 0,18 т/га соответственно.

Девясил высокий – лесолуговой вид и на юге Тюменской области встречается на приусадебных участках частного сектора. Наш регион, по сравнению с естественным распространением девясила высокого, который охватывает равнины Восточной Европы, горы Кавказа, Средней Азии и Алтая, характеризуется более жёсткими климатическими условиями: мало-снежная суровая зима, весенне-летняя засуха, короткий вегетационный период, по сравнению с европейской частью России короче на 1,5–2 месяца. Исходя из вышеизложенного, интродукция данного вида мо-

жет быть успешной, если ритм его сезонного развития будет включать все стадии его онтогенеза.

Девясил высокий, как многолетнее растение, в первую очередь характеризуется в сравнении с однолетними растениями как растение, приспособленное к выживанию при неблагоприятных условиях. Построив вегетативные органы, прежде чем приступить к образованию цветков, он откладывает запасы питательных веществ в корневища. Накопленный запас питательных веществ используется на следующий год, прежде всего для построения системы побегов. Синтез органического вещества протекает быстро и благодаря имеющимся ресурсам, независимо от весенних условий.

Изучение девясила высокого в нашем институте началось в 1998 году. Исходным материалом для изучения послужили семена, полученные из «Сада Вигорова» г. Екатеринбург.

Цель исследований – изучить агробиологические возможности возделывания девясила высокого и получения высококачественного растительного и семенного материала в связи с интродукцией в условиях Северного Зауралья.

Задачи исследований:

- изучить биологические особенности развития девясила высокого;
- влияние сроков посева на формирование урожая, схем посева на продуктивность растений;
- агротехнических приёмов на аминокислотный состав растительного белка, накопление витаминов, эфирных масел, сахаров в растительной массе.

Опыты закладывались на экспериментальном поле НИИСХ Северного Зауралья [4].

Специфические природно-климатические условия Западной Сибири и доказанные практикой многих стран преимущество использования регионально-специализированных сортов требует проведения селекционных работ на месте.

Увеличение продуктивности растений в будущем ещё в большей степени будет базироваться на биологизации интенсификационных процессов, прежде всего увеличении адаптивного потенциала культивируемых видов растений за счёт селекции [5]. Основой селекции является подбор и создание исходного материала с использованием местных и дикорастущих форм, которые под воздействием природно-климатических условий прошли жесткий естественный от-

бор и приспособились к различным зонам возделывания.

Изучение генетических ресурсов лекарственных растений, выделение новых технологичных, продуктивных, с высоким содержанием эфирных масел позволит сохранить разнообразие исходного материала и расширить ассортимент лекарственных растений в Северном Зауралье.

Список литературы

1. Абрамова А.Ф., Губанов В.Г., Губанова В.М.. Биолого – хозяйственная оценка кормовых и пряно – ароматических культур при выращивании их в условиях Северного Зауралья. – Тюмень, ТГСХА, 2007. – 170 с.
2. Агаев М.Г. Основы теории акклиматизации фитоинтродуцентов и её значение для освоения нетрадиционных растений // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье: Материалы VIII Международного симпозиума (9–19 сент. Алушта 1999 г.). – Симферополь, 1999. – С. 88.
3. Губанов А.Г. Интродукция лекарственных растений в Северном Зауралье // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–7. – С. 1468–1471.
4. Губанов А.Г. Интродукция и эндемические формы лекарственных растений для селекции в Северном Зауралье // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений, их роль в медицине: Сборник научных трудов Международной конференции (23–25 июня 2016 г. ФГБНУ ВИЛАР). – Москва, 2016. – С. 36–38.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1989. – С. 335.

УДК 633.877.2(282.256.84)(571.56-18)

**СОСТАВ, СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СЕВЕРОТАЁЖНЫХ
ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ БАСЕЙНА Р. АЛАЗЕИ
(КОЛЫМСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ, СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)**

Ефимова А.П.

*ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск,
e-mail: aitalina_ef@mail.ru*

В статье приводятся результаты изучения состава, структуры и динамики северотаёжных лиственничных лесов и редколесий из *Larix cajanderi* Mayr бассейна среднего течения р. Алазеи (Колымская низменность, Северо-Восточная Якутия). Основными особенностями лиственничных лесов изученного района являются низкое типологическое разнообразие, монодоминантность, низкопроизводительность древостоев, флористическая бедность и структурная упрощенность. Характерно слабое возобновление практически во всех типах лиственничников. Установлено, что демутационно-восстановительные смены в бассейне р. Алазеи демонстрируют наличие общих принципиальных признаков, присущих послепожарному восстановлению в Якутии среднетаёжных равнинных лесов, но наблюдаются размытость, наложенные стадии, их растянутость во времени, отсутствие стадии господства лиственных пород деревьев, общая бедность, мезогигроморфность флоры и широкое участие олиготрофных болотных оксифитов. Одними из главных факторов, определяющих ход послепожарных сукцессий в лиственничных лесах, являются тип пожара и льдистость грунтов. После интенсивных пожаров, когда происходят разрушение многолетнемерзлых грунтов и последующее озерообразование, исходная лесная растительность не восстанавливается. При незначительном содержании льда в почвогрунтах после пожаров происходит заболачивание, и демутационный процесс приостанавливается с образованием ерников и сфагновых лиственничных редин. Благоприятный исход с восстановлением исходных типов лиственничников наблюдается лишь в случае беглых пожаров, не нарушающих структуру леса и не сопровождающихся таянием мерзлоты. Основные черты состава, структуры и динамики лесов обусловлены природно-климатической спецификой Колымской низменности с ограниченными ресурсами тепла, близким залеганием и высокой льдистостью многолетнемерзлых грунтов, незначительной расчлененностью рельефа, слабым дренажем и низкой продуктивностью кислых заболоченных почв.

Ключевые слова: лиственничные редкостойные северотаёжные леса, *Larix cajanderi*, типы лесов, послепожарная динамика, Алазея, Колымская низменность, Северо-Восточная Якутия

**A COMPOSITION, STRUCTURE AND DYNAMICS OF NORTH-TAYGA LARCH
(LARIX CAJANDERI MAYR) FORESTS OF ALAZEYA RIVER BASIN
(KOLYMA LOWLANDS, NORTH-EASTERN YAKUTIA)**

Efimova A.P.

The Institute for Biological Problems of Cryolithozone of SD RAS, Yakutsk, e-mail: aitalina_ef@mail.ru

Results of studying of composition, structure and dynamics of the north larch taiga woods and light forests from *Larix cajanderi* of the Alazeya River average current basin (Kolyma Lowland, Northeast Yakutia) are given in article. The main features of the larch woods of the studied area are a low typological variety, monodominance, low stand quality index, floristic poverty and structural simplicity of communities. Weak renewal practically in all types of studied larch forests is characteristic. It is established that recovery changes in the Alazeya River basin demonstrate existence of the general basic signs inherent in postfire restoration in Yakutia the middle taiga of the plain woods, but «blurring», imposing of stages, their prolixity in time, lack of a stage of domination of deciduous breeds of trees, the general poverty, a mesohygrophilous nature of flora and broad participation of the oligotrophic and oxylophilous marsh plants are observed. One of main factors determining the course of postfire successions of the larch woods are the type of the fire and a degree of icy of soils. After the intensive fires when occur destruction of the permafrost and the subsequent formation of thermokarst lakes, initial forest vegetation isn't restored. At the insignificant content of ice in frost soils after the fires there is a bogging, and restoration process stops with the formation of shrub birch communities and the larch open forests of Sphagnum types. The favorable outcome with restoration of initial types of larch forests is observed only in case of the fluent fires which aren't breaking structure of the woods and not followed by thawing of permafrost. The main lines of composition, structure and dynamics of the studied larch forests are caused by a geographical location, climatic specifics of Kolyma Lowland with limited resources of heat, a close bedding and a high icy of permafrost, an insignificant differences of a landscape relief, weak drainage and low productivity of acid boggy soils.

Keywords: north light larch forests, *Larix cajanderi*, forest types, postfire dynamics, Alazeya River, Kolyma Lowland, Northeast Yakutia

Цель исследования – изучение состава, структуры и динамики северотаёжных лиственничных лесов и редколесий бассейна среднего течения р. Алазеи (Колымская низменность, Северо-Восточная Якутия).

Бассейн р. Алазеи находится в пределах Колымской низменности, представленной озёрно-аласной равниной с однообразной слаборасчлененной поверхностью, покрытой четвертичными отложениями.

Климат района резко континентальный со среднегодовой температурой воздуха от $-12,5^{\circ}\text{C}$ (Среднеколымск) до $-15,2^{\circ}\text{C}$. Формирование климата определяется высокоширотным положением территории, особенностями атмосферной циркуляции и влиянием Приполярного ледовитого бассейна. Среднегодовое количество осадков – 209–276 мм. Несмотря на малое количество осадков, степень увлажнения большей части поверхности избыточна, что приводит к интенсивному заболачиванию территории. Это связано с незначительным испарением и экранирующим влиянием многолетнемерзлых пород [2].

Лесная и кустарниковая растительность бассейна среднего течения р. Алазеи ранее практически не была затронута научными исследованиями. Краткий обзор лесного покрова района был составлен в середине 1960-х гг. в ходе исследования лугов [6]. В 1984 г. Е.Г. Николиным и К.А. Волотовским проводилось изучение флоры и растительности низовьев р. Алазеи от устья р. Логашкино до окрестностей пос. Андрюшкино, но результаты работ не были опубликованы.

Лесоводственно-геоботанические работы по изучению лесной растительности бассейна среднего течения р. Алазеи нами проведены на ключевых точках, предварительно намеченных по результатам спектрального анализа космических снимков LANDSAT. Всего составлено около 100 геоботанических описаний пробных площадей в лесных, кустарниковых сообществах. Исследования проведены в соответствии с традиционными и новейшими методами [1, 5, 8]. Латинские названия высших сосудистых видов растений, мохообразных и лишайников приводятся по сводке «Разнообразие растительного мира Якутии» [7].

По геоботаническому районированию среднее течение р. Алазеи находится в Абыйско-Колымском округе Северо-Восточной северотаёжной подпровинции [10]. На водоразделах и надпойменных террасах господствуют северотаёжные лиственничные леса и редколесья из *Larix cajanderi* Mayr. Плоские и слабоогнутые экотопы первой надпойменной террасы заняты лангсдорфвейниковыми ивняками из *Salix pulchra* Cham. и лиственничниками травяной группы. В низкой пойме р. Алазеи на илисто-песчаных аллювиях, иловато-суглинистых слабозрелых почвах формируются ивняки из *S. udensis* Trautv. et C.A. Mey. На периферических частях приозёрных

понижений произрастают различные мезофитные и переувлажненные луговые сообщества из вейника (*Calamagrostis purpurea* subsp. *langsdorffii* (Link) Tzvel.), пушицы узколистной (*Eriophorum angustifolium* Honck), арктофилы рыжеватой (*Arctophila fulva* (Trin.) Anders.), осок ситничек (*Carex juncella* (Fries) Th. Fries) и траурной (*C. lugens* H.T. Holm). В депрессиях, в том числе термокарстового происхождения, в условиях ухудшенного дренажа и близкого залегания многолетнемерзлых пород формируются мари, сфагновые болота и закоряченные ерники из *Betula nana* L.

Лиственничные леса, редколесья и редины из *Larix cajanderi* изученной территории представлены монодоминантными низкобонитетными северотаёжными насаждениями травяной, моховой и сфагновой групп типов. Нерасчлененность рельефа и однообразие подстилающих материнских пород определяют монотонность почвенного покрова, что, в свою очередь, обуславливает типологическую бедность лесов. К травяной группе относятся красивоцветущие лангсдорфвейниковые лиственничники, встречающиеся на I надпойменной террасе. Почвы – неоглеенные криоземы, развитые на супесчаных аллювиальных отложениях, достаточно дренированы. Изредка при катастрофическом подъеме воды кратковременно заливаются паводковыми водами. В ряду сукцессий эти леса сменяют лангсдорфвейниковые ивняки из *Salix udensis*. В конце лета сезонно-талый слой (СТС) многолетнемерзлых грунтов находится на уровне 70 см. Сомкнутость древостоя – 0,7, бонитет V, леса отличаются лучшей производительностью, чем насаждения других типов. Стволы высотой до 13 м при диаметре 22 см, кроны до 4 м ширины. Подлесок развит (0,6–0,7), представлен исключительно *Salix pulchra*. Травяно-кустарничковый покров (ТКП) сформирован *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsdorffii*, создающим высокий (до 1,6) и густой (до 90%) травостой. Участие других травянистых видов небольшое: *Rorippa palustris* (L.) Bess., *Tephrosia palustris* (L.) Reichenb., *Epilobium palustre* L., *Hippuris vulgaris* L. Эти гигрофиты представляют собой второй подъярус травостоя, их появление связано с годами высоких половодий. В покрове характерен *Rubus arcticus* L., но не обилён. В мозаичном мохово-лишайниковом покрове (МЛП) наблюдаются первичносукцессионные виды мхов, такие как *Marchantia polymorpha* L. s.l., *Leptobryum pyriforme* (Hedw.)

Wilson, *Funaria hygrometrica* Hedw. Лишайники отсутствуют. В отличие от травяных лиственничников среднетаёжной подзоны характерна бедность флоры: отсутствуют крупнотравье и многие виды типичных для средней тайги мезофильных кустарников.

Голубично-лангедорфовейниково-моховые лиственничники произрастают на первой надпойменной террасе долины р. Алазеи на оглеенных суглинистых криозёмах. В этих лесах СТС в конце лета находится относительно близко – 20–70 см. Средние запасы древесины – 60–70 м³/га. Подлесок по сравнению с предыдущим типом разрежен (0,3) и также сформирован *Salix pulchra*, в отличие от предыдущего типа в нем с небольшим обилием появляется *Betula nana*. В первом подъярусе ТКП господствует *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsдорffii*, во втором содоминирует *Vaccinium uliginosum* L., постояннен *Rubus arcticus*. В МЛП (80–95%) преобладают зеленые мхи (*Aulacomnium turgidum* (Wahlenb.) Schwägr., *Polytrichum strictum* Brid.), в переувлажненных депрессиях с низким обилием встречаются сфагнумы. Изредка в этом типе леса встречается аркто-альпийский вид *Lyellia aspera* (I. Hagen et C.E.O. Jensen) Frye, занесенная в Красную книгу РС (Я) [4]. К микроповышениям приурочены пятна лишайников (*Cladonia amaurocraea* (Flörke) Schaer.). Пёстрый флористический состав свидетельствует о смешанном типе увлажнения – от дренированного на повышениях микрорельефа до застойного в западинках.

Багульниково-бруснично-моховые лиственничники, произрастающие на высоких надпойменных террасах и водоразделах, являются фоновыми для бассейна среднего течения р. Алазеи. Формируются на типичных и надмерзлотно-глееватых (северотаёжных) криоземах [3]. Микрорельеф бугорковатый с морозобойными трещинами. В конце лета мерзлота залегает на глубине 60–70 см. Леса в основном представлены разновозрастными древостоями средней сомкнутости 0,5–0,6 и оцениваются V^a-V^b классами бонитета. Средний запас древесины – 70–80 м³/га. Семенная продуктивность слабая. Возобновление древостоев относительно удовлетворительное для этого района – 10–12 тыс/га. Подрост угнетенный, на наиболее пессимальных этотопах имеет вид старовозрастных «торчков». Микрорельеф морозобойный бугристо-западинный. Сезонно-талая мерзлота в конце лета находится на уровне 40–70 см. Деревья низкой жизненности, угнетенные, с неправильны-

ми кронами, фаутные, суховершинные, наблюдается большое количество сухостоя. Подлесок чаще развит (0,2–0,6), разнообразной, в нем господствуют *Salix pulchra*, *S. glauca* L., *Betula nana*, обычна *S. boganiensis* Trautv., изредка – *S. bebbiana* Sarg., *S. myrtilloides* L., *Ribes triste* Pall. Характерный в подлеске среднетаёжных лесов *Rosa acicularis* Lindl. встречается здесь крайне редко. Травяно-кустарничковый покров мозаичный (СПП от 20 до 80%), в нём доминирует *Vaccinium vitis-idaea* L., согосподствуют *Ledum palustre* L., *Rubus chamaemorus* L., обильны *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsдорffii*, *V. uliginosum*, постоянны *Empetrum nigrum* L., *Valeriana capitata* Pall. ex Link, нередко встречаются *Equisetum arvense*, *Arctagrostis arundinacea* (Trin.) Beal., *Arctous alpina* (L.) Niedenzu, *Rubus arcticus*, *Orthilia obtusata* (Turcz.) Jurtz., *Pyrola rotundifolia* L. Характерна микрокомплексность покрова – в мочажинных депрессиях развиваются осоково-пушицевые (*Carex globularis* L., *C. bigelowii* subsp. *ensifolia* (Gorodk.) Golub., *Eriophorum vaginatum* L.) кочкарные синузии с покровом из сфагнума (*Sphagnum girgensonii* Russow, *S. fimbriatum* Wilson). Мохово-лишайниковый покров – 70–95%, в основном за счет мхов: *Aulacomnium turgidum*, *A. palustre* (Hedw.) Schwägr., *Dicranum undulatum* Schrad. ex Brid., *D. laevidens* R.S. Williams, *D. groenlandicum* Brid., *Polytrichum hyperboreum* R. Br., *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske, *Ptilidium ciliare* (L.) Hampe. Лишайники представлены в основном пельтигерами (*Peltigera aphyta* (L.) Willd., *P. leucophlebia* (Nyl.) Gyeln.) кладониями (*Cladonia amaurocraeae*, *C. arbuscula* (Wallr.) Flot. subsp. *arbuscula*, *C. stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda), а также *Flavocetraria nivalis* (L.) Kärnefelt & A.Thell) и *Stereocaulon paschale* (L.) Hoffm. На ветвях лиственницы постоянно *Bryoria simplisior* (Vain.) Brodo & D. Hawksw.

На пологих приречных склонах к местам выхода коренных кристаллических пород приурочены более производительные ольховниковые бруснично-багульниково-моховые лиственничники. Они встречаются крайне редко и не имеют больших площадей. Почвы – надмерзлотно-глееватые (северотаёжные) криоземы, хорошо дренируемые, оттаивают за лето на глубину около 70 см. Сообщества характеризуются V бонитетом древостоя, господством в подлеске *Alnus crispa* subsp. *fruticosa* (Rupr.) Banaev (сомкнутость – 0,3–0,4), более богатым видовым составом, лучшей жизненно-

стью растений. Средние запасы древесины в этих лесах самые высокие для изученного района – 110–130 м³/га. Сомкнутость древостоя средняя – 0,7. Возобновление – 7–11 тыс. шт/га, состояние подроста чаще удовлетворительное. СПП ТКП – 30–50%, преобладает *Ledum palustre*, согосподствует *Vaccinium vitis-idaea*, *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsдорffii*, *Pyrola rotundifolia*, *Orthilia obtusata*, не обилён *Empetrum nigrum*. Мохово-лишайниковый покров развит, СПП – 70–90%. В нём господствует *Aulacomnium palustre*, встречаются *Tomenthypnum nitens* (Hedw.) Loeske, *Ptilidium ciliare*, из лишайников довольно обильна *Peltigera aphthosa*, представлена *Cladonia amaurocraea*.

К сфагнуовой группе относятся вторичные послепожарные лишайничные редколесья и редины. Одним из главных факторов, определяющих ход послепожарных сукцессий на надпойменных террасах, является вид пожара и льдистость подстилающей многолетней мерзлоты. При интенсивных сплошных пожарах и последующем таянии грунтов с большим содержанием повторно-жильных льдов происходят термокарстовые провалы, в результате которых образуются провальные озёра с формированием вокруг них морошково-сфагновых (*Rubus chamaemorus*, *Sphagnum balticum* (Russow) С.Е.О. Jensen, *S. aongstroemii* Hartm., *S. lenense* Н. Lindb. ex L.I. Savicz) болот-марей с участием *Andromeda polifolia* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Carex globularis*, *Eriophorum vaginatum* и др. Местное население называет эти болота «тараат». На подобных экотопах восстановление лесной растительности невозможно.

В тех случаях, когда содержание льда в мерзлоте невысокое, после интенсивных пожаров происходит незначительная площадная термопросадка грунтов. На этих местах образуются переувлажненные низины, на которых формируются осоковые-злаковые (*Carex lugens* Н.Т. Holm., *C. bigelowii* subsp. *ensifolia*, *C. juncella*, *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsдорffii*) кочкарники и сфагновые мари, физиономически, флористически близкие к посттермокарстовым «тараатам». По прошествии времени возможно образование длительно функционирующих сфагнуо-моховых ерники из *Betula nana*. За счет подтаивания многолетнемерзлых грунтов и слабого дренажа почвогрунт в этих сообществах всегда переувлажнен. Чаще встречаются послепожарные багульниково-бруснично-

моховые ерники из *Betula nana*, сформировавшиеся на таёжных криоземах на месте наиболее распространенных здесь багульниково-бруснично-моховых лишайничников. Голубично-бруснично-моховые ерники развиваются на месте лишайничников одноименного типа на криоземах с более тяжелым механическим составом, чем предыдущий тип. При деградации ерничкового полога не исключено наступление лишайничницы, приводящее к формированию лишайничной карликовоберезовой редины.

Багульниково-сфагновые с *Betula nana* лишайничные редколесья развиваются при затяжном течении послепожарного восстановительного процесса, что часто наблюдается при просадках грунта и развитии заболачивания. Для этих сообществ характерен бугристо-западинный микро-рельеф с буграми пучения, «медальонами». Почвы мерзлотные болотно-торфяные и торфянисто-перегнойные. Уровень мерзлоты в конце лета находится на уровне 0,2–0,4 м. Как правило, на микроповышениях развиты консорции лишайничницы, на понижениях – тундроболотноподобные группировки. Древостой 0,3–0,4 сомкнутости (местами наблюдаются группировки с сомкнутостью 0,5–0,6), низкопроизводительный (V⁶), крайне низкой жизненности, разновозрастный. Средние запасы древесины – 50–60 м³/га. Подрост крайне угнетенный (5–7 тыс. экз./га), в виде старовозрастных «торчков». Подлесок, как правило, сформирован (сомкнутость – 0,5–0,6), в нём преобладает *Betula nana*, участвуют *Salix pulchra*, *S. glauca*, *S. boganiensis*. В неоднородном ТКП (от 30 до 70%) преобладает *Ledum palustre*, содоминируют *Rubus chamaemorus*, или *Vaccinium vitis-idaea*, постоянны *Calamagrostis lapponica* (Wahlenb.) Hartm., *Arctagrostis arundinaceus*, *Empetrum nigrum*, изредка встречаются *Orthilia obtusata*, на сфагновых «подушках» – *Oxycoccus microcarpus*. Наблюдаются травяные микрокомплексы – в ложбинках встречаются пушицевые группировки, на микроповышениях – осоки. Мохово-лишайниковый покров мозаичен – от 10% до 70–90%, в нём преобладают сфагнумы (*Sphagnum balticum*, *S. aongstroemii*, *S. lenense*). Сodomинируют лишайники (30%), занимая верхнюю часть бугорков: *Cladonia amaurocraea*, *C. arbuscula*, *Flavocetraria nivalis*, *Peltigera aphthosa*. Зеленые мхи заметно уступают в покрытии (10–20%) и приурочены к бортам западинок. Довольно характерен печеночник *Ptilidium ciliare*.

На местах, где произошли беглые пожары, не нарушающие структуру леса и не сопровождающиеся таянием мерзлоты, возможен благоприятный исход с восстановлением исходных типов лиственничников. В этих случаях лесовозобновление в большей степени зависит от локальных гидротермических условий, биологических свойств лиственницы и доминантов нижних ярусов. Решающее значение имеют такие факторы, как дренированность грунтов, минерализованность поверхности почвы, наличие семенных деревьев и качество семян лиственницы, сохранность зачатков исходных видов трав, кустарничков и степень послепожарной захламленности. В первые годы нарастают количество и обилие *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, пушицы (*Eriophorum vaginatum*), осок (*Carex globularis*, *C. lugens*, *C. bigelowii subsp. ensifolia*), затем наступает ивово-березковая стадия. В целом процесс лесовосстановления принципиально схож с подобными явлениями в среднетаёжных лиственничниках [9], но наблюдаются отличия во флористическом составе и «размытость», наложение первых стадий и растянутость во времени последних. Стадия древовидной березы с мезофитными ивами, характерная для среднетаёжных лесов, заменяется здесь *Betula nana* и гигромезофитными, мезогигрофитными ивами (*Salix pulchra*, *S. glauca*, *S. boganiden-sis*, *S. myrtilloides* L.).

В целом в бассейне среднего течения р. Алазеи возобновление лиственницы характеризуется низкими показателями. В средневлажных допожарных лиственничниках моховой группы подрост обычно малочислен (6–8 тыс. шт./га) и характеризуется низким виталитетом. Лишь на участках, пройденных беглыми низовыми пожарами, на минерализованной поверхности почвы всходы лиственницы наблюдаются в значительном количестве (до 20–40 тыс. шт./га). В этом контексте на экотопах, где содержание льда в мерзлоте невысокое, условно положительная роль пожаров несомненна. Малоценность, низкая всхожесть семян лиственницы близ северного предела своего распространения наряду с интенсивным послепожарным развитием кустарничков, мохового и травяного покровов, затрудняющими достижение корешками всходов лиственницы минеральных слоев почвы, препятствуют появлению жизнеспособного подроста. Кроме того, большое количество семян загнивает в заполненных водой мочажинах, морозобойных трещинах бугристо-

западного микрорельефа северотаёжных лесов, что вносит свой вклад в замедление восстановления. Таким образом, даже в урожайные годы при формировании достаточного количества семян лиственницы появление жизнеспособных всходов на заросших гарях зачастую затруднено.

Сфагновые лиственничные редины чаще являются отражением затяжного и, как правило, в целом безуспешного процесса наступления леса на болото. Слабый дренаж, близкое залегание мерзлоты (20–60 см), избыточное увлажнение водами поверхностного и надмерзлотного стока и кислые почвы определяют крайне низкую продуктивность растений. Деревья низкорослы, физиономически имеют вид молодняка, не формируют сомкнутого полога (0,1–0,2), кустарниковый ярус практически отсутствует, наблюдаются лишь кустики *Betula nana*, *Salix fuscescens* Anderss. В мозаичном травяно-кустарничковом покрове присутствуют *Carex lugens*, *C. chordozhiza* Ehrh., *Rubus arcticus*, оксифильные олиготрофные *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Pedicularis lapponica* L., *Comarum palustre* L., изредка *Smilacina trifolia* (L.) Desf. и *Pinguicula villosa* L. МЛП сильно развит, достигает 90%. Господствуют сфагновые гидрофильные мхи: *Sphagnum balticum*, *S. aongstroenii*, *S. lenense*, на микроповышениях обильны лишайники (*Flavocetraria nivalis*, *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina* (L.) F.H. Wigg. subsp. *rangiferina*, *C. amaurocraea*, *Peltigera canina*). Листостебельные мхи постоянны, но низкообильны, не имеют большой ценотической роли: *Aulacomnium turgidum*, *A. palustre*, *Polytrichum strictum*, *P. juniperinum* Hedw. Постоянен печеночник *Ptilidium ciliare*.

Таким образом, характерной особенностью лиственничников изученного района являются: низкое типологическое разнообразие, монодоминантность, низкопроизводительность, сравнительная флористическая бедность и структурная упрощенность. Характерно слабое возобновление практически во всех типах лиственничников. Установлено, что демутиационно-восстановительные смены в бассейне р. Алазеи демонстрируют наличие общих принципиальных признаков, присущих послепожарному восстановлению в Якутии среднетаёжных равнинных лесов, но наблюдаются размытость, наложение стадий, их растянутость во времени, отсутствие стадии господства лиственных пород деревьев, общая бед-

ность, мезогигроморфность флоры и широкое участие олиготрофных болотных оксифитов. После интенсивных пожаров, когда происходит разрушение многолетнемерзлых грунтов и последующее озераобразование, исходная лесная растительность не восстанавливается. При незначительном содержании льда в почвогрунтах после пожаров происходит заболачивание, и демулационный процесс приостанавливается с образованием ерников и сфагновых листовых рединок. Благоприятный исход с восстановлением исходных типов листовых рединок наблюдается лишь в случае беглых пожаров, не нарушающих структуру леса и не сопровождающихся таянием мерзлоты. Основные черты состава, структуры и динамики изученных лесов обусловлены географическим положением, природно-климатической спецификой Колымской низменности с ограниченными ресурсами тепла, близким залеганием и высокой льдистостью многолетнемерзлых грунтов, незначительной расчлененностью рельефа, слабым дренажем и низкой продуктивностью глееватых криозёмов и кислых заболоченных почв.

Исследования выполнены в рамках проектов НИР ИБПК СО РАН № 52.1.11 «Разнообразие растительного мира таёжной зоны Якутии: структура, динамика, сохра-

нение», № 52.2.8 «Лесные экосистемы криолитозоны Якутии в условиях глобального изменения климата и антропогенного воздействия: состав, структура, продуктивность, прогноз динамики».

Список литературы

1. Александрова В.Д. Динамика растительного покрова // Полевая геоботаника. – Т. III. – М.-Л.: Наука, 1964. – С. 300–447.
2. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. – М.: Недра, 1989. – 515 с.
3. Иванова А.З. Десяткин Р.В. Криоземы бассейна реки Алазея // Наука и образование. – 2011. – № 2(62). – С. 70–73.
4. Красная книга Республики Саха (Якутия). Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. – Якутск: НИПК Сахаполиграфиздат, 2000. – Т. 1. – 256 с.
5. Маслов А.А. Пространственно-временная динамика популяций растений: новый подход к изучению механизмов сукцессии // Актуальные проблемы геоботаники. Современные направления исследований в России: методология, методы и способы обработки материалов. – Петрозаводск, 2001. – С. 129–130.
6. Пермякова А. А. Тебенёвочные пастбища в бассейне реки Алазеи // Тебенёвочные пастбища Северо-Востока Якутии. – Якутск: Якут. кн. изд-во, 1974. – С. 54–91.
7. Разнообразие растительного мира Якутии – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 328 с.
8. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
9. Тимофеев П.А., Исаев А.П., Щербаков И.П. и др. Леса среднетаёжной подзоны Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. – 140 с.
10. Щербаков И.П. Лесной покров Северо-Востока СССР. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1975. – 344 с.

УДК 631.47

АНАЛИЗ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАМЧАТСКОГО КРАЯ – ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Иваненко Н.В.

ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, e-mail: NatalyaIvanenko@vvsu.ru

Камчатка и ее континентальный шельф обладают значительным и разнообразным потенциалом природных ресурсов, сохранение и рациональное использование которого составляет одну из главных задач стратегии социально-экономического развития Камчатского края на долгосрочный период. Ведущую роль в экономике сельского хозяйства региона занимают почвенно-земельные ресурсы Камчатки, являющиеся одним из уязвимых элементов экосистемы. Представлен обзор научных работ, официальных документов – государственных докладов, государственных программ. В обзоре показано, что своеобразие почвенного покрова Камчатки тесно связано с современным вулканизмом. Все вулканические почвы Камчатки отличаются высоким содержанием органического вещества, кислой и слабокислой реакцией среды и низкой насыщенностью основаниями. Общую геохимическую специализацию почв, определяют Cu, P и Se, региональные фоновые содержания которых повсеместно превышают кларки для почв. Для вулканических почв Камчатки характерен дефицит Cr, Ni, Sr, Sn, Mo и Ag, относительно почв территорий бывшего СССР. Количество избыточных элементов в почвах увеличивается в ряду кислые – средние – основные почвоподстилающие пеплы. Количество дефицитных элементов и степень их дефицитности увеличивается в обратном направлении. Изменение физико-химических свойств уникальных вулканических почв Камчатки в результате их интенсивного хозяйственного использования неизбежно приводит к деградации почвенного покрова, к утрате их геохимического своеобразия. Показано, что при возделывании вулканических почв сельскохозяйственного назначения в Камчатском крае необходимо учитывать их уникальность. Доля риска возрастает при интенсивной обработке почв без учета их генезиса, агрофизических свойств и микроклимата агроландшафтов. В области охраны окружающей среды, требуется повышенное внимание к мероприятиям по защите почвенных ресурсов в бассейнах рек Камчатка и Авача.

Ключевые слова: Камчатский край, почвенно-земельные ресурсы, вулканические почвы, деградация почв, плодородие почв

THE ANALYSIS OF SOIL AND LAND RESOURCES OF KAMCHATKA KRAI – THE PROSPECT OF USE

Ivanenko N.V.

Vladivostok State University Economics and Service, Vladivostok, e-mail: NatalyaIvanenko@vvsu.ru

Kamchatka and its continental shelf have significant and varied potential natural resources, conservation and rational use of these resources constitutes one of the main objectives of the strategy of socio-economic development of the Kamchatka Territory in the long term. The land and soil resources of Kamchatka make up the main contribution to the region's economy; these are also one of the vulnerable elements of the ecosystem. In this article, we have reviewed scientific papers, official documents and state reports and programs. The review shows that the originality of Kamchatka soil is closely related to the modern volcanism. All Kamchatka volcanic soils have a high content of organic substances, acidic and weakly acidic reaction medium and low base saturation. Common soil geochemical specialization determine Cu, P and Se, regional background concentrations that commonly exceed clarkes soils. For the volcanic soils of Kamchatka is characterized by deficiency of Cr, Ni, Sr, Sn, Mo and Ag, with compared to the soil of the former USSR. The number of redundant elements in the soil is increased in a series of acid – average – basic underlying soil ashes. Number deficient cells and their scarcity degree is increased in the reverse direction. Changing the physical and chemical properties of the unique volcanic soils of Kamchatka, as a result of intensive economic use inevitably leads to soil degradation, to the loss of their geochemical originality/ It has been shown that the cultivation of the volcanic soils of agricultural lands in the Kamchatka region should take into account their uniqueness. There is a potential for greater risk with increased intensive soil treatment, without proper regard taken to the soil genesis, properties and agro climate agricultural landscapes. An activity for the protection of soil resources in river basins of Kamchatka and Avacha also requires attention.

Keywords: Kamchatka region, soil and land resources, volcanic soil, soil degradation, soil fertility

Почвенный покров Камчатки относится к лугово-лесной зоне дерновых лесных грубогумусных почв Дальневосточной таежно-лугово-лесной области. В пределах этой зоны выделено три равнинных почвенных провинции: Восточно-Камчатская провинция дерновых лесных кислых слабогумусных почв, Западно-Камчатская провинция дерновых лесных кислых слабогумусных

оподзоленных и болотных почв и Центрально-Камчатская провинция дерновых лесных оподзоленных и дерновых лесных слабо развитых почв. В пределах Дальневосточной таежно-лугово-лесной области выделяется также Камчатская горная провинция. В настоящее время для Камчатки известно 26 типов почв. Из них только 11 связаны со спецификой вулканического

почвообразования, что косвенно отражает слабую изученность почвенного покрова региона [1, 11, 12, 16–35].

Вулканические (синлитогенные) почвы:

V^x – охристые вулканические;

V^{xc} – светло-охристые вулканические;

V^{cx} – слоисто-охристые вулканические;

V^{xo} – подзолисто-охристые вулканические;

V^{ct} – вулканические слоистые сухо-торфянистые;

V^{cp} – вулканические слоистые грубогумусовые;

V^{tx} – торфянисто-охристые и перегнойно-охристые вулканические;

V^{tc} – вулканические слоистые тундровые;

T^{bc} – торфяные и торфянистые вулканические слоистые верховых болот (олиготрофные);

T^{nc} – торфяные и торфянистые вулканические слоистые низинных болот (эутрофные);

V^{gtp} – вулканические почвы гидротермальных полей (выделяются только как сопутствующие почвы).

Невулканические (постлитогенные) почвы:

$ПБ^x$ – подбуры охристые;

$ПБ^{ct}$ – подбуры сухоторфянистые;

$ПБ^t$ – подбуры темные;

$ПБ$ – подбуры (без разделения);

$По^x$ – подзолы охристые

$По^{ct}$ – подзолы сухоторфянистые

$По^t$ – подзолы глеевые;

$По$ – подзолы (без разделения);

$Тс$ – сухоторфяные (океанические);

$Г^t$ – торфяно-глеевые;

$Г^{cp}$ – глеевые грубогумусовые;

T^b – торфяные верховые (олиготрофные);

T^n – торфяные низинные (эутрофные);

A^t – аллювиальные торфяные;

A – аллювиальные без разделения.

Своеобразие почвенного покрова Камчатки тесно связано с современным вулканизмом [14–16, 26, 32]. Почвы, образующиеся в регионе активного вулканизма, своеобразны и не имеют аналогов в невулканических районах. С выпадением вулканических пеплов происходит «омоложение» почв, вследствие погребения ранее существовавших генетических горизонтов [12, 16, 24, 31–33]. Вулканические извержения сопровождаются засыпанием поверхности почвы вулканическим песком, шлаком, пемзой, пеплом слоем до нескольких десятков сантиметров, при этом происходит погребение образовавшихся ранее генетических горизонтов. Погребенные горизонты утрачивают свои функции и приобретают свойства, соответствующие их новому положению в профиле [16, 32]. При классификации почв Камчатки необходимо

учитывать интенсивность пеплопадов по отдельным районам (зонам) [28]. Недавними исследованиями на территории Камчатского полуострова выделены провинции, диагностические отличия почв которых обусловлены различающимся составом продуктов, масштабами, частотой извержений и принадлежностью вулканам, находящимся в разных стадиях активности. Для почвенного покрова провинции, развитого вблизи вулканов, находящихся в ранней фазе активности, характерны слоисто-пепловые почвы. Для зрелой фазы вулканизма типичны вулканические охристые почвы [9, 15].

Общим для всех почв Камчатки является наличие процесса выщелачивания, обуславливающего кислую реакцию и ненасыщенность почв основаниями; наличие иллювиально-гумусовых горизонтов при формировании почв в условиях хорошего дренажа и наличие глеевых горизонтов – в условиях затрудненного дренажа; вертикальная поясность почв, соответствующая изменению растительных формаций [28].

Почвы Камчатки являются весьма специфичными для Евразии. Их специфичность обусловлена сочетанием ряда факторов почвообразования, не встречающихся в других частях материка: холодным избыточно влажным в приморских районах климатом, разнообразием рельефа, особенностями растительности, особыми почвообразующими породами вулканического происхождения. В мировом масштабе ближайшими аналогами условий почвообразования Камчатки являются в северном полушарии – Исландия, а также северо-западное побережье Америки (Аляска) и северо-запад Канады; в южном полушарии – юго-запад Чили и Аргентины, Огненная земля [26].

Изученность почв Камчатки до настоящего времени остается далеко не полной. Ряд принципиальных вопросов почвоведения до настоящего времени остаются дискуссионными: развитие подзолистых почв на вулканогенных отложениях, влияние пеплопадов на плодородие почв, диагностика и классификация вулканических почв. Наиболее изученными являются территории сельскохозяйственных угодий Центрально-Камчатской провинции, Восточно-Камчатской провинции (в пределах Авачинской низменности) и Западно-Камчатской провинции в бассейнах рек Большая, Быстрая и Плотникова. Для этих территорий составлены почвенные

карты сельскохозяйственных угодий. Высоким плодородием обладают перегнойно-глеевые почвы, развитые в долинах рек, в условиях подтока обогащенных почвенно-грунтовых вод, под гигантскими однолетними травами (шеломайником, медвежьим корнем). Наиболее плодородны луговые и аллювиальные почвы, распространённые в долине р. Камчатки. Изученность почв горных районов, северных и северо-западных районов, а также почв возле термальных и минеральных источников крайне слабая, что обусловлено как сложностью почвенного покрова, так и немногочисленными, в основном маршрутными исследованиями. В целом все вулканические почвы Камчатки отличаются высоким содержанием органического вещества, кислой и слабокислой реакцией среды и низкой насыщенностью основаниями. Наиболее богаты органическим веществом почвы стланиковых лесов и горных тундр [14, 25, 26].

Геохимический фон вулканических почв Камчатки определяется химическим составом пеплов, на которых образованы почвы. Все почвенные провинции Камчатки характеризуются однозначной и устойчивой медной специализацией, наиболее контрастно проявленной в почвах, сформированных в пирокластических отложениях среднего и основного состава. Общую геохимическую специализацию почв также определяют Р и Se, региональные фоновые содержания которых повсеместно превышают кларки для почв. Вулканические почвы Камчатки относительно зональных почв бывшего СССР характеризуются устойчивым дефицитом таких элементов, как Cr, Ni, Sr, Sn, Mo и Ag. Количество избыточных элементов в вулканических почвах, относительно их распространённости в почвах континентов, увеличивается в ряду кислые – средние – основные почвоподстилающие пеплы. Количество дефицитных элементов и степень их дефицитности увеличивается в обратном направлении [14, 22, 25, 30]. Изменение физико-химических свойств уникальных вулканических почв Камчатки, в результате их интенсивного хозяйственного использования неизбежно приводит к деградации почвенного покрова, к утрате их геохимического своеобразия.

Хозяйственное освоение территории Камчатки выражается через различные виды использования земель (добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство,

застройка и т.п.). Около 95 % площади края занимают покрытые и не покрытые лесом земли лесного фонда, всего 0,4 % составляют сельскохозяйственные земли. Земли населённых пунктов, промышленности, транспорта и обороны занимают еще около 1,5 %. Земли сельскохозяйственного назначения Камчатского края составляют 0,05 % в площади земель Дальневосточного федерального округа (91 тыс. га) [3–6, 8, 29].

В Камчатском крае слабая освоенность территорий сочетается с низким плодородием почв. На полуострове сохраняется тенденция роста площади эродированных земель (особенно в Елизовском, Мильковском и Усть-Камчатском районах) и ухудшения общей экологической обстановки, что может привести к возникновению кризисной ситуации в сфере агропромышленного комплекса [2, 29].

Пашня имеет низкое содержание гумуса, хотя в целом почвы характеризуются легким механическим составом и большой скважностью, что требует обязательного ежегодного внесения высоких доз органических и минеральных удобрений. Более 70 % угодий нуждается в известковании, осушении и других видах мелиоративных работ [5, 8].

Согласно результатам мониторинга плодородия почв сельскохозяйственных угодий по субъектам Российской Федерации, площадь почв Камчатского края с низким содержанием органического вещества в 2012 г. составила 2 355 га (всего обследовано 12565 га) [8].

Каждый год отмечается снижение содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах полуострова. В крае почвы с низким содержанием фосфора и калия занимают соответственно 15,2 % (11,16 тыс. га) и 61,4 % площади (45,05 тыс. га) обследованных сельхозугодий (73,36 тыс. га, 2015 г.). Пахотные почвы Камчатского края относятся к одним из низко обеспеченных фосфором (54,3 %) в Дальневосточном федеральном округе. Вулканические почвы Камчатки характеризуются очень низкими и низкими значениями потенциальной буферной способности почв в отношении калия. Поэтому потери калия для вулканических почв Камчатки более значительны, чем фосфора. Потери калия и вынос его за пределы профиля происходят при распашке из-за быстрой минерализации органических веществ. В мировой практике использования вулканических почв в земледелии установ-

лено, что при внесении калийных и органических удобрений, даже при их высоком содержании в почвах, урожайность культур значительно возрастает [7, 9, 10].

Реальная ежегодная потребность внесения минеральных удобрений в почву в Камчатском крае составляет до 10,5 тыс. тонн. Фактическое внесение минеральных удобрений в почву составляет 12% от потребности. В 2015 году в почвах пахотных угодий всех категорий хозяйств, как и на протяжении ряда лет, сложился отрицательный баланс питательных веществ (– 76,61 кг/га), в том числе: по азоту – минус 27,66 кг/га, по фосфору – минус 0,94 кг/га, по калию – минус 48,01 кг/га (в действующем веществе). Значительный вынос питательных веществ из почвы связан с сокращением объемов внесения минеральных, органических, известняковых удобрений на протяжении 20 лет [2, 5, 7, 8].

При возделывании вулканических почв сельскохозяйственного назначения в Камчатском крае необходимо учитывать их уникальность. Доля риска возрастает при интенсивной обработке почв без учета их генезиса, агрофизических свойств и микроклимата агроландшафтов. Ведение растениеводства на вулканических почвах Камчатки должно носить очаговый характер с максимальным сохранением естественной облесенности сельскохозяйственных угодий. Расширение контурности полей и многократные глубокие обработки почвы с оборотом пласта неизбежно приводят к деградации пахотных земель, а в глобальном масштабе могут привести к экологической катастрофе [36].

В связи с актуализацией развития горнорудной промышленности на Камчатке встают вопросы охраны ее почвенного покрова. Вблизи эксплуатируемых рудных месторождений почвы загрязняются тяжелыми металлами и соединениями серы. В условиях такого загрязнения происходят изменения в соотношениях основных групп микроорганизмов, снижается общая активность осуществляемых ими биохимических процессов. Снизить фитотоксичность тяжелых металлов возможно при осуществлении ряда мероприятий:

- 1) известкование;
- 2) обогащение почвы органическим веществом;
- 3) химическое осаждение тяжелых металлов;
- 4) использование антагонизма ионов химических аналогов [12].

Особое внимание должно уделяться регулированию землепользования в водохранимых зонах.

На Камчатке велико негативное влияние на земельные ресурсы экзогенных геологических процессов – оползневых, селевых, карстовых, речной эрозии, подтопления, пучения, наледообразования, термокарстовых, затопления [27].

Хозяйствование использование почв Камчатки должно вестись с учетом их зональных и региональных особенностей. Камчатский край относится к регионам, приравненным к районам Крайнего Севера. На его территории наблюдается большое разнообразие климатических зон, что обуславливает выбор направления агропромышленного производства и мероприятий по охране почв. Оценка динамики изменения качественных показателей земель дает основание говорить о том, что тенденция снижения плодородия почв и ухудшения общей экологической обстановки на полуострове сохраняется и может привести к возникновению кризисной ситуации в сфере агропромышленного комплекса. На состояние всей сельскохозяйственной отрасли Камчатского края влияет сохранение и повышение плодородия почв. Земледелие возможно лишь при грамотной агротехнике, с обязательным использованием органических, минеральных удобрений и применением известкования. В сельскохозяйственном производстве актуально развитие животноводства, поскольку часть населения самостоятельно обеспечивает себя овощной продукцией на приусадебных хозяйствах. Тем не менее основной проблемой использования большинства почв Камчатки под пастбища является их низкое естественное плодородие.

В области охраны окружающей среды, необходимы мероприятия в бассейнах рек Камчатка и Авача, как предупредительного характера, так и активные восстановительные. Деградация земель по берегам рек вызвана загрязнением нефтепродуктами, захлыванием промышленными и бытовыми отходами. Удобрения, смываемые с полей в водные объекты, усиливают их загрязнение. Высока интенсивность водной эрозии почв Камчатки, что требует повышенного внимания к мероприятиям по защите почвенных ресурсов. Все реки Камчатки являются нерестовыми, поэтому мероприятия по охране почв являются одной из первоочередных задач в области охраны окружающей среды в Камчатском крае.

Список литературы

1. Белоусова Н.И., Хохлов С.Ф. О государственной почвенной карте масштаба 1: 1 000 000 на территорию Камчатки // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. – 2014. – Вып. 75. – С. 62–82.
2. Государственная программа Камчатского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Камчатского края на 2014–2018 годы». Приложение к постановлению Правительства Камчатского края от 29.11.2013. № 523-П. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – 97 с. [Электронный ресурс] // Камчатский край. Официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.kamchatka.gov.ru/>
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей природной среды в Российской Федерации в 2011 году». 2012. – М., МПР. – 351 с. [Электронный ресурс] // Минприроды России. Официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/a76/gosdoklad2011.pdf>.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа. – 2016. – 603 с. [Электронный ресурс] // Минприроды России. Официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/f68/2015.pdf>.
5. Долгосрочная краевая целевая программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Камчатском крае на 2010 – 2012 годы». – Петропавловск-Камчатский, 2009 г. – 34 с. . [Электронный ресурс] // Информационный справочник о мерах и направлениях государственной поддержки агропромышленного комплекса Российской Федерации. – Режим доступа: <http://www.gp.specagro.ru>.
6. Доклад «Об экологической ситуации в Камчатском крае в 2011 году». 2012. – Петропавловск-Камчатский. Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. – 61 с. [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. Официальный сайт правительства Камчатского края. – Режим доступа: http://www.kamchatka.gov.ru/oiv_doc/910/18636.rar.
7. Доклад об экологической ситуации в Камчатском крае в 2015 году. Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – 316 с. [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. Официальный сайт правительства Камчатского края. – Режим доступа: <http://www.kamgov.ru/minprir/ohrana-okruzausej-sredy>.
8. Доклад «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения». – М.: Министерство сельского хозяйства, 2012. – 162 с. [Электронный ресурс]. – «Росинформагротех». Официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.rosinformagrotech.ru>.
9. Жарикова Е.А. Антропогенное влияние на плодородие слоисто-охристых почв Камчатки // *Агроэкология*. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (100). – С. 42–46.
10. Жарикова Е.А., Голодная О.М. Подвижный калий в почвах Камчатки // *Почвоведение*. – 2009. – № 8. – С. 917–926.
11. Захарихина Л.В. Некоторые вопросы преобразования вулканических пеплов в процессе почвообразования // *Вулканология и сейсмология*. – 2004. – № 2. – С. 79–86.
12. Захарихина Л.В. Почвы Западной Камчатки и их охрана в районах техногенного воздействия. Дисс. канд. биол. наук. – М, 2001. – 180 с.
13. Захарихина Л.В. Провинции почв Камчатки, различающиеся составом и возрастом вулканических пеплов, на которых они образованы // *Вестник Томского государственного университета*. – Биология. – 2009. – № 2 (6). – С. 95–110.
14. Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. Генетические и геохимические особенности почв Камчатки. – М.: Наука. 2011. – 245 с.
15. Захарихина Л.В., Шоба С.А. О динамике почвообразования в условиях активного вулканизма // *Вестник МГУ*. Сер. 17. Почвоведение. – 2003. – № 4. – С. 55–62.
16. Зонн С.В. и др. Лесные почвы Камчатки / С.В. Зонн, Л.О. Карпачевский, В.В. Стефин. – М.: Издательство Академии Наук СССР, 1963. – 255 с.
17. Казаков Н.В. Схема классификации почв горного тундролесья Центральной Камчатки // *Тр. КИЭП ДВО РАН*. Вып. 1. – 2000. – С. 25–34.
18. Казаков Н.В. Схема классификации почв горных тундр и стлаников Центральной Камчатки // *Почвоведение*. – 2002. – № 10. – С. 1157–1164.
19. Казаков Н.В. Закономерности развития почвенного покрова кедровостлаников горно-лесотундрового пояса Камчатки // *Тр. КФ ТИГ ДВО РАН*. – Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. Книжн. изд-во, 2004. – Вып. V. – С. 111–130.
20. Карпачевский Л.О. и др. Почвы Камчатки / Л.О. Карпачевский, И.О. Алябина, Л.В. Захарихина, А.О. Макеев, М.С. Маречек, А.Ю. Радюкин, С.А. Шоба, В.О. Таргульян. – М.: Недра, 2009. – 223 с.
21. Классификация почв России – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2004. – 235 с.
22. Ковальский В.В., Андрианова Г.А. Микроэлементы в почвах СССР / В.В. Ковальский, Г.А. Андрианов. – М.: Наука, 1977. – 88 с.
23. Кочерьян В.М. Влияние кедрового стланика на вулканические почвы Камчатки. Автореферат канд. дисс. – М.: МГУ. 1990. – 22 с.
24. Ливеровский Ю.А. Почвы равнин Камчатского полуострова / Ю.А. Ливеровский. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 133 с.
25. Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.В. Почвенные провинции Камчатки и их геохимическая характеристика // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. – 2008. – № 1. Выпуск 11. – С. 98–112.
26. Нешатаева В. Ю. Растительность полуострова Камчатка / В.Ю. Нешатаева. – М.: Изд-во науч. изданий КМК, 2009. – 537 с.
27. Отчет о выполнении работ для государственных нужд. Разработка проекта СКОВО, включая НДС, бассейна реки Камчатка. – Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2012. – 241 с.
28. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 20. Камчатка / под ред. М.Г. Васильковского. – Л.: Гидрометеозидат, 1973. – 368 с.
29. Севостьянов В.Ф. Региональная экологическая политика. Камчатский край / В.Ф. Севостьянов. – М.: Партия «Яблоко – зеленая Россия». 2013. – 32 с.
30. Саэт Ю.А. и др. Геохимия окружающей среды / Ю.А. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. – М.: Недра, 1990. – С. 62–63.
31. Соколов И.А., Белоусова Н.И. Органическое вещество почв Камчатки и некоторые вопросы иллювиально-гумусового почвообразования // *Почвоведение*. – 1964. – № 10. – С. 25–37.
32. Соколов И.А. Вулканизм и почвообразование / И.А. Соколов. – М.: Наука, 1973. – 224 с.
33. Соколов И.А., Таргульян В.О. К характеристике почвообразования на Камчатке // *Тр. конф. почвоведов Сибири и Дальнего Востока*. – Новосибирск, 1964. – С. 27.
34. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях / В.О. Таргульян. – М.: Наука, 1971. – 268 с.
35. Шишов Л.Л. и др. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедев. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2004. – 342 с.
36. Ярушин А.М. Научные основы повышения устойчивости растениеводства на охристых вулканических почвах Камчатки. Автореферат докт. дисс. – Хабаровск, 1999. – 60 с.

УДК 633.111/1/.2/3 + 664.746]:575.2

**НАСЛЕДУЕМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ, ТЕСТИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ****¹Кибкало И.А., ²Кайргалиев Д.В.**¹ФБГНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока»,
Саратов, e-mail: kibk@rambler.ru;²ФГКОУ ВО «Волгоградская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации»,
Волгоград, e-mail: volakdm@va-mvd.ru

Производители зерна, его переработчики и селекционеры применяют различные способы оценки качества зерна. К показателям, используемым в селекции, предъявляются следующие требования: высокая дифференцирующая способность, экспрессность, возможность производить оценку на малых пробах зерна, убедительное воспроизведение в потомствах и, как следствие, высокая эффективность отбора по ним, выявление возможного потенциала изучаемых генотипов. Целью статьи являлось изучение наследуемости показателей флуоресцентного зондирования, определения эффективности отбора по ним на примере популяций генотипов, состоящих из группы семей, в ряду поколений, где моделировались отборы и регистрировалась их эффективность. Авторы изучили популяцию яровой мягкой пшеницы F₃-F₄ (Юго-Восточная 4 x Тамбовчанка) из 143 семей; популяцию озимой мягкой пшеницы F₃-F₄ (Л47/88 x Саратовская 8) из 38 семей; а также синтетическую популяцию яровой твёрдой пшеницы, состоящую из 50 линий различного происхождения. В качестве критерия эффективности отбора различной интенсивности использовалась реализованная в потомстве наследуемость h². Установлено, по озимой пшенице (успешная перезимовка) предпочтение в отборе отдают показателям: C_{ос} (скорость осаждения мучной взвеси), K_{ос} (константа осаждения мучной взвеси), Ф₅ (интенсивность флуоресценции после 5 мин отстаивания мучной взвеси). Отбор ценных по качеству зерна генотипов в условиях изреженности посева (условия перезимовки) ведут по Ф₀/P₁ и Ф₀/P₅ (где Ф₀ – интенсивность флуоресценции в начальный момент отстаивания взвеси, а P₁ и P₅ – падение интенсивности флуоресценции через 1 и 5 мин отстаивания). По яровой мягкой пшенице достаточную эффективность отбора демонстрировали Ф₅, C_{ос}, Ф_∞ (интенсивность флуоресценции при условном бесконечном отстаивании взвеси), K_{ос}, Ф₀/P₅. По яровой твёрдой пшенице эффективность отбора по большинству изучаемых показателей оказалась высокой, за исключением ТЗО (точка замедленного осаждения) и Ф₀.

Ключевые слова: качество зерна, флуоресцентное зондирование, наследуемость, эффективность отбора**THE HERITABILITY OF INDICATORS FLUORESCENT SOUNDING,
TESTING THE QUALITY OF WHEAT****¹Kibkalo I.A., ²Kayrgaliev D.V.**¹Agricultural Research Institute for South-East Region, Saratov, e-mail: kibk@rambler.ru;²Federal State Public Educational Establishment of Higher Training «Volograd Academy of the Ministry of the Interior of the Russian Federation», Volgograd, e-mail: volakdm@va-mvd.ru

Manufacturers of grain, its processors and breeders use different ways to evaluate the quality of the grain. The purpose of the article was to study the heritability indices fluorescence sensing, determine the effectiveness of screening for them the example of the population of genotypes. We studied a population of spring wheat F₃-F₄ (South-East 4 x Tambovchanka) of 143 families; population of winter wheat F₃-F₄ (L47 / 88 x 8 Saratov) from 38 families; and synthetic populations of spring durum wheat consisting of 50 lines of different origin. As a criterion for the selection of the effectiveness of various intensities used in the offspring realized heritability h². It was established on the winter wheat (successful overwintering) in selection is given to the parameters: S_{sed} (sedimentation rate), C_{sed} (constant sedimentation), F₅ (fluorescence intensity after 5 min). Successful selection of the securities on the quality of the grain genotypes under conditions of strong and irregular thinning of crop due to unfavorable conditions of winter are using relationships: F₀/P₁ and F₀/P₅ (F₀ fluorescence intensity in the initial moment, and P₁, P₅ the fall of the fluorescence intensity after 1 and 5 min sedimentation). According to spring wheat sufficient efficacy for selection in any of its variants demonstrated F₅, S_{sed}, F_∞, C_{sed}, F₀/P₅. According to spring durum wheat collection efficiency for most of the studied parameters it was high in all cases, except for PSD (point slow deposition) and F₀.

Keywords: grain quality, fluorescence sounding, heritability, selection efficiency

Разнообразие существующих методов оценки качества зерна свидетельствует о многомерности и неоднозначности данного понятия. Сильное модифицирующее воздействие условий выращивания зерновых культур [6], с одной стороны, и возможность создавать значительный потенциал качества урожая с помощью селекции – с другой, ставят разноплановые задачи перед селекционерами, производителями зерна и его переработчика-

ми. Сообразно этому различны и требования к критериям качества зерна. Так, к показателям, используемым в селекции, предъявляются следующие требования: высокая дифференцирующая способность, экспрессность, возможность производить оценку на малых пробах зерна, убедительное воспроизведение в потомствах и, как следствие, высокая эффективность отбора по ним, выявление возможного потенциала изучаемых генотипов [3].

Таблица 1

Реализованная наследуемость (h^2) показателей флуоресцентного зондирования в группах отбора у яровой мягкой пшеницы

Показатель	Интенсивность отбора				
	$> \bar{X}_n$	i_{30}	i_{20}	i_{15}	i_{10}
Φ_0	0,153	0,223	0,092	0,000	0,165
Φ_5	0,253	0,223	0,092	0,257	0,165
P_1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013
P_5	0,000	0,208	0,279	0,394	0,255
C_{oc}	0,143	0,250	0,111	0,200	0,364
Φ_∞	0,250	0,250	0,462	0,600	0,688
K_{oc}	0,175	0,214	0,247	0,213	0,322
ТЗО	0,073	0,224	0,375	0,250	0,482
Φ_0/P_1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Φ_0/P_5	0,154	0,190	0,191	0,119	0,329

Примечание. i_{30} , i_{20} , i_{15} , i_{10} – отбор соответственно 30, 20, 15, 10% лучших генотипов; $> \bar{X}_n$ – отбор генотипов лучших средней по популяции.

В лабораториях клеточной селекции и качества зерна ГНУ НИИСХ Юго-Востока был создан и запатентован микрометод определения качества клейковинных белков с помощью флуоресцентного зондирования мучной взвеси [4, 5]. Дальнейшие научные исследования заключались в расширении культур, на которых мог применяться метод, а также в изучении наследуемости показателей флуоресцентного зондирования, эффективности отбора по ним [1].

Материалы и методы исследования

Одним из способов анализа наследуемости показателя является изучение популяции генотипов, состоящей из группы семей, в ряду поколений. При этом в одном из поколений – наиболее возможно раннем, моделируется отбор генотипов с максимальными показателями исследуемого признака, а в последующих – эффективность смоделированного отбора на фоне сохранённой популяции [2].

Так была изучена популяция яровой мягкой пшеницы F_3 – F_4 (Юго-Восточная 4 x Тамбовчанка) из 143 семей. Регистрировались следующие показатели флуоресцентного зондирования: интенсивность флуоресценции в начальный момент отстаивания взвеси Φ_0 , интенсивность флуоресценции через 5 минут отстаивания взвеси Φ_5 , падение интенсивности флуоресценции через одну и пять минут отстаивания взвеси – P_1 и P_5 , а также расчётные величины – скорость осаждения взвеси C_{oc} , константа осаждения взвеси K_{oc} , интенсивность флуоресценции при бесконечном отстаивании взвеси Φ_∞ , точка замедленного осаждения ТЗО и отношения Φ_0/P_1 , Φ_0/P_5 . Эффективность отбора оценивалась при различной его интенсивности по реализованной наследуемости (h^2) в группах отбора (табл. 1).

Из приведённых данных видно, что достаточную эффективность отбора при любых его вариантах продемонстрировали Φ_5 , C_{oc} , Φ_∞ , K_{oc} , Φ_0/P_5 . По Φ_0 наиболее надёжен отбор при минимальной его интенсивности, а по ТЗО напротив – при его максимальной. По P_1 и Φ_0/P_1 отбор не дал положительных результатов. Однако стоит отметить, что данный результат может быть справедлив только для данной комбинации [1, 2].

Для изучения наследуемости вышеозначенных показателей у озимой мягкой пшеницы была привлечена популяция F_3 – F_4 (Л47/88 x Саратовская 8) из 38 семей. Особенностью этого опыта, кроме трёхкратной полевой повторности, оказались тяжёлые условия перезимовки, что привело к существенному изреживанию посевов. При этом лишь третья повторность воспроизводила в достаточной степени нормальные условия проведения полевого опыта. Несмотря на это, было решено проанализировать зерно всех трёх повторностей указанной популяции, произвести расчёты эффективности отбора по показателям флуоресцентного зондирования, сложившиеся же условия перезимовки – рассматривать как естественный селекционный фон, в условиях которого также ведётся отбор лучших форм. Возможность и эффективность такого отбора и стала одним из вопросов изучения в данном опыте.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам оценки зерна урожая F_3 был смоделирован отбор лучших форм по десяти показателям флуоресцентного зондирования с разной степенью его интенсивности: 20, 15 и 10% (i_{20} , i_{15} , i_{10}) лучших линий. По результатам оценки зерна F_4 был определён показатель реализованной наследуемости (h^2) для каждого из изучаемых признаков в группах отбора. Расчёты проводились как по каж-

дой полевой повторности, так и по средним значениям признаков. Нужно отметить, что, как и ожидалось, у двух первых полевых повторностей – наиболее пострадавших в ходе перезимовки, не было выявлено заметной h^2 в группах отбора по большинству показателей флуоресцентного зондирования. Исключение составили лишь Φ_0/P_1 и Φ_0/Φ_5 . Поэтому для остальных характеристик представляли интерес результаты расчёта по третьей полевой повторности и по средним значениям из трёх полевых повторений (табл. 2).

Отношения Φ_0/P_1 и Φ_0/P_5 , почти во всех вариантах отбора и по всем полевым повторениям, на этот раз показали невысокую наследуемость в группах отбора.

Однако следует обратить внимание на то, что наследуемость эта также носила устойчивый характер во всех рассматриваемых вариантах. При этом Φ_0/P_1 имело преимущество. Так, при высокой жёсткости отбора (i_{10}) по третьей полевой повторности и при интенсивности отбора 20% при расчёте по средним из трёх полевых повторений данным – величина h^2 оказалась вполне удовлетворительной. А вот величины P_1 и P_5 не показали обнадеживающего результата почти по всем рассматриваемым вариантам отбора. P_5 при максимальной его интенсивности при анализе зерна с полевой повторности наименее пострадавшей от неблагоприятной перезимовки показало высокую степень наследования в группе отбора. По данным этой же повторности показатели показали высокую h^2 и критерии C_{oc} и K_{oc} , причём при всех интенсивностях отбора. При расчётах же по средним из трёх повторений данным h^2 практически не выявлена.

В целом высокую наследуемость продемонстрировали показатели Φ_5 и Φ_{oc} во всех рассматриваемых вариантах за исключением максимальной интенсивности отбора на третьей полевой повторности. Показатель ТЗО, напротив, показал хорошие результаты именно при такой интенсивности отбора – как на III повторности, так и при расчёте по средним данным.

Таким образом, расчёты показывают, что имеется вероятность относительно успешного отбора ценных по качеству зерна генотипов и в условиях сильной и неравномерной изреженности селекционного посева в силу неблагоприятных условий перезимовки. Для такого случая наиболее приемлемы показатели Φ_0/P_1 и Φ_0/P_5 . В случае успешной перезимовки или наличии хотя бы одной неповреждённой полевой повторности предпочтение следует отдавать таким показателям, как C_{oc} , K_{oc} , Φ_5 .

Таблица 2

Реализованная наследуемость (h^2) показателей флуоресцентного зондирования у озимой пшеницы

Материал	Интенсивность отбора		
	i_{20}	i_{15}	i_{10}
Φ_5			
III повторность	0,357	0,258	0,086
Средняя	0,389	0,350	0,208
C_{oc}			
III повторность	0,590	0,364	0,242
Средняя	0	0,067	0
Φ_{oc}			
III повторность	0,333	0,143	0
Средняя	0,666	0,500	0,500
K_{oc}			
III повторность	0,256	0,167	0,511
Средняя	0	0	0
ТЗО			
III повторность	0,091	0,083	0,154
Средняя	0	0,083	0,231
P_1			
III повторность	0	0	0
Средняя	0	0	0
P_5			
III повторность	0	0,050	0,304
Средняя	0	0	0
Φ_0/P_1			
I повторность	0,006	0,010	0,006
II повторность	0,074	0,072	0,064
III повторность	0,085	0,053	0,087
Средняя	0,065	0,074	0,052
Φ_0/P_5			
I повторность	0,084	0,072	0,051
II повторность	0,036	0,041	0,033
III повторность	0,077	0,091	0,142
Средняя	0,138	0,085	0,086

С целью изучения воспроизводимости в потомствах данных флуоресцентного зондирования у твёрдой яровой пшеницы были привлечены 50 семей F_4 – F_5 различного происхождения. Поскольку подавляющая часть из них не находилась в родстве, невозможно говорить о наследуемости и других генетических процессах при отборах в популяции. В данном случае показатель h^2 используется как критерий эффективности отбора в селекционном питомнике (табл. 3).

Таблица 3

Эффективность отбора по h^2 на качество зерна по показателям флуоресцентного зондирования у яровой твёрдой пшеницы

Показатели	Интенсивность отбора		
	$> \bar{X}_n$	i_{20}	i_{10}
Φ_0	0,305	0,190	0,024
Φ_5	0,266	0,404	0,628
P_1	0,430	0,344	0,514
P_5	0,440	0,290	0,161
C_{oc}	0,597	0,563	0,722
Φ_∞	0,321	0,412	0,820
K_{oc}	0,840	0,857	0,877
ТЗО	0,048	0,040	0,124
Φ_0/P_1	0,994	1,038	0,918
Φ_0/P_5	0,729	0,743	0,381

Примечание. i_{20} , i_{10} – отбор соответственно 20, 10% лучших генотипов; $> \bar{X}_n$ – отбор генотипов лучших средней по популяции.

По представленным данным видно, что эффективность отбора по большинству изучаемых показателей оказалась высокой во всех его вариантах. Исключение составил только ТЗО, по которому только при максимальной жёсткости отбора можно добиться удовлетворительных результатов. Отбор же по Φ_0 , напротив – должен быть минимально интенсивен.

Список литературы

1. Бебякин В.М. Изменчивость и наследуемость показателей флуоресцентного зондирования как критерии качества клейковины пшеницы / В.М. Бебякин, И.А. Кибкало // Агро XXI. – 2011. – № 7–9. – С. 9–10.
 2. Бебякин В.М. Селекционная значимость показателей флуоресцентного зондирования как критерий качества клей-

ковины / В.М. Бебякин, И.А. Кибкало // Вестник РАСХН. – 2011. – № 2. – С. 41–44.

3. Бебякин В.М. Оценка качества зерна яровой мягкой пшеницы в процессе селекции / В. М. Бебякин, Т. Б. Кулева-това, И. А. Кибкало // Аграрная наука. – 2012. – № 11. – С. 22.

4. Кибкало И.А. Эффективность тестирования качества клейковины яровой мягкой и твёрдой пшеницы на основе гидрофобных взаимодействий в белковом комплексе: дис. ... канд. с.-х. наук / И.А. Кибкало. – Саратов, 2000. – 207 с.

5. Способ определения качества клейковины пшеницы: патент на изобретение № 2161797. Российская Федерация. Оpubл. 10.01.2001. Бюл. № 1 / С.В. Тучин, И.А. Кибкало, В.М. Бебякин.

6. Nikolic O., Zivanovic T., Jelic M., Djalovic I. Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitro-gen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. Chilean J. of Agricultural Research, 2012. – vol. 72, № 1. – P. 111–116.

УДК 630*165.7: 631.96

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОДНОЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ПИТОМНИКОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Морозова Е.В., Иозус А.П.

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

Перед лесоводами Волгоградской области стоит задача создания высокоэффективных лесных питомников с возможностью применения современных технологий выращивания сеянцев сосны обыкновенной. Установлено, что динамика линейного роста однолетних сеянцев сосны в высоту в процессе сезонного развития органогенеза тесно связана с суммой активных температур выше 10°C от прорастания семян до закладки верхушечной почки. Содержание сухого вещества и химических элементов в сеянцах сосны возрастает во всех частях сеянца к концу вегетационного периода. Наибольшее содержание основных элементов питания – азота, фосфора, калия отмечено во всех частях сеянца сосны в период интенсивного роста. Ускоренное выращивание сеянцев сосны в питомниках степной зоны возможно только при одновременном внесении органических и минеральных удобрений.

Ключевые слова: сосна, сеянцы, питомники, химические элементы, минеральные удобрения, органические удобрения

FEATURES OF CHEMICAL COMPOSITION OF ANNUAL PINE SEEDLINGS WHEN GROWN IN CONDITIONS OF NURSERIES OF STEPPE ZONE

Morozova E.V., Iozus A.P.

*Kamyshinsky institute of technology (branch) of the Public educational institution
«Volgograd State Technical University», Kamyshin, e-mail: end@kti.ru*

The task of creating high-performance forest nurseries with the use of modern technologies for growing seedlings of Scots pine is worth before silviculturists Volgograd region. It was found that the dynamics of the linear growth of annual pine seedlings in height during the seasonal development of organogenesis is closely related to the amount of active temperatures above 10°C from seed germination to bookmark the apical bud. The dry matter content and chemical elements in pine seedlings increases in all parts of seedling to the end of the vegetation period. The highest content of major nutrients – nitrogen, phosphorus, potassium observed in all parts of the pine seedlings in the period of intensive growth. Accelerated growing of pine seedlings in nurseries steppe zone is only possible with a simultaneous application of organic and mineral fertilizers.

Keywords: pine, seedlings, nurseries, chemical elements, chemical fertilizers, organic fertilizers

Сосна является одной из основных пород защитного лесоразведения. Ее доля составляет 60–70% от породного состава вновь создаваемых защитных насаждений в районе степей европейской части Российской Федерации. Согласно приказу Рослесхоза от 09.03.2011 г. № 61 «Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации» и приказ Рослесхоза от 28.03.2016 г. № 100 «Об установлении лесосеменного районирования», Волгоградская область включает три лесосеменных района, для каждого из которых необходимо создавать специализированные лесосеменные плантации. При этом для обеспечения потребности региона в улучшенных селекционных сеянцах в каждом районе необходимо создавать лесные питомники для выращивания сеянцев сосны. К сожалению, существующие в настоящее время в районе степей европейской части Российской Феде-

рации питомники обеспечивают потребности в сеянцах всего на 20–30%, остальные сеянцы получают из других лесосеменных районов с непроверенными наследственными свойствами. В настоящее время в Волгоградской области функционируют пять лесных питомников с заявленной производительностью 2,5 млн стандартных сеянцев сосны ежегодно, что должно обеспечивать ежегодные потребности области в сеянцах сосны, составляющие 2,8 млн штук. В действительности ежегодно сеянцев не хватает и приходится закупать до 40–50% необходимого количества в других регионах, нарушая вышеупомянутый приказ Рослесхоза. Поэтому перед лесоводами региона стоит задача создания высокоэффективных лесных питомников с возможностью применения современных технологий выращивания сеянцев.

Цель исследования – изучить динамику содержания основных химических элемен-

тов в сеянцах сосны обыкновенной по фазам их развития в сезонном цикле с целью разработки оптимизации питания внесением органических и минеральных удобрений, связав периоды подкормок не с календарными сроками, а с суммой активных температур.

Материалы и методы исследования

Опыты проводились на лесном питомнике Нижневолжской станции ВНИАЛМИ, г. Камышин, и питомнике ВНИАЛМИ, г. Волгоград.

Методикой исследований предусматривался периодический отбор образцов сеянцев сосны, измерение их биометрических параметров, взвешивание, определение содержания азота, фосфора и калия во всех органах, биохимический анализ хвои. На основе полученных результатов разработана оптимальная агротехника выращивания посадочного материала, испытанная в посевных отделениях питомников. Оригинальность проведенных исследований заключается в том, что изменения требовательности растений к почвенному питанию, особенности накопления сухого вещества в их органах рассматривали в зависимости от морфологического состояния растений (фенофаз или периодов сезонного развития). Это позволило установить необходимость проведения того или иного агротехнического ухода и внесения удобрений, в зависимости от накопленной к этому времени суммы активных температур, а не по календарным датам, которые часто не дают точного представления об изменении потребностей растений.

Результаты исследования и их обсуждение

Закономерности линейного роста однолетних сеянцев. Линейный рост стволика и корней сеянцев древесных пород наряду с проявлениями морфологических признаков в процессе органогенеза – наиболее наглядный показатель их сезонного развития. В течение первого вегетационного периода растет зародышевый корешок, вытягивается гипокотиль, несущий семядоли, развивается эпикотиль, формируется корневая система и ассимиляционный аппарат растения. Последовательность развития сеянца обусловлена биологически. Каждый этап его развития характеризуется определенными закономерностями роста и новообразованиями отдельных вегетативных органов.

Установлено, что способ подготовки семян и сроки их посева влияют лишь на время проявления отдельных морфологических признаков, продолжительность этапов морфогенеза и абсолютные значения качественных показателей сеянцев сосны и ели, не изменяя общего хода сезонного развития сеянца. При благоприятном режиме увлажнения, минерального питания и оптимальных температурных условиях через 4–5 дней после посева при сумме активных

температур 80–120 °С семена наклеиваются, зародышевый корешок трогается в рост. После того как корешок углубится в почву на 1–1,5 см, начинается рост гипокотила (подсемядольного колена), выносящего семядоли на поверхность земли. К моменту окончания линейного роста гипокотила семядоли освобождаются от семенных покровов и разворачиваются при сумме активных температур от 390 °С до 500 °С.

Скорость роста гипокотила довольно велика – более 1 мм/сут. Этот период – наиболее напряженный в физиологическом отношении, требует соблюдения режима полива, что наилучшим образом достигается при капельном орошении, это же значительно снижает и расход воды, так как высокий уровень транспирации гипокотила и семядолей обуславливает низкую устойчивость проростка к почвенной и атмосферной засухе.

Кривая роста эпикотила в высоту довольно четко разделяется на 3 участка, связанных с суммой активных температур аналогично кривой большого периода роста Сакса (S-образная кривая): начало – 390 °С, интенсивный рост – 853–1500 °С и его замедление – 1500–2000 °С. Окончание линейного роста сеянцев в высоту успешно регулируется фотопериодом и суммой активных температур [2, 3].

Одной из основных биологических особенностей роста однолетних сеянцев сосны является длительный период их вегетации, который в условиях высокой обеспеченности теплом на территории Волгоградской области, где сумма активных температур за вегетационный период составляет около 3000 °С, необходимо использовать для получения стандартных сеянцев сосны в питомниках в течение одного вегетационного периода на основе эффективной агротехники выращивания [2, 5].

Динамика изменения содержания сухого вещества в сеянцах в течение вегетационного периода является важным показателем, определяющим формирование растения и его подготовленность к низким температурам. В табл. 1 приводятся данные по динамике содержания сухого вещества в сеянцах в сезонном цикле, в процентах от сырой массы и суммы температур выше 10 °С.

Как видно, между изменениями содержания сухого вещества в сеянцах и нарастанием сумм температур выше 10 °С существует тесная связь. По мере накопления сумм температур происходит увеличение содержания сухого вещества в хвое, стволиках, корнях сеянцев.

Таблица 1

Содержание сухого вещества в % от сырой массы в сеянцах, в зависимости от нарастания суммы температур выше 10 °С

Годы наблюдений	Элементы сеянца и температуры	Сухое вещество в % от сырой массы				
		1 мес.	2 мес.	3 мес.	4 мес.	5 мес.
1978	Хвоя	23,49	23,95	23,83	27,30	26,20
	Ствол	26,43	27,96	26,47	26,55	28,24
	Корни	26,02	26,00	26,30	25,97	27,50
	Суммы температур	365	869	1254	2184	2700
1979	Хвоя	20,33	25,42	28,92	30,54	34,07
	Ствол	25,55	33,33	24,00	24,81	33,24
	Корни	26,20	24,53	27,93	29,72	26,62
	Суммы температур	580	1265	1984	2665	3104
1980	Хвоя	22,59	25,21	27,68	25,54	36,51
	Ствол	24,44	22,5	25,00	20,55	36,57
	Корни	27,20	18,42	26,06	28,83	35,19
	Суммы температур	459	1050	1786	2477	3005

Таблица 2

Содержание основных элементов питания в сеянцах сосны в % от массы сухого вещества (среднее за 1978–1980 гг.)

Часть сеянцев	Содержание элементов после посева				
	через 1 мес.	через 2 мес.	через 3 мес.	через 4 мес.	через 5 мес.
Хвоя	1,84	2,53	2,70	2,80	2,58
Ствол	1,41	1,14	1,18	1,56	1,47
Корни	1,17	1,22	1,45	1,62	1,52
Хвоя	0,47	0,51	0,40	0,51	0,49
Ствол	0,55	0,34	0,29	0,47	0,33
Корни	0,38	0,32	0,33	0,35	0,40
Хвоя	1,04	0,80	0,87	1,11	0,93
Ствол	0,88	0,70	0,76	0,49	1,07
Корни	0,36	0,58	0,94	0,73	1,16

Исследованиями многих ученых [3, 5, 6] установлено, что накопление питательных веществ древесными растениями происходит циклично.

Нами в течение 1979–1980 гг. согласно методике изучалось содержание основных химических элементов в различных органах сеянцев сосны обыкновенной в течение вегетационного периода.

Результаты опыта (табл. 2) показывают, что наиболее высокий процент основных элементов питания содержится в хвое, значительно меньше в корнях и стволиках. Отмечается следующая закономерность: наивысшее содержание азота во всех частях сеянца наблюдается в период интенсивного роста, самое меньшее – в начальный период роста, к осени содержание азота также несколько уменьшается, по сравнению с интенсивным периодом роста.

Содержание фосфора и калия в сезонном цикле изменяется незначительно. В период интенсивного роста этих элементов во всех частях сеянца несколько больше, к осени их содержание уменьшается.

Интенсивные методы выращивания посадочного материала увеличивают выход массы сеянцев с единицы площади, одновременно увеличивается вынос из почвы основных питательных элементов [2–6]. Для ускоренного выращивания сосны важно определить оптимальные нормы удобрения. Нормы удобрения зависят от количества питательных веществ, имеющих в почве, вынесенных из почвы сеянцами и их корневой системой.

Перед посевом внесли $N_{120}P_{180}K_{120}$. В конце вегетационного периода определяли количество сухого вещества, выносимого сеянцами с единицы площади, затем опре-

делили содержание основных минеральных элементов в сеянцах и на основании этого вычислили количество минеральных элементов, вынесенное сеянцами сосны обыкновенной с единицы площади.

В наших опытах выход сеянцев был 4 млн штук с га. Вынос сухого вещества и элементов минерального питания таким количеством сеянцев представлен в табл. 3.

Как видно, наибольшее количество азота, фосфора, калия выносятся с хвоей, стволики и корни выносят большее количество азота, калия, меньшее – фосфора.

Вынос питательных веществ с 1 га посева сосны составляет азота (N) – 106 кг, фосфора (P) – 22,3 кг, калия (K) – 53,26 кг.

В литературе имеются сведения, что на производство 1 г сухого вещества в условиях выращивания в открытом грунте древесные породы потребляют 20 мг азота, 25 мг фосфора и 15 мг калия [1]. Выращенные нами сеянцы сосны осенью на 1 г сухого вещества содержали 20 мг азота, 4,2 мг фосфора, 9,2 мг калия.

Сеянцами сосны на почвы выносятся 88% количества азота, входящего в состав удобрений. Фосфора сеянцы поглотили очень мало – 8% внесенного количества и калия 22% от внесенного с удобрением.

Таким образом, одним из основных звеньев агротехники интенсивного выращивания является оптимизация питания.

Исходя из поглощенного сеянцами и внесенного в посев удобрениями количества азота, следует считать, что для интенсивного выращивания сеянцев сосны необходимо ежегодно вносить N – 120. Фосфора сеянцами сосны выносятся мало, но фосфор оказывает большое влияние на поглощение сеянцами азота; как доказано рядом исследователей, фосфора в удобрении должно быть в 1,5–2 раза больше, чем

азота и калия [1, 3, 5], установлено, что для сеянцев сосны обыкновенной соотношение N: P: K в составе удобрений должно составлять 1,0: 1,8: 1,0. При избыточном азотном питании в растении повышается количество небелкового азота, наступает депрессия роста и развития сеянцев. Отсюда необходимо ежегодно вносить фосфора (P) – 220 и калия (K) – 120. В почве обычно содержится большое количество макроэлементов, и поэтому, за исключением марганца (Mn), нет необходимости ежегодно вносить их в почву. В 1% растворе марганца можно замачивать семена перед посевом.

Как установлено исследованиями Г.Я. Маттиса [2], минеральные удобрения дадут эффект только в сочетании с органическими. Кроме того, по нашим данным, с корневой системой 1 сеянца при влажности почвы 60% от ПВ выносятся 2,5 г почвы. При выходе 4 млн штук с гектара вынос почвы корнями сеянцев составит 10 тонн с 1 га.

В качестве источника органического удобрения может служить внесение навоза, компоста, сидеральные пары [2, 5, 6]. При интенсивном выращивании сеянцев по рекомендуемой нами агротехнике для поддержания и улучшения плодородия почвы считаем целесообразным применять севообороты со следующей ротацией: чистый удобрённый пар, выращивание сосны в течение 3 лет. Оптимальной дозой для удобрения пара под сосну является 80 тонн навоза на 1 гектар.

Выводы

1. Установлено, что динамика линейного роста однолетних сеянцев сосны в высоту в процессе сезонного развития органогенеза тесно связана с суммой активных температур выше 10°C от прорастания семян до закладки верхушечной почки.

Таблица 3

Вынос основных химических элементов питания (азота, фосфора, калия) сеянцами сосны при выходе 4 млн шт. с 1 га в питомниках степной зоны

Часть сеянца	Зеленая масса 10 шт., г	Общее кол-во зеленой массы на 1 га, кг	Кол-во абсолютно сухой массы		азот (N)		фосфор (P)		калий (K)	
			%	кг/га	% от абсолютной сухой массы	кг/га	% от абсолютной сухой массы	кг/га	% от абсолютной сухой массы	кг/га
Хвоя	16,48	6592	36,51	2611,2	2,58	67,36	0,49	12,78	0,93	24,28
Стволик	7,30	2920	36,54	1159,6	1,47	17,04	0,33	3,82	1,07	12,40
Корневая система	9,63	3852	35,19	1429,2	1,52	21,72	0,40	5,72	1,16	16,58
Всего	33,41	13364	38,91	5200	2,04	106,12	0,43	22,32	1,03	53,26

2. Содержание сухого вещества и химических элементов в сеянцах возрастает во всех частях сеянца к концу вегетационного периода.

3. Наибольшее содержание основных элементов питания – азота, фосфора, калия отмечено во всех частях сеянца в период интенсивного роста. Больше всего азота, фосфора, калия содержится в хвое, значительно меньше в корнях и стволиках.

4. Сеянцами сосны при интенсивных методах выращивания и выходе 4 млн шт. с 1 га ежегодно выносятся азота (N) – 106 кг, фосфора (P) – 22,3 кг, калия (K) – 53,26 кг. С корнями сеянцев ежегодно выносятся 10 тонн земли на 1 га.

5. При интенсивных методах выращивания сеянцев сосны необходимо ежегодно

вносить $N_{120}P_{220}K_{120}$. И после 3 лет выращивания сеянцев паровать поле с внесением 80 тонн навоза на 1 га.

Список литературы

1. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.
2. Маттис Г.Я. Теория и практика ускоренного выращивания сеянцев в питомниках. // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1978. – № 11. – С. 109–114.
3. Морозова Е.В., Иозус А.П., Зеленьяк А.К. Использование регрессионного анализа при изучении влияния теплообеспеченности на рост и развитие сеянцев сосны в лесных питомниках // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–8. – С. 1736–1739.
4. Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 280 с.
5. Романов Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: биоэкологические и агротехнические аспекты. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 500 с.
6. Синников А.С., Мочалов Б.А., Драчков В.Н. Выращивание сеянцев хвойных пород в полиэтиленовых теплицах. – М.: Агропромиздат, 1986. – 126 с.

УДК 633.13:632.4 (57.017)

ВОСПРИИМЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОВСА К КОРОНЧАТОЙ РЖАВЧИНЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ

¹Свиркова С.В., ¹Старцев А.А., ¹Заушинцева А.В., ²Стецов Г.Я.

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово,
e-mail: svsvirkova@yandex.ru, staralex128@mail.ru, alexaz58@yandex.ru;

²Алтайский институт повышения квалификации агропромышленного комплекса,
Барнаул, e-mail: s_g_y@mail.ru

На юге Западной Сибири установлена вредоносность на овсе корончатой ржавчины (*Puccinia coronata* Corda.). Потери урожая от данного возбудителя по оценке специалистов могут составлять не менее 10–20%, а в годы эпифитотии – до 50–100%. В результате поражения этим заболеванием у растений происходит нарушение ассимиляции, понижение ферментативной активности, усиление транспирации, преждевременное усыхание листового аппарата, при этом снижается зимо- и засухоустойчивость, изменяются репродуктивные органы. Семена, собранные с поражённых растений, худшего качества: становятся щуплыми и во время обмола растений отходят вместе с мякиной. Одновременно ухудшаются кормовые качества соломы. Поражённая ржавчиной соломина буреет, становится сухой, хрупкой и полегает. Выявлены годы эпифитотий (1983, 1988, 1996, 2001, 2011) и описаны симптомы заболевания. Проведена фитопатологическая оценка устойчивости сортов овса из генофонда ВИР им. Н.И. Вавилова к *Puccinia coronata* Corda. Отмечена достаточно высокая жесткость естественного инфекционного фона в 2011 г. по сравнению с 2010 и 2012 годами изучения. Оценка поражения коллекции овса корончатой ржавчиной показала высокий размах варьирования по восприимчивости сортов к данному возбудителю (0–84,7%) при сильном варьировании интенсивности поражения второго от метелки (предфлагового) листа (0–93,2%) и метелки (0–78%). Группа устойчивых образцов (количество восприимчивых растений в популяции до 10%) составила 19,6% от числа изученных. При этом по типу реакции они были отнесены к устойчивым (R), или к восприимчивым (S) генотипам. Доля слабовосприимчивых (2 группа) сортов составила 37% с типами реакции R-S. Средневосприимчивые (3 группа) сорта (39%) были интенсивно поражены возбудителем от 41,2 до 63,4% и отнесены к S-сортам. Группа сильновосприимчивых сортов была малочисленной и составила 3,9% от числа изученных. Стандартные сорта были неперспективными по отношению к корончатой ржавчине. Входя в слабо- (Фобос, Мегион) и средневосприимчивую (Ровесник) группы, по типу реакции они отнесены к восприимчивым (S) генотипам с очень высокой интенсивностью поражения листьев – до 72–77%, метелки – 9–15%. В полевых условиях только два генетических источника, – Palini из Греции и Brawn из США, – являлись высокоиммунными к возбудителю *Puccinia coronata* Corda. Резистентным типом реакции обладали сорта: Toodyay (Австралия), Vista (США). Перспективны для селекции толерантные сорта овса: Azur (Чешская Республика), Belle, Burt, Navarro (США).

Ключевые слова: растение, болезнь, иммунитет, толерантность, возбудитель, заражение, генетический источник, корончатая ржавчина, эпифитотии, симптомы заболевания, уредоспоры, телеитоспоры

SUSCEPTIBILITY OF OATS TO CROWN RUST AND GENETIC SOURCES OF RESISTANCE

¹Svirkova S.V., ¹Startsev A.A., ¹Zaushintsena A.V., ²Stetsov G.Ya.

¹Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: svsvirkova@yandex.ru,
staralex128@mail.ru, alexaz58@yandex.ru;

²Altai Institute for advanced training of agroindustrial complex, Barnaul, e-mail: s_g_y@mail.ru

In conditions of Western Siberia is installed on the harmfulness of oats crown rust (*Puccinia coronata* Corda.). Yield losses from this pathogen according to experts can be not less than 10–20%, and in the years of epiphytotic – up to 50–100%. As a result of the defeat of this disease in plants is a violation of assimilation, loss of enzymatic activity, increased transpiration, early drying of the leaf apparatus, this reduces frost and drought resistance, modified reproductive organs. Seeds collected from infected plants of inferior quality: and become puny during threshing plants away along with the chaff. At the same time deteriorate the feed quality of straw. Solomin struck with rust turns brown, becomes dry, brittle and decumbent. Revealed the years of epiphytotic (1983, 1988, 1996, 2001, 2011) and described the symptoms of the disease. Held phytopathological evaluation of resistance of varieties of oats from the gene pool of VIR. N.I. Vavilov to *Puccinia coronata* Corda. Marked rigidity sufficiently high natural infectious background in the Kemerovo region in the 2011 year. Evaluation of lesions of the collections of oat crown rust showed high magnitude of variation in resistance of cultivars to this pathogen (0–84,7%) with strong intensity variation of the lesion from the second panicles (predlagaemogo) of the sheet (visible 0–93,2%) and panicles (0–78%). The sustainable group of samples (the number of susceptible plants in the population to 10%) amounted to 19.6% of those studied. In this case, the type of reaction they were classified as resistant (R) or susceptible (S) genotypes. The share of weakly susceptible (group 2) varieties was 37% for the reaction R-S. All medium susceptible genotypes (group 3) classes (39%) were intensely affected by the pathogen from 41.2 63.4% attributed to the S-varieties. The group is highly susceptible cultivars was small and amounted to 3.9% of those studied. Standard grades were unpromising in relation to crown rust. Coming in weakly (Phobos, Megion) and medium susceptible (Age) groups, the type of reaction they are classified as susceptible (S) genotypes with very high intensity lesions of the leaves – up to 72–77%, panicle – 9–15%. In the field only two genetic source, Palini from Greece and Brawn of the United States were highly immune to the pathogen *Puccinia coronata* Corda. Resistant type of reaction had a sorts: Toodyay (Australia), Vista (United States). Promising for breeding of tolerant varieties of oats also: Azur (Czech Republic), Belle, Burt, Navarro (USA).

Keywords: plant, disease, immunity, tolerance, causative agent, infection, genetic source, crown rust, epiphytotic, disease symptoms, uredospores, teleutospores

Научный интерес и практический спрос со стороны пищевой промышленности на овес наблюдается в настоящее время в мировом масштабе [19]. Однако болезни этой ценной продовольственной и зернофуражной культуры являются лимитирующим фактором в получении стабильного урожая и высокого качества зерна. Одной из болезней с воздушно-капельной (аэрогенной) инфекцией на овсе является корончатая ржавчина (*Puccinia coronata* Corda.). В Западной Сибири она считается очень вредоносным заболеванием. Несмотря на значительный прогресс в изучении природы устойчивости растений к болезни, изменчивости популяций патогена, достижений практической селекции на устойчивость, исследования по иммунитету, по-прежнему, являются одним из перспективных и альтернативным направлением защиты растений от болезней [1, 2, 4, 8, 9, 12, 14, 16]. В этой связи роль мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова (ВИР им. Н.И. Вавилова – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова») как исходного материала для выведения иммунных к болезням сортов очень высока. А поиск новых генетических источников индивидуального и комплексного иммунитета с продолжительной ориентацией в селекции на повышение продуктивности и улучшение качества зерна остаётся приоритетным направлением.

Цель исследования: Оценка реакции сортов овса из мирового генофонда ВИР им. Н.И. Вавилова к возбудителям ржавчинных грибов на юге Западной Сибири.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования являлись 60 образцов овса из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. Основная часть изучаемых сортов отечественной (32%) и американской (33%) селекции, 10% – австралийской селекции. Немного сортов представлено из Финляндии, Франции, Японии, а также Канады, Греции, Чешской Республики, Германии, Швеции и Новой Зеландии. Образцы представлены видами: *Avena sativa* L., *A. byzantina* C. Koch, а также смешанными популяциями *Avena sativa* L. + *A. byzantina* C. Koch.

Изучение исходного материала проводили в коллекции питомнике на естественном фоне развития *Puccinia coronata* Corda. в 2010–2012 гг. Площадь делянок 1 м², повторность двухкратная. Стандартами являлись сорта Фобос, Мегион и Ровесник. В иммунологических исследованиях для оценки сортов овса использовали следующие показатели: интенсивность поражения (степень поражения корончатой ржавчиной) по шкале Петерсона (%), пораженность образца (степень распространения болезни) (%) и тип

реакции по шкале Мэрфи (балл/резистентность-восприимчивость). Учет проводили в фазу молочно-восковой спелости. Оценка поражения корончатой ржавчиной определяли у 10 растений в двух повторениях. Анализировали второй от метелки (предфлаговый) лист и метелку. Распределение сортов по группам устойчивости производили по данным средней степени поражения сорта [2]. Изучение продуктивности сортов осуществляли согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Корончатая ржавчина овса как вид была выделена Я. Эриксоном и Е. Хеннингсом на основе специализации поражения растений-хозяев [13]. Она поражает главным образом овес, а иногда и озимую рожь. Потери урожая от данного возбудителя по оценке специалистов могут составлять не менее 10–20%, а в годы эпифитотии – до 50–100% [3, 22]. В Канаде и США, где исследования по ржавчинным грибам проводятся с конца 19 века, ежегодные потери от ржавчины овса составляли от 2 до 4,5 млн долларов [3, 20].

В результате поражения этим заболеванием у растений происходит нарушение ассимиляции, понижение ферментативной активности, усиление транспирации, преждевременное усыхание листового аппарата, при этом снижается зимо- и засухоустойчивость, изменяются репродуктивные органы [13]. Семена, собранные с пораженных растений, худшего качества: становятся щуплыми и во время обмолота растений отходят вместе с мякиной. Одновременно ухудшаются кормовые качества соломы. Пораженная ржавчиной соломина буреет, становится сухой, хрупкой и полегает [2, 3, 13].

Овес восприимчив к корончатой ржавчине в течение всего периода вегетации: от фазы первого листа до момента полной спелости [13]. Болезнь диагностируется во второй половине вегетации овса. Симптомы проявляются на листьях, стеблях и метелках овса в стадии уредоспор в виде беспорядочно расположенных небольших пустул ржаво-красной или оранжевой окраски после вымывания и к началу налива зерна (рисунок).

Такие летние споры – уредоспоры – округлые или продолговатые, покрытые шипами, основание которых окружено валиком. Они развиваются под эпидермисом листа. Разорвав эпидермис, уредоспоры распыляются, разносятся ветром и, попадая в капельки воды на листья, заражают растения овса. В течение вегетационного периода уредоспоры образуют несколько поко-

лений [3, 4, 16]. К моменту созревания овса вокруг оранжевых подушечек уредоспор образуются черные пустулы зимних спор – телейтоспоры. Верхняя клетка телейтоспор имеет ряд выростов, напоминающих корону. Их основание окружено валиком. Отсюда происходит название болезни – корончатая ржавчина. Перезимовав, телейтоспоры прорастают и образуют базидиоспоры, которые располагаются на промежуточных растениях-хозяев (крушина слабительная, барбарис обыкновенный, повсеместно распространенные дикорастущие злаки), на которых гриб способен выживать. На этих растениях гриб формирует весенние споры – эцидиоспоры. Из эцидиоспор развиваются уредоспоры и цикл продолжается. Известно, что большая часть образующихся спор – 90% остается в пределах поля, и только оставшаяся незначительная их часть может быть унесена на более дальние расстояния [3].



Пораженные корончатой ржавчиной (*Puccinia coronata* Corda.) растения овса

Данный вид приспособлен к быстрому развитию. Каждая пустула может продуцировать споры в течение месяца, и их общее число достигает десятков тысяч. Кроме того, у корончатой ржавчины, видимо, отсутствует система самоограничения численности, известная у других ржавчинных грибов. Так, у *P. coronata* Corda. число пустул растет при увеличении концентрации спор вплоть до 1250 на 1 см² и тенденция к стабилизации не выявлена [13]. Все это свидетельствует о высокой агрессивности

возбудителя корончатой ржавчины, несмотря на относительно короткий период развития. Он может очень быстро повысить свою численность и причинить серьезный ущерб урожаю.

Интенсивность заражения овса эцидиоспорами и развития на растениях уредостадии корончатой ржавчины определяется благоприятными метеорологическими условиями. К таким относят повышенную (70–80%) относительную влажность воздуха с температурой не ниже 14–15 °С, а также чередование ясных дней с дождливыми [13]. Засушливыми сложились условия в летние периоды 2010 и 2012 гг. Дефицит осадков составил 50–59 и 22–78% соответственно. Поэтому развитие болезни имело пассивный характер. Метеорологические условия в 2011 году были провокационными для развития ржавчинных грибов. В период «цветение – молочная спелость» наблюдались повышенная влажность и обильные росы. Резкое чередование избыточно увлажненных декадных периодов (третья декада июня, первая декада июля, первая и вторая декады августа) с засушливыми или близкими к нормальным условиям увлажнения декадами (первая и вторая декады июня, вторая и третья декады июля) спровоцировало сильное проявление на растениях овса симптомов корончатой ржавчины. Температура была в пределах 16–19 °С. Такие условия способствовали проведению оценки сортов овса по устойчивости к возбудителю *Puccinia coronata* Corda.

Анализируя данные Филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Кемеровской области за прошедшие 30 лет, эпифитотии корончатой ржавчины (*Puccinia coronata* Corda) отмечены в Кемеровской области в 1983, 1988, 1996, 2001, 2011 годах.

Практически все используемые в производстве сорта овса, за исключением тех, которые созданы в последние годы, поражаются возбудителем. При этом, по оценке Н.А. Сурина [16], многие из них поражаются в сильной степени. Поэтому создание устойчивых сортов овса – одна из стратегических задач селекции культуры. Для ее решения необходимо найти высокоустойчивый исходный материал из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. Многочисленные исследования, проведенные в нашей стране, указывают, что источников устойчивости к корончатой ржавчине меньше, чем к пыльной и твердой головне. Многие сорта поражаются на 75–100% [9, 15, 16]. Среди культурных видов овса большей устойчивостью к возбудителю данной болезни обла-

дают формы *Avena byzantina* С. Koch. Среди форм *Avena sativa* L. такая устойчивость встречается реже [2, 10].

Таблица 1
Размах варьирования устойчивости овса к *Puccinia coronata* Corda (Кемеровская обл., 2010–2012 гг.)

Показатели	Год исследования		
	2010	2011	2012
Min-max восприимчивости сортов, %	0–36	0–84,7	0–43
Min-max поражения предфлагового листа, %	0–40	0–93,2	0–31,7
Min-max поражения метелки, %	0–26,3	0–78	0–16,5

Устойчивость к данному возбудителю контролируется 96 доминантными генами – Pс. Гены устойчивости к корончатой ржавчине идентифицированы у различных видов овса: диплоидного *A. strigosa*, тетраплоидных *A. abyssinica*, *A. barbata*, *A. magna*, гексаплоидных *A. sativa*, *A. byzantina* и *A. sterilis*. Всего у культурных гексаплоидных видов выделено более 30 аллелей

генов устойчивости, у дикорастущих гексаплоидных – более 30, у тетраплоидов – 3 и у диплоидов – 12 [8]. Установлено, что эффективный ген Pс-5 локализован в 7-й хромосоме [8, 10, 21].

Фитопатологическая оценка устойчивости коллекционных сортов овса из генофонда ВИР им. Н.И. Вавилова к корончатой ржавчине позволила выделить российским ученым новые генетические источники иммунитета к заболеванию, вызываемому данным возбудителем:

– Pluton (Чили) и IL-85-1538 (к-14732), H-833 (к-14733), Sturgy, Ensiler, Horicon из США [1];

– AC Assiniboia (Канада), Vista (США) [18];
– S. Romao (Португалия), PI 508099 (США), L-15 (Колумбия), Nugene, Possum, Volta, Kangaroo, Mitika (Австралия) [12];

– Монар (Томская область); N 68322 (Швеция); Polodia, Lupus, Lutz (Германия); Cravache (Франция); Calvin (Швейцария); Grizly (Канада), Borowiak (Польша), Bet-tong (Австрия) [17];

– Portuguesa (Бразилия), Criolla saltena (Аргентина) [6, 7].

Таблица 2
Устойчивые и толерантные к *Puccinia coronata* Corda сорта овса (Кемеровская обл., 2011 г.)

Название образца (сорт, линия)	Происхождение	Интенсивность поражения (степень поражения корончатой ржавчиной)			Устойчивость к поражению, балл, 1–9	Тип реакции, балл	Пораженность образца (степень распространения болезни), P, 0–4		Урожайность, г/м ²
		предфлагового листа, %	метелки, %	балл, 1–9			%	группа	
Фобос	Россия	74,92	9,0	9	1	4/S	22,6	2	614
Мегион	Россия	72,7	15,2	9	1	4/S	26,0	2	593
Ровесник	Россия	76,92	13,50	9	1	4/S	52,7	3	565
Львовский 1026	Курская область	38,95	15,0	8	1	4/S	8,3	1	507
Azur	Чешская Республика	55,58	0	8	1	4/S	7,5	1	644
Palini	Греция	0	0	0	9	0/R	0	1	282
Brawn	США	0	0	0	9	0/R	0	1	529
Seizure	США	32,33	2,0	7	3	3/S	9,2	1	417
Belle	США	38,05	37,50	7	3	3/S	13,0	2	969
Burt	США	12,75	0	5	5	2/S	4,2	1	662
Vista	США	9,40	2,50	5	5	2/R	25,3	2	301
Navarro	США	69,30	6,0	9	1	4/S	5,1	1	829
Toodyay	Австралия	3,80	0	3	7	1/R	3,9	1	384
Wandering	Австралия	48,90	2,50	8	1	4/S	3,8	1	441
69 Q 04	Австралия	16,30	1,50	6	5	2/S	5,0	1	355
НСР ₀₅									25,5

Отмечена достаточно высокая жесткость естественного инфекционного фона по ржавчинным грибам в Кемеровской области в 2011 году по сравнению с 2010 и 2012 годами изучения (табл. 1). Оценка поражения коллекции овса корончатой ржавчиной показала высокий размах варьирования по восприимчивости сортов к данному возбудителю (0–84,7%) при сильном варьировании интенсивности поражения второго от метелки (предфлагового) листа (0–93,2%) и метелки (0–78%). Группа устойчивых образцов (количество восприимчивых растений в популяции до 10%) составила 19,6% от числа изученных. При этом по типу реакции они были отнесены как к устойчивым (R), так и к восприимчивым (S) растениям. Доля слабовосприимчивых (2 группа) сортов составила 37% с типами реакции R-S. Все средне восприимчивые (3 группа) сорта (39%) были интенсивно поражены возбудителем от 41,2 до 63,4% и отнесены к S-сортам. Группа сильно восприимчивых сортов была малочисленной и составила 3,9% от числа изученных. Стандартные сорта были неперспективными по отношению к корончатой ржавчине. Входя в слабо- (Фобос, Мегион) и средневосприимчивую (Ровесник) группы по типу реакции, они отнесены к восприимчивым (S) генотипам с очень высокой интенсивностью поражения листьев – до 72–77%, метелки – 9–15%.

В полевых условиях только два генетических источника – Palini из Греции и Brawn из США – являлись высокоиммунными к возбудителю *Puccinia coronata* Corda. В популяции данных сортов присутствует вид *Avena byzantina* C. Koch., обладающий, по мнению И.Г. Лоскутова [10], устойчивыми к возбудителю формами. Резистентным типом реакции (1, 2 балла, поражённость до 10%) обладали сорта Toodyau (Австралия) и Vista (США), относящиеся по восприимчивости к группе устойчивых и слабовосприимчивых сортов соответственно. Они также могут быть предложены для селекции в качестве генетических источников устойчивости к корончатой ржавчине. Такие сорта, как Seizure, Burt, Navarro (США); Wandering, 69 Q 04 (Австралия), хотя и отнесены к устойчивым и Belle – к слабовосприимчивым с количеством восприимчивых растений в популяции не более 13%, имели значительное поражение листьев (12,75 – 69,30%) и метелки (1,5–37,5%) (табл. 2).

В селекции наибольшее значение имеет исходный материал, сочетающий устойчивость к биотическим стрессам с высокой

урожаем. Поэтому определяли косвенный показатель устойчивости – толерантность, которая выражается значением урожайности с единицы площади. Выносливость не расоспецифична, то есть урожай сохраняется при поражении любой расой или популяцией гриба. Она является количественным признаком и обусловлена многими генами [5].

Толерантностью отличались четыре сорта овса пленчатого типа: Azur (Чехия), Belle, Burt, Navarro (США) (табл. 2), являясь восприимчивыми по типу реакции (S, 2, 3 балла) и имея небольшое число пораженных корончатой ржавчиной растений (4,2–13%), урожайность их изменялась от 662 г/м² до 969 г/м², что на уровне или достоверно выше самого лучшего стандарта Фобос на 215–335 г/м² или на 35–55%.

Заключение

Устойчивость растений овса к инфекционным заболеваниям должна рассматриваться как одно из первостепенных биологических свойств в ходе оценки исходного материала. Только иммунные сорта могут полно реализовать потенциал продуктивности и обеспечить высокое качество зерна.

Выделенные генетические источники иммунитета к заболеванию (Palini, Греция; Brawn, США), сорта с резистентным типом реакции (Toodyau, Австралия; Vista, США), толерантные сорта (Azur, Чешская Республика; Belle, Burt, Navarro из США) перспективны для селекции овса на иммунитет к *Puccinia coronata* Corda.

Список литературы

1. Васюкевич С.В. Эффективное использование коллекционных образцов овса в условиях Западной Сибири / С.В. Васюкевич, Н.Г. Смишук, Т.И. Гордиевских // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР, 2009. – Т. 165. – С. 191–194.
2. Гулятьева Е.И. Ржавчинные болезни зерновых культур / Е.И. Гулятьева, О.В. Солодухина // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие. – М., 2008. – С. 5–31.
3. Дмитриев А.П. Ржавчина овса / А.П. Дмитриев. – СПб.: ВИЗР, 2000 – 112 с.
4. Дьяков Ю.Т. Общая фитопатология с основами иммунитета / Ю.Т. Дьяков, И.Т. Семенкова, Г.Д. Успенская. – М.: Колос, 1976. – С. 238.
5. Жуйкова О.А. Изучение генетических ресурсов на устойчивость к корончатой ржавчине в Северо-Восточном селекцентре / О.А. Жуйкова, Г.А. Баталова, Т.К. Шешегова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР. – 2009. – Т. 165. – С. 197–207.
6. Комарова Г.Н. Изучение исходного материала овса в таежной зоне Западной Сибири / Г.Н. Комарова, А.В. Сорокина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР, 2013а. – Т. 171. – С. 218–223.
7. Комарова Г.Н. Результаты изучения исходного материала овса для селекции в таежной зоне Западной Сибири / Г.Н. Комарова, А.В. Сорокина // Генофонд и селекция

растений в 2 т.: Полевые культуры: доклады и сообщения I Международной научно-практической конференции (пос. Краснообск, 9–13 апреля 2013 г.) / Новосибирск, 2013б. – Т. 171. – С. 274–282.

8. Лоскутов И.Г. Генетическая коллекция овса / И.Г. Лоскутов // Идентифицированный генофонд растений. – СПб.: ВИР, 2005. – С. 773–782.

9. Лоскутов И.Г. Итоги и перспективы исследований мировой коллекции овса, ржи и ячменя / И.Г. Лоскутов, В.Д. Кобылянский, О.Н. Ковалева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР, 2007. – Т. 164. – С. 80–100.

10. Лоскутов И.Г. Овёс (*Avena L.*) Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность / И.Г. Лоскутов // СПб.: ВИР, 2007. – С. 199–217.

11. Лоскутов И.Г. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / И.Г. Лоскутов, О.Н. Ковалева, Е.В. Блинова – СПб.: ВИР, 2012. – С. 7–12, 17–22.

12. Лоскутов И.Г. Генетические ресурсы овса для перспективных направлений селекции / И.Г. Лоскутов, Е.В. Блинова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР, 2013. – Т. 171. – С. 42–46.

13. Родионова Н.А. Культурная флора. / Н.А. Родионова, В.Н. Солдатов, В.Е. Мережко [и др.] // Овес. – М.: 1994. – Т. 2, Ч. 3. – С. 44–56.

14. Свиркова С.В. Болезни овса в Западной Сибири / С.В. Свиркова // Современные тенденции в сельском хозяйстве: II Международная научная Интернет – конференция: материалы конф. (Казань, 10–11 октября 2013 г.): в 2 т. / Сервис виртуальных конференций Рах Grid; сост. Синяев Д.Н. – Казань: ИП Синяев Д.Н., 2013. – Т. 1. – С. 65–70.

15. Солдатов В.Н. Устойчивость сортов овса коллекции ВИР к основным болезням в Западной Сибири / В.Н. Солдатов, Г.Л. Петров // Научно-технический бюллетень. – СПб.: ВИР. – Вып. 201. 1990. – С. 52–62.

16. Сурин Н.А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овёс). – Новосибирск, 2011. – С. 180–211, 483–495, 535–553, 606–632.

17. Фомина М.Н. Генетические источники для реализации основных направлений селекции овса в Северном Зауралье / М. Н. Фомина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР, 2013. – Т. 174. – С. 143–148.

18. Шешегова Т.К. Источники устойчивости овса и ячменя к болезням и их использование в селекции в НИИСХ Северо-Востока / Т.К. Шешегова, Т.П. Градобоева, Г.А. Баталова, И.Н. Щенникова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб.: ВИР, 2013. – Т. 171. – С. 64–69.

19. Abstracts of oral and poster presentation. 10-th international oat conference: N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR). – SPb: ООО «Р-КОПИ». – 2016. – 204 p.

20. Fleischmann G. Buthorn increases losses from crown rust of oats. /G. Fleischmann, F.J. Zillinsky // Canada agricultur. – 1967. – V. 12, – № 4. – P. 22–23.

21. Marshall H.G. Genetic and Inheritance in oat // Oat Science and Technology. Ed. by / H.G. Marshall, G.E. Shaner // Agronomy. – 1992. – № 33. – P. 509–571.

22. Sebesta J. Fyciologicke rasy *Puccinia coronata* Corda var. *avenae* Fraser et Led v Ceskoslovensku. v letech 1967 a 1968 / J.Sebesta // Ochrana rostlin. – 1973. – V. 9. – № 2. – P. 89–94.

УДК 631.3/4 (571.3)

К ОЦЕНКЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПАШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮГА РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

¹Суржик М.М., ²Ознобихин В.И., ¹Черняк Д.М., ³Чеканникова Т.А.

¹ФГБУ «Горнотаежная станция им. В.Л. Комарова» ДВО РАН, Горнотаежное,
e-mail: mariams2003@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», Уссурийск,
e-mail: oznobikhin@yandex.ru;

³ООО «Экохоз», Уссурийск, e-mail: tatiana.chekanni@mail.ru

Проведен критический анализ и отбор критериев снижения почвенного плодородия и деградации пашенных почв. Существующие критерии сгруппированы и дополнены фитосанитарными, культуртехническими и организационно-хозяйственными. Дополнена качественная характеристика состояния почв и земель, позволяющая определить уровень деградации от нулевого до катастрофического. Предложены количественные показатели деградации почв для определения экологического состояния и уровня деградации применительно к югу российского Дальнего Востока, которые позволят установить проявление различных деструкционных процессов. Обнаружена существенная неточность в законодательно закрепленных критериях оценки почвенного плодородия, где указано, что снижение кислотности почв на 10% является показателем снижения почвенного плодородия. Однако в условиях Приморского края, где почвы преимущественно кислые, критерием снижения почвенного плодородия является повышение кислотности почв. Предложено внести поправки в критерии оценки почвенного плодородия – повышение кислотности почв на 10% является показателем снижения почвенного плодородия. В условиях юга Дальнего Востока, значительное влияние на почвенное плодородие оказывают эрозийные процессы. Предложено расширить перечень критериев снижения плодородия и ввести показатели мощности и плотности гумусового (пахотного) слоя. Считать существенным уменьшение гумусового (пахотного) слоя на 25% и более и увеличение плотности на 20%. Для контроля за снижением почвенного плодородия необходимо при передаче прав на земельный участок обязательно проводить почвенное обследование. Разработать регламент использования земель сельскохозяйственного назначения, который должен содержать все необходимые мероприятия для предотвращения деградации почв и земель. С целью контроля за исполнением регламента использования земель необходимо проводить контрольное обследование на основные показатели почвенного плодородия.

Ключевые слова: пашня, почвенное плодородие, деградация, критерии, контроль

TO ASSESS OF SOIL FERTILITY ARABLE LANDS OF SOUTH RUSSIAN FAR EAST

¹Surzhik M.M., ²Oznobikhin V.I., ¹Chernyak D.M., ³Chekannikova T.A.

¹Mountain-Taiga Station named about V.L. Komarov FEB RAS, Gornotaiozhnoye,
e-mail: mariams2003@mail.ru;

²Primorye State Agricultural Academy, Ussuriisk, e-mail: oznobikhin@yandex.ru;

³Agricultural enterprise «Ecokhoz», Ussuriisk, e-mail: tatiana.chekanni@mail.ru

The critical analysis and selection criteria, reducing soil fertility and soil degradation of arable lands. Existing criteria are grouped and added phytosanitary, land clearance, organizational and economic. Supplemented qualitative characteristics of soil and land, allowing to determine the level of degradation from zero to catastrophic. The quantitative indicators of soil degradation to determine the environmental conditions and the level of degradation in relation to the south of the Russian Far East, which will allow to establish the manifestation of various destructive processes. A substantial error in the legislation set out criteria for the evaluation of soil fertility, which states that the reduction of soil acidity by 10% is an indicator of decline of soil fertility. However, in the Primorye Region, where the soils are predominantly acidic, criterion reduction of soil fertility is to increase soil acidity. It is proposed to amend the criteria for the evaluation of soil fertility – improving the soil acidity by 10% is an indicator of decline of soil fertility. It is proposed to expand the list of criteria to reduce fertility and enter the parameters of capacity and density of the humus (arable) layer. Recognize significant decrease in humus (arable) layer by 25% or more and an increase in density by 20%. To control the decline of soil fertility is necessary for the transfer of rights to a land plot is required to conduct soil tests.

Keywords: tillable, soil fertility, degradation, criteria, control

Контроль за качественным состоянием пахотных угодий имеет принципиально важное значение для эффективного ведения сельскохозяйственного производства. Многие процессы антропогенного и природного характера наносят существенный ущерб почвенному покрову, что особенно проявляется на пахотных угодьях. Юг Дальнего

Востока отличается специфичностью почвенно-климатических условий. Поэтому оценка качественного состояния почв и степени проявления деградационных процессов требует учёта местных, то есть региональных условий. Актуальным является выявление состава деградационных процессов, а также причин и особенностей их

проявления [11], поскольку с этим связана эффективность работы контролирующих органов и судебной практики в области охраны земельных и почвенных ресурсов. Это же является и одной из важнейших современных проблем мониторинга земель сельскохозяйственного назначения [6].

Цель исследования: провести критический анализ практического применения существующих градаций почвенного плодородия и оценки ухудшения экологической обстановки земель сельскохозяйственного назначения. Отобрать наиболее показательные (эффективные) критерии оценки, откорректировать шкалу оценки деградации почв.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования нами выбраны земли сельскохозяйственного назначения Приморского края. На данном этапе работ нами предпринята попытка выявить виды деградации земель на основе опубликованных данных и предшествующих исследований авторов [1–5, 7–10, 12, 13]. На основе этого показать слабые места в существующей системе критериев оценки деградационных процессов и предложить вариант применительно к югу Дальнего Востока.

Результаты исследования и их обсуждение

Общепринято выделять три типа деградации почв: физическая, химическая и биологическая [2]. Однако только ими не ограничивается разнообразие деградационных процессов, поэтому предлагается дополнить вышеперечисленные типы деградации явлениями, имеющими широкое распространение в аграрном секторе: фитосани-

тарная, культуртехническая, организационно-хозяйственная, мелиоративная.

Впервые наиболее развернутая обоснованная характеристика состояния почвенного покрова в экосистемах и возможности хозяйственного использования земель в соответствии с их природно-хозяйственной значимостью была представлена В.Н. Шептуховым с соавторами [13]. Нами она модифицирована и взята в качестве базовой (табл. 1).

Качественная характеристика состояния почв и земель по степени деградации дана для двух групп земель: природных биогеоценозов и агроценозов. В том и другом случае деградированные почвы являются объектом экологической опасности, так как нарушают сложившееся экологическое равновесие и биогеоценогические связи. Всё это приводит к ухудшению состояния и сопредельных сред, а также социальных условий. Здесь имеет смысл обсудить термины «нарушенные» и «деградированные» почвы: цитируемой выше работе они применяются на уровне синонимов. Однако, как нам это представляется, нарушения не всегда сопровождаются деградацией, т.е. в прямом смысле термина – ухудшением свойств. Недостатком приведенной в таблице характеристики является то, что в ней недостаточно полно представлены показатели состояния земель для каждого уровня деградации, что было бы важно для более четкого разграничения уровней деградации. Приведенные показатели дают только качественную характеристику экологического состояния земель, их необходимо дополнить количественными показателями.

Таблица 1

Характеристика степени деградации земель
(по Шептухову и др. [13] с изменениями и дополнениями)

Индекс деградации	Уровень деградации	Качественная характеристика состояния почв и земель	
		Природные биогеоценозы (БГЦ)	Агроценозы
1	2	3	4
0	нулевой (не деградированные)	нет признаков неблагоприятных экологических последствий	отсутствие ограничений эффективного хозяйственного использования
1	слабый	признаки угнетения отдельных звеньев БГЦ	снижение продуктивности, использование земель в сельхозпроизводстве без ограничений
2	средний	угнетены	использование земель малоэффективно из-за низкого плодородия почв и неудовлетворительного качества продукции
3	высокий	сильно угнетены БГЦ, угнетены даже искусственные насаждения	нецелесообразность использования из-за низкого плодородия почв и плохого качества продукции
4	катастрофический	очень сильно угнетены БГЦ – из-за их крайне низкой биопродуктивности	ограниченность использования для жизнедеятельности и размещения производства и жизнеобеспечения

Таблица 2

Показатели деградации почв (по Шептухову и др. [13], с изменениями и дополнениями по [3, 4, 5, 7, 8, 9, 12])

Показатели	Ед. измерения	Уровень деградации				
		0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
Площадные показатели						
Площадь обнаженной поверхности с почвообразующей или подстилающей породой, от общей площади	%	< 2	2–8	8–15	15–25	> 25
Площадь выведенных из землепользования кормовых угодий от общей площади	%	< 10	10–20	20–40	40–70	> 70
Увеличение площади средне- и сильноэродированных почв в год	%	< 0,5	0,5–1,5	1,5–3,0	3–5	> 5,0
Проективное покрытие пастбищной растительности, от зональной	%	> 90	60–90	30–60	30–10	< 10
Морфометрические показатели почвенного профиля						
Мощность плодородного слоя (A1)	%	< 5	5–25	25–50	50–75	> 75
Мощность почвенного профиля (A1 + B)	%	< 5	5–25	25–50	50–75	> 75
Мощность абиотического слоя (Iaб) по сравнению с A1	см	< 5	5–15	15–25	25–40	> 40
Мощность дефляционного неплодородного наноса (Idф)	%	< 2	5–15	15–25	25–40	> 40
Глубина провалов при суффозии	см	< 20	20–60	60–120	120–200	> 200
Глубина размывов и водороев	см	< 20	20–60	60–120	120–200	> 200
Расчленённость оврагами	км/км ²	< 0,1	0,1–0,8	0,8–1,6	1,6–2,5	> 2,5
Сработка торфа	мм/год	< 1	1–13	13–26	26–40	> 40
Культуртехнические характеристики						
Каменистость	%	< 5	5–20	20–45	45–70	> 70
Закочкаренность	%	< 5	5–25	25–50	50–75	> 75
Закустаренность	%	< 5	5–25	25–50	50–75	> 75
Залесённость	%	< 5	5–25	25–50	50–75	> 75
Гидрологические:						
Поднятие уровня пресных почвенно-грунтовых вод с минерализацией менее 1 г/л	м	> 1	1–0,8	0,8–0,5	0,5–0,3	< 0,3
Поднятие уровня минерализованных (более 3 г/л) грунтовых вод	м	> 7	7–5	5–3	3–2	< 2
Продолжительность затопления (поверхностного переувлажнения)	дней	< 3	3–5	5–10	10–20	> 20
Физические и гидрофизические свойства почв						
Плотность (равновесная плотность сложения пахотного слоя почвы)	г/см ³	< 1,0	1–1,3	1,3–1,4	1,4–1,5	> 1,5
Физическая глина от массы исходной	%	< 5	5–10	10–20	20–32	< 32
Межагрегатная пористость	%	> 0,2	0,2–0,14	0,14–0,08	0,08–0,02	< 0,02
Внутриагрегатная пористость	%	> 0,3	0,3–0,25	0,25–0,2	0,2–0,15	< 0,15
Коэффициент фильтрации	м/сут	> 1,0	1–0,7	0,7–0,3	0,3–0,01	< 0,01
Химические и физико-химические свойства почв						
Гумус, элементы питания, энергозапасы в профиле от исходного состояния	%	< 10	10–25	25–50	50–80	> 80
Обменный Na от ёмкости обмена	%	< 1	1–3	3–5	5–10	> 10
Обменный Mg от ёмкости обмена	%	< 40	40–50	50–60	60–70	> 70
Сумма токсичных солей в Апах (пахотном) горизонте	%	< 0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,5	> 0,5

Таблица 3

Критерии существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения (по Постановлению Правительства РФ от 22 июля 2011 г. № 612 «Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» переработанные и дополненные)

№ п/п	Показатель	Ед. измерения	Величина относительного существенного изменения, %	Снижение/увеличение
1	Мощность гумусового (пахотного) слоя	см	25	снижение
2	Плотность гумусового (пахотного) слоя	г/см ³	20	увеличение
3	Содержание органического вещества (гумуса)	%	15	снижение
4	Показатель кислотности	pH _{КСЛ}	10	снижение
5	Содержание подвижного фосфора	мг/кг почвы	25	снижение
6	Содержание обменного калия	мг/кг почвы	25	снижение

Рассматриваемые В.Н. Шептуховым с соавторами [13] 32 показателя деградации почв сгруппированы нами в площадные, морфометрические, физические и гидрофизические, химические и физико-химические. В группе показателей химических свойств отсутствуют вещества-загрязнители: нефть и нефтепродукты, биоциды, тяжелые металлы, деградация от влияния которых имеет широкое распространение, но данные по которым практически отсутствуют. Безусловно, в эту группу необходимо включить и химические показатели плодородия почв сельскохозяйственных угодий, прошедшие проверку в местных условиях.

Приведенные показатели, характеризующие уровни деградации, являются средними для почв и земель юга Дальнего Востока. Они могут быть использованы для оценки экологического состояния земель и позволяют по количественным характеристикам устанавливать экологическое состояние и уровень деградации почв и земель при различных проявлениях деструкционных процессов (табл. 2).

Существующие критерии снижения почвенного плодородия законодательно закреплены Постановлением Правительства РФ от 22 июля 2011 г. № 612 «Об утверждении критериев существенного снижения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». Анализ документа выявил ряд существенных недостатков.

Во-первых, для оценки почвенного плодородия согласно Постановлению представлен очень ограниченный набор критериев. В условиях юга Дальнего Востока, где значительное влияние на почвенное плодородие оказывают эрозионные про-

цессы, необходимо ввести показатель мощности и плотности гумусового (пахотного) слоя. Считать существенным уменьшение гумусового (пахотного) слоя на 25 % и более и увеличение плотности на 20 %.

Во-вторых, следует обратить внимание на то, что в качестве критерия существенного снижения почвенного плодородия указано именно «снижение кислотности в кислых почвах на 10 процентов или более». Общеизвестно, что для почв, в особенности для кислых, негативным фактором плодородия является **повышение** кислотности. Снижение этого показателя, равно и мероприятия, этому способствующие, к которым относится известкование кислых почв, являются фактором повышения плодородия почв [12].

В-третьих, не указано, относительно чего определяется снижение плодородия, то есть нет точки отсчета или временного периода, в котором происходит изменение почвенного плодородия. Если учитывать, что точкой отсчета будут являться показатели почвенного плодородия на момент оформления прав на землю, то таких требований в современном земельном законодательстве не существует. Фоновое содержание основных питательных веществ либо данные последнего тура агрохимического обследования для этой цели не подходят вследствие значительного варьирования показателей плодородия и локального отбора проб. Практически эта проблема предстает на примере оперативных отчетов Россельхознадзора о выявленных нарушениях земельного законодательства, где существует формулировка, согласно которой непредоставление данных агрохимического обследования расценивается как нанесение ущерба почвенно-

му плодородию. Однако, «агрохимическое обследование» и «почвенное плодородие» в этом случае могут быть связаны только через сравнение показателей, а поскольку не с чем сравнивать, то фактически ущерб и тем более его масштабы не доказуемы.

Поэтому предлагается при совершении сделок с земельными участками сельскохозяйственного назначения (оформление собственности, владения и пользования, аренды сроком на 5 лет и более) обязывать землевладельцев (землепользователей) проводить полное обследование земель и делать заключение об их состоянии на основе вышеприведенных показателей (табл. 2). Кроме этого, разработать регламент использования земель сельскохозяйственного назначения, который должен содержать все необходимые мероприятия для предотвращения деградации почв и земель. С целью контроля за исполнением регламента использования земель необходимо проводить контрольное обследование на основные показатели почвенного плодородия, предлагаемые нами на основании уточненных критериев оценки почвенного плодородия (табл. 3).

Контроль за исполнением регламента использования земель рекомендуется осуществлять 1 раз в 5 лет, то есть землевладелец (землепользователь) должен будет предоставлять данные обследования почв (рекомендуемые в табл. 2). В том случае, если он не предоставит такие данные, на него обоснованно может быть наложен штраф. Если при сравнении исходных и контрольных показателей произошло снижение плодородия почв и ухудшение экологического состояния земель, то в этом случае обосновано применение норм земельного законодательства в зависимости от степени проявления деградационных процессов и, соответственно, величины ущерба.

Выводы

1. Анализ современной системы критериев снижения плодородия и ухудшения экологической обстановки на землях сельскохозяйственного назначения показал ряд существенных недостатков, а именно: недостаточное обоснование величин градаций, отсутствие в перечне показателей ряда существенных свойств почв, определяющих их плодородие, недостаточный учет местных региональных условий, требующих модификации методов определения ряда показателей плодородия, неполный учёт состояния почв при мониторинге земель.

2. К показателям снижения плодородия и ухудшения экологической обстановки на

землях сельскохозяйственного назначения для условий юга Дальнего Востока должны относиться: содержание органического вещества (гумуса), содержание подвижного фосфора, обменного калия, мощность пахотного (гумусированного) горизонта и его плотность. Для объективной оценки изменения плодородия почв логично перейти от использования изменения концентраций к изменению запасов.

3. При совершении сделок с земельными участками сельскохозяйственного назначения (оформление собственности, владения и пользования, аренды сроком на 5 лет и более) предлагается обязывать землевладельцев (землепользователей) проводить полное обследование земель, которое в последующем будет использоваться в качестве контрольных данных.

Список литературы

1. Бортин Н.Н. Положение по регулированию хозяйственной деятельности на территории Приморского края, подверженной наводнениям [Текст] / Н.Н. Бортин, С.А. Лобанов, В.И. Ознобихин. – Владивосток: ДВФ РосНИИВХ, 1996. – 32 с.
2. Дербенцева А.М. Рекультивация деградированных почв (оценка степени деградированности почв): методические указания [Текст] / А.М. Дербенцева, А.М. Ивлев. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1996. – 8 с.
3. Донцов А.В. Региональные аспекты эрозии сельскохозяйственных земель и землепользования Амурской области [Текст] / А.В. Донцов, С.А. Родоманская, В.А. Широков. – Благовещенск: ДальГАУ, 2010. – 267 с.
4. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Анализ состояния почвенного покрова сельскохозяйственной зоны юга Дальнего Востока [Текст] // Доклады российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 2. – С. 33–35.
5. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Почвенные ресурсы Приморского края и рационализация их использования // Вестник ДВО РАН. – 1993. – № 4–5. – С. 28–36.
6. Мухина Н.В. Мониторинг агрогенных почв [Текст] / Н.В. Мухина, В.И. Ознобихин. – Уссурийск: ПГСХА, 2014. – 124 с.
7. Онищук В.С., Харина С.Г. Оценка экологического состояния почв сельхозугодий Амурской области [Текст] // Проблемы Верхнего Приамурья. – 1995. – Вып. 2. – С. 63–72.
8. Синельников Э.П., Ознобихин В.И. Оценка интенсивности антропогенного воздействия на свойства почв [Текст] // Научные и прикладные вопросы мониторинга земель Дальнего Востока. – Владивосток, 1993. – С. 185–193.
9. Синельников Э.П. Агрогенезис почв Приморья [Текст] / Э.П. Синельников, Ю.И. Слабко / Под ред. акад. А.К. Чайка. – М.: ВНИИА, 2005. – 280 с.
10. Суржик М.М. Природно-агрогенные почвенные катены юго-западной части Приморья [Текст] / М.М. Суржик, А.М. Дербенцева, Н.А. Рыбачук. – Уссурийск: ДВФУ, 2014. – 164 с.
11. Суржик М.М., Ознобихин В.И., Чеканникова Т.А. Оценка существующих критериев снижения плодородия и ухудшения экологической обстановки на землях сельскохозяйственного назначения [Текст] // Агротехнологии в мировом земледелии: матер. Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием (Уссурийск, 21–22 марта 2014 г.) – Уссурийск, 2014. – С. 195–204.
12. Федчун А.А. Извешкование почв в Приморском крае [Текст]. – Владивосток: ПГСХА. – 1997. – 116 с.
13. Шептухов В.Н., Решетина Т.В., Березин П.Н. О совершенствовании оценки процессов деградации почв [Текст] // Почвоведение. – 1997. – № 7. – С. 799–805.

УДК 633.3 + 581.524.12

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНИХ АГРОЦЕНОЗОВ**Тюлин В.А., Сутягин В.П.***ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь,
e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru*

Функционирование растительного ценоза зависит от конкурентных отношений между видами растений, уровня минерального питания, засоренности, состава травосмеси. Корреляционно-регрессионный анализ данных участия видов злаковых трав в травосмесях позволил установить, что повышение уровня минерального питания увеличивает тесноту связи между участием видов, в меньшей степени это выражено для тройной смеси. Функциональная зависимость ($r = -0,984, -0,997$) при N60P60K80, N40P90K120 для участия ежи сборной (x_0) и тимофеевки луговой (x_3) в двойной травосмеси. Связь между участием видов и уровнем удобрения изменяется по фазам развития. В среднем за четыре года в фазу начала трубкования выявлена умеренная отрицательная связь между весенними дозами азотных удобрений и участием в травостое ежи сборной и овсяницы луговой. В фазы начала выметывания и начала цветения наблюдается тесная связь изменений доз аммиачной селитры и количества ежи сборной (коэффициент корреляции больше 0,70). По всем фазам отмечена положительная сопряженность изменений урожайности и участия ежи сборной. Самый высокий коэффициент корреляции ($r = 0,93$) в фазу начала выметывания. Установлено, что в посевах клеверов и трав первого года пользования многолетние сорняки представлены в основном бодяком полевым, осотом желтым, пыреем ползучим. К третьему и четвертому году пользования флористический состав представлен одуванчиком лекарственным, лапчаткой гусиной, васильком луговым, подорожником большим, пыреем ползучим и другими видами. Внесение минеральных удобрений вызывает сокращение доли клевера в агрофитоценозе, место которого занимают злаки и сорняки, т.е. происходит выпадение клевера уже в первый год пользования. Увеличение продолжительности использования многолетних трав сопровождается устойчивой тенденцией в ботаническом составе сокращением клевера и повышением доли овсяницы луговой, мятлика лугового, ежи сборной.

Ключевые слова: севооборот, фитоценоз, минеральные удобрения, многолетние травы, ячмень, сорные растения, фосфорные удобрения, калийные удобрения, ежа собранная, овсяница луговая, тимофеевка луговая, первый укос, второй укос, третий укос, урожай культур, агроценоз, бобовый компонент, клевер

PHYTOCENOTIC FEATURES PERENNIAL AGROCENOSSES**Tyulin V.A., Sutyagin V.P.***Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru*

The operation of the plant cenosis depends on competitive relationships between species Rusty tions, level of mineral nutrition, weed, grass mixture composition. Correlation and regression analysis of data types participation grasses in mixtures revealed that increasing the level of mineral nutrition increases closeness between participation svyazi species, to a lesser extent, this is expressed to a ternary mixture. The functional dependence ($r = -0,984, -0,997$) at N60R60K80, N40R90K120 to participate cocksfoot (x_0 , and timothy grass (x_3) in double mixtures connection between the participation of the types and levels of fertilizer varies according to the phases of development of the average in the phase of four years. start booting found moderate negative correlation between spring doses of nitrogen fertilizers and participation in the stand cocksfoot and meadow fescue. in the beginning phase and the beginning of the buttonhole bloom there is a close relationship changes doses of ammonium nitrate and the amount of cocksfoot (correlation coefficient greater than 0,70). For all phase conjugation noted positive changes in productivity and participation cocksfoot. The highest correlation coefficient ($r = 0,93$) in the beginning phase of the buttonhole. It was found that the crops of clover and grasses of the first year of using perennial weeds are mainly represented by creeping thistle, sow thistle yellow, couch grass creeping. By the third and fourth year of use floristic composition presented dandelion, bloodroot goose, cornflower meadow, plantain, couch grass and other species. Adding fertilizer is co-reduction in the proportion of clover in agrophytocenosis, whose place is occupied by grasses and weeds, ie there is loss of clover in the first year of use. Increasing the duration of use of perennial grasses is accompanied by a stable trend in the reduction of the botanical composition of the adhesive-belief and increase the share of meadow fescue, meadow grass, cocksfoot.

Keywords: crop rotation, phytocenosis, fertilizers, perennial grass, barley, weeds, phosphate fertilizer, potash fertilizer, orchard grass, fescue, timothy grass, the first mowing, the second mowing, mowing the third, harvest crops, agrocnosis, bean component, clover

Устойчивое функционирование многолетних агроценозов зависит от фитоценологических особенностей популяций высших и низших организмов и от количества энергии, поступающей в почву с органическим веществом. Изучение ценологических особенностей многолетних трав является теоретической основой составления травосмесей.

Исследованием травосмесей (подбор видов трав, число компонентов, норма высева, удобрение и использование травостоев различного ботанического состава) занимались многие луговоды [1, 2, 11].

Г.С. Скоблин (1972) указывает, что овсяница луговая в меньшей степени, чем другие злаки, угнетается ежой сборной.

В исследовании Л.Г. Козловой (1984) конкурентоспособность овсяницы луговой определяется интенсивностью скашивания. При 2- и 4-кратном отчуждении надземной массы и полном минеральном удобрении в посевах малокомпонентных травосмесей основу травостоя составляют тимopheевка и овсяница луговая.

Повышенные нормы минеральных удобрений обостряют конкурентные взаимоотношения. Процесс формирования травостоя идет во времени быстрее. По данным В.П. Лопатина (1984), в травостое лугоовсянника с ежегодным двукратным скашиванием при воздействии удобрений резко повышаются конкурентоспособность нитрофилы: пырей ползучий, купырь лесной; в меньшей степени эумезофиты: тимopheевка луговая и мятлик луговой и совсем незначительно овсяница луговая.

Сорный компонент агрофитоценоза в земледелии имеет противоречивый характер воздействия на экологию и на экономику возделывания полевых культур. С одной стороны, сорные растения оказывают отрицательное влияние на продуктивность агрофитоценоза и подлежат уничтожению агротехническими, химическими и биологическими методами. С другой стороны, сорные растения оставляют растительные остатки в почве, расширяют видовой состав агрофитоценоза и повышают устойчивость экосистемы [3, 4, 5, 8], отмечают их высокую конкурентную способность по сравнению с сорняками. Поэтому стратегическим направлением в борьбе с сорной растительностью является поддержание обилия сорняков на экономически безопасном уровне и имеет экологическую направленность.

Взаимоотношения многолетних трав в нашем эксперименте начинаются с первого года жизни, с первых дней после посева и определяются в известной мере компонентами травосмеси. В исследованиях полевая всхожесть ежи сборной колебалась от 30% до 50%, в зависимости от состава смеси. Всхожесть ежи сборной выше в смеси с тимopheевкой, ниже в тройной смеси, сохраняется хорошо к весне следующего года в травосмеси с овсяницей луговой. Из трех видов трав самая высокая полевая всхожесть (60,4%) отмечена у овсяницы луговой в трехкомпонентной смеси. Лучшее всего (69,2%) она перезимовывает с ежой сборной. У тимopheевки луговой, по-видимому, растянут период всходов, весной проросли не

все семена. Поскольку полевая всхожесть 10–14%, сохранность при этом 100%. В период всходов конкурентные взаимоотношения между видами выражены не сильно, а определяются генетической информацией каждого вида.

С первого года пользования в эксперименте взаимоотношения в смесях усложняются и зависят от режима использования, числа компонентов, уровня минерального питания. При скашивании в первые три года пользования конкурентные отношения как фактор формирования ботанического состава второстепенны, а определяющими являются погодные условия. В нашем опыте на четвертый год пользования ежа сборная плохо перезимовала, особенно на фоне минерального питания, при этом освободившуюся экологическую нишу заняли сопутствующие виды. Это не говорит об их агрессивности как конкурентов, так как ежа сборная выпала из травостоя из-за погодных условий. При низком уровне минерального питания (N80) ежа сборная успешно развивается в смеси с тимopheевкой луговой. В первый год пользования ее участие в смеси было 28,5%, во второй 32,5%, в третий – 61,5%, в четвертый 46,3%, в пятый – 50,9%. Более высокий уровень минерального питания (N160, N240) ускоряет формирование одновидового травостоя. К пятому году пользования во всех травосмесях ее содержание увеличивается, а в тройной смеси достигает 100%.

Тимopheевку луговую нельзя назвать агрессивным видом, однако она устойчиво противостоит угнетению как со стороны ежи сборной, так и со стороны овсяницы луговой. Она явно уступает овсянице луговой на неудобряемых делянках, в то же время на средних и высоких фонах минеральных удобрений дает устойчивые урожаи. Также успешно она сохраняет и увеличивает свое участие в смеси с ежой сборной. В тройной смеси на 2-й, 3-й годы пользования она отходит на второй план в сравнении с ежой сборной и овсяницей луговой. И только выпадение ежи позволяет ей восстановиться в травостое.

К третьему году пользования участие ежи сборной достигает 80–85%, к четвертому снижается, к пятому опять возрастает. Овсяница луговая конкурентно устойчива во всех смесях без удобрений. Однако в двухкомпонентных смесях ее участие выше в этом варианте, чем в трехкомпонентной.

В среднем за пять лет при внесении удобрений во всех травосмесях доминирует

ежа сборная (табл. 1). При максимальной дозе NPK в смеси с тимофеевкой луговой ее конкурентоспособность снижается и доля тимофеевки достигает 63,5%. В двойную овсянице-тимофеечную смесь по мере повышения уровня удобрений внедряется ежа сборная; овсяница и тимофеевка становятся сопутствующими видами за исключением контрольного варианта.

Высокая конкурентная способность ежи сборной определяется тем, что она нитрофил, а поэтому при хорошем минеральном питании отличается высокой побегообразующей способностью. Выживаемость и продуктивность ее определяются уровнем азотного питания и не зависят от внутривидовых и межвидовых отношений. Овсяница луговая быстроразвивающаяся культура, но недолговечна. Тимофеевка луговая только сопутствующий вид.

В эксперименте количество ежи сборной в течение сезона от укоса к укосу возрастает. Так, в смеси с тимофеевкой луговой при удобрении N80P30K40 в первый год пользования в первом укосе ее было 0,9% по массе, а в третьем 72,2%. У овсяницы луговой также есть это качество: наблюдается усиление побегообразования от укоса к укосу, только оно выражено в меньшей степени, чем у ежи

сборной. Для тимофеевки луговой – злака ярового типа развития, характерен усиленный рост с весны. И в смеси с овсяницей и с ежой в первом укосе тимофеевки, как правило, больше по массе, чем сопутствующих видов. Эта тенденция сохраняется на протяжении всех лет пользования, особенно при невысоком (N80) и среднем (N160) уровне минерального питания.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ участия злаковых трав в травосмесях подтверждает тот факт, что в вариантах без удобрений корреляционная связь между участием в смесях для ежово-овсянической травосмеси отсутствует ($r = -0,051$), ежово-овсянице-тимофеечной чаще отсутствует ($r = -0,201-0,040$), для ежово-тимофеечной характерна обратная средняя ($r = -0,548$) и овсянице-тимофеечной обратная слабая ($r = -0,290$). Выявлена тесная положительная корреляционная зависимость ($r = 0,622$) в тройной смеси при удобрении N240P90K120 для процентного участия овсяницы луговой (x_2) и тимофеевки луговой (x_3), остальные все зависимости или сопряженности отрицательные:

$$x_3 = 77,548 + 0,728x_2, r = 0,622;$$

$$x_2 = 12,602 + 0,532x_3, r = 0,622.$$

Таблица 1

Ботанический состав злаковых травосмесей, % по массе, в среднем за 5 лет

Вариант удобрений	Ежа сборная	Овсяница луговая	Тимофеевка луговая
Ежово-овсяническая			
Без удобрений	10,9	70,9	–
N80P30K40	50,3	44,6	–
N160P60K80	65,8	28,3	–
N240P90K120	66,7	21,2	–
Ежово-овсянице-тимофеечная			
Без удобрений	14,6	37,1	33,2
N80P30K40	60,9	18,8	16,6
N160P60K80	78,1	11,3	9,2
N240P90K120	66,0	11,3	19,6
Ежово-тимофеечная			
Без удобрений	19,1	–	69,3
N80P30K40	50,9	–	43,1
N160P60K80	60,5	–	36,5
N240P90K120	30,2	–	63,5
Овсянице-тимофеечная			
Без удобрений	–	56,6	34,2
N80P30K40	–	33,5	32,2
N160P60K80	–	27,2	14,7
N240P90K120	–	22,4	33,8

Таблица 2

Коэффициенты корреляции данных злакового травостоя в фазе начала цветения

	У	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
У	1,00													
X1	0,92	1,00												
X2	0,97	0,97	1,00											
X3	0,38	0,29	0,28	1,00										
X4	0,87	0,72	0,73	0,40	1,00									
X5	0,87	0,93	0,91	0,31	0,64	1,00								
X6	-0,60	-0,84	-0,76	0,12	-0,32	-0,79	1,00							
X7	-0,54	-0,54	-0,44	-0,07	0,80	-0,40	0,40	1,00						
X8	0,49	0,21	0,41	0,03	0,36	0,29	0,11	0,17	1,00					
X9	-0,27	-0,30	-0,7	-0,07	-0,16	-0,19	0,48	0,62	0,83	1,00				
X10	0,87	0,77	0,76	0,68	0,93	0,69	-0,34	-0,67	0,24	-0,23	1,00			
X11	-0,88	-0,77	-0,78	-0,72	-0,88	-0,77	0,35	0,55	-0,31	0,15	-0,97	1,00		
X12	0,60	0,57	0,57	0,62	0,43	0,79	-0,32	-0,06	0,33	0,05	0,57	-0,73	1,00	
X13	-0,34	-0,56	-0,41	-0,47	-0,19	-0,69	0,59	0,22	0,36	0,59	-0,40	0,50	-0,73	1,00

Примечание: у – урожай сухой массы, ц с 1 га; X1 – доза N кг/га д. в.; x2 – сырой протеин, %; x3 – сырая клетчатка, %; X4 – сырой жир, %; X5 – каротин, мг в кг; x6 – сырая зола, %; x7 – кальций, %; x8 – фосфор, %; x9 – калий, %; x10 – % по массе ежи сборной; x11 – % овсяницы луговой; x12 – % тимopheевки луговой; x13 – % дикорастущих злаков.

Средний и повышенный уровни минерального питания увеличивают тесноту связи между участием видов, в меньшей степени это выражено для тройной смеси. Однако в овсянице-тимopheечной смеси при повышенном уровне питания связь умеренная ($\gamma = -0,396$). Для участия ежи сборной (x_1) и тимopheевки луговой (x_3) в двойной травосмеси установлена функциональная зависимость при N160P60K80:

$$x_3 = 83,982 - 0,899x_1, \gamma = -0,984;$$

$$x_1 = 101,172 - 1,078x_3, \gamma = -0,984.$$

При N240P90K120:

$$x_3 = 101,172 - 0,981x_1, \gamma = -0,997;$$

$$x_1 = 98,194 - 1,013x_3, \gamma = -0,997.$$

Связь между видами и уровнем удобрения изменяется по фазам развития (табл. 2). В среднем за четыре года в фазу начала трубоквания установлена умеренная отрицательная связь между весенними дозами азотных удобрений и участием в травостое ежи сборной и овсяницы луговой. Для тимopheевки луговой и доз N коэффициент корреляции составил 0,62. В фазы начала выметывания и начала цветения установлена тесная связь изменений доз аммиачной селитры и количества ежи сборной (коэффициент корреляции больше 0,70). Для овсяницы луговой при той же тесноте связи тенденция обратная.

Взаимосвязь содержания злаковых трав по фазам вегетации сравнима. В большей степени в позднюю фазу развития ежа сборная угнетает овсяницу луговую, чем тимopheевку луговую.

По всем фазам вегетации положительна сопряженность изменений урожайности и участия ежи сборной. Самый высокий коэффициент корреляции ($\gamma = 0,93$) отмечен в фазу начала выметывания. В эту фазу коэффициент максимальный для содержания вида и урожайности. Изменения процента тимopheевки луговой и урожайности менее тесно связаны, чем у других злаков.

Взаимоотношения между злаковыми травами отражаются на возможности формирования листовой поверхности. Наблюдения проводили во второй половине лета на среднем уровне минеральных удобрений. К концу пятого года жизни площадь листьев сеяных видов уменьшилась в сравнении с 1-м, 2-м годами пользования в тройной смеси и в овсянице-тимopheечной.

Конкурентные отношения в ценозе между видами в большей степени определяются особенностями корневой системы. Масса корней к концу 4-го года опыта в удобряемых вариантах была выше, чем без удобрений во всех травосмесях. Отмечена тенденция уменьшения количества корней при самой высокой норме

удобрений. При высоком уровне питания растениям нет необходимости развивать мощную корневую систему. Самая низкая масса корней по всем вариантам удобрений отмечена в тройной смеси, так как взаимная конкуренция сдерживала развитие подземных частей растений. Судя по количеству углеводов, которое накопилось в корнях, лучше всего будет обеспечена перезимовка овсянице-тимофеечной смеси, а хуже всего ежово-овсянической при N0P30K40, где содержалось сахара только 4,9%. Внесение удобрений снижает, за редким исключением, содержание сахара в массе корней. Однако в тройной смеси количество сахара составляет 9,6% при N240 и соответствующем РК; в ежово-овсянической травосмеси при среднем уровне минерального питания легкорастворимых углеводов содержалось – 9,7%. Сорт Сахаровская овсяницы луговой характеризуется повышенной сахаристостью в сравнении с другими сортами. Увеличение длительности пользования лугом изменяет зависимость между дозами NPK и массой корней.

Урожай злаковых травосмесей определяется уровнем минерального питания, погодными условиями и динамикой ботанического состава. В первый год пользования в варианте без удобрений имела преимущество в урожайности тройная смесь в сравнении с двухкомпонентными. Ежово-тимофеечная и овсянице-тимофеечная травосмеси давали больше растительной продукции особенно при повышенной дозе минеральных удобрений. Во всех травосмесях была достоверная прибавка в урожае при повышении доз минеральных удобрений. На второй год нет достоверной прибавки урожая в ежово-овсянической смеси при повышении дозы с N80 до N160. Овсянице-тимофеечная травосмесь не имеет преимуществ перед тройной. На третий год опыта больше всего продукции получено в ежово-овсянической смеси – 16,7 т с 1 га сухой массы; при средних дозах минеральных удобрений (N160 и соответствующим РК) урожай по травосмесям не различается. В 4-й год исследований при повышенных дозах удобрений (N240) имела преимущество опять ежово-овсяническая смесь, при дозе N80 она уступала ежово-тимофеечной травосмеси. В последний год опыта устойчиво продуктивна при низком и высоком уровне минерального питания тройная смесь; при среднем – овсянице-тимофеечная. По годам пользования не выявлено такой травосмеси, которая давала бы

устойчивые урожаи при всех уровнях минерального питания.

В среднем за 5 лет пользования преимущество определенной травосмеси проявилось в зависимости от уровня минерального питания. При удобрении N0P30K40 ежово-тимофеечная травосмесь более урожайна, чем тройная, при N60P60K80 наибольшая урожайность в овсянице-тимофеечной травосмеси, при N40P90K120 в ежово-овсянической и тройной смесях. Сама по себе урожайность сухой массы не в достаточной мере определяет эффективность минерального удобрения. Большее значение имеет показатель окупаемости: окупаемость 1 кг РК, окупаемость 1 кг N. Самая высокая эффективность минеральных удобрений в овсянице-тимофеечной смеси. Особенно четко это выражено при удобрении N0P30K40, где на 1 кг N получено 47,6 кг прибавки урожая. Тройная смесь не имела явных преимуществ ни при каком уровне минерального питания.

Продолжительное многоукосное использование травостоев приводит к отрицательным последствиям. В этом случае необходимо перезалужение или подсев трав. В нашем исследовании опытный участок из травостоев трех видов, с доминированием ежи сборной, овсяницы красной и почти равноценным участием ежи сборной, мятлики лугового и овсяницы луговой продуктивны и подсеяли клевер луговой.

На следующий год после подсева травостой удобряли P60K80 с весны и скашивали два раза. Доля участия клевера лугового за год была больше 50% (табл. 3). В среднем за два года при P60K80 в первом укосе его было больше на делянках, где в предыдущие годы доминировала ежа сборная. Во втором укосе в варианте с овсяницей красной она интенсивно развивалась и заглушала клевер луговой, где его было 46,8%.

Урожайность сухой массы в среднем за 2 года в первом укосе достоверно различалась в клеверо-мятликовых вариантах 5,9 т с 1 га и клеверо-ежовых – 6,2 т с 1 га клеверо-овсянических (4,6 т/га), то есть там, где было больше клевера, там больше получено и растительной продукции. Продуктивность второго укоса достоверно выше в первом варианте. За сезон статистически доказана разница в урожае всех трех травостоев. Соответственно и окупаемость 1 кг фосфорно-калийных удобрений составила в клеверо-овсянице-мятликовом травостое 55,7 кг, клеверо-ежовом 59,5 кг и клеверо-овсяническом травостое – 46,3 кг.

Таблица 3

Влияние предшественников, срока пользования многолетними травами и фона питания на нарастание сырой массы сорняков в их посевах, г/м², в среднем за 6 лет

Севооборот	Культура	Фон		
		0	NPK	навоз
С1	Клевер красный	54,16	48,03	42,59
	Травы 1 г. п.	24,26	77,64	53,62
	Травы 2 г. п.	26,70	51,88	58,20
	Травы 3 г. п.	33,00	83,97	54,20
С2	Травы 1 г.п.	44,42	79,76	27,49
	Травы 2 г.п.	59,74	100,92	39,82
	Травы 3 г.п.	64,20	93,33	49,37
	Травы 4 г.п.	31,70	42,55	20,35
С3	Клевер красный	56,45	71,89	93,71
Среднее по севооборотам		43,85	72,22	48,82
Коэффициент вариации, %		34,9	28,4	43,1

Масса корней в среднем за 2 года отмечена самая большая в клеверо-ежовом травостое 16,3 т с 1 га сухой массы. Корней бобовых трав было на этом участке больше. Там же, где росла овсяница луговая и мятлики луговой, условия для развития корневой системы клевера были хуже; их доля участия была равна 27,6%.

Разноречивость сведений о масштабах засоренности многолетних травостоев объясняется длительностью использования многолетних трав в качестве предшественников и их ботаническим составом. Многолетние травы первого и, частично, второго года пользования с преобладанием бобового компонента обладают высокой конкурентной способностью к сорнякам. Многолетние травы свыше двух лет пользования представлены в основном злаковыми травами, которые сами являются сорняками при плохой разделке дернины и часто засорены пыреем ползучим, бодяком розовым и другими многолетними сорняками. Такой предшественник повышает засорённость сельскохозяйственных культур, что происходит в большинстве хозяйств Центрального Нечерноземья [10].

Как показывают данные табл. 3, в посевах клевера красного и многолетних трав 1 г.п. без внесения удобрений малолетние и многолетние виды сорняков имеют примерно равную сырую массу, кроме первого севооборота, где наблюдается увеличение массы многолетних видов. Внесение минеральных и органических удобрений в посевах клевера красного и многолетних трав 1 г.п. сдвигает соотношение массы сорняков в пользу малолетних видов сорняков. Уве-

личение срока пользования многолетними травами сопровождается повышением накопления массы многолетних видов сорняков с 15 до 60%.

Установлено, что в посевах клевера красного и трав первого года пользования многолетние сорняки представлены в основном бодяком полевым, осотом жёлтым, пыреем ползучим. К третьему и четвёртому году пользования флористический состав представлен одуванчиком лекарственным, лапчаткой гусиной, васильком луговым, подорожником большим, пыреем ползучим и другими видами. Коэффициент вариации свидетельствует о том, что на фоне без удобрений и при внесении навоза уровень засорения посев имеет более высокие различия по вариантам, чем при внесении минеральных удобрений.

Результаты анализа ботанического состава трав показывают, что доля сорняков надземной массы многолетних трав составляет от 2 до 26%. Причём значительное влияние на соотношение компонентов агрофитоценоза оказывает ботанический состав культурного компонента агрофитоценоза и продолжительность использования многолетних трав, где в посевах клевера красного и многолетних трав 1 г.п. преобладает клевер красный.

Доля сорняков на этих вариантах составляет всего 2...10%, злаковый компонент многолетних трав, который представлен в основном тимофеевкой луговой, занимает примерно пятую часть. Внесение минеральных удобрений вызывает сокращение доли клевера красного в агрофитоценозе, место которого занимают

злаки и сорняки, т.е. происходит выпадение клевера красного уже в первый год пользования. Увеличение продолжительности использования многолетних трав сопровождается устойчивой тенденцией сокращения клевера красного в травостое и повышения злаковых трав и сорняков, в ботаническом составе злаковых трав появляются овсяница луговая, мятлик луговой, ежа сборная. Выпадение клеверов при увеличении использования многолетних трав является одной из причин предпочтительности многолетних бобовых и бобово-злаковых трав одного года пользования.

Во втором севообороте (С2) внесение минеральных удобрений по травам 1 г.п. не привело к снижению доли клевера красного, что связано с сокращением дозы удобрений и переносу части их дозы на травы старших лет пользования. Одной из наших рекомендаций сохранения клевера красного при необходимости использования многолетних трав более одного года является перераспределение нормы минеральных удобрений под травы старшего года пользования, особенно это касается азотных удобрений.

Заключение

Корреляционно-регрессионный анализ данных участия видов злаковых трав в травосмесях позволил установить, что в вариантах без удобрений связь между участием видов отсутствует или средняя. Средний и повышенный уровень минерального питания увеличивает тесноту связи между участием видов, в меньшей степени это выражено для тройной смеси. Функциональная зависимость ($r = -0,984, -0,997$) при N60P60K80, N40P90K120 для участия ежи сборной (x_0) и тимофеевки луговой (x_3) в двойной травосмеси.

Связь между участием видов и уровнем удобрения изменяется по фазам развития. В среднем за четыре года в фазу начала трубокования выявлена умеренная отрицательная связь между весенними дозами азотных удобрений и участием в травостое ежи сборной и овсяницы луговой. В фазы начала выметывания и начала цветения наблюдается тесная связь изменений доз аммиачной селитры и количества ежи сборной

(коэффициент корреляции больше 0,70). По всем фазам отмечена положительная сопряженность изменений урожайности и участия ежи сборной. Самый высокий коэффициент корреляции ($r = 0,93$) в фазу начала выметывания.

Установлено, что в посевах клевера красного и трав первого года пользования многолетние сорняки представлены в основном бодяком полевым, осотом желтым, пыреем ползучим. К третьему и четвертому году пользования флористический состав сдвигается в пользу одуванчика лекарственного, лапчатки гусиной, василька лугового, подорожника большого, пырея ползучего и другими видами при устойчивой тенденции сокращения доли клевера красного в травостое

Список литературы

1. Андреев И.Г. Ботанический состав травостоев культурных пастбищ и сенокосов при внесении повышенных норм азотных удобрений // Андреев И.Г., Лазарев Н.Н., Гиленко В.А., Кулюкин С. С. Известия ТСХА. – 1987. – № 3. – С. 11–17.
2. Афанасьев Р.А. Дробное внесение азотных удобрений на сеяных лугах // Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., Тюлин В.А. Тезисы докладов, Горький. – М.: ТСХА, ВИУА, 1984. – С. 176–177.
3. Баздырев Г.И. Сорные растения и борьбы с ними в современных условиях / Г.И. Баздырев – М.: Изд. МСХА, 1995. – 283 с.
4. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия / Воробьев С.А. – М.: Колос, 1979. – 214 с.
5. Захаренко А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия / Захаренко А.В. – М.: МСХА, 2000. – 468 с.
6. Козлова Л.Г. Влияние норм азотных удобрений и частоты использования на урожайность, ботанический и химический состав злаковой травосмеси // Козлова Л.Г. Сборник трудов. Рациональное использование и охрана лугов Урала. – Пермь, 1984. – С. 132–137.
7. Лопатин В.Д. Использование метода относительной конкурентоспособности при анализе изменений растительности лугов под воздействием удобрений // Лопатин В.Д. Формирование луговых агроценозов на мелиорированных землях. – Петрозаводск, 1984. – С. 4–15.
8. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии / Миркин Б.М. – М.: Наука, 1985. – 137 с.
9. Скоблин Г.С. Продуктивность ежи сборной при постоянных сроках скашивания // Скоблин Г.С. Доклады ТСХА. – 1972. – Вып. 180. – Ч. 2. – С. 217–220.
10. Сутягин В.П. Принципы формирования устойчивости агрофитоценозов адаптивно-ландшафтного земледелия / В.П. Сутягин. – Тверь: Изд. ТГСХА «Агросфера». 2007. – 286 с.
11. Шарашова В.С. Создание мозаичных устойчивых луговых травостоев методом перекрестного посева // Шарашова В.С., Тюлин В.А., Кустова М.А. Научные труды. Проблемы кормопроизводства и пути их решения. – Л.: ЛГАУ, 1991. – С. 57–62.

УДК 631.871:631.811:633.491

БИОПРЕПАРАТЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЯ

Уромова И.П., Султанова Л.Р., Дедюра И.С.

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

В полевых условиях изучено влияние синтетических биологических препаратов полифункционального действия, способных одновременно стимулировать рост, развитие, физиолого-биохимические процессы у растений и повышать их устойчивость к ряду заболеваний различной природы, проявляя ярко выраженную противогрибную, антибактериальную активность и противовирусное действие. Целью исследования являлось изучение биологических препаратов (Фитохит, Фитоспорин М) на урожайность и качество сорта Импала среднеранней группы спелости в системе семеноводства картофеля. Полученные результаты позволяют считать эффективным и перспективным применение данных биопрепаратов. В опыте было выявлено, что биологические препараты способствовали более позднему появлению всходов (на 2–3 дня) и опережению последующих фаз развития картофеля (на 5–6 дней). Установлено, что применение биопрепаратов на картофеле способствовало увеличению фотосинтетических показателей растений, таких как ассимиляционной поверхности листьев (на 29,9–12,7%), продуктивности фотосинтеза (на 41,2–31,4%), активности пероксидазы (на 9,8–10,1%). Благодаря фотосинтетической стимуляции биопрепараты повышают устойчивость к фитофторозу, способствуют увеличению урожайности и содержания крахмала в клубнях картофеля. Наибольшая прибавка урожая была получена на варианте с применением Фитохита (37,3%). Меньшая, но также достоверная прибавка урожая была получена на варианте с применением Фитоспорина М (23,4%). Выявлено неодинаковое влияние изучаемых препаратов на распространенность и развитие фитофтороза. Повышение устойчивости к фитофторозу в большей степени обеспечивает микробиологический препарат Фитоспорин М (65,3–77,2%). Применение биологических препаратов в системе семеноводства – перспективный прием, позволяющий повысить продуктивность и качество картофеля и ограничить распространение и развитие грибных болезней, в частности фитофтороза, в полевых условиях.

Ключевые слова: биопрепараты, ассимиляционная поверхность листьев, фотосинтез, активность пероксидазы, урожай, крахмал, фитофтороз

BIOLOGICAL PRODUCTS AS INCREASE FACTOR PRODUCTIVITY AND QUALITY OF POTATOES

Uromova I.P., Sultanova L.R., Dedyura I.S.

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

In field conditions influence of the synthetic biological medicines of multifunctional action capable at the same time to stimulate growth, development, physiology-biochemical processes at plants and to increase their resistance to a number of diseases of various nature is studied, showing pronounced antimushroom, antibacterial activity and antiviral action. A research objective was studying of biological medicines (the Phytohit, Fitosporin of M) on productivity and quality of a grade the Impala of sredneranny group of ripeness in system of seed farming of potatoes. The received results allow to consider effective and perspective application of these biological products. In experience it was revealed that biological medicines promoted later emergence of shoots (for 2–3 days), and to an advancing of the subsequent phases of development of potatoes (for 5–6 days). It is established that application of biological products on potatoes promoted increase in photosynthetic indicators of plants, such as assimilatory surface of leaves (for 29,9–12,7%), efficiency of photosynthesis (for 41,2–31,4%), activities of peroxidase (for 9,8–10,1%). Thanks to photosynthetic stimulation biological products increase resistance to a fitofloroz, promote increase in productivity and content of starch in potatoes tubers. The greatest rise of a harvest was got on option with Fitokhit's application (37,3%). The smaller, but also reliable rise of a harvest was got on option with Fitosporin's application in M (23,4%). Unequal influence of the studied medicines on prevalence and development of a fitofloroz is revealed. Increase in resistance to a fitofloroz more provides microbiological medicine Fitosporin to M (65,3–77,2%). Use of biological medicines in system of seed farming—the perspective reception allowing to increase efficiency and quality of potatoes and to limit distribution and development of mushroom diseases, in particular a fitofloroz in field conditions.

Keywords: biological products, assimilatory surface of leaves, photosynthesis, activity of peroxidase, harvest, starch, phytoftorose

В настоящее время одной из важнейших задач системы семеноводства является повышение урожайности и качества картофеля [1]. В современных условиях семеноводство строится на основе использования оздоровленного картофеля методом апикальной меристемы в сочетании с ком-

плексом агротехнических приемов с биологизированным аспектом, который способен ограничить распространение инфекционных болезней в полевых условиях и обеспечить максимальное качество картофеля. Одним из таких приемов повышения продуктивности и качества картофеля является

использование биологических препаратов. Биологические препараты – это большая группа природных или химически синтезированных соединений, проявляющих высокую биологическую активность при низких концентрациях [7]. Они обладают способностью влиять на иммунный потенциал растений, физиолого-биохимические процессы, протекающие в растениях, на устойчивость к фитопатогенам, а в результате этого – на урожайность и качество клубней [15]. Перспективными в этом плане являются биологические препараты с элиситорной активностью. К этой группе относятся препараты Фитохит и Фитоспорин М.

Фитохит – биологический препарат природного происхождения с ярко выраженной элиситорной способностью, на основе хитозана (линейный полисахарид – производное природного биополимера – хитина). Механизм действия хитозана заключается в активации иммунного потенциала растений в ответ на появление фитопатогенов. Хитозан способствует индуцированию синтеза различных фитоалексинов, которые способны подавлять инфекцию [3, 6, 8].

Фитоспорин М – это микробиологический препарат с биофунгицидной активностью. Основой препарата являются аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis*. Механизм действия данного препарата заключается в предотвращении проникновения в растение возбудителей болезней и подавлении их развития. Преимущество таких препаратов в том, что они не только подавляют развитие инфекции, но и способствуют повышению устойчивости к неблагоприятным факторам.

Цель исследования

Таким образом, в настоящее время биопрепараты находят все более широкое применение в семеноводстве картофеля. В связи с этим целью нашего исследования является изучение влияния биологических препаратов на урожайность и качество картофеля среднераннего сорта Импала.

Материалы и методы исследования

Полевые исследования проводились в ООО «Элитхоз» Борского района Нижегородской области в 2012–2014 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая с содержанием гумуса (по Тюрину) 1,6–2,1%, рН солевой вытяжки 4,9–6,0.

В опытах использовали оздоровленный материал среднераннего сорта Импала (супер-суперэлит). Схема полевого опыта: 1 вариант – контроль, без обработок; 2 вариант – обработка клубней Фитохитом (0,2 л/т) + некорневая обработка (0,4 л/га) в фазу бутонизации – начала цветения; 3 вариант – обработка

клубней Фитоспорином М (25 мл/т) + некорневая обработка (50 мл/га) в фазу бутонизации – начала цветения.

В опытах применяли агротехнику, рекомендованную для данной зоны возделывания картофеля. Посадку проводилась в третьей декаде мая. Схема посадки 75x25 см, общая площадь делянки – 56 м², учетной – 28 м², повторность 4-кратная. Размещение вариантов систематическое.

За время вегетации проводили двукратное опрыскивание надземной части растений биологическими препаратами. Обработки проводили ранцевым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости – 300 л/га.

Уход за посадками картофеля включал две междурядные обработки, окучивание, обработка против фитофтороза и колорадского жука (при необходимости). Уборка проводилась методом сплошного выкапывания клубней на делянках и последующего взвешивания. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения, определяли площадь листовой поверхности весовым методом с помощью высечек, продуктивность фотосинтеза, активность пероксидазы, распространенность и развитие фитофтороза на ботве, урожайность и содержание крахмала в клубнях.

Учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам [5, 10]. Аналитические работы проведены в лаборатории физиологии растений кафедры биологии, химии и БХО НГПУ им. К. Минина.

Результаты исследования и их обсуждение

При проведении фенологических учетов было установлено, что при одинаковых почвенных и погодных условиях биопрепараты не способствовали более раннему появлению полных всходов (табл. 1).

В вариантах с обработкой биопрепаратами всходы появились на 2–3 дня позднее по сравнению с контролем, в зависимости от препарата. Однако наступление других фаз развития происходило с опережением, но уже на 6–5 дней, по сравнению с контролем.

Возможно, это объясняется тем, что при обработке клубней перед посадкой растворами биопрепаратов происходит снятие апикального доминирования. Верхушечное доминирование проявляется в изменении движения внутренних гормонов между верхними и нижними глазками на клубнях, а также между противоположными почками в глазках. На все эти процессы тратится время, поэтому происходит задержка в появлении полных всходов. Однако в дальнейшем этот процесс задержки компенсируется более интенсивным ростом растений и приводит к более быстрому опережению наступления других фаз развития (бутонизации и цветения).

Таким образом, в дальнейшем это способствует появлению большего количества стеблей и, как следствие всех этих процес-

сов, увеличивается ассимиляционная поверхность листьев картофеля, о чем свидетельствуют данные табл. 2. В конечном итоге Фитохит и Фитоспорин М приводят к увеличению продуктивности и качества картофеля и оказывают значительное влияние на способность к защите от фитофтороза.

Физиологические процессы, протекающие в растении, оказывают большое влияние на формирование высоких и качественных урожаев, так как, по мнению А.Г. Лорха [9], 90–98% урожая клубней картофеля создается за счет фотосинтетической работы.

Основными физиологическими показателями являются ассимиляционная поверхность листьев, продуктивность фотосинтеза и активность пероксидазы (табл. 2).

Пероксидаза является одной из важнейших характеристик интенсивности окислительно-восстановительных процессов в клетке растений картофеля, так как данный фермент участвует в процессе фотосинтеза [12] и энергетическом обмене

клетки [11]. Существуют данные [2], что активность пероксидазы изменяется под влиянием различного вида инфекций (грибная, бактериальная, вирусная). Различные по устойчивости сорта способны по-разному реагировать на инфекцию. Некоторые исследователи [4, 14] считают, что активность пероксидазы при поражении фитофторозом возрастает у более устойчивых сортов.

Наибольшая активность пероксидазы в опыте была отмечена на варианте с применением Фитоспорина М (на 10,7%), по сравнению с контролем. На варианте с применением Фитохита активность пероксидазы незначительно отличалась по абсолютным показателям от предыдущего варианта, различие было не достоверным. Видимо, микробиологический препарат Фитоспорин М в большей степени способствует изменению активности пероксидазы, так как данный препарат повышает устойчивость растений картофеля к фитофторозу, о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 3.

Таблица 1
Влияние биопрепаратов на сроки наступления фаз развития картофеля
(в среднем за 2012–2014 гг.)

Вариант	Количество дней от посадки до:		
	полных всходов	полной бутонизации	полного цветения
Контроль	21	44	49
Фитохит	24	38	43
Фитоспорин М	23	39	44

Таблица 2
Влияние биологических препаратов на физиологические показатели картофеля
(в среднем за 2012–2014 гг.)

Вариант	Ассимиляционная площадь листьев		Продуктивность фотосинтеза, г/м ² сутки		Активность пероксидазы, отн. ед.
	тыс. м ² /га	м ² /куст	цветение	перед уборкой	
Контроль	24,4	0,47	5,1	3,9	109,9
Фитохит	31,7	0,61	7,2	3,4	120,7
Фитоспорин М	27,5	0,53	6,7	3,7	121,1
НСР ₀₅	–	0,02	0,8	0,5	0,9

Таблица 3
Влияние биологических препаратов на урожайность и качество картофеля
(в среднем за 2012–2014 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Фитофтороз		Крахмал, %
		распространенность, %	развитие, %	
Контроль	20,9	13,8	9,2	11,8
Фитохит	28,7	7,6	4,3	12,7
Фитоспорин М	25,8	4,8	2,1	12,2
НСР ₀₅	2,1	1,8	1,4	0,1

Другим важным физиологическим показателем является ассимиляционная площадь листьев. Наибольшей площадью листьев отличались растения на варианте с обработкой Фитохитом (табл. 2). Максимальная ее величина в фазе цветения составила 31,7 тыс. м²/га. При обработке Фитоспорином М величина этого показателя снизилась на 4,2 тыс. м²/га (или на 15,2%), однако это выше, чем на контроле, на 11,3%. Тенденция увеличения листовой поверхности от применения биопрепаратов сохранялась во все годы исследования, изменились лишь численные значения.

Качественной характеристикой работы листового аппарата растений является величина чистой продуктивности фотосинтеза (табл. 2). Максимальная продуктивность фотосинтеза отмечена на варианте с применением Фитохита (41,2%), чуть ниже (31,4%) при обработке Фитоспорином М в фазу цветения, по сравнению с контролем. Перед уборкой продуктивность фотосинтеза уменьшилась на варианте с обработкой Фитохитом в 2,1 раза, на варианте с применением Фитоспорином М в 1,8 раза, на контроле – в 1,3 раза. Следовательно, при обработке Фитохитом произошло усиление оттока продуктов фотосинтеза в клубни за одинаковый промежуток времени, что привело к увеличению содержания крахмала в клубнях (табл. 3). В нашем опыте наибольшее его количество было отмечено на варианте с применением Фитохита. Прибавка, по сравнению с контролем, составила 7,6%. Меньшая прибавка была зафиксирована на варианте с обработкой микробиологическим препаратом – 3,3%, по сравнению с контролем.

Наибольшая прибавка урожая была получена на варианте с применением Фитохита. В этом случае, в среднем за 3 года достоверная прибавка к контролю составила 37,3%. Меньшая, но также достоверная прибавка урожая была получена на варианте с применением Фитоспорином М (23,4%).

Как показывают результаты наших исследований, биопрепарат Фитохит обладает высокой биологической активностью, а это способствует более полной реализации генетического потенциала картофеля. Это проявляется в усиленном росте и развитии растений, а в дальнейшем снижает распространенность и развитие фитофтороза во время вегетации и в конечном итоге приводит к повышению урожайности и качества картофеля.

При проведении фитопатологической оценки ботвы картофеля из грибных болез-

ней был отмечен только фитофтороз. Наименьшая распространенность болезни и ее развитие на листьях отмечались на варианте с применением Фитоспорином М (65,3–77,2%). При обработке Фитохитом распространенность и развитие болезни было выше и составляло 45,0–53,3%, по сравнению с контролем.

Необходимо отметить, что распространенность и степень развития фитофтороза в периоды вегетаций была невысокой, так как в опыте использовали оздоровленный картофель супер-суперэлиты и посадки на всем протяжении опыта находились на значительном удалении от массовых репродукций. Поэтому интенсивность поражения в большей степени зависела от применения биологических препаратов, особенно микробиологических [13]. Преимущество данного препарата (Фитоспорин М) заключается в том, что он предотвращает проникновение в растения фитопатогена и подавляет его развитие длительное время, формируя устойчивость к фитофторозу. Иммуностимулирующее действие Фитохита в отношении фитофтороза проявилось в меньшей степени.

Выводы

Результаты полевых опытов свидетельствуют о том, что биологические препараты (Фитохит, Фитоспорин М) оказывают полифункциональное действие на растения картофеля. В результате данных исследований получены положительные данные о влиянии препаратов на фотосинтетические процессы, такие как активность пероксидазы, ассимиляционная поверхность листьев, продуктивность фотосинтеза, а также на устойчивость растений во время вегетации к фитофторозу и в конечном итоге на урожайность и содержание крахмала в клубнях картофеля.

Однако эффективность биологических препаратов по отношению к картофелю сорта Импала неоднозначна. Среди изученных препаратов существенное увеличение продуктивности, по сравнению с контролем отмечено при обработке растений картофеля Фитохитом (37,3%), а повышение устойчивости к фитофторозу в большей степени обеспечивает препарат Фитоспорин М (65,3–77,2%). Таким образом, в системе семеноводства применение биологических препаратов является перспективным приемом, который позволяет повысить продуктивность и качество картофеля, устойчивость к фитофторозу в полевых условиях.

Поэтому изучение биопрепаратов в настоящий момент имеет актуальный характер, так как каждый препарат необходимо исследовать индивидуально.

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. Вески О. Физиологические особенности сортов картофеля / О. Вески // Сб. научн. тр. Эстонской сельскохозяйственной академии. – 1957. – № 3. – С. 117.
3. Гамзазаде А.И. Новая модификация индуктора болезнеустойчивости растений и регулятора роста / А.И. Гамзазаде, Э.Я. Исмаилов, С.Л. Тютюрев и др. // Новые перспективы в исследовании хитина и хитозана. – М., 1999. – С. 83–87.
4. Гречушников А.И. Влияние активности пероксидазы на устойчивость картофеля к фитофторозу / А.И. Гречушников. – Сельскохозяйственная биология. – 1973. – № 5. – С. 22.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Евстигнеева Т.А. Эффективность препаратов на основе хитозана против болезней картофеля / Т.А. Евстигнеева, Т.А. Шелабина, А.И. Родионенков, С.Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. – 2003. – № 1. – С. 26–31.
7. Засорина Э.В. Регуляторы роста на картофеле в Центральном Черноземье / Э.В. Засорина, И.Я. Пигорев // Аграрная наука. – 2005. – № 7. – С. 21.
8. Кравченко А.В. Экогель на основе хитозана повышает биопотенциал картофеля / А.В. Кравченко, Л.С. Федотова, А.В. Федосов // Картофель и овощи. – 2010. – № 3. – С. 30.
9. Лорх А.Г. Экологическая пластичность картофеля / А.Г. Лорх. – М.: Колос, 1968. – С. 23.
10. Методика исследований по культуре картофеля – М.: НИИКХ, 1967. – 167 с.
11. Миронова Г.Д. Участие пероксидазы и не опосредованного цитохромоксидазой действия кислорода в процессах образования АТФ / Г.Д. Миронова, Т.В. Сирота // Биофизика сложных систем и радиационных нарушений. – М.: Наука. – 1977. – С. 287.
12. Рубин Б.А. Физиология и биохимия дыхания растений / Б.А. Рубин, М.Е. Ладыгина. – М.: МГУ, 1974. – С. 231.
13. Уромова И.П. Биологизированная система защиты картофеля от болезней / И.П. Уромова // Агробиохимический вестник. – 2008. – № 6. – С. 39.
14. Уромова И.П. Влияние фиторегуляторов на фотосинтетическую способность растений картофеля / И.П. Уромова // Земледелие. – 2009. – № 7. – С. 35.
15. Уромова И.П. Урожай и качество картофеля при использовании биопрепаратов / И.П. Уромова // Плодородие. – 2009. – № 7. – С. 22.

УДК 911.2

О СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ОКЕАНСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА КЛИМАТ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ СУШИ

Аничкина Н.В., Ростом Г.Р.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

В статье сделана попытка прояснить вопрос о степени влияния океанских поверхностных течений на климатические показатели прилегающей суши. Определена ведущая роль океана во всей климатической системе Земли. Показано, что перенос тепла и влаги на сушу осуществляется со всей поверхности океана воздушными массами. Роль поверхностных океанских течений состоит в перемешивании теплых и холодных водных масс. Отмечено, что существенную роль в теплообмене между океаном и атмосферой играют долгопериодные волны Россби, представляющие собой преимущественно вертикальные водные потоки. Выявлено, что на прилегающую сушу океанские течения действуют локально – только при условии, что площадь суши очень незначительна и сопоставима с размерами самого океанского течения. В этом случае, в зависимости от соотношения характеристик самого течения и прилегающей суши, возможны небольшие температурные изменения (как в сторону повышения, так и в сторону понижения). Прямого влияния течений на количество осадков на суше установить не удалось.

Ключевые слова: поверхностные течения океана, взаимодействие океана и атмосферы, климатическая система, Гольфстрим, волны Россби

THE DEGREE OF INFLUENCE OF OCEAN SURFACE CURRENTS ON ADJACENT LAND CLIMATE

Anichkina N.V., Rostom G.R.

Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

The paper attempts to clarify the extent of the effect of ocean surface currents on the climate of the adjacent land. The leading role of the ocean is determined in the Earth's climate system. It is shown that the transfer of heat and moisture to the land is carried out by the entire surface of the ocean by air masses. The main role of ocean currents is mixing warm and cold water masses. It is noticed, that an essential role in the heat exchange between the ocean and the atmosphere play long termed Rossby waves, that represent mainly vertical water streams. It was revealed that on the adjacent land ocean currents act locally – only under the condition that the land area is very small and comparable to the size of the ocean current. In this case, depending on the ratio between the characteristics of the flow and the adjacent land, there can be slight temperature changes (both upward and downward). Direct influence of currents on rainfall amount on the adjacent land is not determined.

Keywords: surface currents of the ocean, the interaction of ocean and atmosphere, climate system, Gulf Stream, Rossby waves

В последние годы большой интерес вызывают вопросы, связанные с изменениями характеристик климатической системы Земли и их причинами. Надо отметить, что систематические наблюдения за изменениями климата начались сравнительно недавно. Ещё в 17 веке метеорология являлась частью науки физики. Именно учёным-физикам мы обязаны изобретением метеорологических приборов. Так, Галилеем с учениками были изобретены термометр, дождемер, барометр. Только со второй половины 17 века в Тоскане начинают проводиться инструментальные наблюдения. Тогда же разрабатываются и первые метеорологические теории. Но потребовалось почти два столетия на пути к систематическим метеорологическим наблюдениям. Они начинаются во второй половине 19 века в Европе, после изобретения телеграфа. В 1960-е гг. была проведена большая работа по созданию глобальной сети систе-

мы наблюдений за погодой. В последнее время все чаще в средствах массовой информации стали появляться сообщения об участившихся случаях необычно большого количества выпавших осадков в Европе, внезапного выпадения снега в тропических районах США и Северной Африки, цветении растений в пустыне Атакама. Долгое время не прекращаются споры о степени влияния Гольфстрима на климат Европы, о неблагоприятных последствиях при возможном прекращении функционирования этого теплого течения. К сожалению, материал подается таким образом, что создается впечатление, что мир перевернулся с ног на голову и в скором времени нужно ожидать какие-нибудь катастрофические климатические явления. Непростая фактическая картина подогревается разнообразными футуристическими предсказаниями о существенных изменениях привычного порядка вещей вроде значительного повы-

шения уровня океана, значительного изменения угла наклона земной оси, сильного повышения температуры приземного слоя атмосферы.

В этой связи большое значение имеет выяснение причин климатических явлений, которые должны помочь адекватно воспринимать действительность и принимать разумные шаги по адаптации к предстоящим изменениям. В данной статье предпринята попытка определить степень влияния океанских поверхностных течений на климат прилегающей суши. Данный аспект выбран по причине того, что в науке о Земле влияние океанских течений на климат прилегающей суши немного переоценено. Из-за этого приуменьшается роль океана в формировании климата суши, искажается тем самым понимание поведения климатической системы Земли и отдалается момент принятия адекватных мер по адаптации.

Существует мнение, что теплые морские течения приносят осадки и тепло на прилегающую сушу [3]. Этому учат и в школах, и в вузе. Всесторонний анализ существующей картины говорит о неоднозначном проявлении этого постулата.

Океанскую воду можно рассматривать как накопитель солнечного тепла на Земле. Океанская вода поглощает 2/3 солнечной радиации. Теплоемкость океана настолько велика, что океанская вода (кроме поверхностного слоя) практически не меняет температуру по сезонам (в отличие от поверхности суши). Поэтому зимой на океанском побережье тепло, а летом – прохладно. Если же площадь суши (по сравнению с площадью океана) невелика (как в Европе), то отепляющее влияние океана может распространяться на значительные пространства. Выявлена тесная связь между потерей океаном тепла и потеплением атмосферного воздуха, и наоборот [1], что является логичным. Вместе с тем последние данные исследований говорят о более сложной картине тепловой динамики океана и атмосферы. Ведущую роль в потере океаном тепла ученые отдают такому пока еще малоизученному явлению, как североатлантическая осцилляция [6]. Это периодические многодекадные изменения температуры океана, наблюдаемые в Северной Атлантике. С конца 1990-х гг. наблюдалась волна потепления океанской воды. В результате во многих районах северного полушария наблюдалось необычно большое количество ураганов. В настоящее время происходит переход к периоду понижения температуры поверх-

ностных океанских вод. Это, скорее всего, уменьшит количество ураганов в северном полушарии.

Сезонное постоянство температуры всей массы океанской воды, особенно в районе тропиков, привело к формированию над поверхностью океана постоянных центров высокого давления, которые получили название центров действия атмосферы. Благодаря им существует общая циркуляция атмосферы, которая представляет собой запускающий механизм общей циркуляции океанских вод. Благодаря действию постоянных ветров возникают поверхностные течения Мирового океана. С их помощью осуществляется перемешивание океанской воды, а именно: поступление теплых вод в холодные области (с помощью «теплых» течений) и прохладных вод – в теплые (с помощью «холодных» течений). Необходимо помнить, что «теплыми» или «холодными» эти течения являются только по отношению к окружающим водам. Например, температура теплого Норвежского течения – +3 °С, холодного Перуанского – +22 °С. Системы океанских течений совпадают с системами постоянных ветров и представляют собой замкнутые кольца. Что касается течения Гольфстрим, то оно действительно приносит тепло в воды Северной Атлантики (но никак не в Европу) [4, 5]. В свою очередь, теплые воды Северной Атлантики передают свое тепло атмосферному воздуху, который вместе с западным переносом может распространиться в Европе.

Последние исследования по вопросу теплообмена между океанскими водами Северной Атлантики и атмосферой показали, что ведущую роль в изменении температуры океанских вод играют не столько течения, сколько волны Россби [2].

Тепловое взаимодействие океана и атмосферы происходит при разности температуры поверхностного слоя океанской воды и нижнего слоя воздуха атмосферы. Если температура воды поверхностного слоя океана больше температуры нижнего слоя атмосферы, то тепло от океана передается атмосфере. И наоборот, тепло передается океану, если воздух теплее океана. Если же температуры океана и атмосферы равны, то передача тепла между океаном и атмосферой не происходит. Чтобы существовал поток тепла между океаном и атмосферой, должны существовать механизмы, изменяющие температуру воздуха или воды в контактной зоне океан – атмосфера. Со стороны атмосферы это может быть ветер, со сторо-

ны океана – это механизмы движения воды в вертикальном направлении, обеспечивающие поступление воды с температурой отличной от температуры контактной зоны океана и атмосферы. Такими вертикальными движениями воды в океане являются долгопериодные волны Россби. Эти волны отличаются от известных нам ветровых волн по многим параметрам. Во-первых, они имеют большую длину (до нескольких сотен километров) и меньшую высоту. Об их присутствии в море исследователи обычно судят по изменению вектора течений частиц воды. Во-вторых, это долгопериодные инерционные волны, время жизни которых достигает десяти и более лет. Такие волны относят к градиентно-вихревым, которые обязаны своим существованием гироскопическим силам и определяются законом сохранения потенциального вихря.

Другими словами, ветер генерирует поток, который, в свою очередь, генерирует инерционные волны. Применительно к данному движению воды термин «волна» является условным. Частицы воды совершают преимущественно вращательные движения, причем как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. В результате на поверх-

ность поднимаются или теплые, или холодные водные массы. Одним из следствий этого явления является перемещение и искривление (меандрирование) систем течений [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Течения как частный случай проявления свойств океанских вод при стечении определенных факторов могут оказывать существенное влияние на метеорологические показатели прибрежной суши. Например, теплое Восточно-Австралийское течение способствует еще большему насыщению влагой океанского воздуха, из которого при подъеме по Большому Водораздельному хребту на востоке Австралии выпадают осадки. Теплое Норвежское течение растапливает арктические льды в западной части Баренцева моря. Как следствие, зимой воды Мурманского порта не замерзают (тогда как в самом Мурманске зимой температура опускается ниже -20°C). Оно же обогревает узкую полосу западного побережья Норвегии (рис. 1, а). Благодаря теплоту течения Куросио у восточных берегов Японских островов зимние температуры более высокие, чем в западной части (рис. 1, б).

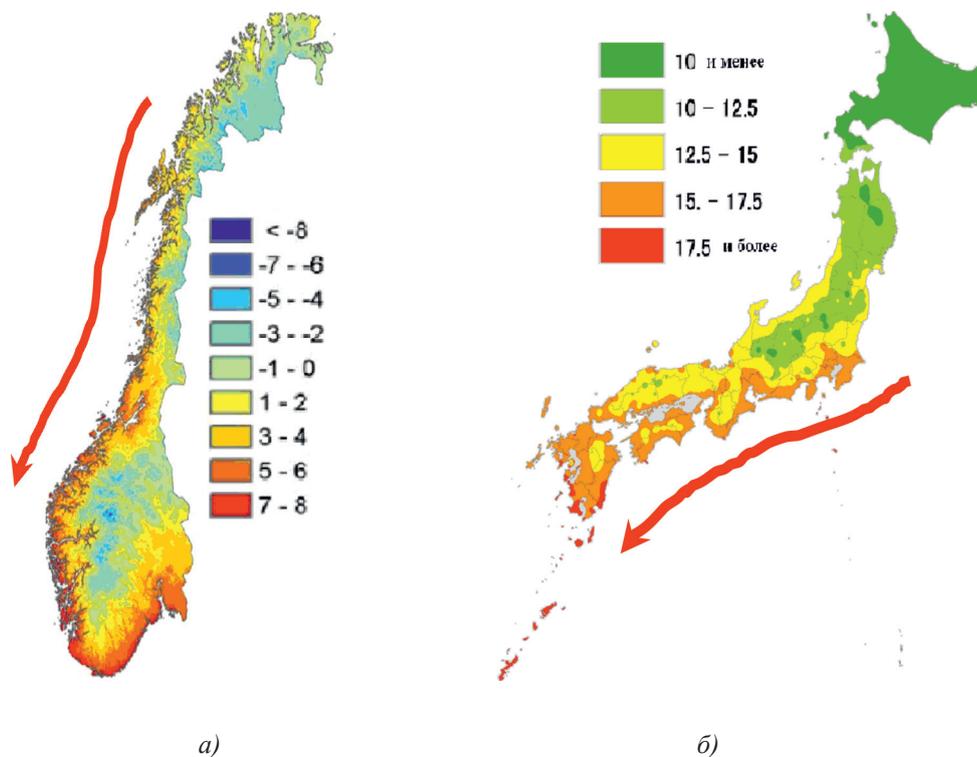


Рис. 1. Распределение среднегодовых температур воздуха в Норвегии (а) и Японии (б); в град. Цельсия; красной стрелкой обозначены теплые течения

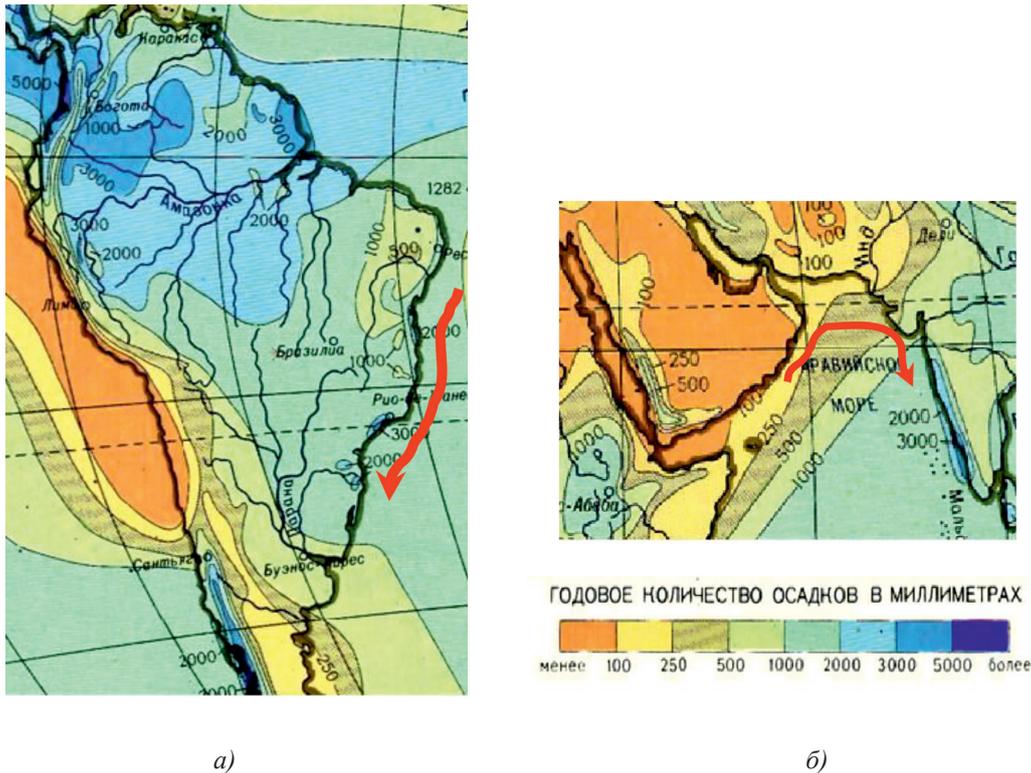


Рис. 2. Распределение годового количества осадков на востоке Южной Америки (а) и аравийском побережье Юго-Западной Азии (б): красной стрелкой обозначены теплые течения

Холодные течения также могут воздействовать на метеорологические характеристики прибрежной суши. Так, холодные течения в тропиках у западных берегов Южной Америки, Африки и Австралии (соответственно – Перуанское, Бенгельское, Западно-Австралийское) отклоняются к западу, а на их место поднимаются еще более холодные глубинные воды. В результате, нижние слои прибрежного воздуха охлаждаются, возникает температурная инверсия (когда нижние слои холоднее верхних) и исчезают условия для образования осадков. Поэтому здесь располагаются одни из самых безжизненных пустынь – береговые (Атакама, Намиб). Другим примером является влияние холодного Камчатского течения у восточных берегов Камчатки. Оно дополнительно охлаждает прибрежные области (особенно летом) вытянутого небольшого по площади полуострова, и, как следствие, южная граница тундры распространяется гораздо южнее среднеширотной границы.

Вместе с этим необходимо отметить, что говорить о прямом влиянии теплых океанских течений на увеличение количества осадков прибрежной суши с достаточной

степенью уверенности нельзя. Зная механизм образования осадков, приоритет в их появлении необходимо отдать наличию горных территорий на побережьях, по которым воздух поднимается, охлаждается, влага в воздухе конденсируется и формируются осадки. Наличие теплых течений на побережье нужно считать совпадением или дополнительным стимулирующим фактором, но никак не главной причиной образования осадков. Там, где больших гор нет (например, на востоке Южной Америки и аравийском побережье Юго-Западной Азии), наличие теплых течений не ведет к повышению количества осадков (рис. 2). И это несмотря на то, что в этих районах ветер дует со стороны океана на сушу, т.е. существуют все условия для полного проявления влияния теплых течений на побережье.

Что касается непосредственно образования осадков, то общеизвестно, что они формируются при поднятии воздуха вверх и его последующем охлаждении. При этом влага конденсируется и образуются осадки. Ни теплые, ни холодные течения существенного влияния на поднятие воздуха не оказывают. Можно выделить три района

Земли, в которых существуют идеальные условия для образования осадков:

1) на экваторе, где воздушные массы всегда восходящие благодаря сложившейся системе циркуляции атмосферы;

2) на наветренных склонах гор, где воздух поднимается вверх по склону;

3) в районах умеренного пояса, испытывающих влияние циклонов, где потоки воздуха всегда восходящие. На мировой карте осадков можно убедиться, что именно в этих районах земли количество осадков наибольшее.

Важным условием образования осадков является благоприятная стратификация атмосферы. Так, на ряде островов, расположенных в центре океанов, особенно в районах, прилегающих к субтропическим антициклонам, в течение круглого года дожди выпадают крайне редко, несмотря на то, что и влагосодержание воздуха здесь достаточно большое, и перенос влаги здесь существует в сторону этих островов. Чаще всего такая ситуация наблюдается в районе пассатов, где восходящие токи слабы и не достигают уровня конденсации. Образование пассатной инверсии объясняется нагреванием воздуха в процессе его опускания в зоне субтропических антициклонов, с последующим охлаждением нижних слоев от более холодной водной поверхности.

Выводы

Таким образом, влияние поверхностных океанских течений на климат прилегающей суши локально и проявляется только при стечении определенных факторов. Благоприятное стечение факторов проявляется, по крайней мере, в двух типах районов Земли. Во-первых, на небольших по площади территориях, сопоставимых с размерами течений. Во-вторых, на территориях с экстремальными (высокими или низкими) температурами. В этих случаях, если вода более теплая, узкая прибрежная полоса суши будет обогреваться (Североатлантическое течение в Британии). Если температура воды течения более низкая – наоборот, узкая прибрежная полоса суши будет охлаждаться (Перуанское течение у западного побережья Южной Америки). В общем случае наибольшее влияние на поступление тепла на сушу оказывает вся масса океанской воды посредством переноса тепла циркуляционными атмосферными потоками.

Таким же образом поступает и влага на сушу – с поверхности всего океана через атмосферные потоки. При этом обязательно должно выполняться одно дополнительное условие – для того, чтобы воздух отдал полученную над океаном влагу, он должен

подняться в верхние слои атмосферы, чтобы охладиться. Только тогда влага конденсируется, и выпадают осадки. В этом процессе океанские течения играют очень незначительную роль. Больше всего океанские течения (холодные в тропических широтах) способствуют дефициту осадков. Это проявляется при прохождении холодных течений в тропиках у западных берегов Южной Америки, Африки и Австралии.

Что касается областей, лежащих в глубине континента, например Центрально-Чернозёмных областей Русской равнины, то характер атмосферной циркуляции в безморозный период года обуславливает преимущественно режим антициклональной, солнечной погоды, формирующийся в массах континентально умеренного воздуха. Морские воздушные массы приходят на данную территорию преимущественно в изменённом виде, потеряв на пути своего следования значительную часть своих основных свойств.

Говоря о влиянии Гольфстрима на климат Европы, надо иметь в виду два важных момента. Во-первых, под Гольфстримом в данном случае необходимо понимать всю систему теплых североатлантических течений, а не собственно течение Гольфстрим (оно североамериканское и к Европе никакого отношения не имеет). Во-вторых, помнить о поступлении тепла и влаги с поверхности всего Атлантического океана посредством их переноса воздушными массами. Одного теплого океанского течения для обогрева всей Европы явно мало.

В конце необходимо напомнить, что, являясь ветровыми, поверхностные течения Мирового океана вряд ли исчезнут, пока существует установившаяся на Земле система циркуляции атмосферы.

Список литературы

1. Анисимов М.В., Бышев В.И., Залесный В.Б., Мошонкин С.Н., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О междекадной изменчивости климатических характеристик океана и атмосферы в регионе Северной Атлантики // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 2. – С. 304–311.
2. Бондаренко А.Л., Борисов Е.В., Серых И.В., Суркова Г.В., Филиппов Ю.Г., Щевьев В.А. О влиянии волн Россби мирового океана на термодинамику его вод и атмосферы, погоду и климат Земли // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 4. – С. 75–81.
3. Козина О.В., Дугин В.С. Климатообразующая роль океанических течений // Вестник Нижегородского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 22–31.
4. Ростом Г.Р. Прописные географические истины против заблуждений // География в школе. – 2013. – № 5. – С. 57–60.
5. Dong B., Sutton R.T. Variability in north Atlantic heat content and heat transport in a coupled ocean-atmosphere GCM. // Climate Dynamics. – 2002. – V. 19, № 5–6. – P. 485–497.
6. Gastineau G., Frankignoul C., D'Andrea F. Atmospheric response to the north Atlantic ocean variability on seasonal to decadal time scales // Climate Dynamics. – 2013. – V. 40, № 9–10. – P. 2311–2330.

УДК 624.01

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН С БОКОВЫМИ СТВОЛАМИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО ОБВОДНЕНИЯ ПЛАСТОВ

Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Колев Ж.М., Черепанов А.С.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: apasov-timur@mail.ru,
apasov_gaydar@inbox.ru, jackkolev@gmail.com, ASCherepanov@ya.ru

Одной из актуальных задач для Самотлорского месторождения является ввод в эксплуатацию скважин боковыми стволами с вертикальным или горизонтальным окончанием, положительно влияющим на показатели эксплуатации скважин. Зарезка второго ствола (ЗВС) позволяет вскрыть ту часть разреза пласта, которая содержит наибольшую «концентрацию» остаточных запасов нефти (довыработка запасов нефти из заводненных в подошве пластов путем зарезки вторых стволов в кровлю) и произвести бурение многозабойных скважин, вовлечение дополнительных запасов нефти в нерентабельных для самостоятельного разбуривания пластах. Ставка на месторождении по ЗВС делается на пласты и объекты с ухудшенными коллекторскими свойствами и высокой обводненностью, в которых остались еще значительные запасы. Анализ позволяет оценить эффективность ЗВС и определить задачи на перспективу.

Ключевые слова: анализ эффективности, боковые стволы, обводнение пластов, скважины, динамика работы, интенсификация добычи нефти

ANALYSIS OF OPERATING EFFICIENCY AND DRILLING SIDETRACK WELLS IN HIGH WATER CUT

Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Колев Ж.М., Черепанов А.С.

Federal Budget Educational Institution of Higher Education «Tyumen Industrial University», Tyumen,
e-mail: apasov-timur@mail.ru, apasov_gaydar@inbox.ru, jackkolev@gmail.com, ASCherepanov@ya.ru

For one of the most urgent tasks for the Samotlor field is commissioning sidetrack wells with vertical or horizontal end, positively affecting the operation of wells. Side-tracking allows you to open that part of the formation of the section that contains the highest «concentration» of the residual oil (production oil from flooded by reservoirs sole by sidetracking in the roof) and make drilling multilateral wells and the involvement of additional oil reserves uneconomic self-drilling formations. The rate on the deposit by side-tracking is on layers and objects with deteriorated reservoir properties and water-cut, where there are still significant reserves. The analysis allows to evaluate the effectiveness of the side-tracking and identify challenges ahead installations.

Keywords: analysis of efficiency, sidetracks, flooding reservoirs, wells, the dynamics of the work, intensification of oil production

Инновационная программа компании «Роснефть» – важнейшая составляющая концепции ее развития, направлена на модернизацию, создание и внедрение новых методов, технологий для решения производственных задач. Одной из таких задач является бурение и эксплуатация скважин с боковыми стволами (БС), которые особенно актуальны для месторождений Западной Сибири, в том числе и для Самотлорского месторождения, где крупные залежи нефти и газа переходят в позднюю стадию разработки, характеризующуюся значительным обводнением эксплуатационных объектов. Ввод в эксплуатацию БС с вертикальным или горизонтальным окончанием положительно влияет на показатели эксплуатации скважин, способствует подключению к разработке дополнительной части остаточной нефти, «застойных» участков месторождений, становится одним из основных способов восстановления бездействующих и уве-

личения производительности малодебитных скважин [1, 2, 3]. В связи с этим в 1999 г. на месторождении началось бурение боковых стволов из аварийных, высокообводненных скважин, в которых применение других методов не привело к положительным результатам, особое внимание уделялось качеству и эффективности работ. На основании первых внедрений разработчики выделили одну из главных причин, значительно влияющую на эффективность ввода скважин со вторыми стволами, это – недостаточное внимание к изучению геолого-промысловых особенностей и закономерностей обводнения нефтяных залежей месторождения, что в последующем было принято за основу [3]. Наибольшее количество мероприятий по зарезке боковых стволов (ЗВС) выполнено в 2010–2011 гг., см. рис. 1.

Уникальное, многопластовое Самотлорское месторождение находится на поздней стадии разработки, большинство объектов

с высокой обводненностью, фактическая средняя обводненность продукции составляет 95 %, отобрано более 2,6 млн т нефти, при текущем коэффициенте нефтеизвлечения 0,374, проектом 0,5, при этом остается около 900 млн т извлекаемых запасов нефти. Существующая проблема выражается тем, что на месторождении пробурено более 15 тыс. скважин, что составляет 80 % от проектного фонда, действующий добывающий фонд составляет более 8 тыс., значителен фонд бездействующих, до 1,5 тыс.

скважин, которые осложняют разработку, отрицательным образом влияют на динамику отборов нефти и жидкости.

Основными причинами бездействия добывающих скважин на месторождении являются негерметичность эксплуатационной колонны, заколонные перетоки и технические причины, связанные в основном с аварийностью фонда. Значительная часть аварийных скважин может быть восстановлена и введена в эксплуатацию только путем зарезки вторых стволов из существующего ствола [1].

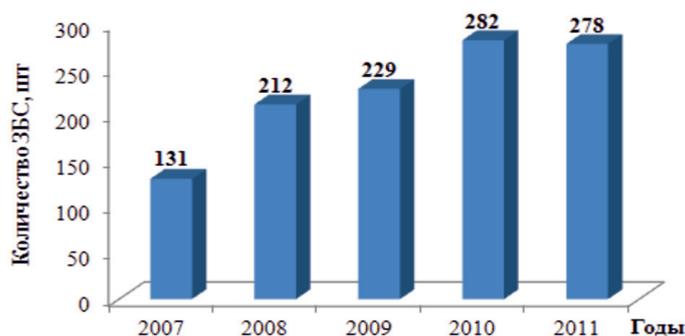


Рис. 1. Распределение ЗБС, выполненных в 2007–2011 гг.

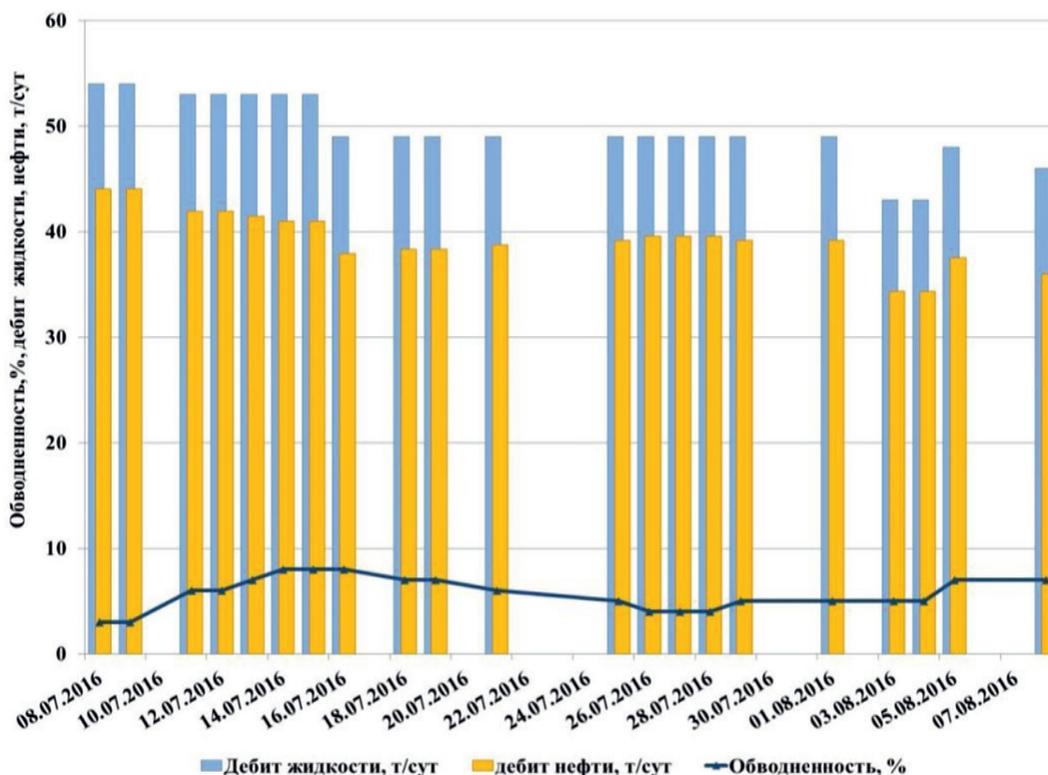


Рис. 2. Динамика работы скважины с БС № 14532

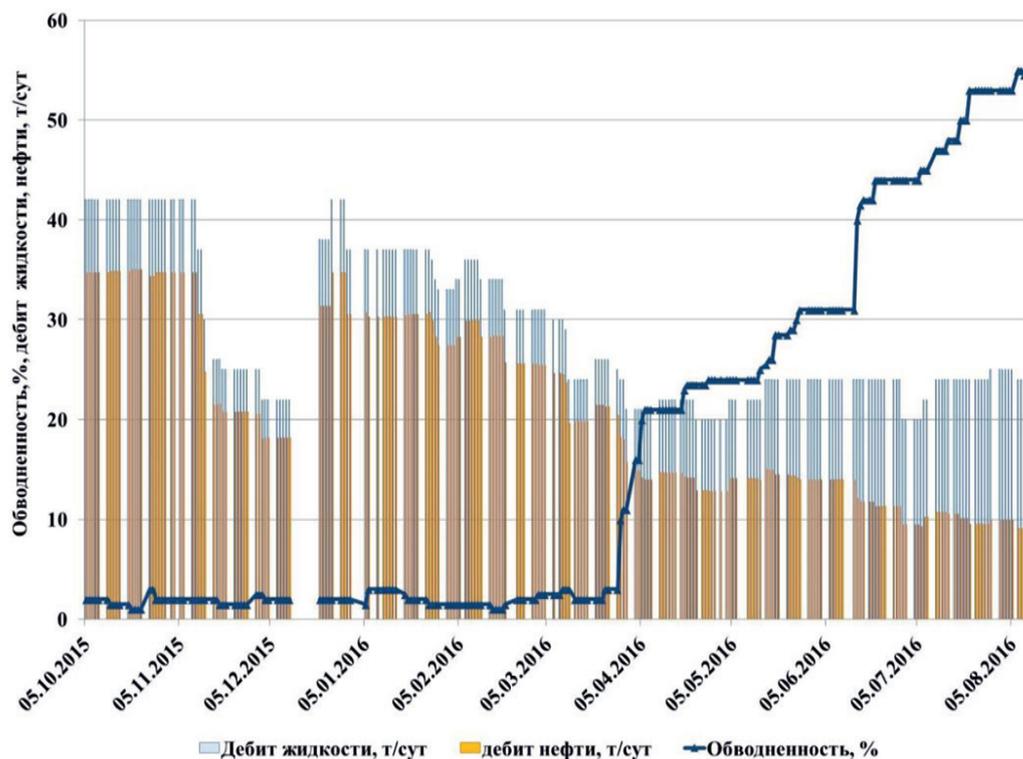


Рис. 3. Динамика работы скважины с ЗБС № 132612

Неуклонно возрастает число простаивающих скважин по причине аварийных отказов, роста обводненности, одновременно увеличения механизированного фонда, старением эксплуатационного. При этом такое решение, как бурение вторых стволов, зачастую является единственным и наиболее эффективным методом возврата скважин в эксплуатацию. (ЗВС) с вертикальным или горизонтальным окончанием позволяет вскрыть пласт, который содержит наибольшую «концентрацию» остаточных запасов нефти (довыработка запасов нефти из заводненных пластов путем резки вторых стволов в кровлю) и произвести бурение многозабойных скважин, вовлечение дополнительных запасов нефти в нерентабельных для самостоятельного разбуривания пластах [1, 4, 5].

Ставка на месторождении по ЗБС делается на пласты и объекты с ухудшенными коллекторскими свойствами и высокообводненные, в которых остались еще значительные запасы, объектах АВ₁³, АВ²⁻³ и БВ₈, для примера приведены скважины после ЗБС.

С пласта АВ₁¹⁻² проведена (ЗВС) по скважине 14532 на пласт АВ₁³, после за-

пуска скважины, проведен 08.07.2016 года с дебитом 54 м³/сут, обводненностью 3%, прирост нефти составил 44 т/сут, отработала 2 месяца, режим работы не изменился, динамика работы на рис. 2.

Пласт АВ²⁻³ проведена (ЗВС) по скважине 13261, 05.10.2015 года с дебитом 42 м³/сут, обводненностью 2%, прирост нефти составил 35 т/сут, отработала почти год, прирост остается 9 т/сут по нефти, динамика работы на рис. 3.

С пласта АВ²⁻³ проведена (ЗВС) по скважине 89158, запуск скважины проведен 21.08.2015 года с дебитом 64 м³/сут, обводненностью 73%, прирост нефти составил 14 т/сут, отработала почти год, прирост увеличился до 40 т/сут нефти, возможно, повлияло проведение дополнительно ГРП, динамика работы на рис. 4.

Как показывают данные скважин, эффективность от внедрения ЗБС остается достаточно высокой. Всего в период 2009–2013 гг. на Самотлорском месторождении проведено 1132 скважино-операции по резке боковых стволов (таблица), наибольший прирост дебита нефти (27,7 т/сут) и удельная годовая добыча нефти на 1 скважину (4,4 тыс. т).

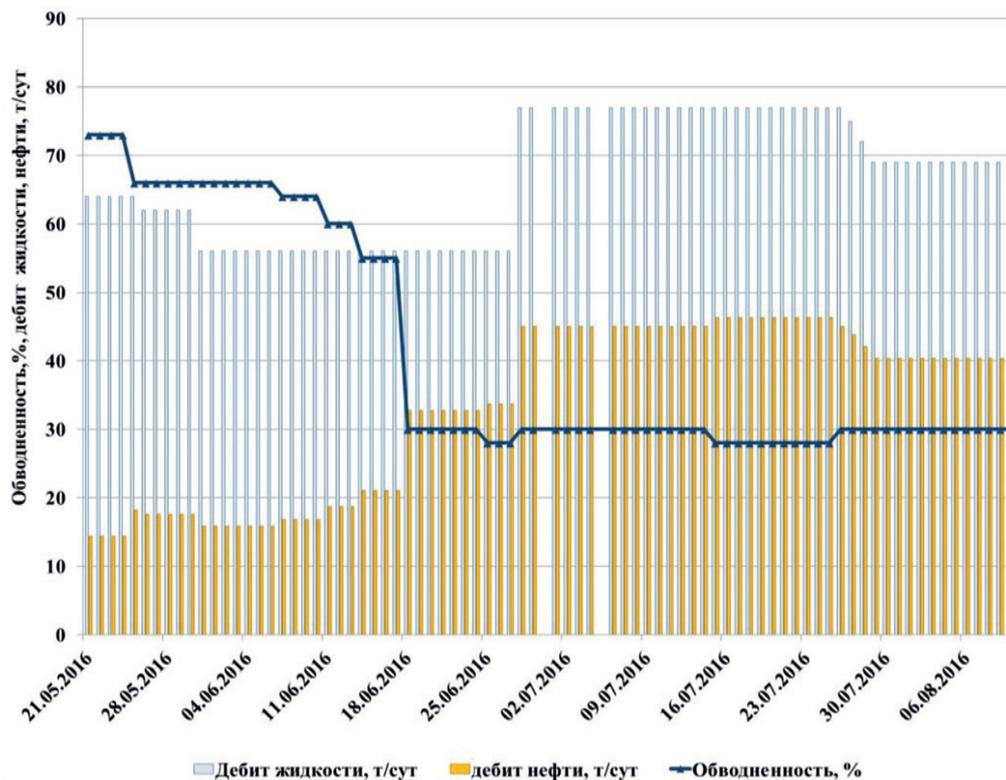


Рис. 4. Динамика работы скважины с БС № 89158

Осредненные параметры по ЗБС за 2009–2013 гг.

Вид ГТМ	Год	Количество скважино-операций	Прирост дебита нефти, т/сут	Прирост дебита жидкости, т/сут	Годовая доп. добыча нефти, тыс. т	Уд. доп. добыча нефти, тыс. т/скв	Нак. доп. добыча нефти, тыс. т	Коэфф. эффективности, %
ЗБС	2009	131	49,8	104,3	851,9	6,5	3167,9	79
	2010	212	34,8	90,2	1237,1	5,8	3916,4	78
	2011	229	30,3	117	1045,7	4,6	2953,2	67
	2012	282	21,1	164,8	910,6	3,2	1880,9	46
	2013	278	18,8	136,3	911,2	3,3	911,2	87
Итого по ЗБС		1132	27,7	127,2	4957	4,4	12829,6	84

Соответственно, максимальный вклад дополнительной добычи нефти за 2009–2013 гг. внесли мероприятия по гидроразрыву пласта и ЗБС: 16440 тыс. т и 12830 тыс. т нефти соответственно 39% и 30% и немного меньше нефти за счет возвратов и приобшей (5760 тыс. т, 13%). Распределение объемов ГТМ и дополнительной добычи по видам ГТМ приведено на рис. 5.

По состоянию на 01.01.2014 г. накопленная добыча нефти боковых стволов на Самотлорском месторождении за период 2009–2013 г. составляет 12830 тыс. т, что в пересчете на одну скважино-операцию со-

ставляет 11,3 тыс. т. Как видно на фоне снижения эффективности ГРП, (ЗБС) становится наиболее эффективным методом увеличения нефтеотдачи, позволяющим вырабатывать запасы нефти из слабодренлируемых зон, заземленных рабочим агентом, пластов, имеющих линзовидное строение, пластов с активной подошвенной водой. Практический опыт внедрения ЗБС показал, что данный метод позволяет вывести из неработающих категорий аварийный фонд, а также использовать скважины, попавшие в зоны с неблагоприятными геологическими условиями (зоны замещения, газовые шапки и др.).

Общее количество ГТМ - 14124 скважино-операции

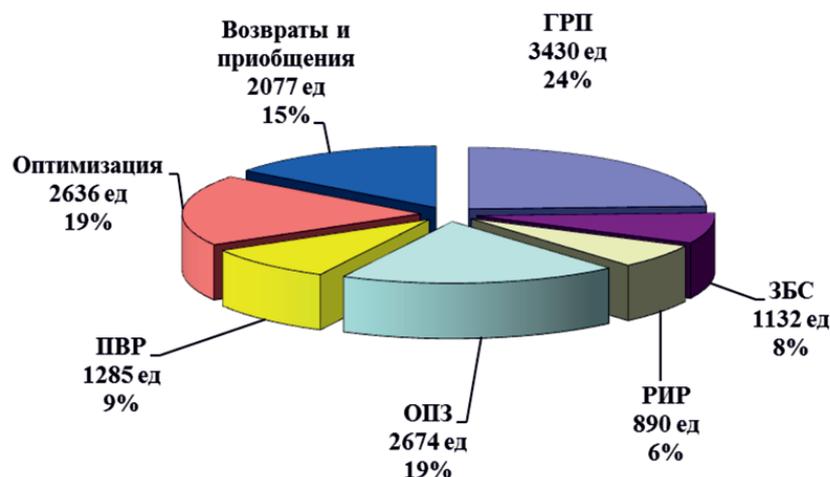


Рис. 5. Распределение объемов ГТМ по видам мероприятий

Работы по забуриванию и углублению дополнительных стволов малым диаметром долота (120,6 мм или 139,7 мм) ведутся на ранее пробуренных скважинах с диаметром колонн 146 и 168 мм. Подавляющая часть боковых стволов с целью крепления скважины оснащается беспроводным фильтром 101,6x6,4 Д ОТТМ, также используется беспроводный фильтр 114x7,4 Д ОТТМ имеющие 32 отверстия на 1м.п. фильтровой части, диаметр отверстий 16 мм. Применяются БС с вертикальным и горизонтальным окончанием, средняя длина горизонтального участка ствола составляет 215 м. При бурении БС значительно возросла роль геолого-технологических исследований (ГТИ). Они стали необходимыми при проводке всех категорий скважин, в том числе эксплуатационных и специального назначения. Исследованиями ГТИ охвачены все этапы строительства скважины – проводка, крепление, освоение, капитальный ремонт.

Самым масштабным и капиталоемким направлением интенсификации добычи на Самотлорском месторождении в настоящее время и в перспективе останется бурение новых скважин и боковых стволов. Интенсивное бурение связано с внедрением инновационных методов добычи. Уплотняющая сетка разработки месторождения требует поиска новых технологических решений в бурении и освоении скважин. Стоимость и срок окупаемости капитальных затрат на строительство бокового ствола значительно

ниже аналогичных показателей бурения новой скважины. Кроме того, боковой ствол проходит вблизи зоны продуктивного пласта, которая уже охарактеризована керновым материалом и каротажными данными, результатами испытания и эксплуатацией старой скважины, что существенно сокращает затраты на геофизические исследования. ЗБС остается наиболее эффективным видом ГТМ, слабовыработанных участков залежей при отсутствии транзитного фонда является ЗБС [1, 2, 3].

Основными объектами для проведения ЗБС в прогнозном периоде являются АВ₁¹⁻², АВ₄₋₅, АВ₁³, АВ₂₋₃ и БВ₈ в зонах концентрации остаточных запасов нефти и сформированной системой поддержания пластового давления, с целью полной выработки, доизвлечения остаточных запасов и достижения проектных показателей.

В целом по месторождению ЗБС является одним из эффективных мероприятий интенсификации добычи нефти и результаты проведенного анализа позволяют заключить, что пробуренный фонд скважин обладает определенными резервами улучшения показателей их использования и эксплуатации.

Выводы

1. На текущей стадии разработки Самотлорского месторождения зарезка боковых стволов становится наиболее эффективным методом увеличения нефтеотдачи, позволяющим вырабатывать запасы нефти из сла-

бодренируемых зон, линзовидное строение пластов с активной подошвенной водой.

2. По состоянию на 01.01.2014 г. накопленная добыча нефти от зарезки боковых стволов на Самотлорском месторождении за период 2009–2013 гг. составляет 12830 тыс. т, что в пересчете на одну скважино-операцию составляет 11,3 тыс. т.

3. Самым масштабным и капиталоемким направлением интенсификации добычи на Самотлорском месторождении в настоящее время и в перспективе останется бурение новых скважин и боковых стволов.

Список литературы

1. Апасов Т.К., Апасов Г.Т., Мухаметшин В.Г., Максютов А.М. Опыт-Промышленные испытания бурения

и эксплуатации скважины с боковым стволом на Южно-Охтеурском месторождении // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 150–155.

2. Балуев А.А. Перспективы бурения многоствольных скважин на месторождениях Сургутского свода // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 8. – С. 33–34.

3. Грачев С.И., Гринев В.Ф. Особенности проектирования дополнительных горизонтальных стволов добывающих скважин // Ресурсосбережение в топливно-энергетическом комплексе России: Тезисы докладов междунар. науч.-техн. конф. – Тюмень: Газпром, ЗапСибГазпром, 1999. – С. 33.

4. Муслимов Р.Х. Современные методы повышения нефтеизвлечения проектирование, оптимизация и оценка эффективности: Учебное пособие – Казань, изд-во ФЭН АН РТ, 2006. – 688 с.

5. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Перспективы и проблемы строительства наклонно направленных и горизонтальных скважин // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 7. – С. 6–8.

УДК 631.423.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ В ЧЕРНОЗЕМАХ АГРОЛАНДШАФТОВ УЙМОНСКОЙ МЕЖГОРНОЙ КОТЛОВИНЫ (БАССЕЙН Р. КАТУНЬ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛТАЙ)

**Бабошкина С.В., Пузанов А.В., Ельчининова О.А., Рождественская Т.А.,
Кузнецова О.В., Балыкин С.Н., Трошкова И.А.**

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, e-mail: svetlana@iwep.ru

Полуэмпирическим расчетным методом педотрансферных функций получены основные гидрофизические характеристики (ОГХ), а также функции влагопроводности черноземов обыкновенных Уймонской котловины (бассейн р. Катунь, Центральный Алтай), различного сельскохозяйственного назначения. Параметры аппроксимации ОГХ уравнением Ван Генухтена определены в программе RETC, на основе экспериментальных данных о гранулометрическом составе почвы, ее плотности сложения, влажности завядания и наименьшей влагоемкости. Границы гранулометрических фракций почв, определенные по методу Качинского, для использования в RETC были приведены к международной классификации FAO методом линейной интерполяции. С использованием компьютерной программы HYDRUS-1D зарубежных авторов (J. Simunek, M.Th. Van-Genuchten, M. Seina) выполнено моделирование вертикального движения влаги в почвах Уймонской степи и рассчитаны объемы снижения запасов влаги в результате ее инфильтрации в нижние слои за время 10-дневного периода без осадков, с учетом корневого водопотребления. Показано, что в черноземе пашни промачивание всех слоев почвы в ситуации после первоначального атмосферного увлажнения происходит заметно быстрее, а общие влагопотери из верхнего горизонта более существенны, что определяет в нем лучшие условия для выщелачивания при достаточном увлажнении верхнего горизонта, что выражено в сдвиге pH среды в кислую сторону. Вертикальному оттоку влаги в более глубокие слои в почве под сенокосом препятствуют более плотные и хуже проводящие влагу В и С горизонты (с щелочной реакцией среды). При моделировании движения влаги с учетом корневого потребления растениями оказалось, что транспирационный фактор в большей степени корректирует динамику влажности в черноземе под залежью.

Ключевые слова: чернозем, Уймонская котловина, почвенная влага, ОГХ, RETC, HYDRUS-1D, влагопроводность, вертикальное распределение влаги, функция Ван Генухтена, инфильтрация, транспирация

MODELING OF MOISTURE INTERPROFILE MOVEMENT IN CHERNOZEMS OF AGROLANDSCAPES OF UIMON INTERMOUNTAIN DEPRESSION (KATUN BASIN, CENTRAL ALTAI)

**Baboshkina S.V., Puzanov A.V., Elchininova O.A., Rozhdestvenskaya T.A.,
Kuznetsova O.V., Balykin S.N., Troshkova I.A.**

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, e-mail: svetlana@iwep.ru

Water retention curves (WRC) and hydraulic conductivity functions of ordinary chernozems of Uimon intermountain depression (r. Katun basin, Central Altai) were obtained, using semi-empirical calculation methods of pedotransfer functions. Approximation parameters of WRC by Van Genuchten's equation were determined in RETC program, on the basis of experimental data: particle size distribution of the soil, its density, wilting point and field capacity. The boundaries of soils grain-size fractions determined by the method of Kachynskii, for use in the RETC, were made equal to the International FAO classification by the linear interpolation method. Using a computer program HYDRUS-1D (authors: J. Simunek, M.Th. Van-Genuchten, M. Seina) the modeling of moisture vertical movement in agrochernozems was executed and volumes of moisture reserves reduce due to its infiltration into the lower layers during the dry 10-days period with root water uptake factor were calculated. It is shown that in all soil layers of arable land chernozem wet faster and the general moisture loss from its upper horizon after initial atmospheric wetting up to 10 days without rainfall are more significant (than in the soil of hayfields), that determine better conditions for leaching, during good wetting of A horizon, which represent by pH change to acidic condition. Vertical outflow of moisture to the deeper layers of the haying soil prevent by high density of B and C horizons with alkaline reaction and less coefficient of hydraulic conductivity. The simulation of moisture movement with the root plants uptake consumption showed that transpiration factor corrects the dynamics of moisture in chernozem of haymaking largely, than in chernozem of plowed field.

Keywords: chernozem, Uimon intermountain depression, soil moisture, water retention curve, RETC, HYDRUS-1D, hydraulic conductivity, moisture vertical distribution, Van Genuchten function, infiltration, transpiration

Экологическое состояние и качество подземных и поверхностных вод в значительной степени определяется состоянием и характером использования водосборной территории, поскольку на ней протекают основные процессы, формирующие хими-

ческий состав водных объектов. Для адекватной оценки количественного и качественного влияния водосбора на водоток необходимо точно рассчитывать характеристики стока с водосбора и уметь моделировать процессы влагопереноса в почвах.

Таблица 1

Физико-механические и физико-химические показатели агрочерноземов
Уймонской котловины

Объект	Горизонт	Гранулометрический состав (%) и классификация по Качинскому			Гранулометрический состав (%) и классификация FAO				Плотность, г/см ³	Порозность, %	Содержание гумуса, %	pH
		Ил, < 0,001	Физич. глина, < 0,01	Принадлежность	Clay < 0,002	Silt 0,002–0,05	Sand > 2	Принадлежность				
Чернозем (сенокос)	Ад	7,1	29,6	л-сугл.	12,0	51,1	36,9	Silt loam	0,88	62,9	4,7	7,1
	В	12,2	40,8	ср.-сугл.	19,8	42,6	37,6	Loam	1,26	51,1	2,1	8,0
	С	16,2	38,1	ср.-сугл.	21,0	40,2	38,8	Loam	1,36	48,0	1,1	7,9
Чернозем (пашня)	Ап	7,2	34,5	ср.-сугл.	15,3	45,0	39,7	Loam	1,07	58,7	9,5	6,8
	В	7,7	27,0	л-сугл.	13,0	41,9	45,1	Loam	1,14	55,4	5,4	6,6
	С	4,8	16,9	супесь	10,0	33,4	56,6	Sandy loam	1,17	57,8	3,6	7,7

Модели почвенных гидрологических процессов и режимов, опираясь на специальное гидрофизическое экспериментальное обеспечение, позволяют рассчитывать процессы переноса влаги и растворенных веществ в почвах. При этом получение соответствующего обеспечения модели является весьма важным этапом в гидрологическом исследовании [9].

Процесс поступления в почву воды и ее последующее распределение является важной составляющей режима любой почвы. В почвах сухих степей, где практически единственным источником поступления воды является атмосферная влага, особый интерес представляет процесс впитывания воды и ее дальнейшее перераспределение в ненасыщенной влагой сухой почве (инфильтрация) [8]. Количественной характеристикой водоудерживающей способности почв является основная гидрофизическая характеристика (ОГХ), как зависимость между капиллярно-сорбционным давлением влаги (P_k-c) и влажностью. Вертикальное движение влаги в ненасыщенных влагой степных почвах характеризуется функцией влагопроводности – зависимостью между коэффициентом влагопроводности ($K_{вл}$) и P_k-c [8].

Целью работы является анализ водно-физических свойств черноземов обыкновенных агроландшафтов Уймонской котловины различного режима сельскохозяйственного использования, а также моделирование процесса нисходящего движения в них влаги в ситуации после осадков, с учетом транспирационного фактора.

Материалы и методы исследования

Объектами данного исследования были выбраны черноземы обыкновенные Уймонской котловины – од-

ного из межгорных понижений Центрального Алтая (бассейн р. Чендек, левый приток р. Катунь). В настоящее время почвенный покров котловины представлен в основном черноземами обыкновенными распаханнами. Рассматриваемые нами агроландшафты занимают выровненный и топографически однородный участок с уклоном поверхности около 0°. Первый вариант – пашня, посева овса, стадия – выход в трубку. Второй вариант – залежь, разнотравно-злаковая ассоциация. На этих двух полях были заложены почвенные разрезы на расстоянии не более 100 м друг от друга. Отбор проб проводился 8 июля 2014 года. По архивным данным сайта www.gp5.ru 5 июля 2014 года шли ливневые дожди и выпало в сумме 14 мм осадков, а с 6 по 8 июля выпало еще 3,5 мм осадков. На момент наблюдений верхний горизонт изучаемых нами черноземов был отчетливо более влажный, чем нижние слои.

Полевые и лабораторные исследования были проведены общепринятыми стандартизированными методами. Полевая влажность определялась термостатно-весовым методом, плотность почвы – методом режущего кольца, плотность твердой фазы – пикнометрически. Гранулометрический состав почв определяли пипеточным методом по Качинскому. Общую пористость определяли через соотношение плотности сложения почвы и плотности ее твердой фазы [1]. Определение наименьшей влагоемкости в поле проводили через 24 ч после окончания заливочных экспериментов на водопроницаемость [1, 9]. Содержание гумуса в почве определяли методом мокрого сжигания по Тюрину, pH – потенциметрически [2].

Для аппроксимации функции ОГХ (основной гидрофизической характеристики) агрочерноземов использовали наиболее широко известное в настоящее время в мировом почвоведении уравнение Ван Генухтена:

$$\theta(P) = \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha P)^n)^m} + \theta_r,$$

где $m = 1 - 1/n$, θ – равновесная влажность (влажность, соответствующая определенному давлению почвенной влаги P , θ_s – влажность, близкая к влажности насыщения, θ_r – остаточная влажность, α – величина, обратная величине капиллярно-сорбционного давления, приближающегося к давлению входа воздуха, n – крутизна кривой [8, 9]. Восстановление ОГХ проводилось полуэмпирическим расчетным методом

с помощью педотрансферных функций (ПТФ) – зависимостей, позволяющих восстановить ОГХ по традиционно определяемым базовым свойствам почв (как правило, это гранулометрический состав, а также плотность, порозность, содержание органического вещества и др.) [8]. В данной работе использовались ПТФ Rosetta Lite 1.1, заложенные в программе RETC [10]. Для получения параметров аппроксимации ОГХ функцией Ван-Генухтена использовались экспериментально полученные данные гранулометрического состава, плотности, порозности, наименьшей влагоемкости и влажности завядания. Границы фракций гранулометрического состава были приведены к границам международной классификации FAO методом линейной графической интерполяции [7].

Процесс вертикального перемещения влаги из черноземов обыкновенных Уймонской степи различного сельскохозяйственного использования в ситуации первоначального насыщения только верхних горизонтов влагой описан с помощью системы компьютерного моделирования влагопереноса в почвах HYDRUS-1D (США, авторы: J. Simunek, M.Th. Van Genuchten, M. Seina, адрес: www.hydrus2d.com). Расчеты проводили для почв, каждый горизонт которых обладал своими водно-физическими свойствами. Гидрологический режим черноземов моделировали для периода в 10 (июльских) дней без последующих атмосферных осадков. Верхнее граничное условие задавалось как «Постоянный поток», а на нижней границе принималось «Постоянное давление». Моделирование отрицательного (нисходящего) передвижения влаги проводилось с учетом поглощение воды корнями растений. В этом случае выбрали подмодель этого процесса в Main process, а в команде The Root Water Uptake Parameters – параметры корневого потребления для определенного вида культуры из встроенной базы данных: в случае пашни под посевами овса – «Corn – vegetative period», в случае сенокоса – «Grass». Распределение плотности корневых систем строилось в графическом редакторе (Soil

Profile – Graphical Editor). Далее, в команде Water Flow (Constant Boundary) на верхней границе задавали интенсивность потенциальной транспирации [7] – максимальное испарение, которое может происходить при данных погодных условиях над конкретным растительным покровом сельскохозяйственной культуры, находящейся в оптимальных агрономических условиях (без стрессов). Величину Root water uptake 1,4 мм/сут. мы принимали, исходя из сравнений с величинами потенциальной транспирации (а также эвапотранспирации, испарения) и расчетов через величины урожайности и коэффициенты водопотребления, приводимыми в работах других авторов [3–6].

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам нашего исследования, в черноземе под сенокосом верхний Ад горизонт более рыхлый, менее плотного сложения, наиболее пористый и отличается облегченным гранулометрическим составом (табл. 1). С глубиной в этом варианте чернозема плотность сложения и содержание глинистой и илистой фракций растет. В профиле чернозема пашни, наоборот, с глубиной происходит облегчение гранулометрического состава со среднесуглинистого до супесчаного, хотя плотность и порозность почвы при этом не снижаются. Сравнимые варианты черноземов существенно отличаются по содержанию гумуса – в почве пашни его содержание в 2 раза выше, чем в почве под сенокосом. При этом почва под посевами овса отличается нейтральным рН среды, тогда как в почве под сенокосом реакция среды слабощелочная.

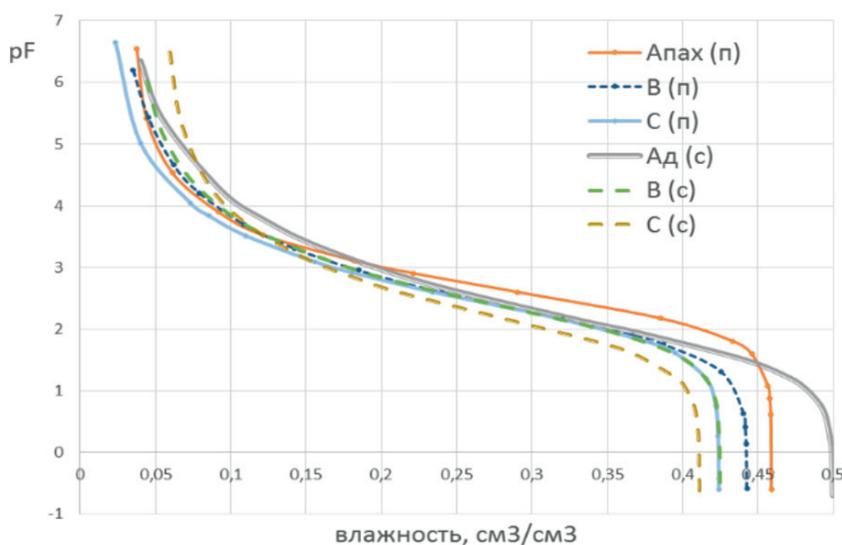


Рис. 1. Кривые ОГХ различных горизонтов агрочерноземов Уймонской степи различного режима использования – под пашней (посевы овса) и под залежью (сенокос, разнотравье)

Таблица 2

Гидрофизические свойства чернозема обыкновенного под залежью.
 Параметры аппроксимации ОГХ функцией Ван Генухтена и коэффициенты фильтрации

Горизонт (глубина, см)	$\theta_s, \text{см}^3/\text{см}^3$	$\theta_r, \text{см}^3/\text{см}^3$	n	α	Кф, см/сут
A _d (2–16)	0,500	0,0255	1,3196	0,0245	161,2
B (16–26)	0,4248	0,0365	1,4145	0,0112	31,4
C (26–40)	0,4112	0,0556	1,4228	0,0165	23,72

Таблица 3

Гидрофизические свойства чернозема обыкновенного под пашней.
 Параметры аппроксимации ОГХ функцией Ван Генухтена и коэффициенты фильтрации

Горизонт (глубина, см)	$\theta, \text{см}^3/\text{см}^3$	$\theta_r, \text{см}^3/\text{см}^3$	n	α	Кф, см/сут
A _л (0–26)	0,459	0,0354	1,5362	0,0054	88,26
B (26–40)	0,4427	0,0283	1,3922	0,013	76,95
C (40–55)	0,4241	0,0193	1,4281	0,010	84,67

Для расчетов и моделирования процесса движения влаги в HYDRUS 1D было решено применить параметры аппроксимации ОГХ функцией Ван Генухтена и коэффициенты фильтрации, полученные по ПТФ Rosetta программы RETC с использованием данных гранулометрического состава (приведенные к международной классификации FAO методом линейной интерполяции) (SSC), плотности (BD), наименьшей влагоемкости (TH33), влажности завядания (TH1500) (табл. 2–3).

Кривые водоудерживания изученных нами суглинистых черноземов Уймонской степи, как правило, имеют выраженную S-образность и наиболее дифференцированы в области капиллярной и гравитационной форм влаги (рис. 1).

В состоянии, близком к насыщению ($P < -50$), наибольшей влагоудерживающей способностью отличается верхний гумусово-аккумулятивный горизонт чернозема под залежью – наиболее легкий по гранулометрическому составу и наиболее рыхлый. В области капиллярной ($pF = 1,7-3$) и пленочно-капиллярной малоподвижной влаги ($pF = 3-4,5$) наибольшей влагоудерживающей способностью отличается среднесуглинистый, наиболее гумусированный и довольно пористый верхний A_л горизонт пашни. Наилучшими влагоудерживающими свойствами в области пленочной и адсорбированной форм влаги ($pF > 4,5$) обладает один из наиболее тяжелых по гранулометрическому составу и наиболее плотный S_к горизонт под сенокосом, что объясняется увеличенным содержанием в нем мелких пор, которые удерживают влагу при низких значениях давления [8].

В области полного насыщения почвы влагой наибольшей влагопроводностью (и наибольшим коэффициентом фильтрации) отличается наиболее легкий по гранулометрическому составу и наиболее рыхлый A_d горизонт почвы под сенокосом (рис. 2). При этом значительно более плотные B и C горизонты этого варианта чернозема отличаются самыми низкими влагопроводящими свойствами, что, очевидно, будет затруднять вертикальное нисходящее движение влаги в этих почвах. В области от капиллярного механизма удержания влаги ($P > -10$ см водн. ст.) лучшими влагопроводящими свойствами отличается чернозем, используемый под посеvy овса (пашня). Почва под сенокосом в условиях иссушения будет проводить влагу заметно хуже.

Для расчета движения влаги в почве в качестве начальных условий взяли природную полевую ситуацию, когда, на момент отбора проб (на 8 июля 2014 года) влажность верхних горизонтов была порядка 30%, а подпахотных B горизонтов – 16–18%. Судя по ОГХ (график (рис. 1) и матрица из программы RETC), в рассматриваемых почвах эти значения влажности соответствовали значениям давления порядка – 270 – – 290 см водн. ст. в верхних горизонтах и – 640 – – 660 см водн. ст. в подпахотных B горизонтах. Однако, при практически одинаковых величинах капиллярно-сорбционного давления более суглинистый, гумусированный и более плотный A_л горизонт почвы под посевами овса изначально будет содержать больше объемной влаги ($0,325 \text{ см}^3/\text{см}^3$), т.к. отличается большей влагоемкостью (рис. 1, 4).

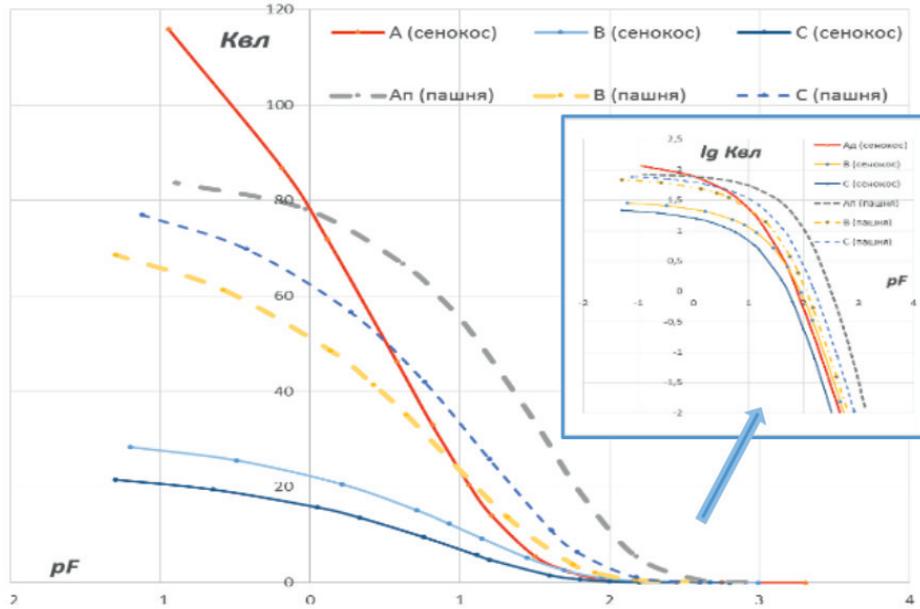
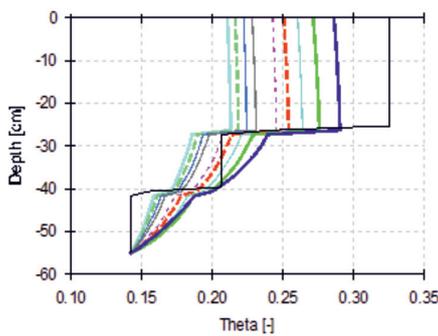


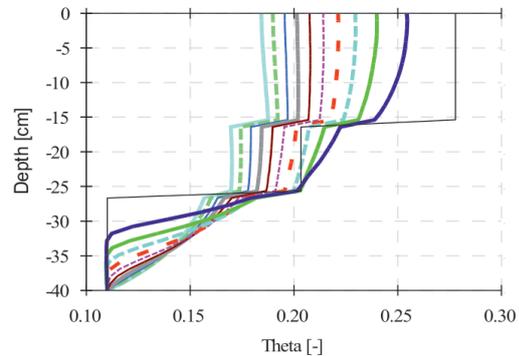
Рис. 2. Функции влагопроводности для А, В и С горизонтов черноземов агроландшафтов Уймонской степи

Profile Information: Water Content



а) чернозем под пашней

Profile Information: Water Content



б) чернозем под залежью

Рис. 3. Динамика профильного распределения влажности ($\text{см}^3/\text{см}^3$) в черноземах обыкновенных различных агроландшафтов Уймонской котловины (результат моделирования за 10-дневный период без осадков, с учетом корневого потребления растениями)

Характер и динамика распределения влаги в рассматриваемых условиях в агро-черноземах различного сельскохозяйственного использования Уймонской котловины заметно различаются (рис. 3, а–б). Можно отметить, что в почве пашни за первые двое суток за счет большего $K_{\text{вл}}$ нижележащих горизонтов В и С происходит довольно быстрое промачивание всех слоев почвы

(рис. 3, а) – нисходящее движение влаги в почве пашни по макропорам и трещинам, очевидно, происходит более интенсивно, чем в почве под залежью.

В последующие дни (в отсутствие дополнительного атмосферного увлажнения) нижележащие горизонты В и С почвы под пашней полученную из верхнего горизонта влагу постепенно теряют, происходит

постепенное иссушение всех слоев почвы, причем до значений ниже исходной величины. Что касается чернозема под залежью, то, несмотря на более легкий гранулометрический состав верхнего Ад горизонта, в первый день влага не проникает на всю глубину почвенной толщи, а только до глубины 32 см (рис. 3, б). Очевидно, вертикальному внутрипочвенному стоку препятствуют существенно более низкие $K_{вл}$ в менее пористых и более плотных В и С горизонтах (рис. 2).

В целом за 10 суток, последующих после дождей, с учетом корневого потребления влаги растениями, почва под пашней теряет из верхнего Ал горизонта глубиной 26 см $0,114 \text{ см}^3/\text{см}^3$ влаги или 29,5 мм водного слоя что на 5,5 мм больше в случае моделирования простого вертикального внутрипочвенного оттока, без учета транспирации. Объемная влажность изменяется в Ал горизонте с учетом корневого потребления от $0,325$ до $0,211 \text{ см}^3/\text{см}^3$ или (на весовую влажность) от 30,4% до 22,5%. Потери влаги в почве под сенокосом, особенно в Ад горизонте – более рыхлом и легком по гранулометрическому составу и с более плотным распределением корней, оказались более существенным, по сравнению с простым вертикальным оттоком, без учета транспирации, что особенно заметно по Ад и В горизонтам. За 10 суток влажность Ад горизонта с учетом корневого потребления изменится от $0,279 \text{ см}^3/\text{см}^3$ до $0,183 \text{ см}^3/\text{см}^3$ (или с 31,8% до 16,1%), влагопотери составят $0,096 \text{ см}^3/\text{см}^3$ или 15,4 мм водного слоя (для 16 см почвенной толщи), что на 6,8 мм (почти в 2 раза) больше, если корневое потребление при моделировании не учитывать.

Очевидно, в условиях достаточного начального увлажнения в рыхлой и крупнопористой почве пашни формируются более благоприятные условия для вертикального оттока влаги, а значит, для выщелачивания различных солей и соединений (например, карбонатов), что выражено в снижении уровня рН до нейтральных величин (табл. 1). В почве под залежью, в которой значения рН существенно выше, потери влаги в результате вертикального оттока в целом менее существенны – вертикальному оттоку в более глубокие слои препятствуют уплотненные В и С горизонты. Существенные коррективы в водный баланс почвы под разнотравной залежью вносит корневое потребление влаги.

Заключение

Моделирование вертикального нисходящего движения влаги в черноземах обыкновенных Уймонской котловины в ситуации начального атмосферного увлажнения верхних горизонтов и корневого потребления влаги растениями с применением пакета HYDRUS-1D показало, что из двух сравниваемых участков (под залежью и под посевом овса) в черноземе пашни промачивание всех слоев почвы более быстрое и происходит уже в первые сутки. Полученная во время атмосферных осадков влага сравнительно быстро движется вниз по почвенным порам пахотного варианта чернозема. В результате в почве пашни формируются более благоприятные условия для выщелачивания, что находит свое отражение, например, в снижении уровня рН до нейтральных величин, по сравнению с почвой под залежью. В почве под разнотравьем, в которой рН существенно выше и наблюдается щелочная реакция среды всех горизонтов, вертикальному оттоку влаги в более глубокие слои препятствуют уплотненные В и С горизонты, кроме того, значительная доля поступившей в нее атмосферной влаги поглощается корнями растений.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв. / Отв. ред. А.В. Соколов. – М.: Изд-во «Наука», 1975. – 655 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. Отв. ред. А.И. Бусев. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
3. Архангельская Т.А. Математическое моделирование водного режима двух агрочерноземов с различным уровнем залегания карбонатов / Т.А. Архангельская, О.С. Хохлова, Т.Н. Мякшина // Компьютерные исследования и моделирование. – 2016. – т. 8. № 2. – С. 401–410.
4. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, хранение и использование) / Под ред. Д. Шпаара. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. – 656 с.
5. Козырева Л.В. Методика оценки биологического водопотребления посевов для решения задач управления водным режимом / Л.В. Козырева, Ю.Р. Ситдикова, А.Е.Ефимов, А.В.Доброхотов // Агрофизика. – 2013. – № 4(12). – С. 12–19.
6. Смагин А.В. Моделирование гидрологической функции лесной подстилки / А.В. Смагин // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2011. – Т. 7, № 1. – С. 10–20.
7. Шеин Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций / Е.В. Шеин // Почвоведение. – 2009. – № 3. – С. 309–317.
8. Шеин Е.В. Курс физики почв. / Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
9. Шеин Е.В. Моделирование процесса водопроницаемости черноземов каменной степи / Е.В. Шеин, Д.И. Щеглов, В.В. Москвин // Почвоведение. – 2012. – № 6. – С. 648–657.
10. Scaap M.G. Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions / M.G. Scaap, F.J. Leij, M.Th. Van Genuchten // Journal of Hydrology. – 2001. – Vol. 251. – № 3–4. – P.163–176.

УДК 504.03

**АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ ДЛЯ САНАЦИИ
МАРГИНАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ****¹Бортникова Г.А., ²Луговской А.М., ¹Межова Л.А.**¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж,
e-mail: lla1986@yandex.ru, lidiya09@rambler.ru;²ИМИЕН МГПУ, Департамент экономической теории Финансового университета, Москва,
e-mail: alug1961@yandex.ru

В статье рассматриваются разнообразные подходы в санации маргинальных территорий и рекультивации карьеров различного типа, к комплексной оценке их потенциальных ресурсов, структуре мониторинга как составной части процесса территориального управления качеством среды. Под маргинальными понимаются территории, располагающиеся внутри или на периферии страны с относительной изолированностью от основных транспортных путей, имеющие специфичность внутренних и межрегиональных хозяйственных связей и некоторую экономическую и социальную отсталость. Выявление структурных особенностей территориальной организации позволяет оценить реальное состояние, наметить пути и перспективы развития неиспользованных территорий карьеров, эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Для комплексного развития необходимо вовлечение новых, в частности маргинальных, территорий, характеризующихся многообразием потенциальных ресурсов разнородной территории, не вовлечённых в оборот из-за географического положения и в силу сложившейся системы территориального управления. Предлагаются модели рекультивации маргинальных территорий.

Ключевые слова: маргинальные территории, территориальное управление, рекультивация, мониторинг, санация

**ANALYSIS OF THE MODELS OF RECLAMATION OF QUARRIES
FOR SANALI MARGINAL REGIONS****¹Bortnikova G.A., ²Lugovskoy A.M., ³Mezhova L.A.**¹Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, e-mail: lla1986@yandex.ru, lidiya09@rambler.ru;²IMAN MSPU Professor of the Department of economic theory Financial University D.S.C., C.b.n,
Moscow, e-mail: alug1961@yandex.ru

The article discusses various approaches to sonali marginal territories and recultivation of pits of various types, the comprehensive assessment of their potential resources, the structure of monitoring as an integral part of the process of territorial quality management environment. Under marginal refers to the territory located inside or on the periphery of the country's relative isolation from major transport routes, with the specificity of internal and inter-regional economic ties and some economic and social backwardness. To identify the structural features of the territorial organization allows to assess the real state, to identify ways and prospects of development of unused territories quarries, efficient use of available resources. Integrated development requires the involvement of new, in particular, the marginal regions, characterized by the diversity of potential resources of a heterogeneous site, not involved in trafficking due to its geographical position and due to the current system of territorial administration. Models are available in reclamation of marginal areas.

Keywords: marginal territories, territorial management, reclamation, monitoring, sonace

Маргинальными (от лат. *margo* – край, граница, или франц. *marginal* – второстепенный, побочный) называют территории, располагающиеся внутри или на периферии страны. Отличительной особенностью этих территорий является относительная изолированность от основных транспортных путей, специфичность внутренних и межрегиональных хозяйственных связей некоторая экономическая и социальная отсталость от районов с сосредоточением населения и хозяйственной деятельности. Применяемое со времен древнеримской империи противопоставление «столичный – провинциальный» в территориальном управлении обосновывает неравноправие в политико-админи-

стративной структуре ведущее к экономической дифференциации.

По нашему мнению, подобный подход неправилен с силу определения приоритета санации территориального управления на текущий момент времени, который оптимален в определенных рамках или может быть даже экономически неэффективен. Отличительной чертой маргинальных территорий является не вовлеченность в систему общественных, экономических, производственных, а в нашем исследовании рекреационных отношений. При этом месторасположение не зависит от территориальной привязки, а определяется уровнем развития инфраструктуры.

Принцип контрастности деления земель по совокупности физико-географических факторов идентифицирует экотоны как маргинальные территории. Маргинальная область – это крайние земли с негативными ландшафтными условиями. Правило установления маргинальной зоны – это пограничное состояние или, на наш взгляд, парадинамический комплекс [8, 9]. По нашему мнению, карьеры и полигоны твердых бытовых отходов сопоставимы с понятием «экотон» и могут быть отнесены к маргинальным территориям и характеризуются специфичным видовым составом вследствие «краевого эффекта», проявляющимся в пограничных территориях между биологическими системами и являющимся важным потенциальным ресурсом развития.

Термин «рекультивация», появившийся сравнительно недавно, в последние десятилетия XX века, активно используется в связи с необходимостью по восстановлению нарушенных территорий в результате развития горнорудной промышленностью с открытым способом добычи полезных ископаемых. Его широкое объясняется необходимостью восстановления продуктивности и возвращения нарушенных природно-территориальных комплексов в хозяйственный оборот земель при интенсивном способе ведения хозяйства и ограниченностью неосвоенных территорий. Однозначного подхода к выбору направления рекультивации не существует, в каждом регионе существуют свои особенности нормативно-правовой базы. Но основные требования в большей степени зависят от целей рекультивации и формы собственности территории. Немаловажным фактором является инициатор, рекультивация – самостоятельное решение, предписание контролирующих органов и т.д. На муниципальных землях направление рекультивации и перечень требуемых мероприятий определяет соответствующая структура в администрации. От направления рекультивации будут зависеть технические и технологические мероприятия, а значит, и затраты, собственник сам определяет направление рекультивации. Так, например, проект рекультивации земель разрабатывается на основании нормативно-правовых актов:

1. ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы Земли. Общие требования к рекультивации земель. – М. Госстандарт, 1985 [2].

2. Руководство по составлению проекта рекультивации земель, занимаемых во временное пользование для строитель-

ства автомобильных дорог и дорожных сооружений. Утв. Минавтодором РСФСР от 05.06.1984 протокол № 39 [16].

3. Правила лесовосстановления. Утв. приказом МПР России от 16 июля 2007 г. № 183 [13].

4. Нормы обеспечения противопожарным оборудованием, средствами тушения лесных пожаров владельцев лесного фонда и лесопользователей. Утв. первым заместителем руководителя Федеральной службы лесного хозяйства России 28 октября 1993 г. [10].

5. Правила пожарной безопасности в лесах. Утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2007 г. № 417 [15].

Таким образом, наблюдается сведение рекультивационных мероприятий к максимально возможному возмещению существовавшего состояния геосистемы, нарушенной в результате проведения мероприятий по добыче минерального сырья. Необходимо также учитывать то, что санитарно-эпидемиологическое и экологическое законодательство, являющиеся основой рекультивационной деятельности, в настоящее время динамично развиваются соответственно современным требованиям.

Анализ результатов экспериментальных исследований по созданию искусственных насаждений и изучение процесса формирования древесно-кустарниковой и травянистой растительности после завершения работ на площадках кустовых оснований, на подштабельных площадках гидронамывных карьеров и сухоройных карьерах показал разнонаправленность проведения рекультивации песчаных карьеров:

– рекультивация грунтов с внесением рекультивационного слоя – неструктурированной почвенной смеси, хранившейся в отвалах;

– внесение минеральных удобрений и применение микробиологических препаратов для активации микрофлоры и стимуляции роста растений для ускорения процесса образования дерновины;

– прием «землевания» – засыпка площадки карьера, нанесение на поверхность почвы, торфа или потенциально плодородного грунта сплошным слоем толщиной от 2–50 см;

– засыпка площадки карьера песчано-торфяной смесью полосами торфа поперек господствующего направления ветров толщиной 10 см с покрытием от 50% площади карьера; полосы с покрытием засеваются

многолетними травами и посадками деревьев и кустарников, что дает экономию посевного материала и наносимого покрытия;

– внесение полного минерального удобрения (НРК) с учетом имеющегося содержания питательных веществ в субстрате осенью и весной, что способствует лучшему восстановлению и скорейшему задернению;

– полив поверхности в течение вегетационного периода обезвреженными сточными водами до посева и после посева, согласуя его с фазами развития растений. Состав применяемых сточных вод должен соответствовать нормам санитарно-эпидемиологической службы по содержанию вредных веществ;

– в течение нескольких вегетативных сезонов использовать под свалку нетоксичного бытового мусора с последующей засыпкой слоем песка для естественного застарения;

– для прекращения пыления и стабилизации поверхности применяется посев с применением лигнина, латекса, полиакриламида и других связывающих веществ;

– без засыпки торфом или песком. В публикациях исследователей подчеркивается малая эффективность применяемого метода рекультивации засыпкой грунтом шламовых амбаров из-за риска загрязнения продуктами бурения под влиянием геохимических потоков и гидрологических процессов.

Анализ литературных источников показал, что разработаны экологически устойчивые модели рекультивации:

1. Универсальная модель, предусматривает создание на поверхности устоявшихся площадок плодородного слоя почвенной массы оптимальной толщины. Позволяет вести традиционное земледелие, не отличающееся от зонального на ненарушенных территориях.

2. Модель повышенного плодородия. Отличается от основной качественными или количественными характеристиками насыпного слоя почвенной массы и использования высоко гумусированной почвенной массы.

3. Гидромелиоративная модель рекомендуется для территорий с засушливыми условиями, где основным лимитирующим фактором является влага.

4. Геомелиоративная модель состоит в покрытии фитотоксичных грунтов лессовидными суглинками с последующим нанесением плодородного слоя, устраняя вредные свойства подстилающих горных пород.

5. Локальная модель состоит в разработке оптимальных параметров строения

техногенных почв, обеспечивающих высокую продуктивность подобранного сорта растения сельскохозяйственных растений.

6. Специальная модель предусматривает создание искусственных эдафотопов с потенциально-плодородными полиминеральными не фитотоксичными горными породами.

7. Построение террас на ярусах и покрытие террас потенциально плодородным слоем. После построения террасы первого яруса производят покрытие откоса и площадки плодородным слоем до нижней бровки второго яруса и при отсыпке последующих ярусов операции повторяют [18].

8. С верхней площадки отвала в его породы бурят скважины с перебором проектной поверхности выколаживания, размещают в переборе каждой скважины заряд рыхления, а на участке каждой скважины от проектной поверхности выколаживания до устья размещают заряд сброса. Заряды рыхления взрывают с замедлением относительно зарядов сброса [1].

9. При рекультивации крутых склонов из скальных пород в целях уменьшения объема насыпных работ от подошвы склона до его верхней бровки формируют подъездную путь и размещают на нем приемные площадки. Засыпку склона осуществляют уступами снизу вверх с одновременным формированием террас на уровне приемных площадок [7].

10. Способ включает формирование террас на каждом ярусе отвала, отвалов скальных пород. покрытие потенциально плодородным слоем и почвой. Ниже уровня горизонтальной площадки террасы каждого яруса формируют из почвенной массы промежуточную террасу, после чего производят засыпку указанной массой склона этой террасы под углом естественного откоса скальных пород [5, 6].

11. Способ включает постановку откосов в устойчивое положение, проведение выработок и заполнение их почвой с семенами и удобрениями. В целях снижения затрат на рекультивацию бортов карьеров выработки проходя в виде скважин параллельно откосу борта карьера [11].

12. На откосах формируются террасы с устройством предохранительных берм с последующей биологической рекультивацией. Террасы с предохранительными бермами формируют клиновидными заходками диагонально по отношению к бровкам откосов с повторением рельефа последних, а у верхних бровок террасированных от-

косов формируют водозащитный вал. При рекультивации откосов многоярусных отвалов наклонные террасы на каждом последующем ярусе проходят в противоположном направлении к предыдущему [17].

13. В целях снижения расхода потенциально плодородной почвенной массы для создания благоприятных условий произрастания растений при формировании промежуточной террасы вдоль ее внешней бровки отсыпают вал выше уровня горизонтальной площадки террасы. Затем укладывают на формируемую поверхность террасы слой водоупорного материала, засыпают казаный слой скальными породами и после отсыпки на сформированную поверхность террасы потенциально плодородного слоя почвенной массы отсыпают из последних валы вдоль внутренней бровки сформированной поверхности террасы [6].

14. Способ включает вылаживание откоса посредством выемки грунта в пределах мощности отвала под углом, необходимым для биологического освоения, формирование в процессе вылаживания откоса террас, укладку вынимаемого с откоса грунта на поверхность отвала и покрытие сформированной поверхности отвала призмой из потенциально плодородных пород [14].

15. Способ включает закрепление в грунте откоса заполненных корзин с высаженными в них саженцами. В теле отвала за контуром призмы обрушения располагают якоря, к которым крепят корзины, утапливаемые в тело откоса, при этом промежутки между корзинами затягивают сетками из искусственных волокон и производят полив каждой корзины через шланги из установленного на верхней площадке отвала резервуара [12].

16. После отсыпки яруса отвальных скальных пород на его склон отсыпают почвообразующие породы. По отсыпанным почвообразующим породам формируют по склону яруса продольные террасы. Для этого на нижней и верхней площадках яруса устанавливают бульдозеры и соединяют их между собой системой несущих тяговых каналов. На несущем канале подвешен ковш с возможностью перемещения вдоль каната по склону отвала [4].

17. Смешанную с семенами во влажном состоянии потенциально плодородную почвенную массу формируют совместно с семенами в виде кусков различного размера, имеющих в сечении форму отвала. Куски замораживают и подают с верхней бровки отвала на его поверхность. Потенциально

плодородная почвенная масса с семенами растений распределяется по поверхности откоса под собственным весом в расчетных точках [19].

Биологический этап рекультивации земель, согласно нормативным документам, на практике рассматривается двояко: как этап рекультивации земель, включающий комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель, и как биологическая мелиорация, направленная на интенсивное повышение плодородия нарушенных земель, повышение урожайности сельскохозяйственных и лесных культур за счет применения системы агротехнических и гидромелиоративных мероприятий. К основным мероприятиям по биологической рекультивации относятся внесение повышенных доз органических и минеральных удобрений, посев многолетних бобовых культур, посадка почвоулучшающих деревьев и кустарников (ГОСТ 17.5.1.01-83). Практическое направление биологической рекультивации промышленных отвалов и карьеров является важнейшим условием реализации экологических основ инженерно-биологической рекультивации нарушенных территорий.

Осуществляясь в два этапа, биологическая рекультивация предусматривает первоначальную подготовку земель в виде планировки поверхности, покрытие её плодородным слоем или улучшение почвогрунта и на втором этапе проводят фитомелиоративные мероприятия в совокупности с агротехническими по восстановлению и ускорению почвообразовательного процесса и возобновлению флористического состава и соответствующей фауны на рекультивируемой территории.

Использование биологических препаратов для повышения почвенного плодородия при рекультивации земель является одним из приоритетных направлений использования биотехнологических исследований. Роль и возможности использования почвенных водорослей при мелиорации нарушенных земель тундры эродированных почвах в биогеоценозах и альгологическая оценка почвозащитных мероприятий является важным направлением исследования биологической рекультивации. Одновременно с этим в работах рассматривается определение состава и концентрации биодобавок, интенсифицирующих восстановление растительности в условиях возможных про-

цессов осадки техногенного массива в теле полигона карьерного типа.

Исследования проведены при финансовой поддержке РГНФ 14-02-00472-а в рамках научно-исследовательского проекта «Экономическая оценка потенциала при формировании кластерно-логистической структуры туристско-рекреационной системы маргинальных территорий урбанизированных районов».

Список литературы

1. Брылов С.А., Христик В.И., Брылов Д.С. и др. А.с. 810970 Способ выполаживания и рекультивации откосов отвалов. Е 21 С 41/00. 29.05.79.
2. ГОСТ 17.4.2.02-83. Охрана природы. Земли. Номенклатура показателей пригодности нарушенного плодородного слоя почвы для землевания. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-2-02-83>.
3. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Земли. Рекультивация земель. Термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006606>.
4. Додатко А.Д., Дриженко А.Ю., Дриженко Н.А. и др. А.с. 1546635 Способ рекультивации склонов отвалов скальных пород и устройство для его осуществления. Е 21 С 41/18. 28.12.87. Оpubл. Б.И. 1990, № 8.
5. Дриженко А.Ю. А.с. 793442 Способ рекультивации склонов отвалов скальных пород. А 01 В 79/02, Е 21 С 41/02. 03.07.79. Оpubл. Б.И. 04.01.81.
6. Дриженко А.Ю. А.с. 1176079 Способ рекультивации склонов отвалов скальных пород. Е 21 С 41/02. 13.01.84. Оpubл. Б.И. 1985, № 2.
7. Кузнецов В.С., Окользин Е.Л., Пацев С.И. и др. 25.06.79 А.с. 817257 Способ рекультивации крутых склонов Е 21 С 41/00.
8. Луговской АМ, Межова Л.А. Экономическая оценка потенциала при формировании кластерно-логистической структуры туристско-рекреационной системы [Текст] / Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса / Социально-экономические исследования в туризме в России и за рубежом. – 2014. – Т. 8, № 3. – С. 4–8.
9. Луговской А.М., Плисецкий Е.Л. Мониторинг состояния окружающей среды маргинальных территорий для оценки потенциала развития туристско-рекреационных систем. [Текст] / Экономика. Налоги. Право. – 2014. – № 6. – С. 61–64.
10. Нормы обеспечения противопожарным оборудованием, средствами тушения лесных пожаров владельцев лесного фонда и лесопользователей. Утв. Первым заместителем руководителя Федеральной службы лесного хозяйства России 28 октября 1993 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9014152>.
11. Окользин Е.П., Рысин А.С., Кузнецов В.С. А.с. 1077591 (СССР) Способ рекультивации откосов. А 01 В 79/00, А 01 В 79/02. 12.08.82. Оpubл. Б.И. 1984, № 9.
12. Окользин Е.П., Лутай Т.М. А.с. 857485 Способ рекультивации откосов отвалов. Е 21 С 41/00. 06.11.79. Оpubл. Б.И. 1987, № 31.
13. Правила лесовосстановления. Утв. приказом МПР России от 16 июля 2007 года N 183. . – URL: <http://base.garant.ru/12155332>.
14. Проценко М.М., Попов В.Г. А.с. 11330312, СССР. Способ рекультивации откосов отвалов. Е 21 С 41/02. 03.12.85. публ. Б.И. 1987, № 30.
15. Правила пожарной безопасности в лесах. Утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2007 года N 417. – URL: <http://base.garant.ru/12154455>.
16. Руководство по составлению проекта рекультивации земель, занимаемых во временное пользование для строительства автомобильных дорог и дорожных сооружений. Утв. Минавтодором РСФСР от 05.06.1984 протокол № 39. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902074265>.
17. Титовский В.И., Сальников П.А., Мартинсон Н.М. и др. А.с. 1016512 Способ рекультивации откосов. Е 21 С 41/02. 22.12.80. Оpubл. Б.И. 1983, № 17.
18. Чулаков П.Ч., Назаров А.с. 659748 Способ рекультивации многоярусных отвалов. Е 21 С 41/02. С.К 03.06.75. Оpubл. 30.04.79. Б.И. 1979, № 16.
19. Шевчук В.Г., Леликов В.П., Паклин А.Э. А.с. 1765419 Способ рекультивации откосов отвалов скальных пород. Е 21 С 41/32. 14.09.90. Оpubл. Б.И. 1992, № 36.

УДК 911.52 (571.53)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОТОКОВ В УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЯХ СРЕДНЕГО И ЮЖНОГО БАЙКАЛА**Воробьева И.Б., Белозерцева И.А., Власова Н.В., Янчук М.С.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: iene@irigs.irk.ru*

На основе экспедиционных данных, полученных в 2016 г., дана характеристика современного состояния водотоков в устьевых областях Среднего и Южного Байкала по гидрохимическим показателям. Выявлено, что в реках Среднего Байкала кислотно-основные свойства изменяются слабо, особняком стоит р. Бугульдейка. Антропогенный фактор играет существенную роль в формировании компонентного состава водной среды, выявлено увеличенное количество сульфатов, хлоридов, фосфатов, аммония для устьевых зон рек Среднего Байкала. Для притоков Южного Байкала выявлены более существенные изменения гидрохимических показателей (более высокие значения pH, количество сульфатов, хлоридов, нитратов). Установлено, что содержание кислорода во всех реках и ручьях Среднего и Южного Байкала достаточно высокое. Максимальные концентрации биогенных элементов обнаружены в воде рр. Хорга, Курма, Сарма (Средний Байкал) и рр. Култучная, Ангасолка и ручья Болотный (Южный Байкал).

Ключевые слова: устьевые области, притоки, Байкал, гидрохимические показатели**CURRENT STATE OF WATERCOURSES IN THE ESTUARINE AREAS OF THE MIDDLE AND SOUTHERN LAKE BAIKAL****Vorobeva I.B., Belozertseva I.A., Vlasova N.V., Yanchuk M.S.***I.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: iene@irigs.irk.ru*

On the basis of the expedition data obtained in 2016, the characteristic of the current status of the watercourses in estuarine areas of the Middle and southern Baikal by hydrochemical indicators. It is revealed that in the rivers of the Middle Baikal acid-basic properties are changed slightly, a special case is R. buguldeyka. Anthropogenic factor plays a significant role in the formation of the component composition of the aqueous environment revealed increased quantity of sulphates, chlorides, phosphates, ammonium to estuarine areas of rivers of the Middle Baikal. For tributaries of the southern Baikal basin revealed more significant changes in geochemical parameters (higher pH value, the quantity of sulphates, chlorides, nitrates). It is established that the oxygen content in all the rivers and streams of Middle and southern Baikal is quite high. Maximum concentrations of nutrients detected in the water PP. Harga, Kurma, Sarma (Middle Baikal) and PP. Kultushnaya, Angasolka and stream Swamp (southern Baikal).

Keywords: estuarine area, tributaries, lake Baikal, hydrochemical indicators

Устьевые области рек играют важную роль в социально-экономическом развитии прибрежных регионов, занимая особое место на земной поверхности, поскольку обладают огромными природными ресурсами и являются самыми биопродуктивными водными объектами. Несмотря на относительно небольшие размеры их экологическое и хозяйственное значение очень велико. Они представляют собой «промежуточные» и очень специфичные природные системы, где взаимодействуют и модифицируются два принципиально различных по многим параметрам потока. Устьевые экосистемы рек – одни из самых уязвимых водных объектов, поскольку все естественные и антропогенные изменения режима и состояния реки и прибрежной зоны отражаются в этой области.

Малые реки, в связи с их многочисленностью, представляют собой один из важнейших элементов географической среды и играют большую роль в характеристике гидросферы Байкальского региона. Реки длиной менее 100 км составляют около

99 % общего числа рек региона и более 80 % их общей протяженности.

В пределах Байкальской природной территории насчитывается более 25 тыс. рек и ручьев с суммарной длиной около 125 тыс. км. Около 53 % речных вод формируются на территории Бурятии, 27 % – Монголии, 16 % – Забайкальского края и 4 % – Иркутской области.

Обширная водосборная площадь озера Байкал, расположенная почти в центре азиатского материка, формирует гидрохимический состав вод за счет вод притоков и выпадающих атмосферных осадков, а также под влиянием слабо выщелачиваемых изверженных и метаморфических пород архея и протерозоя, что определяет сходство поверхностных вод бассейна озера по соотношению ионов. Водотоки относятся к первому типу гидрокарбонатно-кальциевых вод (по классификации О.А. Алекина) с низкой общей минерализацией (до 150 мг/л) [1].

Исследование процессов, протекающих в устьевых областях рек, всегда считалось важным направлением находящихся на сты-

ке естественных наук. Систематические наблюдения за химическим составом речных вод и взвеси в СССР (затем и в России) начали проводиться с 1950-х гг., а для отдельных рек еще раньше, но с геохимических позиций устьевые области стали исследоваться относительно недавно.

Цель исследования – дать характеристику современного состояния водотоков в устьевых областях Среднего и Южного Байкала по гидрохимическим показателям.

Материалы и методы исследования

Территория исследования расположена в центральной экологической зоне, где находится Южно-Байкальский промышленный узел, и все увеличивается туристско-рекреационная нагрузка [4].

Озеро Байкал с окружающим его горным обрамлением и межгорными котловинами образует особую физико-географическую область – Прибайкалье, которое является составной частью обширного географического региона – Горы Южной Сибири, протянувшегося от гор Алтая до Станового хребта. Согласно районированию М.Н. Мельхеева [7] территория исследования относится к Приморскому, Ольхонскому, Южно-Байкальскому и, частично, Юго-Западному физико-географическим районам побережья Байкала. В современной системе ландшафтно-экологического районирования Российской Федерации исследуемая территория включается в Предаянскую провинцию подтаежной зоны Среднесибирского сектора [6].

Климатические условия внутри Прибайкальской области сильно отличаются. Так, Приморский физи-

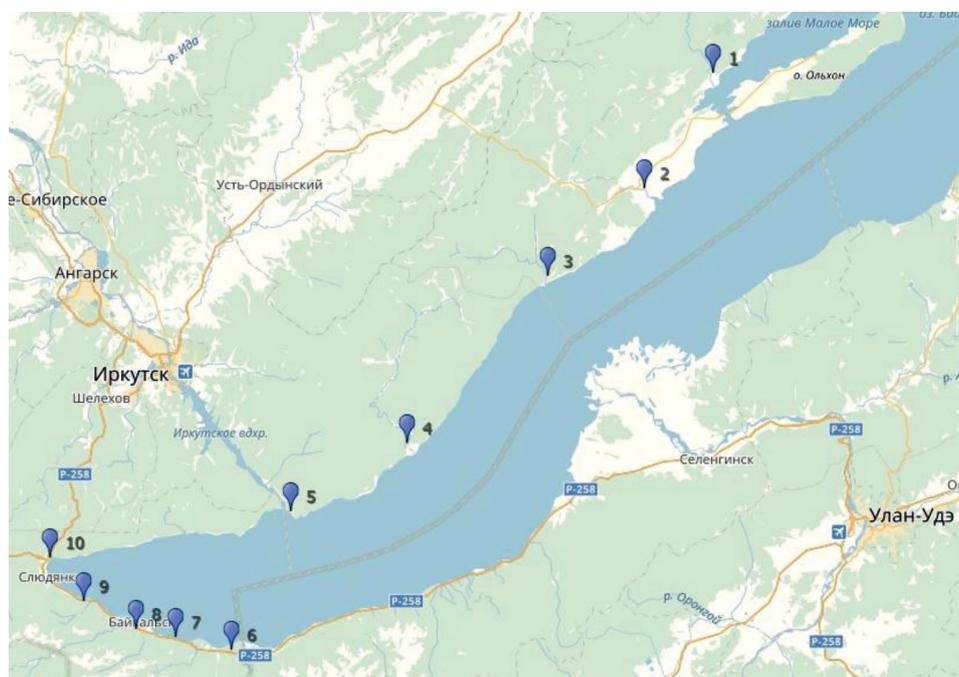
ко-географический район характеризуется средней июльской температурой в пределах 13,5–15,5 °С, максимальной – 31–32 °С, средняя января – 16–18,5 °С, минимальная – 40–44 °С с количеством осадков в пределах 310–433 мм. Ольхонский – с жарким летом (температура июля 15–16 °С) и холодной зимой (температура января – 19–20 °С), атмосферных осадков мало (190–300 мм). Южно-Байкальский характеризуется тесным взаимодействием системы: водоем – высокая горная цепь. Климат влажный и температуры воздуха умеренные: в январе около 17–18 °С холода, в июле – 14–15 °С тепла. На северных и северо-западных склонах выпадает большое количество осадков – от 939 (Танхой) до 1442 (Снежная) мм. Юго-Западный физико-географический район характеризуется средней температурой воздуха в июле около 15 °С, максимальная до 30–31 °С, в январе –16,5–17,5 °С, количество осадков – 470–521 мм [6].

Формирование речного стока в озеро Байкал отличается большим разнообразием из-за различий физико-географических условий в отдельных частях его бассейна. По гидрохимическому режиму они подразделяются на пять типов [5].

Сибирский – характеризуется резким снижением минерализации воды при весеннем паводке и в течение всего теплого времени года (Сарма, Утулик).

Казахстанский – у рек этого типа годовой минимум минерализации наблюдается весной, с повышением в период летней межени и понижением во время летне-осенних паводков и вновь плавно повышается в последующее осенне-зимнее время (Селенга, Турка).

Восточноевропейский – в этих реках минерализация сохраняется высокой и относительно стабильной и лишь кратковременно снижается в период весенних паводков (Крестовка, Харгино).



Площадки отбора проб воды. Условные обозначения:  – местоположение площадки; 1–10 – номера площадок

Байкальский – для него характерно резкое снижение минерализации весной, в период паводка, с последующим постепенным возрастанием в течение всего летне-осеннего периода (Голоустная, Снежная, Большая Половинная, Тья, Томгуда, Баргузин).

Конденсационный – у этих рек значительное плавное снижение минерализации с начала весны до сентября, а затем ее постепенное повышение до весны (Рель).

Малые притоки Байкала могут менять свой гидрохимический тип в зависимости от водного режима.

Объектами детального исследования являются устьевые области водотоков Среднего и Южного Байкала, относящиеся к Хамар-Дабанской и Прибайкальской области, по характеристике водных ресурсов А.Н. Афанасьева [2].

Гидрохимические исследования и химико-аналитические работы проводились по стандартизованным и общепринятым методикам.

Результаты исследования и их обсуждение

Материалом данного исследования является информация, полученная в ходе экспедиционного сезона 2016 г. (рисунок, табл. 1).

Для гидрохимической характеристики устьевых водотоков были выбраны следующие показатели: рН, взвешенные вещества, растворенный кислород, хлориды, сульфаты, аммоний, нитриты, нитраты, фосфаты, нефтепродукты.

Устья рек и прилегающие к ним территории несмотря на небольшие размеры играют важную роль в глобальном круговороте вещества и энергии, как составная часть единой транспортной линии вещества от материка к океану – трансформация химического стока как показатель изменений (естественной и антропогенной природы) в бассейне водосбора реки; уязвимость устьевых областей к загрязнениям; устьевые области как место аккумуляции загрязняющих веществ.

По результатам исследований, проведенных в летний период 2016 г., выявлены особенности гидрохимических изменений устьевых зон.

Установлено, что в реках Среднего Байкала кислотно-основные свойства изменяются слабо (от 6,7 до 7,2 значений рН), выделяется только р. Бугульдейка – 8,3 (табл. 2). В ионном составе рек Среднего Байкала ведущее положение в абсолютных величинах занимают гидрокарбонаты, далее сульфаты и хлориды. Азотсодержащие вещества (аммиак, нитриты и нитраты) образуются в воде в результате протекания химических процессов и гниения растительных остатков, а также за счет разложения белковых соединений, попадающих почти всегда со сточными бытовыми водами, конечным продуктом распада белковых ве-

ществ является аммиак. Присутствие в воде аммиака растительного или минерального происхождения не опасно в санитарном отношении. По наличию в воде тех или иных азотсодержащих соединений судят о времени ее загрязнения. Наличие в воде аммиака и отсутствие нитритов указывает на свежее загрязнение. Совместное присутствие этих веществ свидетельствует о том, что с момента загрязнения прошло некоторое время. Отсутствие аммиака при наличии нитритов и особенно нитратов указывает, что загрязнение воды произошло давно и вода за это время уже самоочистилась.

Таблица 1
Пробы воды, отобранные по площадкам

Площадка №	Точка №	Водоток
Средний Байкал		
1	4	Курма
	5	Сарма 1 рукав
	7	Сарма 2 рукав
	8	Сарма 3 рукав
	9	Сарма основное русло
	11	Сарма
	18	Хорга
	19	Кучулга
2	26	Анга
3	27	Бугульдейка
	30	Бугульдейка (устье)
Южный Байкал		
4	35	Голоустная (устье)
	37	Голоустная (основное русло)
5	6Л	Большая Черемшанка
	8Л	Малая Черемшанка
	15Л	Банная
	17Л	Каменушка
6	52	Снежная
	54	Паньковка
7	55	Малая Осиновка
	56	Большая Осиновка
8	57	Солзан
	61	Харлакта
	60	Красный ключ
	59	Болотный
	58	Бабха
	68	Утулик
	62	Куркавочный
9	63	Безымянная
	65	Буровшина
10	66	Похабиха
	69	Култучная
	71	Ангасолка

Таблица 2

Величина рН, содержание нефтепродуктов и основных ионов в воде притоков Среднего и Южного Байкала, 2016 г.

№ точки	рН	HCO ₃ ⁻	O ₂		SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Сумма ионов	Взвешенное вещество, г/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
			мг/дм ³	%									
Средний Байкал													
4	6,7	30,5	11,2	97,0	< 0,10	2,84	0,008	0,40	0,055	0,57	34,37	0,063	0,001
5	6,9	48,8	–	–	0	4,26	0,008	0,05	–	0,37	53,49	0,060	–
7	6,9	67,1	10,24	84,3	13,10	3,55	0,008	0,70	–	0,21	84,67	0,060	–
8	7,2	36,6	4,32	35,6	0	3,55	0,008	0,05	–	0,42	40,63	0,060	–
9	7,2	48,8	–	–	0	4,26	0,004	0,20	–	0,35	53,61	0,070	–
11	7,0	36,6	–	–	< 0,10	4,97	0,006	0,20	0,040	0,38	42,20	0,060	0,026
18	7,4	12,2	11,36	98,4	< 0,10	3,55	0,007	0,80	0,044	0,80	17,40	0,065	0,011
19	7,3	85,4	11,44	99,0	8,00	4,97	0,004	0,30	–	0,24	98,91	0,060	–
26	7,2	67,0	–	–	< 0,10	2,13	0,008	0,05	0,049	0,60	69,84	0,053	0,005
27	8,3	128,0	9,92	92,3	6,00	2,86	0,004	0,40	0,053	0,60	137,92	0,059	0,002
Южный Байкал													
35	8,0	61,00	8,48	86,4	14,40	4,26	0,084	0,10	0,013	0,25	80,11	0,033	0,006
37	8,2	70,15	8,24	83,9	16,20	4,97	0,001	0,20	0,001	0,23	91,75	0,029	0,005
52	7,5	27,45	9,76	112,6	< 0,10	4,97	0,004	1,20	0,012	0,30	33,94	0,010	–
54	7,2	18,30	9,44	108,9	< 0,10	4,62	0,013	0,30	0,008	0,23	23,47	0,034	0,008
55	7,5	39,65	9,20	106,1	10,60	4,26	0,001	1,20	0,005	0,22	55,94	0,006	0,005
56	7,3	39,65	10,40	120,0	6,00	3,91	0,001	1,00	0,001	0,22	50,78	0,047	0,011
57	6,8	18,30	9,04	104,3	0,70	3,55	0,001	1,05	0,021	0,24	23,86	0,010	0,011
58	6,3	24,40	13,44	139,9	3,00	4,26	0,001	0,45	0,001	0,20	32,31	0,033	0,006
59	6,9	39,65	10,24	106,6	20,80	3,91	0,052	0,10	0,015	0,25	64,78	0,037	0,008
60	7,0	48,80	8,00	83,2	1,30	4,26	0,008	5,80	0,014	0,22	60,40	0,033	0,009
61	7,0	42,70	11,20	116,5	3,00	4,97	0,039	0,75	0,014	0,20	51,67	0,039	0,010
62	7,1	64,05	11,20	116,5	6,50	5,33	0,001	0,75	0,003	0,21	12,79	0,036	0,010
63	7,2	39,65	9,68	100,7	4,00	5,68	0,004	0,75	–	0,21	50,29	0,150	–
65	7,3	85,40	10,40	108,2	4,00	5,68	0,044	2,20	0,008	0,22	97,55	0,040	0,008
66	7,6	97,60	9,60	99,9	6,00	6,39	0,001	4,20	0,006	0,22	114,42	0,051	0,006
69	8,2	70,15	12,00	138,4	< 0,1	4,26	0,004	5,80	0,016	0,30	80,53	0,033	0,007
71	7,9	36,60	9,60	110,7	2,00	20,59	0,008	11,60	0,015	0,36	71,17	0,042	0,008
Л6	7,5	71,37	–	–	4,95	0,02	0,040	0,01	0,001	0,04	76,43	0,004	0,027
Л8	7,7	83,57	–	–	4,95	0,02	0,040	0,01	0,001	0,04	88,63	0,002	0,016
Л15	7,5	40,18	–	–	4,95	2,02	0,040	0,01	0,001	0,02	47,22	0,001	0,014
Л17	7,5	45,11	–	–	4,95	0,01	0,040	0,01	0,001	0,02	50,14	0,009	0,014

Примечание: «–» – не определялся.

В водах рек Среднего Байкала обнаружены как нитрит-ионы, так и ионы аммиака, что свидетельствует о хроническом загрязнении водотоков.

Антропогенный фактор играет существенную роль в формировании компонентного состава водной среды, приоритетными являются такие показатели, как количество сульфатов, хлоридов, фосфатов, аммония (рр. Курма, Сарма, Кучулга, Анга, Бугульдейка).

Гидрохимические показатели устьевых зон рек Южного Байкала выявили более существенные изменения гидрохимических показателей. Изменения кислотно-щелочных условий выражаются в изменении величины рН от 6,3 (р. Бабха) до 8,2 (р. Голоустная). Содержания сульфатов, хлоридов, нитратов показали более высокие показатели в большинстве водотоков. По данным К.К. Вотинцева [5] в воде р. Голоустной нитраты и фосфаты отсутствуют, а исследова-

ния П.Ф. Бочкарева [3, с. 43] показывают, что «в воде реки всегда обнаруживается азот нитратов, часто в весьма высоких количествах – от 0,10 до 3,04 мг/л NO_3^- ». В настоящее время в воде р. Голоустная (устье) обнаружено присутствие азотсодержащих ионов (нитриты, нитраты, аммоний), а также фосфаты, что говорит об их антропогенной природе.

Высокие показатели сульфатов, азотсодержащих ионов и фосфатов выявлены в ручье Болотный, который протекает по территории садоводств и р. Ангасолка. В долине этой речки расположен поселок и коллектор по сбору канализационных вод. Образцы вод были отобраны ниже по течению в устьевой области, что и показало такие значения.

По данным многих авторов известно, что содержание растворенного кислорода в байкальской воде составляет в среднем в поверхностных слоях 11–14 мг/л. В реках Среднего Байкала содержание кислорода довольно высокое – 9,92–11,44 мг/дм³ (р. Бугульдейка и р. Кучулга соответственно). В реках и ручьях Южного Байкала содержание кислорода обнаружило значения около 100% насыщения и даже больше. Полученные значения по содержанию кислорода в водотоках Среднего и Южного Байкала согласуются с данными К.К. Вотинцева и П.Ф. Бочкарева.

В притоках Байкала содержание биогенных элементов и органических веществ зависит от природных условий их бассейнов, уровня антропогенной нагрузки и потому существенно различается по содержанию. Максимальная концентрация биогенных элементов обнаружена в воде рр. Хорга, Курма, Сарма (Средний Байкал) и рр. Култучная, Ангасолка и ручья Болотный (Южный Байкал). В бассейне этих рек расселены населенные пункты (поселки, города), садово-дачные участки, турбазы, объекты промышленности.

Закключение

Анализ изучения устьевых зон рек, впадающих в озеро Байкал, показал, что одним

из основных источников поступлений загрязняющих веществ является их перенос с речным стоком. При этом физический перенос многих ингредиентов преобладает над процессами трансформации и большое количество веществ достигает устьевой участка. Такие азотсодержащие вещества, как аммиак, нитриты и нитраты, образующиеся в результате протекания химических процессов и гниения растительных остатков, а также разложения белковых соединений, почти всегда попадают со сточными бытовыми водами. Происходит нарушение стабильности устьевых областей, и они становятся менее устойчивы, повышается вероятность возникновения неблагоприятных экологических последствий. Происходит накопление соединений биогенных элементов и приоритетных загрязняющих веществ, что приводит к формированию нового антропогенно измененного природного фона по этим показателям. При этом нарушается естественное экологическое состояние устьевой области.

Установлено, что в узкой устьевой области рек происходит механическая дифференциация и осаждение взвешенного вещества, изменение содержания и состава растворенных веществ речного стока и формирование вод с новыми физико-химическими и биологическими показателями.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ – 16-05-00286.

Список литературы

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 404 с.
2. Афанасьев А.Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал. – Новосибирск: Наука, 1976. – 338 с.
3. Бочкарев П.Ф. Гидрохимия рек Восточной Сибири. – Иркутск, 1959. – 155 с.
4. Воробьева И.Б., Напрасникова Е.В., Власова Н.В. Экологическое состояние юго-западного побережья оз. Байкал при антропогенном воздействии // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2008. – № 3 (7). – С. 115–122.
5. Вотинцев К.К. Глазунов И.В., Толмачева А.П. Гидрохимия рек бассейна озера Байкал. – М.: Наука, 1965. – 495 с.
6. Исаченко А.Г. Ландшафтное районирование России как основа для регионального эколого-географического анализа // Известия РГО. – 1996. – Т. 128. – Вып. 5. – С. 12–24.
7. Мельхеев М.Н. По берегам Байкала. Географические условия побережья. – Иркутск, 1977. – 158 с.

УДК 502:504

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ НА ЛАНДШАФТЫ ПРЕДГОРНО-ГОРНОЙ ЗОНЫ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Гайрабеков У.Т.

ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», Грозный, e-mail: Gairabekov_u@mail.ru

В работе отмечено, что ведущим фактором становления и динамики ландшафтов Чеченской Республики стала антропогенная деятельность, связанная прежде всего с длительным развитием и воздействием нефтепромышленного производства на природно-антропогенную среду. Проведённые автором исследования позволили отметить, что техногенные нагрузки на ландшафтную среду в большей части связаны с нефтепромысловыми объектами – скважинами, шламовыми амбарами, отстойниками, внутри- и межпромысловыми нефтепроводами. Эти технические объекты, обслуживаемые цехами добычи нефти и газа (ЦДНГ), являются наиболее мощным очагом воздействия на ландшафтную структуру. Объекты нефтедобывающего производства на территории Чеченской Республики концентрированы в узких определенных ландшафтных единицах. С ними связаны основные техногенные нагрузки на ландшафтную среду. Выявлены пространственные уровни воздействия техногенных объектов нефтедобычи на ландшафты предгорно-горной зоны Чеченской Республики.

Ключевые слова: нефтепромысловые объекты, природные комплексы, горный ландшафт, техногенные нагрузки, экологический ущерб

IMPACT OF TECHNOLOGICAL FEATURES OIL PRODUCTION FACILITIES ON THE LANDSCAPE PIEDMONT-MOUNTAIN ZONE OF THE CHECHEN REPUBLIC

Gayrabekov U.T.

Chechen State University, Grozny, e-mail: Gairabekov_u@mail.ru

The paper noted that the leading factor in the formation and dynamics of the landscape of the Chechen Republic was the human activities related mainly to the lengthy development and production of oil industry influence on the natural and built environment. Conducted by the author studies have noted that the anthropogenic impact on the landscape environment in most parts related to the oil facilities – wells, sludge pits, sumps, inside and infield pipelines. These technical facilities, served by shops of oil and gas (CDNG), are the most powerful focus of the impact on the landscape structure. Objects Oil production on the territory of the Chechen Republic are concentrated in narrow specific landscape units. They knit the main anthropogenic impact on the landscape environment. Revealed the spatial levels of exposure to man-made objects oil on foothill landscapes, mountain areas of the Chechen Republic.

Keywords: oil facilities, natural complexes, mountain landscape, anthropogenic load, environmental damage

Чеченская Республика – старейший нефтедобывающий регион России, сформировавшийся в горных и предгорных районах Северного Кавказа, в течение почти двух веков. Освоение нефтяных месторождений в течение длительного периода, создание и эксплуатация многочисленных нефтепромысловых объектов привели к масштабному воздействию на природную среду и её компоненты. Масштабное воздействие способствовало образованию обширного и внутренне гетерогенного ареала воздействия нефтяного хозяйства на окружающие природные комплексы республики [2, 3].

По опасности воздействия на окружающую среду нефтяная промышленность занимает третье место среди 130 отраслей современного производства [14, 16]. Основными источниками воздействия на природно-антропогенную среду при добыче нефти являются нефтепромысловые объекты: буровые площадки, скважины,

внутри-, межпромысловые и магистральные нефтепроводы, нефтеперекачивающие станции, шламовые амбары, отстойники и т.д. [15, 3]. Эти объекты накладываются на сложную структуру горных ландшафтов и трансформируют землепользование и расселение всего горного региона. При этом добыча нефти в горных и предгорных районах сопровождается глубокими изменениями в ландшафтной структуре, способствует деформации грунтов, смещению пластов, росту оползней, и землетрясений.

При добыче нефти многие годы в ландшафты поступают органические и минеральные вещества как природного, так и техногенного происхождения. Особенности воздействий загрязнителей, характерных для нефтедобывающего производства, на экологию природной среды зависят, с одной стороны, от количества и состава поллютантов – их геохимической активности, с другой – от свойств принимающих эти

вещества природных систем. Одни и те же вещества в разных ландшафтных и геохимических условиях ведут себя неодинаково: в одних случаях они устойчивы и даже инертны, в других – не только подвергаются быстрому преобразованиям, но и активно взаимодействуют с почвенно-грунтовой массой [8, 16].

Географическое положение Чеченской Республики на стыке гор и предгорий, а также различных физико-географических стран и областей предъявляет особые требования к изучению динамики ландшафтов на локальном и региональном уровнях воздействия объектов нефтедобывающего производства [17]. Поэтому целью данной работы является выявление особенностей и пространственных уровней воздействия объектов нефтедобывающего производства на предгорно-горные ландшафты Чеченской Республики.

Материалы и методы исследования

Материалами для написания статьи послужили исследования, проводимые автором по оценке воздействия объектов нефтепромышленного комплекса на природно-антропогенную среду Чеченской Республики. Автором дано научное обобщение литературных и фондовых материалов научных исследований, проводившихся на этой территории. Используются фондовые материалы ОАО «Грознефтегаз», картографические, статистические и литературные источники по данной тематике.

Результаты исследования и их обсуждение

Уровни воздействия техногенных объектов нефтедобычи на ландшафты предгорно-горной зоны Чеченской Республики

Природные особенности добычи нефти в Чеченской Республике проявляются в концентрации в узких определенных ландшафтных единицах тех или иных объектов нефтедобывающего производства, с которыми связаны основные техногенные нагрузки на ландшафтную среду. Крупные нефтяные месторождения республики располагаются в непосредственной близости к активным зонам тектонических разломов, они привязаны к своеобразным «узлам», то есть местам физико-географических границ крупного ранга, где морфоструктурные условия оказывают исключительно важную роль в устойчивости залегания и условий разработки нефти.

Проведённые автором исследования позволили отметить, что техногенные нагрузки на ландшафтную среду в большей части

связаны с нефтепромышленными объектами – скважинами, шламовыми амбарами, отстойниками, внутри- и межпромышленными нефтепроводами.

Детальные исследования отработанных амбаров, проведённые на территории республики [4, 5, 6, 11, 12], показали, что накопленные в них объёмы отходов бурения по своему составу и физико-химическим свойствам являются источниками загрязнения окружающей среды.

Отходы бурения содержат в своём составе минеральные и органические загрязнители, представленные минералами и химреагентами, используемыми для приготовления и обработки буровых растворов [10].

В связи с разработками нефтяных месторождений на территории Чеченской Республики создано более 5000 амбаров и построено около 500 км нефте- и продуктопроводов. Сооружённые зачастую с нарушением экологических требований, шламовые амбары могут фильтровать и пропускать жидкие фракции отходов бурения через стенки и дно амбаров. Расчётные объёмы амбаров для хранения отходов бурения на одну скважину по данным Л.А. Бондаренко и др. (Бондаренко и др., 1988) составляют 500–800 м³. Соответственно, значительна и потенциальная опасность загрязнения окружающей среды из-за прорыва амбаров или при их переполнении.

Чтобы понять характер воздействия объектов нефтедобычи, необходим детальный анализ локальных объектов и элементов всей системы нефтедобычи.

Элементарный уровень локальных объектов и элементов всей системы нефтедобычи представляют буровые площадки, которые соединяются в цеха добычи нефти и газа. Сегодня на территории республики находится в эксплуатации 221 нефтяная скважина, каждая из которых, как правило, имеет по два амбара. За всю историю нефтедобычи здесь пробурена 4701 скважина. В настоящее время на территории действуют четыре цеха добычи нефти и газа, которые по нефтепроводам поставляют нефть к нефтеперерабатывающим заводам (НПЗ) и к нефтеналивной станции. По сути, это наиболее мощные очаги воздействия на ландшафтную структуру. Насыщенность «точечными» (буровые, амбары, нефтехранилища) и линейными (обвязка) объектами позволяет говорить о трансформации природных ландшафтов в природно-антропогенные и антропогенные [15, 18] (рис. 1).

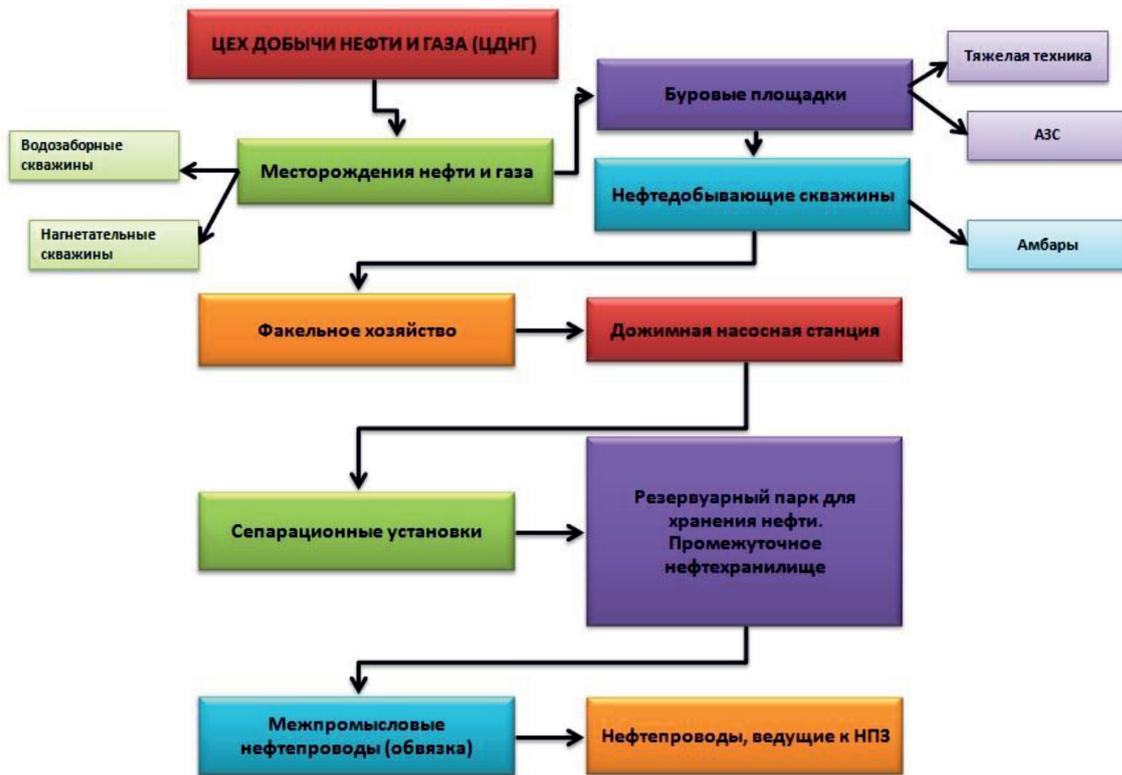


Рис. 1. Цех добычи нефти и газа – ареал негативного воздействия на ландшафтную среду

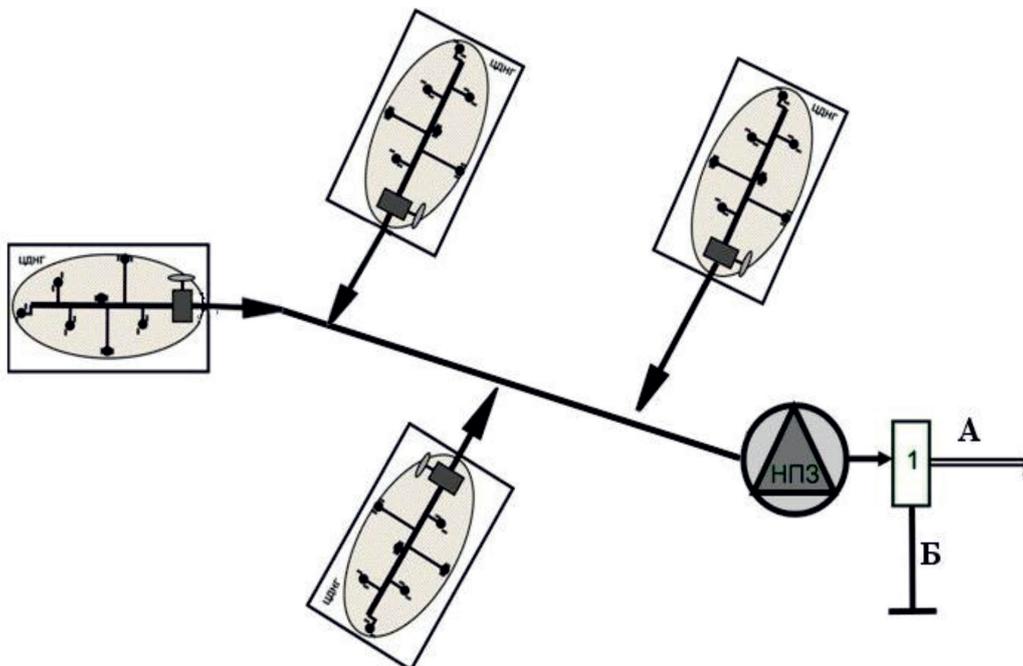


Рис. 2. Схема соединения цехов с НПЗ и дальнейшая транспортировка нефтепродуктов. Цифрами обозначены варианты транспортировки от нефтехранилища (1): А – через магистральный нефтепровод, Б – через эстакаду (для закачивания в емкости)

Пространственный уровень ЦДНГ в предгорно-горной зоне соответствует природным комплексам ранга местность и ландшафт. Однако в равнинных условиях этот пространственный уровень может значительно увеличиваться вплоть до нескольких ландшафтов. Буровые площадки приурочены к природно-территориальным комплексам ранга урочище.

Четыре цеха и НПЗ занимают обширную территорию (рис. 2). Уровень воздействия захватывает природно-территориальные комплексы нескольких ландшафтов, и затрагивает экотоны – природные комплексы на границах крупных физико-географических рубежей [3].

Загрязнение природной среды носит очаговый характер и приурочено к месторождениям нефти, которые сосредоточены в горных и предгорных районах республики. Это предопределило возникновение здесь широко развитой сети внутри- и межпромысловых коммуникаций, магистральных нефтепроводов, соединяющих нефтепромыслы с нефтеперерабатывающими заводами. Особенно пострадали урболодшафты в горно-предгорной зоне г. Грозный, где были сосредоточены крупнейшие в стране нефтеперерабатывающие и нефтехимические предприятия. Это привело к диспропорциям в пространственно-временной структуре природно-антропогенной среды горного региона, с созданием зон влияния, наследующих наземные и подземные гидрогеологические структуры. На участках высокой концентрации объектов нефтепромышленного производства сформированы природно-антропогенные и техногенные элементы, представляющие своеобразные «эрзацы» геоэкологического каркаса горной территории.

Экологический ущерб, наносимый окружающей среде, в процессе освоения нефтяных месторождений не ограничивается загрязнением воздуха, воды, почв, уничтожением флоры, фауны и т.д. В ряде случаев рост нагрузок на грунты приводит к нежелательным процессам – просадкам, оползням, заводнению, что угрожает устойчивости возводимого объекта и нарушает баланс в геотехнической системе [9, 3]. Более того, добыча и транспортирование углеводородного сырья сопровождается сбросом в окружающую среду огромных объемов нефтяных углеводородов [14]. Абсолютное большинство (89–86%) аварийных разливов нефти вызывают, как правило, необратимые нарушения природных биосистем и комплексов [13, 3].

Добыча нефти также связана с аварийными ситуациями на нефтепромыслах, возникающих прежде всего в результате стихийных бедствий, износа оборудования, нарушения технологического режима и ошибок персонала.

Ни один нефтепромысел в настоящее время не является безотходным, и чем сильнее на нём интенсификация добычи нефти, тем сильнее воздействие на окружающую среду [7].

Выводы

1. Освоение нефтяных месторождений на протяжении длительного периода стало причиной образования обширного ареала воздействия нефтедобывающего производства на компоненты природной среды Чеченской Республики.

2. Природные особенности добычи нефти на территории Чеченской Республики проявляются в концентрации в узких определенных ландшафтных единицах объектов нефтедобычи, с которыми связаны основные техногенные нагрузки на ландшафтную среду.

3. Изучение техногенной трансформации природно-антропогенной среды под воздействием объектов нефтедобывающего производства основан на специфике горных территорий, в первую очередь гетерогенности природных условий, сложности природной организованности и разнообразия природной динамики, а также особенностей развития и эксплуатации нефтяного комплекса, его преимущественно очаговый и линейно-очаговый характер воздействия на природную среду.

4. Приуроченность нефтяных месторождений к предгорно-горной зоне республики определяет необходимость разработки особых методологических подходов к анализу и оценке воздействия объектов нефтедобывающего производства на хрупкие и динамичные горные ландшафты.

Список литературы

1. Бондаренко Л.А., Думова И.И., Мкртчян Г.М. Имитационное моделирование экологического воздействия нефтедобычи на природную среду в ЗСНГК // Анализ и планирование топливно-энергетического комплекса Сибири. – Новосибирск, 1988. – С. 130–149.
2. Гайрабеков У.Т. Геоэкологические проблемы воздействия нефтяного хозяйства на природные комплексы Чеченской Республики // Успехи современного естествознания, 2014. – № 5–1. – С. 185–186.
3. Гайрабеков У.Т. Уровень устойчивости горных ландшафтов к техногенным нагрузкам при воздействии нефтяного комплекса (на примере Чеченской Республики) / Международная научно-практическая конференция «Проблемы устойчивого развития горных районов Северного Кавказа в условиях глобальных изменений: исследования и практика». 12–14 октября 2014 г. – Грозный. 2014. – С. 76–85.

4. Гайрабеков У.Т. Анализ изученности вопроса «воздействие объектов буровых работ на окружающую среду» применительно к условиям Чеченской Республики // Проблемы региональной экологии. – М., 2010. – № 6. – С. 39–45.
5. Гайрабеков У.Т. Геоэкологическая оценка воздействия ликвидированных амбаров на почвогрунты и растительность Чеченской Республики // Естественные и технические науки, 2009. – № 2 (40). – С. 241–244.
6. Гайрабеков У.Т. Состав и загрязняющие свойства отходов бурения, аккумулированных в отработанных амбарах // Юг России: экология, развитие. – 2007. – № 2. – С. 22–25.
7. Геннадиев А.М., Пиковский Ю.Ф., Флоровская В.М. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 230 с.
8. Глазовская М.А. Прикладное и общее (базовое) ландшафтно-геохимическое районирование // Вопросы географии. Сб. 120. – М., 1983. – С. 11.
9. Мазур И.И. Экология строительства объектов нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1991. – 279 с.
10. Миллутин А.Г. и др. Экология. Основы геоэкологии. – М.: Изд-во Юрайт. 2013. – 542 с.
11. Моллаев Р.Х., Макеев Ю.И. Отрицательное воздействие на окружающую среду технологических объектов нефтегазодобывающих предприятий // Экологические проблемы Чечено-Ингушетии и сопредельных районов: Тез. докл. Северо-Кавк. рег. науч.-практ. конф. – Грозный, 1991. – С. 32–33.
12. Моллаев Р.Х., Безродный Ю.Г., Макеев Ю.И., и др. Экологические аспекты буровых и нефтегазодобывающих предприятий ПО «Грознефть» // Нефтяное хозяйство / 100 лет Грозненской нефти, 1993. – № 8. – С. 51–53.
13. Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. I. Суша / Под ред. Ю.С. Каджояна, Н.С. Касимова. – М. – Калининград: Янтарный сказ, 2008. – 360 с.
14. Панов Г.Е., Петряшин А.Ф., Лысяный Г.Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1986. – 224 с.
15. Солнцева Н.П. Закономерности формирования и эволюции битуминозных ореолов загрязнения и деградация природной среды в нефтедобывающих районах // География, общество, окружающая среда. Том IV: Природно-антропогенные процессы и экологический риск / Под ред. проф. С.М. Малхазовой и проф. Р.С. Чалова – М.: Городец, 2004. – С. 416–427.
16. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы проявления, основные процессы, модели) // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 23–42.
17. Gayrabekov U.T. Physical and geographical features of development and the impact of oil production on the industrial landscapes of the Chechen Republic // Canadian journal of Education and Engineering. – № 2 (12). – Volume III. – Ottawa: University Press, 2015. – P. 226–232.
18. Umar Gairabekov. Local and Regional Changes in Natural Complexes of the Chechen Republik Caused bu Oil Production // Modern Applied Science, 2015. – Vol. 9. – № 4. – P. 78–84.

УДК 658.5:622.32

**СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ГЛУБОКОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ И НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В РЕГИОНАХ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

^{1,2}Жуков А.В., ¹Кусраева Д.Э., ^{1,2}Жукова Ю.А., ¹Шмелев А.А., ¹Умаров М.С.

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;

²ООО НПК «Примор-Карбид», Владивосток, e-mail: yul25juk@mail.ru

Рассмотрены приоритеты, вопросы обеспечения энергоресурсами населения и экономики ДВФО, внедрение ресурсосберегающих технологий, основные положения «Стратегии развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 года». В основу Энергетической стратегии положены два базовых варианта социально-экономического развития – умеренный и оптимистический. Дана краткая характеристика угольных бассейнов и месторождений на всех субъектах Дальнего Востока РФ. Показаны возможности добычи угля открытым и подземным способами, потребности в угле по отдельным регионам Дальнего Востока, прогноз потребления первичных энергоресурсов по некоторым регионам мира. Рассмотрена структура топливного баланса в генерирующей отрасли отдельных регионов ДВФО. На основании исследований, проведенных Институтом проблем нефти и газа РАН, представлен корректирующий прогноз состояния главных энергоносителей через 100 лет. Представлена экономико-математическая модель (ЭММ) управления инвестиционной деятельностью при диверсификации производства и потребления энергоносителей в региональных топливно-энергетических комплексах. Модель строится как для добывающих предприятий угольной и газовой промышленности, так и вновь организованных предприятий с производством природного и синтетического газообразного и жидкого топлива. Реализацию ЭММ целесообразно производить дифференцированно по альтернативным вариантам для предприятий угольной, газовой и энергетической отраслей.

Ключевые слова: приоритеты, потребности, угольные минеральные ресурсы, топливный баланс, генерирующие отрасли, экономико-математическая модель, инвестиционная деятельность, производство, потребление, энергоносители, угле- и газодобывающая промышленность, синтетическое, газообразное, жидкое, топливо, альтернативные варианты

**CONDITION, PROBLEMS AND BASIC TRENDS OF DEEP CHEMICAL
COALPROCESSING FOR CREATION OF COMPETITIVE PRODUCTION
AND HIGHLY EFFECTIVE ENERGY SOURCES OF NEW BREED
IN FAR-EASTERN FEDERAL REGION**

^{1,2}Zhukov A.V., ¹Kusraeva D.E., ^{1,2}Zhukova Yu.A., ¹Shmelev A.A., ¹Umarov M.S.

¹Far-Eastern Federal University, Vladivostok;

²«Primor-Carbide» Co LTD, Vladivostok, e-mail: yul25juk@mail.ru

The priorities, questions of population' fuel supply and economics in Far-Eastern Federal region, adoption of resource-saving technologies, fundamental principles of «Development strategy of fuel-power potential in Far-Eastern economical region till 2020» are reported here. Two basic variants of social-economical development – moderate and upside pride of place goes to energetic strategy. Brief characteristic of coal basins and deposits in all districts of the Far East is given. The possibilities for coal recovery by open and underground methods, demands in coal at separate regions in the Far East, consumption forecast of primary energy resources on some regions in world are also shown here. The structure of fuel balance in generate industry at separate districts in the Far East is discussed too. On the base of researches, conducted by Institute of oil and gas' problems of RAS and us, the correct forecast of main energy sources' forecast in 100 years is presented in the article. Economic-mathematical model (EMM) for management of investment activities under diversification of production and energy consumption in regional fuel-power complexes is presented in this paper. The model is built as for producing companies of coal and gas industry and for newly established enterprises with production of natural and synthetic gaseous and liquid fuel. It makes most sense to realize EMM separately on alternative variants for enterprises of coal, gas and energy industries.

Keywords: priorities, demands, coal mineral resources, fuel balance, generate industries, economic-mathematical model, investment activities, production, consumption, power sources, coal- and gas production industry, synthetic, gaseous, liquid, fuel, alternative variants

Приоритетами Энергетической стратегии страны до 2020 года стали полное и надежное обеспечение населения и экономики ДВФО энергоресурсами и одновременно – внедрение ресурсосберегающих технологий. В основу разработки Энергетической

стратегии положены два базовых варианта социально-экономического развития – умеренный и оптимистический.

Одной из главных конкретных мер Энергетической стратегии должен стать перевод значительной части промышленности с газа

на уголь, чему должно способствовать подорожание газа. Согласно Энергетической стратегии угольную отрасль России ожидает бурное возрождение. При оптимистическом и благоприятном вариантах развития планировалось, что добыча угля в России составит 300–330 млн т в 2010 году и возрастет до 400–430 млн т к 2020 году. При умеренном и критическом вариантах развития добыча угля в стране составит 270–310 млн т в 2010 году и 300–375 млн в 2020 году. Для того, чтобы электростанции на угле могли конкурировать с электростанциями на газе, газ должен быть дороже угля в 1,6–2 раза. В результате средний тариф на электроэнергию для всех категорий потребителей в 2020 году должен быть 4–4,5 цента за кВт-час.

Оптимистический вариант характеризуется ростом валового внутреннего продукта (ВВП) к 2020 году в 3,3 раза к уровню 2000 года, увеличением объема инвестиций в основной капитал за рассматриваемый период в 7 раз, высокими мировыми ценами на нефть марки Юралс до 30 долларов США за баррель в 2020 году и газ 138 долларов США за 1000 куб. м в 2020 году. При этом ВВП должен достигнуть уровня 179,2 тыс. руб. на человека, а доля ТЭК в промышленности России составит 19,8% против 29,5% в 2000 году. Этот вариант основывается на успехе экономических реформ, бурном росте промышленности и на ускоренной либерализации цен на услуги естественных монополий.

Для реализации Энергетической стратегии потребовались крупные капиталовложения: от 260 до 300 млрд долларов США в 2001–2010 гг. и потребуются от 400 до 510 млрд долларов США в следующее десятилетие. Система мониторинга Энергетической стратегии предусматривает непрерывное наблюдение за фактическим положением

дел в топливно-энергетическом комплексе и реализации государственной долгосрочной энергетической политики.

В настоящее время топливно-энергетический комплекс имеет важнейшее значение в экономической системе всех административно-территориальных образований Российской Федерации и, в частности, Дальнего Востока. В Дальневосточном регионе сформировалась специфическая структура баланса первичной энергии, которая построена на высокой энергетической зависимости. В структуре общего энергопотребления региона сейчас и на ближайшую перспективу будут доминировать угольные ресурсы (более 45%) и развитие ТЭКа в регионе до 2020 года должно осуществляться преимущественно на базе угольного топлива [1, 2].

Угольные бассейны и месторождения имеются на территории всех субъектов Дальнего Востока РФ. Добыча угля возможна открытым и подземным способами. Горно-геологические условия и запасы позволяют основное количество угля добывать открытым способом крупными разрезами с большой производственной мощностью. Запасы и ресурсы угля огромны, они оцениваются соответственно 614,4 и 278 млрд т, в том числе каменных – 9,3 и 109 млрд т, бурых – 5,1 и 168 млрд т.

Структура топливного баланса в генерирующей отрасли Дальневосточного региона резко отличается от соответствующей структуры европейской части России. Если в европейской части доля угля при выработке электроэнергии составляет 26%, а газа – 74%, то на Дальнем Востоке эти доли составляют соответственно 71% и 8%. Электрическая и тепловая энергия в регионе получают в основном с помощью тепловых электростанций, городских районных и промышленных котельных.

Таблица 1

Потребность в угле по отдельным регионам Дальнего Востока (млн т натурального топлива)

№ п/п	Край, область	2005	2010	2015	2020
1	Приморский край	15,0/15,7*	15,9/16,7	17,3/17,5	17,5/17,8
2	Хабаровский край	7,7/11,5	8/12,8	7,9/13,9	6,3/14,0
3	Амурская область	4,9/5,1	6/6,1	6,3/6,3	6/7,9
4	Магаданская область и Чукотский автономный округ	1,9/1,9	1,9/2,2	2,0/2,4	2,3/2,4
5	Сахалинская область	1,9/1,9	0,5/1,9	0,5/0,5	0,5/0,5
	Всего по ДВЭР	31,4/36,1	32,3/39,7	34,0/40,6	32,6/42,6

Примечание. * – числитель – минимальная потребность, знаменатель – максимальная потребность в угле.

Таблица 2

Прогноз потребления первичных энергоресурсов по некоторым регионам мира (млрд т у. т.)

Регион	1990 год	2000 год	2010 год	2020 год	2020/1990 (%)
Западная Европа	2,0	2,2	2,4	2,5	125
Страны СНГ	2,0	1,7	1,9	2,2	110
Страны АТР	2,5	3,3	4,8	6,4	256

С другой стороны, ресурсы и запасы угля, которыми располагает Дальневосточный экономический район, составляют около 40% от всех учтенных на территории России. Прогнозные запасы углей в ДВ регионе составляют 278,4 млрд т, из них каменные угли 109,9 млрд т, а бурые – 168,6 млрд т.

В табл. 1 показана потребность в угле по отдельным регионам Дальнего Востока (млн тонн натурального топлива). В табл. 2 представлен прогноз потребления первичных энергоресурсов по некоторым регионам мира (млрд т у. т.).

До середины прошлого столетия основной мировой и российской энергетики были угольные ресурсы. Начиная с 1950-х гг. в связи с ростом уровня потребления нефти и газа, наблюдается постоянное снижение добычи и использования углей. В настоящее время доля углей в мировом энергетическом балансе составляет в среднем около 30%.

Повсеместный интерес и актуальность проблемы использования каменных и бурых углей для получения жидкого и газообразного топлива в последние годы сильно возросли. В условиях России наиболее перспективным сырьем для производства синтетического жидкого топлива (СЖТ) является уголь как самый распространенный вид горючих ископаемых. В начале XX века разработан процесс высокоскоростного пиролиза твердого топлива, позволяет наиболее экономичным образом извлекать или получать из него ценные продукты:

1) газ пиролиза, на 30–40%, состоящий из непредельных углеводородов – главного сырья современной химии пластиков – ныне получаемого из природного газа и нефти при их специальной переработке;

2) смолопродукты, из которых можно получить различные виды моторного топлива и жидкое котельное топливо – аналог мазута.

Сегодня уголь должен рассматриваться как энерготехнологическое сырье и использовать его в крупных масштабах необходимо только комплексно, доля его потенциальную химическую энергию примерно в равных

долях между энергетической продукцией (электричеством и теплом) и химической продукцией. Организуя энерготехнологическую переработку твердого топлива на базе крупной энергетики (тепловой, а возможно, и атомной), мы преодолеем нефтегазовый кризис, ожидающий нас уже в этом, XXI веке. Негативные тенденции в области сырьевой базы нефте- и газодобычи – снижение ресурсов при необходимости сохранения высоких поставок на экспорт – требуют широкого и быстрого внедрения новых угольных технологий, ориентированных на экологозбережение и комплексное использование углей всех видов [3, 4, 6, 11].

Процесс газификации угля является многоцелевым относительно состава продуцируемого газа. При получении газообразных топлив выделяются три основных направления, связанные с производством топливного газа, заменителя природного газа и синтез-газа. Состав и теплотворная способность продуцируемого газа зависят не только от режимов газификации, но и от конструкции используемого газогенератора. Применение топливного газа позволяет решать экологические и технологические проблемы в энергетике, металлургии и других отраслях промышленности. Особенностью получаемого заменителя природного газа является низкое содержание СО и, следовательно, относительно низкая токсичность, что позволяет широко применять этот газ в бытовых целях. Синтез-газ используется для химической переработки в метанол, моторные топлива или для получения водорода. Для получения жидких топлив непосредственно из угля используются процессы гидрогенизации, пиролиза, ожижения растворителями. При получении котельного топлива (заменителя нефтяного мазута) и моторных топлив требуется дополнительное применение процессов гидропереработки жидких угольных продуктов с целью уменьшения содержания серы и других нежелательных примесей. Наиболее легко перерабатывается «угольная нефть», получаемая в процессе каталитической гидрогенизации угля.

Альтернативным направлением производства синтетических жидких топлив является совмещение процессов получения из угля синтез-газа и его химической переработки. Жидкие топлива из синтез-газа экологически намного безопаснее, чем топлива, получаемые прямым ожижением угля. Последние содержат высокое количество канцерогенных полициклических соединений.

Разведанных запасов угля при прогнозных уровнях его потребления достаточно на 250–300 лет (в России на 500 лет), газа на 70 лет, нефти на 40–50 лет, урановой руды на 85 лет. Общемировые запасы основных энергоносителей распределены неравномерно:

Уголь – Северная Америка – 28%, Россия – 17%, Юго-Восточная Азия – 24%, Западная Европа – 6%, Африка – 9%, Австралия – 9%, Ближний Восток – 5%, Южная Америка – 2%.

Газ – Ближний Восток – 35%, Россия – 33%, Северная Америка – 6%, Африка – 8%, Южная Америка – 8%, Юго-Восточная Азия – 7%.

Нефть – Ближний Восток – 62%, Россия – 10%, Африка – 9%, Южная Америка – 8%, Северная Америка – 5%, Юго-Восточная Азия – 3%.

Наиболее зависимы от внешних энергоносителей:

Япония покупает: нефть – 100%, газ – 92%, уголь – 82%. Индия соответственно нефть – 70%, газ – 50%, уголь – 76%. Китай: нефть – 45%, газ – 30%, уголь – 46%. Страны ЕС: нефть – 40%, газ – 54%, уголь – 50%. В Австралии с традиционными энергоносителями совсем плохо: уголь – 9%, газа и нефти практически нет.

Институтом проблем нефти и газа РАН и профессором МЭИ Б. Кудриным в 2007 году проведена аналитическая научно-исследовательская работа по прогнозированию состояния главных энергоносителей через 100 лет, т.е. в 2107 году (см. табл. 3). Нами разработана прогнозная программа для включения от 8 до 15% энергоресурсов при переработке угля, углекarbonатов, древесины, угольных сланцев и т.д. Результаты реализации программы показаны на рисунке «Энергоресурсы будущего (2107 г.)».

Таблица 3
Энергоресурсы будущего, 2107 г.

газ, неразведанные запасы	25%
атомная энергия	20%
нефть, неразведанные запасы	18%
уголь	15%
возобновляемые источники (ветер, солнце, вода, биотопливо и т.д.)	12%
водородное топливо	7%
термоядерный синтез	3%



Энергоресурсы будущего, 2107 г. (по данным Института проблем нефти и газа РАН и проф. МЭИ Б. Кудрина)

Представляется целесообразным рассмотрение вопросов удовлетворения потребностей в основном, резервном и растопочном топливе базовых предприятий путем организации производства по глубокой химической переработке региональных угольных минеральных ресурсов по следующим направлениям [4, 5; 8–10]:

1) в сопоставлении с затратами на приобретение этих топливных ресурсов за счет ввоза из других регионов России. На этой основе – определение объемов диверсификации и повышение конкурентоспособности добычи и переработки угольных минеральных ресурсов, повышение эффективности работы региональных ТЭК;

2) применением на базовых угледобывающих и энергетических предприятиях по химической переработке угля в качестве энергоносителя природного газа и угля;

3) организацией предприятий по получению синтетического газообразного и жидкого топлива (СЖТ), а также кокса из угля непосредственно на угольных разрезах, шахтах или на предприятиях энергетического комплекса на основе процесса гидрогенизации, пиролиза, ожигения растворителями.

Основными критериями при определении мероприятий по диверсификации угледобывающих и строительству новых перерабатывающих предприятий приняты:

- экономия финансовых ресурсов при создании новых рабочих мест по сравнению с продолжением только угледобычи на рассматриваемом предприятии;

- жизнеспособность предприятий в условиях рыночной экономики;

- возможность возврата инвестиционных ресурсов;

- долевое участие в финансировании проектов строительства и диверсификации со стороны местных и республиканских бюджетов;

Проблема повышения эффективности инвестиционной деятельности касается любого предприятия, функционирующего в условиях рыночной экономики. Одним из способов решения этой проблемы является выбор оптимальной структуры производимой продукции, отказ от менее прибыльных видов деятельности и выбор более предпочтительных. Решение данной задачи должно учитывать специфику отрасли, к которой относится предприятие.

Представленная ниже экономико-математическая модель, реализация которой позволяет выбирать оптимальный, с точки зрения получаемой прибыли, вариант производства продукции. При этом исходим из предполо-

жения, что модель строится для предприятия угольной и газовой промышленности, которые занимаются как добычей угля, газа, так и производством природного и синтетического газообразного и жидкого топлива, которое возможно при реконструкции и диверсификации угледобывающих, газодобывающих и энергетических предприятий, а в будущем и при создании морских комплексов по извлечению и переработке метана из газогидратов. Поэтому разработанная экономико-математическая модель (ЭММ) организации производства и переработки угольных минеральных ресурсов, а также вновь создаваемых научно-производственных предприятий по извлечению и переработке метана из газогидратов, обладает высокой степенью универсальности. Реализацию ЭММ целесообразно производить дифференцированно по альтернативным вариантам для угледобывающих, энергетических и газодобывающих предприятий [3, 7, 8].

Введем следующие обозначения (все показатели исчисляются за один и тот же период):

n_i – натуральный объем i -го вида угля, добываемого угледобывающими предприятиями;

m_j – натуральный объем j -го вида перерабатываемого угля;

n_{ij} – натуральный объем i -го вида угля и потребляемый при производстве единицы j -го вида перерабатываемой продукции;

c_i – отпускная цена единицы натурального объема i -го вида угля;

s_i – себестоимость единицы натурального объема угля, добываемого на угледобывающих предприятиях;

u_j – отпускная цена единицы натурального объема j -го вида перерабатываемой продукции;

v_j – себестоимость единицы натурального объема j -го вида перерабатываемой угольной продукции;

k – количество видов угля, добываемых на предприятиях;

l – количество видов новой продукции, производимой на реструктуризуемом и диверсифицируемом предприятии.

Прибыль предприятия угольной (газовой) отрасли складывается из следующих двух основных составляющих:

- полученной за счет реализации части угля (газа), добываемого на предприятиях и равной

$$\sum_{i=1}^k \left[\left(n_i - \sum_{j=1}^l n_{ij} m_j \right) c_i - n_i s_i \right]; \quad (1)$$

• полученной за счет реализации новой продукции, производимой предприятием и равной

$$\sum_{j=1}^l (u_j - v_j) m_j. \quad (2)$$

Суммируя выражения (1) и (2), получаем величину прибыли предприятия

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^k \left[\left(n_i - \sum_{j=1}^l n_{ij} m_j \right) c_i - n_i s_i \right] + \sum_{j=1}^l (u_j - v_j) m_j = \\ & = \sum_{i=1}^k n_i c_i + \sum_{j=1}^l u_j m_j - \left(\sum_{i=1}^k n_i s_i + \sum_{j=1}^l \left(v_j + \sum_{i=1}^k n_{ij} c_i \right) m_j \right) \longrightarrow \max. \end{aligned} \quad (3)$$

Последнее выражение представляет собой целевую функцию задачи оптимизации. Для формулировки задачи в целом необходимо еще наложить ограничения на переменные. В соотношении (3) n_{ij} и c_i выбираются соответственно на основе технологии и внешних условий деятельности. Далее оптимизационную модель можно сформировать двумя способами.

Способ 1. Целью решения задачи будем считать определение n_{ij} , где $i = 1, 2, \dots, k$, и m_j , где $j = 1, 2, \dots, l$, при s_i ($i = 1, 2, \dots, k$) и v_j ($j = 1, 2, \dots, l$) определяемых из плана предприятия по издержкам продукции.

В этом случае на величину n_i накладывается следующее ограничение:

$$0 \leq n_i \leq p_i \text{MIN} \left(n_i^k, n_i^i \right), i = 1, 2, \dots, k. \quad (4)$$

Здесь n_i^k – ограничение, устанавливаемое исходя из необходимого объема синтетического газообразного и жидкого топлива; n_i^i – ограничение, устанавливаемое на основе производственных возможностей предприятия; p_i ($0 < p_i < 1$) – поправочный коэффициент, учитывающий действие случайных факторов, действие которых приводит к уменьшению объема добычи угля и топливной продукции.

Основным фактором такого рода, который необходимо учитывать в модели, являются погодные, климатические, горнотехнические условия. Для проведения расчетов в качестве величины p_i можно принять отношение количества прогнозируемой величины дней пребывания в режиме производства природного и синтетического топлива, определяемого исходя из статистических данных и прогноза погоды к плановому числу дней согласно принятому режиму ра-

боты угольной (газовой) отрасли от основных и диверсифицируемых видов деятельности (добычи угля и химической переработки угольных минеральных ресурсов или синтез-газа, извлекаемого из газогидратов, природного газа). Следовательно, критерий оптимальности будет выглядеть следующим образом:

боты угледобывающего или газодобывающего предприятия.

На величину m_j накладывается следующее ограничение:

$$m_j^\delta \leq m_j \leq m_j^i, j = 1, 2, \dots, l. \quad (5)$$

Здесь m_j^i – ограничение, устанавливаемое на основе производственных возможностей предприятия; m_j^δ – ограничение, устанавливаемое исходя из соображений обеспечения безубыточности.

Таким образом, в данном случае приходим к задаче $\{(3), (4), (5)\}$.

Способ 2. Целью решения задачи будем считать определение n_{ij} , s_i , где $i = 1, 2, \dots, k$, и m_j , v_j , где $j = 1, 2, \dots, l$. Ограничения (4), (5), но в этом случае появляется необходимость наложения ограничений на величины s_i и v_j .

На величины s_i наложим следующее ограничение:

$$s_i \in \left[s_i^{\min}; s_i^{\max} \right], i = 1, 2, \dots, k. \quad (6)$$

Здесь s_i^{\min} – минимальная необходимая величина издержек на соответствующее угледобывающее (газодобывающее) предприятие с точки зрения обеспечения безопасности ведения добычных процессов и функционирования систем жизнеобеспечения; s_i^{\max} – верхний предел величины издержек на соответствующий участок добычи угля (газа), устанавливаемый планом предприятия по издержкам.

На величины v_j наложим следующее ограничение:

$$v_j \in \left[v_j^{\min}; v_j^{\max} \right], j = 1, 2, \dots, l. \quad (7)$$

Здесь v_j^{\min} – минимально необходимая величина издержек на соответствующий

вид угольной (газовой) продукции с точки зрения технологии и соблюдения качества продукции; v_i^{\max} – верхний предел величины издержек на соответствующий вид угля (газа), устанавливаемый планом предприятия по издержкам.

Итак, в этом случае приходим к задаче $\{(3), (4), (5), (6), (7)\}$.

Данная задача сформулирована исходя из предположения, что предприятие обладает достаточными подготовленными объемами запасов угля (газогидратов) для добычи с учетом химической переработки в топливную продукцию с точки зрения степени использования, имеющихся в его распоряжении производственных мощностей. При недогрузке производственных мощностей вследствие отсутствия собственного сырья недостаток его может быть пополнен посредством закупок в необходимом количестве (предполагается, что можно закупить сырье в любом требуемом объеме).

Если же это условие не выполняется, т.е. предприятие производит угольную продукцию исключительно из собственных запасов угольного или газогидратного минерального сырья, то задача $\{(3), (4), (5), (6), (7)\}$ должна быть дополнена следующим ограничением:

$$\sum_{j=1}^l n_{ij} m_j \leq n_i, i = 1, 2, \dots, k. \quad (8)$$

Предложенная модель позволяет осуществлять планирование производственно-хозяйственной деятельности предприятия на основе рассмотрения альтернативных вариантов номенклатуры, себестоимости продукции и цен на продукцию по всем позициям номенклатуры, производимой продукции.

1. Полученные на базе данной модели величины издержек являются отправной точкой формирования плана производства по издержкам. При этом в план закладываются величины издержек, заведомо удовлетворяющие следующим условиям:

- при соблюдении плановой величины издержек обеспечивается получение максимально возможной при заданных условиях прибыли;

- при данных условиях гарантируется минимально возможная величина себестоимости продукции.

Результаты технологических исследований и экономико-математического моделирования процессов позволяют более детально рассматривать конфигура-

цию и параметры систем реструктуризации и диверсификации угледобывающих и энергетических предприятий, согласовать и определить режимы работы подсистем управления и организации производства, прогнозировать технологические и экономические показатели вновь создаваемых и реструктуризуемых производственных комплексов.

2. До середины прошлого столетия основой мировой и российской энергетики были угольные ресурсы. Начиная с 1950-х гг. в связи с ростом уровня потребления нефти и газа, наблюдается постепенное снижение добычи и использования углей. В настоящее время доля углей в мировом энергетическом балансе составляет в среднем около 30%. Современный уровень добычи нефти и газа, по некоторым расчетам, сохранится до середины XXI столетия и уже за пределами 2050 года в мире резко возрастет потребность в угольных ресурсах.

3. Необходимо отметить, что постоянное развитие человеческой деятельности ведет к росту количества технических средств, использующих моторное топливо. В обозримом будущем ему даже не прогнозируется альтернатива. Поэтому проблема увеличения ресурсов моторного топлива будет актуальна и в долгосрочной перспективе. В условиях России наиболее перспективным сырьем для производства синтетического газообразного и жидкого топлива (СЖТ) является уголь как самый распространенный вид горючих ископаемых.

4. Угольное и углеводородное минеральное сырье останется не только конкурентоспособным энергоносителем по сравнению с пока опасным атомным источником энергии, но может получить приоритетное значение, оставаясь по-прежнему «настоящим хлебом промышленности» как топливо, но все больше как ценнейший природный химический ресурс. Путем применения специальных и инновационных технологий из угля и углекислоты можно получать сотни продуктов: синтетическое газообразное и жидкое топливо, доменный и энергетический кокс, смолы, газы, ацетилен, спирт, кислоты, пластмассы, лаки, лекарства, взрывчатые вещества и многие другие вещества, продукты, материалы.

Список литературы

1. Сорокин А.П., Авдейко Г.П., Алексеев А.В., Бакланов П.Я., Жуков А.В., Подольняк В.И. и др. Стратегия развития топливно-энергетического потенциала Дальневосточного экономического района до 2020 года / Под ред. чл.-корр. РАН А.П. Сорокина. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 112 с.

2. Жуков А.В. Экономические проблемы и приоритетные направления реструктуризации и диверсификации угольной промышленности (совершенствование технологий, добычи, обогащения и переработки угля. – Владивосток: Изд-во ТАНЭБ, 2002. – С. 33–38.
3. Жуков А.В., Кусраева Д.Э., Жукова Ю.А., Звонарев М.И., Шмелев А.А. Принципы разработки региональных программ развития и экономико-математических моделей (ЭММ) повышения эффективности топливно-энергетических комплексов (ТЭК) на основе использования традиционных и альтернативных энергоносителей // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 4–3. – С. 573–578.
4. Жуков А.В. Влияние качественных характеристик минерального сырья на выбор технологий переработки угля для производства жидкого и газообразного топлива. Сб. Тр-ов ДВГТУ. Вып. 143. Изд-во «Уссури». – Владивосток, 2006. – С. 243–250.
5. Гнездилов Е.А., Жуков А.В., Яковлев А.Д. Экономическая эффективность организации производства синтетического топлива на основе химической переработки угольного минерального сырья в условиях Дальневосточного региона // *Фундаментальные исследования*. – 2007. – № 9. – С. 324–329.
6. Корнеева Е.С. Приоритетные направления организации производства синтетического газообразного и жидкого топлива в условиях Дальнего Востока на основе химической переработки угольного минерального сырья. Магистерская диссертация по направлению «Менеджмент». Науч. руководитель, д.т.н., профессор Жуков А.В. Институт экономики и управления ДВГТУ. – Владивосток, 2008. – 57 с.
7. Жуков А.В., Яковлев А.Д. Экономико-математическая модель управления инвестиционной деятельностью при диверсификации производства и потребления энергоносителей в региональных топливно-энергетических комплексах // *Современные наукоемкие технологии*. – 2008. – № 8. – С. 63–66.
8. Жуков А.В. Рациональное природопользование, ресурсо- и энергосбережение: безотходные, экологически безопасные технологии комплексной переработки карбонатного и угольного минерального сырья // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2010. – № 12. – С. 147–150.
9. Жуков А.В. Разработка принципов рационального природопользования и организации конкурентоспособного производства на основе электротермической и плазменной переработки углекислотного минерального сырья с получением продукции топливного и нетопливного назначения. Сб. научных трудов ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ «Инноватика и экспертиза». – М., 2014. – № 2. – Выпуск 2 (14). – С. 235–242.
10. Жуков А.В., Жукова Ю.А., Умаров М.С., Михалков А.М. Экономико-технологические принципы диверсификации производства и разработки инновационных технологий добычи и переработки угольного и карбонатного минерального сырья для получения синтетического газообразного и жидкого топлива и продукции нетопливного назначения. – Освоение георесурсов в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал). – М.: Изд-во «Горная книга». – 2015. – С. 51–59.
11. Заяц Р.М. Экологическая безопасность и эффективность комплексной переработки каменного угля на основе инновационных технологий. Автореферат МД/Науч. руков: д.т.н., проф. А.В. Жуков. Фонды НИР ИЭУ ДВГТУ. – Владивосток, 2004. – 21 с.

УДК 622.271.1

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ
ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПРИ ВЕЕРНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ****Катышев П.В., Кисляков В.Е., Вокин В.Н.***ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Институт горного дела, геологии
и геотехнологий, Красноярск, e-mail: BestPavel1989@mail.ru*

При разработке мощных угольных месторождений горизонтального и пологого залегания значение имеет вопрос установления порядка и направления перемещения фронта горных работ в плане, обеспечивающих минимальное расстояние транспортирования горных пород. При веерном перемещении фронта исключается необходимость наращивания магистральных транспортных коммуникаций, что ведет к постоянному расстоянию транспортированию полезного ископаемого при полной отработке карьерного поля. Однако данная система разработки подразумевает выемку полезного ископаемого и вскрышных пород блоками переменной ширины КЭБ (клиновидно-эксплуатационный блок), ширина которого уменьшается от фланга к поворотному пункту, исходя из этого, объемы вывозимые с отдельных выемочных участков при отработке КЭБ будут различные. В данной статье рассмотрены основные принципы выбора оптимального направления транспортирования горной массы автосамосвалами в отвал, при различных горнотехнических параметрах разработки месторождения, направления и расстояния транспортирования вскрышных пород в условиях веерного подвигания фронта горных работ.

Ключевые слова: открытые горные работы, веерная система, транспортирование, грузооборот, экскаваторная заходка**RATIONALE CONVEYING DIRECTION GANGUE
OF THE FAN SYSTEM DEVELOPMENT****Katyshev P.V., Kislyakov V.E., Vokin V.N.***Institute of mining, geology and geotechnologies the Siberian federal university, Krasnoyarsk,
e-mail: BestPavel1989@mail.ru*

In developing the powerful coal deposits of horizontal and sloping bedding of, importance is the question the established order and the direction of movement of the front of mining operations in the plan ensuring minimum distance transportation of rocks. When you move the front fan-eliminating the need to increase the main transport links, which leads to a constant distance transportation of minerals with the full working out a career field. However, this development system includes mineral extraction and overburden blocks of variable width, the width of which decreases from the flank to the turning point, on this basis, the volumes exported from the individual excavation sites in mining blocks of variable width are different. This article describes the basic principles of selecting the optimal direction of transportation of mined rock by trucks to the dump, at various mining parameters of the field development, direction and distance transportation of the overburden in a fan-moving front of mining operations.

Keywords: open pit mining operation, with fan system, transportation, cargo turnover, excavator stope

За последние 10 лет мировое потребление угля выросло почти на 50% (потребление газа – примерно на 30%; нефти и атомной энергии – менее чем на 10%). Уголь – это один из главных энергоресурсов, способный удовлетворить основные энергетические потребности растущего населения и развивающейся мировой экономики, внести важнейший вклад в преодоление энергетической бедности и энергетического неравенства.

Конкурентные преимущества российской угольной отрасли в рамках отечественного ТЭК заключаются в наличии огромных (второе место в мире) запасов угля, которых при существующем уровне добычи хватит на долгосрочную перспективу, значительного опыта использования данного энергоресурса; повышении устойчивости энергоснабжения (в том числе в кризисных ситуациях); возможностях выхода на мировой рынок; наличии существенных резер-

вов повышения эффективности; многообразии различных видов угольной продукции; возможностях адаптации к меняющимся условиям рынка; интеграции с приоритетными направлениями инновационного развития экономики; вкладе в региональную энергетическую безопасность [1].

Вышеизложенное ставит перед угольной промышленностью задачи модернизации предприятий и развитию новых технологий добычи угля, обеспечивающих снижение издержек и повышение эффективности в производстве.

Основная стратегия определения оптимальных схем развития горных работ должна заключаться в установлении управляющих факторов, прямо влияющих на выбор системы разработки, определяющих, прежде всего, положение фронта работ и, следовательно, эффективность отработки месторождений. В отечественной и мировой практике известны четыре схемы:

параллельного, веерного, радиального и комбинированного перемещения фронта работ в технологии поточной добычи угля. Наиболее распространенной и простой по конструкции является параллельная схема, однако её применение сопровождается постоянным наращиванием и перестройкой транспортных коммуникаций. В связи с этим перспективной является разработка месторождений горизонтального и полого залеганий при использовании веерного перемещения фронта горных работ, причем к достоинствам данного способа подвигания можно отнести исключение необходимости постоянного наращивания забойных транспортных коммуникаций, стабилизацию расстояния транспортировки полезного ископаемого, а стационарный поворотный пункт транспортных коммуникаций позволяет благоприятно планировать расположение промышленных сооружений [2].

Перемещение фронта работ по вееру производится с центральным поворотным пунктом, расположенным в месте перегрузки угля с забойных на наклонные магистральные конвейеры [7].

Реализация веерного перемещения фронта горных работ (рис. 1) предполагает отработку выемочных блоков переменной ширины в форме треугольника [4] или трапеции – клиновидно-эксплуатационный блок (КЭБ), следовательно, объемы полезного ископаемого и вскрышных пород в отдельных выемочных участках будут различные, поэтому целесообразно произвести исследование грузопотоков, их направления от параметров КЭБ и транспортирующего оборудования.

При данной технологической схеме (рис. 1) на разных горизонтах площадь выемаемых КЭБ будет различна за счет применения показателей $l_{б.г}$ и $l_{б.п}$ и определяется из следующей зависимости [3]:

$$S_{it} = \frac{\pi \cdot \alpha_{\phi}}{360} \cdot [((i_r - 1) \cdot l_{б.г} - L_{\phi})^2 - ((n_r - i_r) \cdot l_{б.п})^2], \text{ м}^2, \quad (1)$$

где α_{ϕ} – угол поворота фронта горных работ, град; i_r – номер горизонта, ед.; n_r – количество горизонтов, ед.

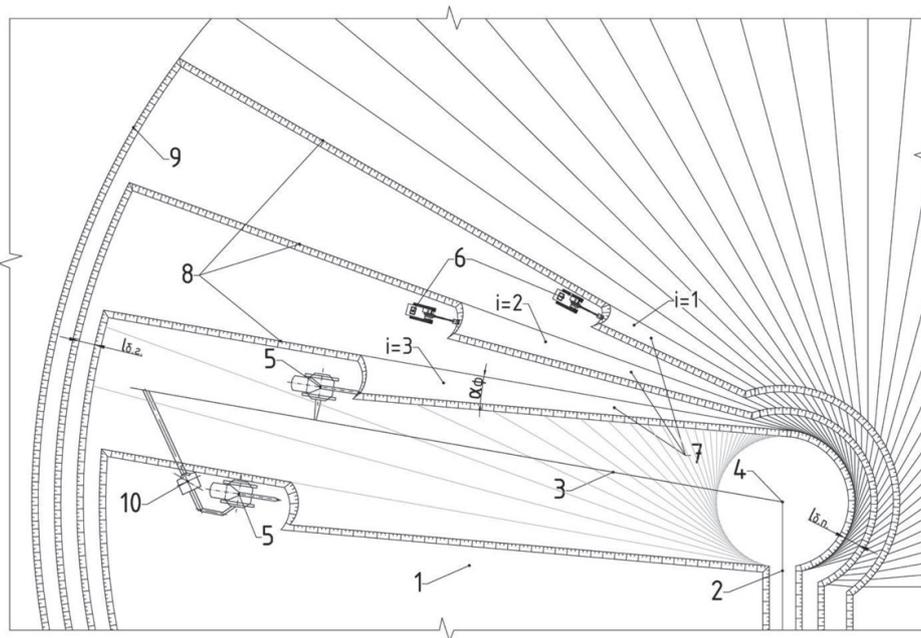


Рис. 1. Технологическая схема разработки угольных месторождений при веерной системе разработки несколькими уступами: 1 – выработанное пространство; 2 – ось магистральных транспортных коммуникаций; 3 – ось забойных транспортных коммуникаций; 4 – стационарный поворотный пункт транспортных коммуникаций; 5 – роторный комплекс; 6 – выемочно-погрузочные комплексы циклического действия; 7 – КЭБ; 8 – линии фронта горных работ на каждом горизонте; 9 – граница карьерного поля; 10 – межступенный перегрузочный пункт; $l_{б.г}$ – расстояние бермы безопасности (транспортной) на границе карьерного поля, м; $l_{б.п}$ – расстояние бермы безопасности (транспортной) со стороны поворотного пункта, м

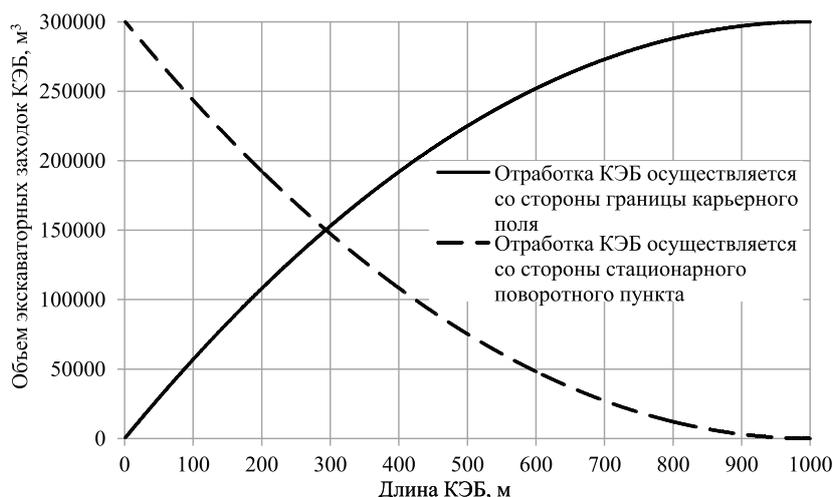


Рис. 2. Изменение объема экскаваторной заходки от длины КЭБ

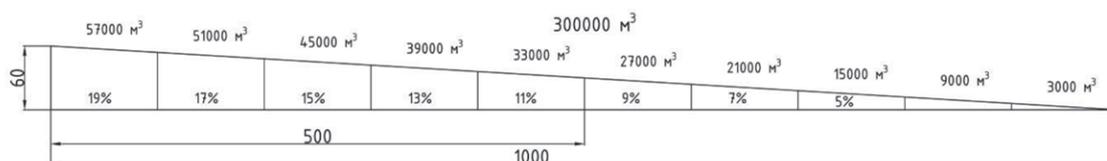


Рис. 3. Типовая схема клиновидно-эксплуатационного блока

Также объемы экскаваторных заходок при отработке КЭБ могут быть различными в зависимости от их длины, ширины и типа применяемого выемочно-погрузочного оборудования. Определение объемов осуществляется в зависимости от направления отработки выемочного блока.

При отработке КЭБ со стороны границы карьерного поля (широкая сторона КЭБ), объемы экскаваторных заходок составят

$$V'_i = 0,5 \cdot L_i \cdot (2 \cdot B_{\max} - L_i \cdot \operatorname{tg} a_{\phi}) \cdot H_y, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где L_i – длина i -й экскаваторной заходки, м; B_{\max} – максимальная ширина КЭБ (со стороны границы карьерного поля), м; H_y – высота уступа, м.

При отработке в противоположном направлении, со стороны стационарного поворотного пункта транспортных коммуникаций (с узкой стороны КЭБ) объемы экскаваторных заходок определяются по следующей зависимости:

$$V''_i = 0,5 \cdot L_i^2 \cdot \operatorname{tg} a_{\phi} \cdot H_y, \text{ м}^3. \quad (3)$$

Изменение объемов экскаваторных заходок при разработке КЭБ со стороны границы

карьерного поля и со стороны стационарного поворотного пункта транспортных коммуникаций приведено на рис. 2 при мощности отработываемых пород равной 10 м.

Из вышеприведенного графика следует, что объемы экскаваторных заходок по длине фронта горных работ будут различные, данные показатели существенно влияют на производительность выемочно-погрузочного оборудования и требуют учета при планировании горных работ.

В зависимости от горнотехнических условий месторождения при веерном подвигании фронта горных работ возникает необходимость отработки КЭБ выемочно-погрузочными комплексами циклического действия с отгрузкой породы в средства автотранспорта [6], учитывая интенсивность изменения объемов горной массы в КЭБ по длине фронта горных работ целесообразно распределить направления грузопотоков автотранспорта.

Для определения оптимального расстояния и направления транспортировки пород вскрыши (транспортировка породы через узкую или широкую сторону КЭБ), с уче-

том распределения объема внутри КЭБ, было выполнено математическое моделирование блока с размерами в плане по длине 1000 м, на фланге по ширине 60 м и мощностью пород 10 м. Положение отвалов было условно принято в центре заходки (фронта горных работ) – 500 м от фланга (рис. 3).

Расчет средневзвешенного расстояния транспортирования пустых пород и полезного ископаемого с учетом распределения объема горной массы производился по формуле. Результаты расчета сведены в таблице и иллюстрированы графиком на рис. 4.

$$L_{\text{ср.в}} = \frac{\sum_{i=1}^n (L_{\text{три}} \cdot V_{\text{би}})}{V_{\text{кэб}}}, \text{ м}, \quad (4)$$

где $L_{\text{три}}$ – расстояние транспортирования i -го выемочного блока, м; $V_{\text{би}}$ – объем i -го выемочного блока, м^3 ; $V_{\text{кэб}}$ – объем клиновидно-эксплуатационного блока, м^3 .

Если принять, что 300000 м^3 соответствует 100%, то равным образом рассчитывается расстояние транспортирования, если вывозить горную массу через оба фланга, в такой зависимости, что сначала 19% вывозится через левый фланг, а 81% через правый. Затем 36% левый, 64% правый и так далее.

Минимальное средневзвешенное расстояние транспортировки равно 800 м достигается при подаче 75% породы через левый фланг и 25% – через правый (5 вариант), что является серединой КЭБ в 500 м, это на 85 м меньше, чем вывозить горную массу через левый или правый фланги, с условием равного расстояния транспортиро-

вания пустых пород к месту приемки от левого и правого флангов.

Средневзвешенные расстояния транспортирования горных пород

№ варианта распределения грузопотока	Объемы транспортирования через фланг, %:		Расстояние, $L_{\text{ср.в}}$, м
	левый фланг	правый фланг	
1	19	81	1044
2	36	64	925
3	51	49	850
4	64	36	811
5	75	25	800
6	84	16	809
7	91	9	830
8	96	4	855
9	99	1	876
10	100	0	885

Определением показателя объема работы автосамосвала, учитывающего количество рейсов и груза, вывозимого на отвал при веерной системе разработки, является грузооборот – определяется как произведение массы перевезенного груза и расстояния перевозки [5], расчет которого производился с различными техническими параметрами транспортирующего оборудования по следующим формулам.

Количество рейсов автосамосвала при обработке погонного метра КЭБ:

$$n_{\text{рейс}} = \frac{m_{\text{пм}}}{q}, \text{ ед}, \quad (5)$$

где q – грузоподъемность автосамосвала, т.

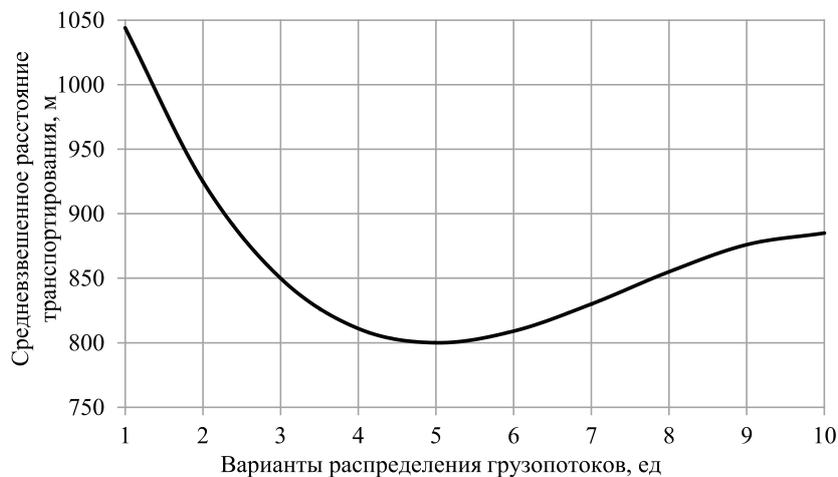


Рис. 4. График изменения средневзвешенного расстояния транспортирования от вариантов распределения грузопотоков

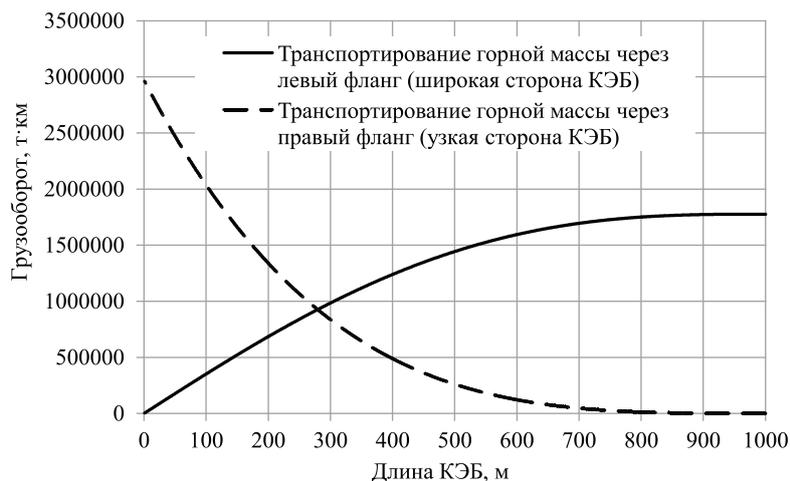


Рис. 5. График изменения грузооборота автосамосвала при отработке КЭБ

Расстояние транспортирования экскаваторной заходки от КЭБ до отвала:

$$L_{тр} = L_{тркэб} + L_{тро}, \text{ м}, \quad (6)$$

где $L_{тркэб}$ – расстояние транспортирования породы в пределах КЭБ, м; $L_{тро}$ – расстояние транспортирования от КЭБ до отвала, м.

Расстояние транспортирования с учетом количества рейсов автосамосвалов:

$$L_{трр} = L_{тр} \cdot n_{рейс}, \text{ м}. \quad (7)$$

Грузооборот определяется по следующей зависимости:

$$Q_{г.об.} = L_{трр} \cdot m_{им}, \text{ т} \cdot \text{км}. \quad (8)$$

Расчет изменения грузооборота при веерной системе разработки производился на КЭБ с параметрами: длина блока ($L_{кэб}$) 1000 м; максимальная ширина на фланге (B_{max}) 60 и мощностью слоя выемки (h_y) 10 м. Расстояние от КЭБ до отвала пустых пород было условно принято 500 м. При грузоподъемности автосамосвала 30 т результаты расчетов представлены на рис. 5.

Минимальные значения грузооборота при отработке КЭБ – при вывозе горной массы через широкую сторону участка выемочного блока равного 290 м, а остальные объемы вывозятся через узкую сторону. Точка пересечения кривых соответствует показателю ($L_{напр}$) – расстояние от широкой стороны КЭБ до места изменения направления грузопотока автотранспорта.

Изменение направления грузопотока с учетом показателя $L_{напр}$ позволяет обеспечить оптимальный грузооборот при отработке КЭБ, тем самым улучшая горно-транспортные работы, и способствует к повышению эффективности выемки запасов полезного ископаемого при веерном подвигании фронта горных работ.

Список литературы

1. Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года. URL: http://minenergo.gov.ru/documents/fold13/index.php?ELEMENT_ID=17442 (дата обращения: 31.10.2014).
2. Кисляков В.Е. Исследование развития фронта горных работ на пологопадающих месторождениях при веерной системе разработки / В.Е. Кисляков, П.В. Катышев // Маркшейдерия и недропользование. – 2014. – Т. 2. – С. 42–44.
3. Катышев П.В. Обоснование параметров фронта горных работ при отработке пологопадающих угольных месторождений веерной системой / П.В. Катышев, В.Е. Кисляков // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии. – 2016. – Т. 9, № 2. – С. 166–173.
4. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Ч. 2 [Текст] / М.Г. Новожилов, В.С. Хохряков, Г.Д. Пчёлкин, В.С. Эскин. – М.: Недра, 1971. – 552 с.
5. Большой Энциклопедический Словарь. URL: <http://www.vedu.ru/bigencdic/16677/> (дата обращения: 16.11.2016).
6. Кисляков В.Е. Работа экскаваторов типа ЭКГ в клиновидной заходке / В.Е. Кисляков, А.В. Никитин, П.В. Катышев, Д.С. Сенаторов // Маркшейдерия и недропользование. – 2013. – Т. 5. – С. 44–50.
7. Шорохов В.П. Веерное подвигание фронта работ при разработке мощных угольных пластов. / В.П. Шорохов, В.Е. Кисляков. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 77 с.

УДК 502.45:379.851

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
ТУРИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА
«ВОСКРЕСЕНСКОЕ ПОВЕТЛУЖЬЕ»****Копосова Н.Н., Плашкина А.Д.***ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет
имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru*

В статье рассмотрены причины возрастающего интереса к организации и развитию экологического туризма как важнейшего направления туристического бизнеса и рекреационной деятельности. Выявлены наиболее существенные черты, характеризующие экологический туризм, экономические и организационные проблемы, сдерживающие его развитие, перспективы использования особо охраняемых природных территорий в качестве туристических объектов. Представлена оценка природных условий Воскресенского района Нижегородской области как основы для развития экологического туризма на его территории вообще и на территории природного парка «Воскресенское Поветлужье» в частности. Рассмотрено зонирование парка, проблемы и перспективы создания туристического кластера, включающего как уже активно используемые туристические объекты, так и территории, не затронутые рекреационной деятельностью, что позволит снизить нагрузку на старые объекты и будет способствовать экономического и социальному развитию территории.

Ключевые слова: экологический туризм, особо охраняемые природные территории, природный парк, туристический кластер

**PROBLEMS AND PROSPECTS OF ECOLOGICAL TOURISM DEVELOPMENT
IN TERRITORY OF THE NATURE PARK «VOSKRESENSKY POVETLUZH'E»****Koposova N.N., Plashkina A.D.***Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod,
e-mail: coposowa.nataliya@yandex.ru*

In article the reasons of the increasing interest in the organization and development of ecological tourism as most important direction of travel business and recreational activities are considered. The most essential lines characterizing the ecological tourism, economic and organizational problems constraining its development, the prospects of use of especially protected natural territories as tourist objects are revealed. Assessment of an environment of Voskresensky district of the Nizhny Novgorod Region as bases for development of ecological tourism in its territory in general and in the territory of the Natural park «Voskresenskoye Povetluzh'e» in particular is provided. Zoning of the park, problem and the prospect of creation of the tourist cluster including as already actively used tourist objects, and the territories which aren't affected by recreational activities that will allow to lower load of old objects is considered and will promote economic and to social development of the territory.

Keywords: ecotourism, protected areas, nature park, the tourist cluster

Изучение основных направлений развития туристического бизнеса и рекреационной деятельности показывает, что все более востребованным становится экологический туризм. Несмотря на все возрастающий интерес к этому виду туризма, специалисты так и не пришли к единому мнению, что же такое экологический туризм, и называют один и тот же процесс экотуризмом, природным, зеленым, мягким и т.д. туризмом. Тем не менее все сходятся во мнении, что экотуризм – это направление туристического бизнеса, которое заинтересовано в сохранении естественной природной среды или ее отдельных компонентов, а так как в этот процесс вовлечено местное население, оно также становится заинтересованным в сохранении и использовании этих ресурсов [1, 6, 7, 8].

Цель исследования

Таким образом, основная цель экологического туризма – забота об окружающей природной среде, которую используют в туристических целях, воспитание любви к ней, утверждение важности ее защиты. Обобщая основные характеристики экологического туризма, можно выделить его основные компоненты: познание природы, сохранение экосистем, уважение интересов местных жителей [1, 4].

Материалы и методы исследования

Россия располагает значительными ресурсами для развития экологического туризма. По данным Российского НИИ культурного и природного наследия в состав природного наследия на территории России входит множество особо охраняемых природных территорий самых разных размеров и статуса. В этих

регионах именно экотуризм может помочь охране природы, росту занятости населения и социально-экономическому развитию.

Но при наличии мощной экологической туристической базы развитие экологического туризма сдерживается рядом экономических и организационных причин. К экономическим относят: отсутствие необходимого первоначального капитала для финансирования работ по созданию экологических центров, незначительность инвестиций в инфраструктуру экологического туризма, отсутствие средств на проведение рекламной кампании в целях привлечения внимания потенциальных туристов. Организационными являются: ограниченность туристических маршрутов и их слабая обустроенность, отсутствие специализированных туристических организаций, скромный набор рекреационных услуг для туристов, ограниченное число квалифицированных специалистов в области экотуризма, отсутствие необходимой законодательной базы экотуризма [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Несмотря на имеющиеся проблемы, в России существуют условия для развития всех современных направлений экологического туризма: научного, туров по истории природы, приключенческого, путешествий в природные заповедники и резервации.

Развитие экологического туризма неразрывно связано с возможностью использования в качестве туристического объекта особо охраняемых природных территорий. Но познавательный туризм, связанный с посещением природных заповедников, развит в России незначительно. В национальных парках развитие туризма является одним из основных видов деятельности, но не во всех парках он реализуется. Во многом это связано с отсутствием на их территории инфраструктуры, необходимой для туристической деятельности, создание которой требует значительных капитальных вложений. Развивающаяся сеть природных парков представляет значительный интерес как объект экологического туризма. Но для развития туризма на их территориях имеется ряд препятствий финансового, управленческого и законодательного характера. Кроме того, природные парки лишь дополняют систему других охраняемых территорий, поэтому они созданы не во всех регионах, представляющих интерес для развития туризма [13].

Чтобы реализовать возможность использования особо охраняемых природных территорий как объектов познавательного экологического туризма, необходимо: создавать инфраструктуру для обеспечения сервисного обслуживания посетителей; обустроить экологические тропы и маршруты, разработать и внедрить систему их

сертификации; разработать комплекс экскурсионных программ для различных категорий посетителей.

Воскресенский район Нижегородской области располагает богатейшими ресурсами для развития экологического туризма. Анализ природных условий района показал, что особенности геологического строения его территории, разнообразие и качественные характеристики объектов гидрографической сети, видовое разнообразие растительного и животного мира, разнообразие ландшафтов являются фактором, обуславливающим развитие экологического туризма. На основании проведенных оценок экологического состояния территории району присвоен статус «Экологически чистая территория», в районе внедрена система экологического менеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 14001:2004 и национального стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-98 [10, 12, 15].

На территории района расположено более 40 уникальных природных объектов, которым решением правительства Нижегородской области присвоен статус (или проектируется его присвоение) особо охраняемых природных территорий. Два объекта – болота Большое – II Пальники и Светлое – имеют международный статус и относятся к водно-болотным угодьям международного значения. Озеро Светлояр и Русенихинское городище являются памятниками федерального значения [2, 5, 9, 11].

Главной целью организации действующих и проектируемых ООПТ является сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, уникальных и типичных экосистем, имеющих важное водоохранное и ресурсоохранное значение.

Ряд ООПТ активно используется для организации экологического туризма. Центральным объектом экологического туризма в районе является озеро Светлояр, включенное в состав первого в Нижегородской области природного парка «Воскресенское Поветлужье». Парк служит местом обитания 3 видов млекопитающих, 8 видов птиц, 1 вида пресмыкающихся, 1 вида рыб, 3 видов инфузорий, 4 видов насекомых, 15 видов растений, занесенных в Красную книгу Нижегородской области. На территории парка расположены уникальные геологические объекты, имеющие научную и природоохранную деятельность. Научный интерес представляют экзогенные геологические процессы: заболачивание и подтопление,

речная и овражная эрозия, суффозия, аккумуляция аллювиально-делювиальных отложений в понижениях рельефа [2, 3, 12, 15].

Территория парка разделена функционально на три зоны: природоохранную, рекреационную и ограниченного хозяйственного использования, для каждой из которых установлен свой режим охраны. На всей территории парка разрешается любительский лов рыбы, научные исследования, сбор грибов и ягод, сенокошение, проведение экскурсий для организованных групп туристов. Главная цель парка – эффективно управлять природными ресурсами и вести полноценную природоохранную деятельность [14].

На территории парка успешно реализуются различные туристические маршруты. Разнообразие птиц, обитающих на территории парка, позволило разработать целую серию маршрутов, получивших общее название «Путешествие в мир птиц». Кроме уникальных природных объектов привлекательными для туристов являются красивые деревянные усадьбы с парковыми комплексами, старинные церкви.

Проведенный анализ актуальности создания туристического кластера на территории природного парка «Воскресенское Поветлужье» показал, что кластерный подход при разработке стратегии развития региона позволяет объединять усилия территорий, эффективно использовать ресурсы и сокращать производственные расходы.

Анализ положительных и отрицательных факторов, требующих применения комплексного подхода для развития кластера на территории Воскресенского района, показал, что район обладает мощной базой уникальных объектов природного и культурно-исторического наследия, ядром которой является озеро Светлояр, к которому во все времена отмечался повышенный интерес, как в России, так и за рубежом, благодаря популярности легенды о Граде Китеже [11]. Вместе с тем выявлено, что имеющийся природный и исторический потенциал территории используется крайне неэффективно, формируемый в районе туристический продукт имеет низкое качество и не оправдывает ожиданий экскурсантов, в районе отсутствует механизм регулирования туристических потоков, отмечается нехватка квалифицированных кадров и низкая инвестиционная привлекательность района.

Вместе с тем формируемый туристический кластер муниципального уровня «Воскресенское Поветлужье» является одной

из доминантных точек межмуниципального кластера «Заволжье», который в свою очередь входит в общероссийский кластер «Большая Волга» [14, 15].

В территориальной структуре кластера выделяют три функциональные зоны. Центральная включает озеро Светлояр и прилегающие к нему территории. Внутри нее выделяют несколько подзон разной функциональной активности: экскурсионных маршрутов, развития инфраструктуры, рекреационного значения. Базовая или опорная зона состоит из двух подзон: рекреационной, представленной Владимирской рекреационной зоной в окрестностях озера Светлояр, и Ветлужской – по берегам реки Ветлуги, и зоной экскурсионных маршрутов, радиально расходящихся от с. Владимирское к объектам природно-ориентированных видов туризма. Зона долгосрочной перспективы рекреационного развития включает территории по берегам Люнды, Усты, оз. Нестиар [14].

В целях развития рекреационной территории в опорной зоне и эффективного использования имеющихся природных ресурсов и объектов историко-культурного наследия кластера и учитывая, что для этой зоны в настоящее время разработаны два туристических маршрута, мы предлагаем проект маршрута, включающего как уже посещаемые объекты парка, так и те, которые еще не используются. Маршрут имеет научно-познавательное и эколого-просветительское значение.

Маршрут начинается в районном центре, пос. Воскресенское, откуда туристы на велосипедах отправляются на первую площадку – в окрестности д. Асташиха, на Асташихинский стратотип. В правом склоне долины р. Ветлуги, в 0,6 км севернее южного конца д. Асташихи и в 10,5 км северо-западнее с. Воскресенского вскрывается разрез отложений верхнетатарского подъяруса верхнего отдела пермской системы и индского яруса нижнего отдела триасовой системы. В пермских отложениях встречены остатки позвоночных. В разрезе, начинающемся в 5 м выше уреза воды, снизу вверх обнажаются: верхнетатарский подъярус вятский горизонт, представленный глинами, переслаивающимися мергелями, в основании слоя встречен почти полный скелет дицинодонта [2, 5, 9, 14].

После осмотра уникального геологического объекта и знакомства с историей формирования геологического строения территории Поветлужья туристы на лод-

ках отправляются вниз по течению реки до д. Троицкое. В с. Троицкое маршрут пересекается с экологической тропой «Ноев ковчег». Туристы, совершают пеший маршрут протяженностью около двух километров по территории фаун-парка, который познакомит их с дикими копытными животными – лосями, маралами, косулями, в естественной для них среде обитания.

В связи с нахождением рядом с д. Русениха уникального, единственного в Нижегородской области, археологического комплекса можно также реализовать возможность сочетания рекреации с образовательным и научно-исследовательским сегментом туристической деятельности. На этой же площадке начинается этно-экологическая тропа «На пути к древности», обращенная в прошлое Поветлужья. В историко-археологическом и природном музее-заповеднике «Музей эпох» можно познакомиться с археологией и геологией края, узнать историю реки Ветлуга, изучить амфибию «ветлугазавра», обитавшую в районе Ветлуги больше 200 миллионов лет назад. Второй объект, предлагаемый для изучения на этой площадке – археологический памятник «Русенихинское городище», представляющий собой раскопки древних мариинских могильников XI–XII вв. [10, 14].

Деревня Площаниха находится в самом живописном месте территории кластера, напротив места впадения реки Усты в реку Ветлугу. Перепад высоты от верхней точки до уровня воды на правом берегу Ветлуги составляет более 50 м. На высоком берегу могут быть организованы площадки для проведения пленэров и фотосессии. Для того чтобы туристы в полной мере насладились великолепием речных пейзажей, могли заняться купанием и любительской рыбной ловлей, на этой площадке группа остается на отдых на один день.

Затем продолжается сплав вниз по течению р. Ветлуги до д. Галибиха. Главным объектом на данной площадке является парк деревни Галибиха (площадью 27 га) – старинный усадебный парк со своеобразным композиционно-планировочным решением паркового ансамбля, в котором представлены местные и интродуцированные виды деревьев и кустарников богатого флористического состава: сосна сибирская, сосна Веймутова, лиственница сибирская, ирга колосистая, декоративная форма ольхи серой и др. Парк имеет научное, историческое, эстетическое, рекреационно-оздоровительное значение. Парк разделён

оврагами на 3 части, преобладающие породы – липа, берёза, имеющие возраст около 200–180 лет. Встречается сосна кедровая, ива, тополь белый, акация желтая, роза коричная, единичные экземпляры лиственницы [2, 9, 15].

Сохранившиеся здания усадьбы выполнены в едином стиле усадебного деревянного зодчества середины и второй половины XIX века. Парк сильно запущен, местами зарос сорными растениями, в том числе борщевиком сибирским. Усадебные постройки нуждаются в реконструкции [2, 5, 9].

Во время экскурсии по парку туристы участвуют в мастер-классе по определению видового состава деревьев, кустарников и травянистой растительности парка, знакомятся с научными и практическими подходами, принятыми в садово-парковом и ландшафтном дизайне в прежние эпохи, выявляют их преимущества и признаки, ставшие неактуальными в наши дни.

Затем туристы отправляются на экскурсию к памятнику природы озеру Нестиар. Во время экскурсии они участвуют в натурном обследовании берегов озера, фиксируют нарушения целостности природного объекта вследствие антропогенного воздействия, берут для анализа образцы воды, донных отложений, почвы, с применением комплекса экспресс-лаборатории проводят анализ отобранных проб. На основе данных визуального обследования и результатов проведенного анализа делают вывод об экологическом состоянии памятника природы озера Нестиар.

Выводы

Анализ туристического потенциала показал, что район обладает уникальными качествами, позволяющими создавать и развивать на этой территории туристский кластер. Однако даже образующее центральную зону кластера село Владимирское на текущий момент не имеет инфраструктуры, готовой к приему ожидаемого количества туристов и обслуживанию текущего потока: нет достаточного количества гостиниц, объектов питания, туалетов, уровень благоустройства села крайне низкий [3, 14].

В соответствии со стратегией развития туристического кластера природный парк «Воскресенское Поветлужье» несет в себе миссию экологического просвещения, популяризации экологического туризма и бережного отношения к природному наследию. В этих целях предусматривается развитие

ядра кластера (центральной зоны) и рекреационной территории в опорной зоне и зоне долгосрочной перспективы развития [14].

Планируемый велосипедно-лодочный маршрут будет включать площадки Асташинский стратотип, фаун-парк с. Троицкое, Русенихинское городище, ландшафтный комплекс у д. Площаниха (впадение р. Усты в р. Ветлугу), усадебный парк д. Галибиха, оз. Нестиар. Протяженность маршрута составит 120 километров, продолжительность шесть дней.

Список литературы

1. Бабкин А.В. Специальные виды туризма. – Ростов-на-Дону: Советский Спорт, 2008. – 117 с.
2. Бакка С.В. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. Аннотированный перечень / С.В. Бакка, Н.Ю. Киселева. – Н. Новгород: Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области, 2008. – 560 с.
3. Географический атлас Нижегородской области / Г.С. Камерилова, С.В. Наумов, Г.Г. Побединский и др. – Нижний Новгород: Верхневолжское АГП, 2005. – 52 с.
4. Еремина И.А. Экологический туризм: проблемы развития в России // Российское предпринимательство. – 2007. – № 8. – Вып. 1 (95). – С. 164–168.
5. Заповедные места Нижегородской области / Ф.М. Баканина, Е.В. Лукина, Н.И. Насонова, Т.П. Селивановская, А.Д. Смирнова. – Н. Новгород: Волго-Вятское кн. изд.-во, 1991. – 191 с.
6. Копосова Н.Н. Формирование профессиональных компетенций при изучении курса «Техногенные системы и экологический риск» / Н.Н. Копосова // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 16.
7. Лукичев А.Б. Сущность устойчивого и экологического туризма // Российский Журнал Экотуризма. – 2011. – № 1. – С. 3–6.
8. Модельный закон о туристской деятельности. Постановление № 27–15 от 16.11.2006 г. Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ. URL: <http://base.consultant.ru/> (дата обращения: 07.11.2016).
9. Озера Нижегородской области / Ф.М. Баканина, В.П. Воротников, Е.В. Лукина, Б.И. Фридман. – Н. Новгород: Издание ВООП, 2001. – 165 с.
10. Полянский А.Г. Охраняемые природные территории – потенциал экотуризма / А.Г. Полянский // Международный научно-промышленный форум «Великие реки-2002». – Н. Новгород, 2003. – С. 248–249.
11. Постановление правительства Российской Федерации от 27.12.1997 г. № 1626 «Об объявлении озера Светлояр памятником природы федерального значения»; URL: <http://base.garant.ru/2155781>.
12. Постановление Правительства Нижегородской области от 10.06.2008 г. № 232 «Об образовании природного парка регионального (областного) значения «Воскресенское Поветлужье»; URL: <http://docs.cntd.ru/document/944934733>.
13. Степаницкий В.Б. Экологический туризм на особо охраняемых природных территориях России: проблемы и перспективы / В.Б. Степаницкий // Материалы Международной конференции «Инновационная политика в сфере сохранения культурного наследия и развития культурно-познавательного туризма». – Москва, 2005 г.
14. Стратегия создания и развития туристско-рекреационного кластера «Воскресенское Поветлужье» до 2020 года. – Воскресенское, 2012. – 108 с.
15. Штырлина О.В. Фитоценозы Верхнего Приуралья: систематический анализ / О.В. Штырлина, Н.Н. Копосова, И.П. Уромова, Д.А. Штырлин // Естественные и технические науки. – 2015. – № 5 (83). – С. 72–77.

УДК 551.24

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Копылов И.С.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, e-mail: georif@yandex.ru

В статье приводятся основные региональные и зональные геологические (геолого-структурные, неотектонические и геодинамические) факторы, влияющие на формирование геоэкологических условий. Рассмотрено тектоническое и неотектоническое строение территории Пермского Приуралья и Урала. Отмечено, что геодинамическая активность является ведущим фактором в формировании многих геохимических аномалий. На основе аэрокосмогеологических исследований закартированы геодинамические активные зоны. Установлено их влияние на состояние окружающей среды и заболеваемость населения. Проведено геоэкологическое районирование территории Пермского края на структурно-геодинамической основе. Выделены два геоэкологических региона первого порядка, включающих пять геоэкологических регионов второго порядка, 10 геоэкологических областей, 25 геоэкологических районов. Геоэкологические районы подразделяются на участки в зависимости от литологического состава почв и пород, состояния ландшафтов, гидрогеологических, геохимических особенностей, развития геологических процессов, обусловленных современной геодинамикой.

Ключевые слова: геоэкология, неотектоника, геологические факторы, геодинамические активные зоны, геоэкологическая оценка

REGIONAL GEOLOGICAL FACTORS OF FORMATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Kopylov I.S.

Natural Science Institute of the Perm State National Research University, Perm, e-mail: georif@yandex.ru

Basic regional and zonal geological (geological-structural, tectonic and geodynamic) factors affecting the formation of geoecological conditions are discussed in the article. Tectonic and neotectonic structure of the Perm Ural and Ural territory are considered. Geodynamic activity is the leading factor in the formation of many geochemical anomalies. Geodynamic active zones identified on the basis of aerospace geological researches are mapped. Their influence on the environment and morbidity are established. Geoecological zoning of the Perm territory on the structural and geodynamic basis Geoecological zoning of the Perm territory on the structural and geodynamic basis is made: 5 major geoecological regions, 10 medium-sized geoecological regions, 25 geoecological areas are mapped. Geoecological areas are divided into sections depending on the lithological composition of soils and rocks, landscapes, hydrogeological, geochemical characteristics, development of geological processes, due to the modern geodynamics.

Keywords: geoecology, neotectonics, geological factors, geodynamic active zones, geoecological assessment

Геологические факторы имеют важнейшее значение в формировании природной (природно-геологической) среды, геохимических и геофизических полей и оказывают активное воздействие на состояние современной геоэкологической обстановки и на здоровье человека [2, 4, 8, 11, 20]. Геологические факторы по характеру интенсивности и пространственному воздействию на литосферу и биосферу можно разделить на 3 группы:

- 1) региональные (геолого-структурные) факторы;
- 2) зональные (геоморфолого-неотектонические и геодинамические) факторы;
- 3) локальные (литолого-фациальные, гидрогеологические, геохимические и геофизические, экзогеодинамические – экзогенные геологические процессы) факторы.

При таком классифицировании данные группы факторов имеют приоритетное значение для большинства континентальных

регионов (хотя могут быть исключения, что требует индивидуального подхода). Следовательно, при геоэкологическом районировании они должны выступать в качестве основных таксонов. Исходя из этого, главным фактором должно быть геологическое строение, а не ландшафты (которые не играют основной роли в формировании геоэкологических условий), как это принято в нормативных документах по геоэкологическому картографированию ведущих институтов (ВСЕГЕИ, ВСЕГИНГЕО и др.). Ниже кратко рассмотрены региональные и зональные факторы с упором на элементы, которые играют определяющую роль в геоэкологии Западного Приуралья и Урала (территории Пермского края).

Геолого-структурные факторы

Основы современных представлений о геологическом строении региона Запад-

ного Урала и Приуралья заложены в конце XIX века А.П. Карпинским, обобщившим все геологические данные по Европейской России и впервые выделившим Русскую плиту, и М.И. Горским (1939) предложившим первую схему тектонического строения Урала. В последующие годы это районирование было уточнено П.А. Софроницким (1955, 1969), И.Д. Соболевым (1969, 1977, 1979) и другими исследователями. Изучением региона занимался огромный коллектив геологов, результатом коллективного труда которого явилось издание многотомных энциклопедических монографий [1]. Территория располагается на стыке двух крупнейших геологических систем – Восточно-Европейской или Русской платформы (Русская плита) и Уральской герцинской складчатой области. Западная и центральная части находятся на восточной окраине Русской плиты, которая к востоку сменяется зоной Предуральского краевого прогиба, переходящего в Западно-Уральскую зону складчатости и Центрально-Уральское поднятие. Особенности геологического строения Пермского Приуралья и Урала рассмотрены во многих работах, в т.ч. – наших [8, 26], отражены на современных картах геологического содержания [21].

Геоморфолого-неотектонические и геодинамические факторы

Согласно одной из наиболее известных схем неотектонического районирования (В.П. Трифонов, 1969) рассматриваемая территория расположена в пределах двух неотектонических областей – Восточной окраины Русской платформы (Приуралье или Предуралье) и Урала; области подразделяются на ряд неотектонических районов. Существуют еще несколько схем неотектонического районирования с выделением наиболее существенных новейших структур и амплитуд современных тектонических движений (Н.И. Николаев, Шульц, 1959; В.А. Сигов и др., 1968, 1975; В.И. Бабак, Н.И. Николаев, 1983; Л.Н. Спиринов, 1984; Л.А. Шимановский, 1988; Ю.А. Ильиных, 1992 и др.). Эти схемы характеризуются как общностью, так и различием структурных построений, границ крупных и средних структур, наименований одних и тех же структур. Автором разработано геоморфолого-неотектоническое районирование Пермского Урала и Приуралья, которое подробно рассмотрено в двух монографиях [12, 30].

За начало неотектонического этапа в России и принята граница палеогеново-

го и неогенового времени, хотя некоторые исследователи за начальную фазу неотектонической активизации принимают средний олигоцен. Общей тенденцией тектонического развития Урала и его обрамления в неоген-четвертичном периоде является поднятие территории. Оно началось еще в олигоцене, обусловив регрессию палеогеновых морей, но более отчетливо проявилось в неогене. В определении характера новейших тектонических движений Урала существует несколько точек зрения. Одни авторы (В.А. Варсанофьева, Д.В. Борисевич) отмечают лишь общий сводовый характер новейших поднятий и отрицают наличие дифференциальных подвижек, особенно в горной части. Другие (Н.И. Николаев, В.Е. Хаин, В.П. Трифонов и др.) отмечают более сложный сводово-блоковый (сводово-глыбовый, ступенчато-сводовый) характер по зонам как относительно молодых, так и омоложенных древних разломов, отмечают существование региональных дифференциальных движений. М.Л. Копп и др. [3] на примере Тулвинской возвышенности, представляющей собой меридиональный неотектонический вал, осложняющий восточную часть Русской плиты (в ее новейшем выражении), входящий в единую меридиональную зону новейшей активизации Русской плиты около Урала, объясняют происхождение последнего в связи с обстановкой широтного сжатия и ассоциирующего меридионального растяжения.

Различные точки зрения существуют на основные периоды неотектонического развития. Л.Н. Спиринов и др. [28] выделяют несколько неотектонических фаз. В начальную фазу (конец среднего олигоцена) существующий позднемезозой-палеогеновый пенеппен был приподнят до 100–150 м, расчленен глубокими долинами. В позднем олигоцене-миоцене наметилась первичная дифференциация новейших движений и образовании субмеридиональных зон поднятий и относительных опусканий. В голоценовую фазу происходит обновление неотектонических дифференцированных движений, реконструкция неотектонических структур региона, которая носит унаследованный характер от плиоцен-плейстоценового режима. Голоценовые движения особенно отражаются на обновлении положительных морфоструктур – линейно-блоковых новейших зон поднятий. Обориным В.В. и Копыловым И.С. рассмотрена климатогеохронологическая история неоплейстоцена Пермского Предуралья

и показана ее связь с неотектоническими движениями, трансгрессивными и регрессивными циклами [27]. Геоморфологические ландшафты, обусловленные климатическими и неотектоническими факторами, являются одной из основ геоэкологического

картографирования [25]. Выделяется несколько неотектонических районов с различными амплитудами современных тектонических движений, которые определяют развитие прямого унаследованного рельефа (Б.М. Осовецкий и др., 1990).

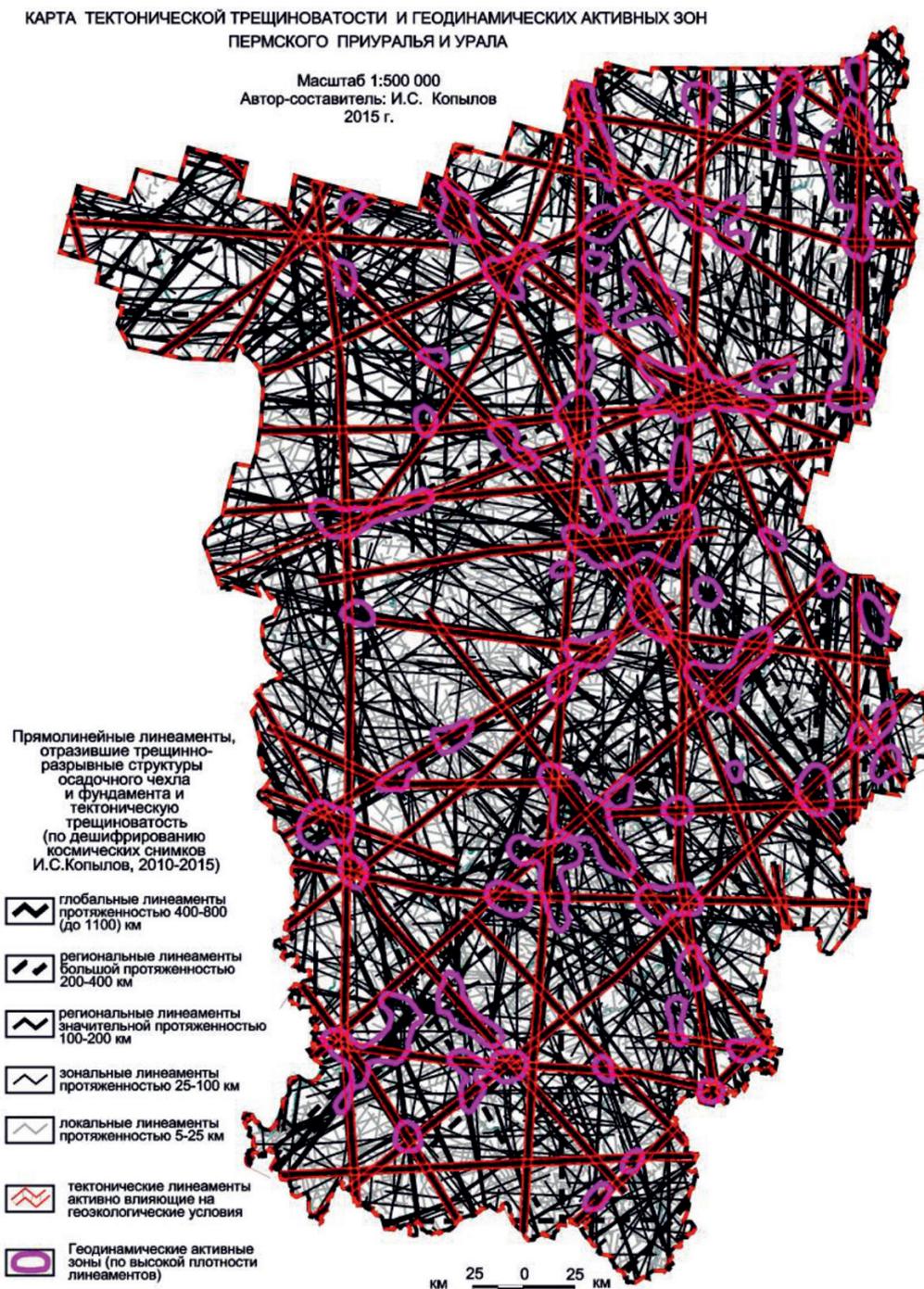


Рис. 1. Карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон Пермского Приуралья и Урала [8]

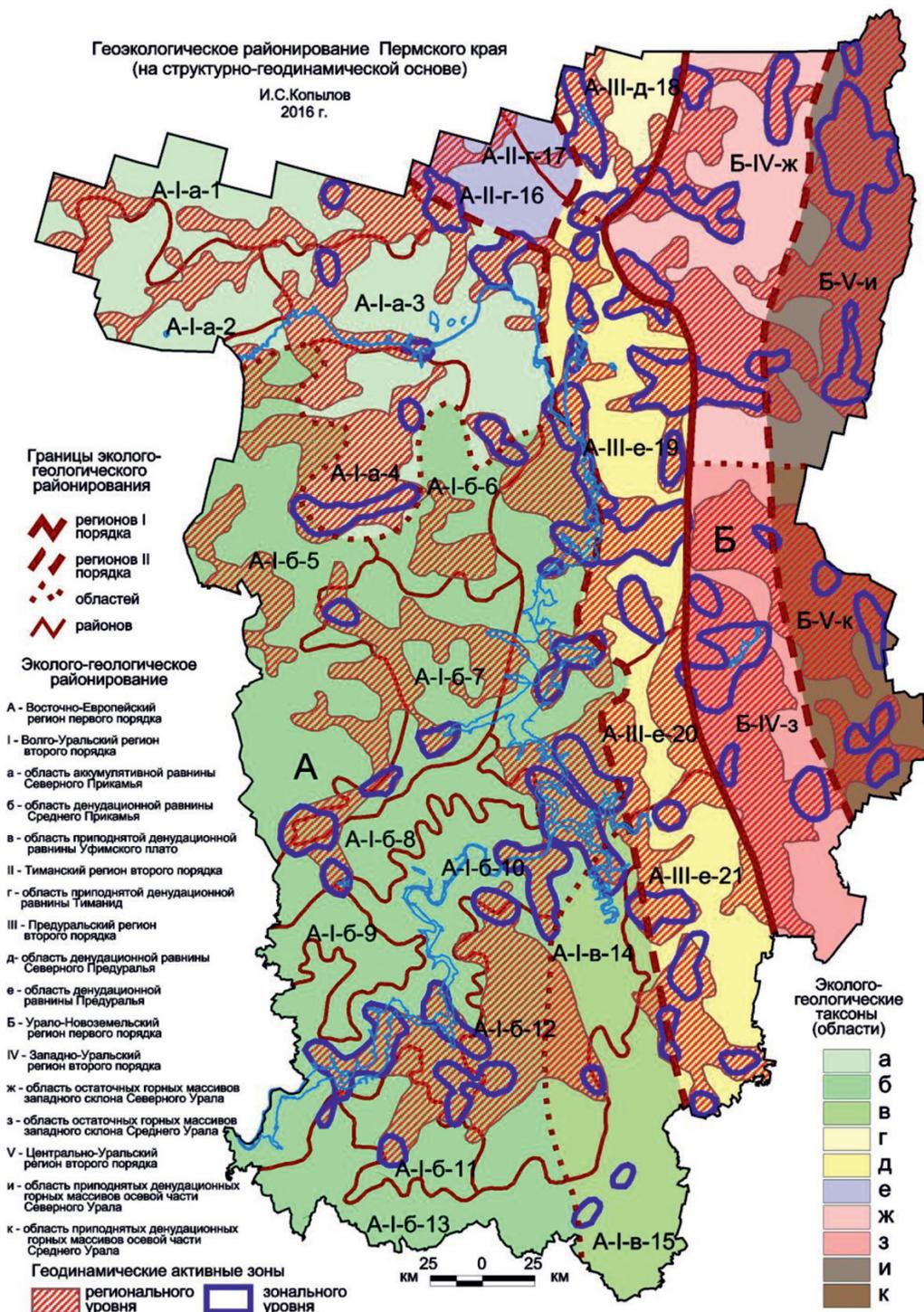


Рис. 2. Геоэкологическое районирование территории Пермского края на структурно-геодинамической основе

Неотектонические и геодинамические условия играют одну из основных ролей при определении геоэкологических условий. Состояние природно-геологической среды зависит от многих факторов и контролируется,

прежде всего геодинамическими условиями, обусловленными глубинным строением земной коры и степенью активности современных тектонических движений. В строении земной коры выделяются два основных

геодинамических элемента – относительно монолитные геоблоки со стабильным неотектоническим режимом и геодинамические активные зоны (ГАЗ) со значительно более высокой мобильностью неотектонических движений [22]. Поэтому при характеристике геозоологических условий важно выделить эти геоблоки и определить степень геодинамической (неотектонической) активности, которая отражается на формировании морфоструктур, геохимических, геофизических полей, водоносных зон, геопатогенных аномалий, в увеличении диапазона экзогенных геологических процессов, на степени инженерной устойчивости территории, на сейсмичности территории [22].

В последнее десятилетие автором проведены региональные и крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) на территории Урала и Приуралья в различных целях [5, 6, 13, 14]. На основе дешифрирования современных цифровых спектрально-космических снимков выделено более 50 тыс. линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями фундамента и осадочного чехла (рис. 1).

На основе аэрокосмогеологических исследований, морфонеотектонического и линеаментно-блокового анализа выполнено неотектоническое районирование, отражающее блоково-тектоническое, морфоструктурное и геоморфологическое строение территории [13, 18], имеющее важное значение для изучения геозоологических условий. По морфонеотектоническим показателям установлено большое количество аномалий, как с высокими значениями (которые представляют собой ГАЗ), так и с низкими значениями (стабильные зоны). Большинство аномалий на территории Пермского Приуралья и Урала группируются в 17 крупных ГАЗ регионального уровня (макрозон) с площадями 1–9 тыс. км², в среднем 4,3 тыс. км² [7].

Выделены 60 ГАЗ зонального уровня (мезозон) с площадями в среднем 100–300 км² и более 1 тыс. локальных ГАЗ с площадями в среднем 1–30 км². Проведен комплексный пространственный и корреляционный анализ по сопоставлению их с геофизическими, геохимическими полями, который показал хорошую сходимость этих данных, установлена ведущая роль геодинамических активных зон в формировании многих геохимических аномалий.

На основе анализа региональных и зональных геологических факторов формирования геозоологических условий

территории Пермского края проведено геозоологическое районирование на структурно-геодинамической основе (учитывая тектонические, неотектонические и геоморфологические критерии). Выделены два геозоологических региона первого порядка, включающих пять геозоологических регионов второго порядка, 10 геозоологических областей, 25 геозоологических районов (рис. 2).

Геозоологические районы подразделяются на участки в зависимости от литологического состава почв и пород, состояния ландшафтов, гидрогеологических, геохимических особенностей, развития геологических процессов, обусловленных современной геодинамикой [10, 15–18, 24].

Заключение

Медико-геозоологический анализ показал на увеличение общего числа заболеваний населения, особенно – детского контингента на территориях с повышенной геодинамической активностью [8]. В фундаментальной работе «Теория и методология экологической геологии» [29] уделяется повышенное внимание зонам биологического дискомфорта (геопатогенным зонам), связанным с геодинамическими и геохимическими факторами. Наша интегральная геозоологическая оценка [9, 17] с учетом 11 групп природно-техногенных показателей свидетельствует о ведущей роли ГАЗ в формировании геозоологических условий. Поэтому мы считаем, что критерий геодинамической активности является одним из важнейших при комплексной оценке геозоологического состояния и должен в обязательном порядке учитываться при проведении региональных и детальных геозоологических исследований природных и урбанизированных территорий.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 № 269 в сфере научной деятельности.

Список литературы

1. Геологическое строение СССР. Т.1. Русская платформа. – Л., 1985.
2. Грязнов О.Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Региональные геологические факторы // Известия Уральского государственного горного университета. – 2014. – № 3 (35). – С. 30–50.
3. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // Геотектоника. – 2008. – № 6. – С. 46–69.
4. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов

геодинамики и техногенеза // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 1–2. – С. 335–339.

5. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. – 2014. – № 6. – С. 14–19.

6. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // *Современные проблемы науки и образования*. – 2011. – № 5; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=4894>.

7. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. – 2014. – № 4. – С. 69–74.

8. Копылов И.С. Геологические факторы формирования геоэкологических условий // *Исследования в области естественных наук*. – 2015. – № 6 (42). – С. 35–43.

9. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 7. – С. 67–71.

10. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9777>.

11. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. – 2014. – № 5–2. – С. 110–114.

12. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. – 2012. – 152 с.

13. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. – 2011. – № 3. – С. 18–32.

14. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7570>.

15. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания*. – 2014. – № 9–2. – С. 105–110.

16. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2013. – № 93. – С. 468–484.

17. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. – 2011. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5214>.

18. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. – 2011. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4745>.

19. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2–1; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21150>.

20. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2–2; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22561>.

21. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. – 2013. – № 3 (20). – С. 5–30.

22. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11918>.

23. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибраимов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11–10. – С. 2190–2195.

24. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибраимов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 84. – С. 102–112.

25. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты, как основа геоэкологического районирования // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11–10. – С. 2196–2201.

26. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. – Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2015. – 132 с: ил.

27. Оборин В.В., Копылов И.С. Климатогеохронологическая история неоплейстоцена севера Пермского Предуралья и ее связь с неотектоническими движениями, трансгрессивными и регрессивными циклами // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. – 2015. – № 15. – С. 83–90.

28. Спиринов Л.Н., Шмыров В.А. Основные черты голоценовой тектоники и палеогеографии Пермского Приуралья // *Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала*. – Пермь, 1984. – С. 107–113.

29. Теория и методология экологической геологии / Трофимов В.Т. и др. Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.

30. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи. – Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2012. – 91 с.

УДК 553,411:546,65

**О ТИПОХИМИЗМЕ ШЕЕЛИТА РАЗНОГЛУБИННЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ
ЗОЛОТА ЗАПАДНОЙ ТУВЫ****Кужугет Р.В., Монгуш А.А.***Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл,
e-mail: rkuzhuget@mail.ru*

Авторами впервые изучен типохимизм шеелитов в разноглубинных рудопроявлениях Au вулканогенно-плутоногенной гидротермальной золото-кварцевой формации Алдан-Маадырского рудного узла. Особенности распределения РЗЭ в шеелитах Хаак-Саирского и Улуг-Саирского рудопроявлений показывают, что формирование этих рудопроявлений происходило в единой рудообразующей системе, но на различных фациях глубинности. Наиболее информативными типохимическими параметрами для шеелита оказались отношение Sr/Mo и концентрации РЗЭ. В шеелитах Хаак-Саирского гипабиссального (P ~ 0,5 кбар; ~ 1,5 км) рудопроявления из РЗЭ преобладают Eu, Ce и La, величина Sr/Mo = 3586–6390 (среднее 4988), в шеелитах Улуг-Саирского гипо-мезоабиссального (P ~ 0,9–1,0 кбар; ~ 2,7–3,0 км) рудопроявления – Nd, Gd, Sm и Dy, Sr/Mo = 24–55 (среднее = 36,92). С ростом глубинности в шеелите увеличивается концентрация Y и РЗЭ.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, шеелит, типохимизм, месторождения золота, Тува**TYPOCHEMISTRY OF SCHEELITE OF DIFFERENT-DEPTH GOLD-ORE
OCCURRENCES IN WESTERN TUVA****Kuzhuget R.V., Mongush A.A.***Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources, SB RAS, Republic of Tyva, Kyzyl,
e-mail: rkuzhuget@mail.ru*

The authors first studied typochemism of scheelite in different-depth gold-ore occurrences of volcanoplutonic hydrothermal gold-quartz formation of the Aldan-Maadyr gold-ore cluster. Features of REE distribution in scheelites of the Khaak-Sair and Ulug-Sair ore occurrences show that their formation took place in a single ore-forming system, but at different depth facies. The Sr/Mo ratio and REE concentrations appeared to be the most informative typochemical parameters for scheelite. In scheelites of the Khaak-Sair hypabyssal ore occurrence (depth ~ 1,5 km, P ~ 0,5 kbar), Eu, Ce and La dominate from REE, the value of Sr/Mo = 3586–6390 (average=4988); in scheelites of the Ulug-Sair hypomesoabysal ore occurrence (depth ~ 2,7–3 km, P ~ 0,9–1,0 kbar) Nd, Gd, Sm, and Dy are dominant, Sr/Mo = 24–55 (average = 36,92). With increasing depth, the Y and REE concentration increasing in scheelite.

Keywords: rare earth elements, scheelite, typochemism, gold deposits, Tuva

Минерал шеелит распространён в природе сравнительно широко. Главным образом он встречается в гидротермальных и контактово-метасоматических месторождениях. В рудах месторождений различного генезиса, преимущественно жильных гидротермальных, он также отмечается, но сравнительно реже.

Поведение редкоземельных элементов (РЗЭ) в шеелитах различных месторождений, которое определяется физико-химическими параметрами среды кристаллизации шеелита и примесями в минерале, признано наиболее информативным для определения фацій глубинности формирования гидротермальных месторождений Au [7; 2].

В Западной Тувe одним из перспективных рудных узлов на коренное Au является Алдан-Маадырский рудный узел (АМРУ), расположенный на левобережье р. Хемчик. В геологическом строении рудного узла принимают участие различные комплексы: венд-кембрийские офиолитовые ассоциации фундамента Хемчикско-Куртушибин-

ской преддуговой зоны, метатерригенные комплексы Западного Саяна, ордовик-силурийская молласа Хемчикско-Сыстыгхемского коллизонного прогиба и девонские соленосно-туффито-терригенные комплексы Тувинского рифтогенного прогиба [3]. В пределах АМРУ выделяются несколько малосульфидных золото-кварцевых рудопроявлений Au. Наиболее крупные из них – Улуг-Саирское и Хаак-Саирское рудопроявления Au, содержащие шеелит, являются объектами наших исследований.

**Краткая геологическая характеристика
рудопроявлений АМРУ**

Хаак-Саирское рудопроявление представлено пятью участками развития золото-кварцевых жил на площади 2×8 км среди лиственитов и офиолитов (V–C₁), конгломератов, алевролитов и песчаников ордовика. Большую часть его площади занимают мусковит-парагонит-кварц-карбонатные (зелёные) и типичные кварц-карбонатные (серые) листвениты по гипербазитам. Ору-

денение локализовано в жилах и жильных зонах, приуроченных к центральным частям плащеобразных залежей лиственитов. Простираение жил и жильных зон на участке I ориентировано вкрест простираения залежи лиственитов, на других участках рудопроявления соответствует их общему широтному простираению. Жилы и жильные зоны сложены молочно-белым, светло-зеленоватым или бледно-коричневатым халцедоновидным или тонкозернистым кварцем.

Рудные тела Улуг-Саирского рудопроявления развиты на площади 1×4 км. Золоторудная минерализация здесь чаще всего наложена на кварц-турмалиновые метасоматиты. Золотоносными являются кварцевые жилы и кварцево-жильные зоны, локализованные в конгломератах и алевролитах, реже в сланцах. Простираение жил и жильных зон восток-северо-восточное, падение – близко к вертикальному.

Минералого-геохимические особенности руд и условия их образования Хаак-Саирского и Улуг-Саирского рудопроявлений АМРУ свидетельствуют о том, что они являются производными единой сложной гидротермальной рудообразующей системы с латеральной и вертикальной минеральной зональностью.

Формирование рудных тел Хаак-Саирского и Улуг-Саирского рудопроявлений происходило в течение двух этапов. На 1-м этапе возникла высокотемпературная кварц-турмалиновая формация (кварц-турмалиновые метасоматиты и кварц-турмалиновые жилы) с фторапатитом и W-содержащим рутилом, которая генетически связана с малыми интрузиями гранодиорит- и тоналит-порфиоров I фазы баянкольского комплекса (D_{2-3}), что установлено в рудном поле Хаак-Саирского рудопроявления. На 2-м этапе сформировались предрудные среднетемпературные метасоматиты березит-лиственитовой формации и сопряжённые с ними безрудные кварц-пиритовые жилы с шеелитом, а также поздние кварцево-жильные образования с различными типами золотой минерализации, т.е. наблюдается последовательное отложение различных типов золотой минерализации. Дорудный шеелит отмечается в большинстве золото-кварцевых жил рудопроявлений. В конце 2-го этапа образовались пострудные карбонатно-кварцевые и хлорит-гематит-кварцевые прожилки.

Золото-кварцевые жилы Хаак-Саирского рудопроявления формировались на

гипабиссальной фации глубинности при давлении (P) ~ 0,5 кбар (~ 1,5 км) на фоне снижения температур (T) – 290–133 °C, Улуг-Саирского рудопроявления – в условиях гип-мезоабиссальной фации глубинности при P ~ 0,9–1,0 кбар (~ 2,7–3,0 км), T – 360–145 °C. Формирование продуктивных минеральных ассоциаций рудопроявлений происходило при вариациях $f(O_2)$, $f(S_2)$, $f(Se_2)$ и $f(Te_2)$. Хаак-Саирское рудопроявление гипабиссальной фации глубинности по составу продуктивных ассоциаций отвечает золото-галенит-сульфоантимонитовому типу с серебристыми блёклыми рудами, ртутистыми разновидностями минералов ряда Au–Ag, селенидами (Au–Ag, Ag, Pb, Hg) и теллуридами (Ag, Hg), Улуг-Саирское рудопроявление – золото-сульфидному типу с теллуридами и селенидами Au и Ag (фишессерит и др.), селено-теллуридами Ag и Bi [4].

Золоторудные объекты АМРУ характеризуются весьма своеобразным минеральным составом руд, для которых присущи некоторые черты вулканогенно-гидротермальных месторождений Au: Au–Ag–Se–Te-минерализация, осцилляционная зональность некоторых блёклых руд и т.д. Многие исследователи месторождений Au такого генезиса относят к вулканогенно-плутоногенной гидротермальной золото-кварцевой формации [5, 6].

Отбор образцов и методика аналитических исследований

В Хаак-Саирском рудопроявлении ксеноморфные выделения шеелита до 2 мм отобраны из протолочных проб из низкотемпературной золотоносной жилы № 1 (участок II). В Улуг-Саирском рудопроявлении шеелиты (с размерами до 1,7 мм) также отобраны из протолочной пробы из наиболее золотоносной и высокотемпературной жилы № 18.

Монофракции шеелитов отбирались из черных шлихов протолочных проб (> 2 мм) при помощи бинокля с ультрафиолетовой лампой. Полученные монофракции монтировались в шашку. Химический состав шеелита определялся на растровом электронном микроскопе (с пределами обнаружения содержаний элементов-примесей – 0,01 мас. %) MIRA LM (Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, аналитик С.Н. Карманов). Содержания микроэлементов, в т.ч. РЗЭ, в шеелите определялись методом LA ICP–MS (Институт геологии и минералогии СО

РАН, г. Новосибирск, аналитик С.В. Палесский), результаты анализов приведены в таблице. Спектры распределения микроэлементов в шеелитах нормированы по хондриту (для РЗЭ) и примитивной мантии (для редких элементов) [9]. Численное значение Eu-аномалии (Eu/Eu^*) рассчитывалось по формуле $Eu/Eu^* = Eu_N / (Sm_N * Gd_N) / 2$.

Типохимизм шеелита

Для шеелита Хаак-Саирского рудопоявления характерна красноватая, желто-оранжевая окраска. Состав минерала близок стехиометрическому, содержания (мас. %): CaO 18,63–19,06; SrO 0,91–1,15 и WO_4 79,36–79,73. Суммарные содержания РЗЭ в шеели-

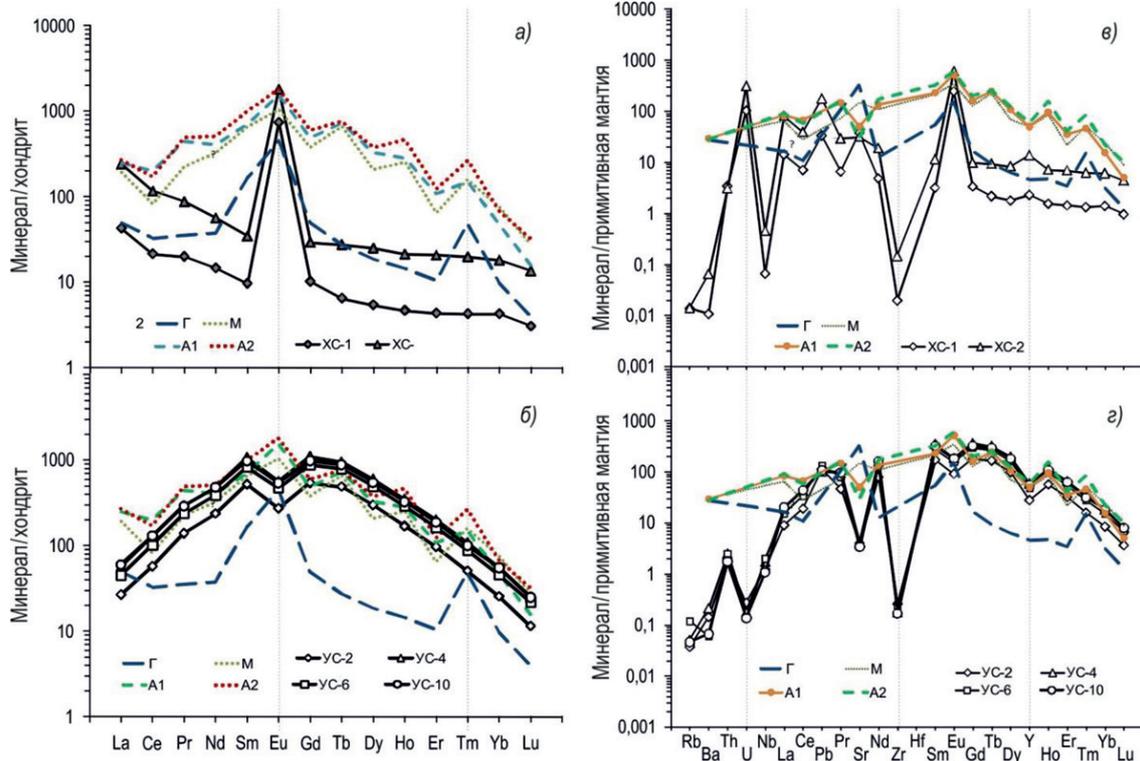
те составляют 81–296 г/т, Y – от 10,8 до 63,7 г/т (таблица). Минерал обогащён лёгкими и, прежде всего, средними лантаноидами: $\Sigma(La-Nd)_N = 97-498$; $\Sigma(Sm-Ho)_N = 771-1939$; $\Sigma(Er-Lu)_N = 17-72$. На спектрах распределения микроэлементов отмечается наличие положительных Eu-аномалий ($Eu/Eu^* = 3,06-15,23$) (рисунок, а).

Отметим, что температура гомогенизации ($T_{гом}$) флюидных включений золотоносных жил в кварце на участке II Хаак-Саирского рудопоявления составляет 188–124 °С, солёность – 4–8,2 мас. % NaCl-экв, для жилы № 18 Улуг-Саирского рудопоявления: $T_{гом} = 310-240$ °С, солёность – 6–9,6 мас. % NaCl-экв [1; 3].

Содержание микроэлементов в шеелите из разноглубинных золото-кварцевых рудопоявлений АМЗУ (г/т)

Рудопоявление	Хаак-Саирское		Улуг-Саирское			
	XC-1	XC-2	УС-2	УС-4	УС-6	УС-10
Rb	0,009	0,009	0,024	0,033	0,077	0,030
Sr	830,647	688,482	88	91	75	74
Y	10,810	63,746	130	278	224	262
Zr	0,229	1,664	3,0	2,1	2,6	1,94
Nb	0,049	0,330	0,90	1,28	1,47	0,79
Mo	0,130	0,192	3,6	2,1	3,0	1,36
Cd	0,001	0,003	0,025	0,015	0,016	0,015
Cs	0,001	0,002	0,002	0,002	0,0003	0,0006
Ba	0,078	0,464	1,03	1,56	0,43	0,48
La	10,372	58,374	6,5	13,8	11,0	14,6
Ce	13,378	73,184	36	81	64	82
Pr	1,839	8,092	12,9	27	22	27
Nd	6,825	26,453	111	226	182	226
Sm	1,456	5,216	79	161	125	148
Eu	42,154	103,264	15,6	32	27	31
Gd	2,047	5,915	110	222	179	199
Tb	0,213	0,905	16,1	31	26	29
Dy	1,359	6,299	75	150	124	138
Ho	0,258	1,188	9,4	19,3	16,1	18,2
Er	0,710	3,408	15,9	33	27	31
Tm	0,106	0,494	1,26	2,7	2,2	2,5
Yb	0,699	3,008	4,2	9,2	7,5	9,1
Lu	0,077	0,345	0,29	0,64	0,55	0,63
Pb	2,334	12,173	7,9	7,2	9,4	7,5
Th	0,315	0,282	0,17	0,23	0,23	0,16
U	2,260	6,785	0,006	0,004	0,003	0,003
Σ РЗЭ	81,5	296,2	493,2	1008	813,4	956
Sr/Mo	6390	3586	24,44	43,33	25	54,91
Eu/ Eu*	15,23	3,60	0,002	0,001	0,001	0,001

Примечание. XC-1 и XC-2 – номера зёрен шеелита из кварцевой жилы № 1 участка II Хаак-Саирского рудопоявления; УС-2, УС-4, УС-4, УС-10 – номера зёрен шеелита из кварцевой жилы № 18 Улуг-Саирского рудопоявления.



Спектры РЗЭ в шеелитах Хаак-Саурского (а, в; образцы XC-1 и XC-1) и Улуг-Саурского (б, г; образцы UC-2, UC-4, UC-6, UC-10) рудопроявлений. При построении диаграмм также были использованы данные о содержании микроэлементов в шеелитах из других месторождений [7], в которых отсутствуют данные по концентрациям U и Zr: Г – месторождения Бестюбе (Казахстан) гипабиссальной фации глубинности – 0,6–1,0 кбар (~ 1,8–3,0 км); М – месторождений мезобиссальной фации глубинности (Степняк, Ирмовское, Первомайское, Утковское (Казахстан)) – 1,1–1,8 кбар (~ 3–5,4 км); А1 и А2 – месторождения абиссальной фации глубинности (Джеламбет (Казахстан)) – 1,8–3,3 кбар (~ 5,4–10 км)

Шеелит Улуг-Саурского рудопроявления имеет светло-желтую, серовато-желтоватую, реже бесцветную окраску. Красноватая и желто-оранжевая окраска шеелитов золоторудных месторождений, согласно [7], обусловлена присутствием битумоидов до 0,01 мас. %; шеелиты со светло-желтой или серовато-желтоватой окраской в золоторудных рудах образуются при наложении продуктивной минерализации с самородным золотом, при этом органическое вещество в шеелите с красноватой окраской «выгорает» при осаждении (=восстановлении) Au из растворов. Следовательно, более светлая окраска шеелитов Улуг-Саурского рудопроявления, в отличие от красноватых, желто-оранжевых окрасок шеелитов Хаак-Саурского рудопроявления, возможно, связана с закономерностями, выявленными Э.М. Спиридоновым с соавторами [7].

Состав шеелита Улуг-Саурского рудопроявления близок к стехиометрическому,

содержания (мас. %): CaO 18,64–18,81; SrO 0,11–0,14, WO₄ 80,25–80,67 и MoO₃ 0,00–0,06. Суммарные содержания РЗЭ в шеелите составляют 493–1009 г/т, Y – от 130 до 278 г/т (таблица). Шеелит обогащён лёгкими и средними РЗЭ: $\Sigma(\text{La-Nd})_N = 457\text{--}950$; $\Sigma(\text{Sm-Ho})_N = 2287\text{--}4590$; $\Sigma(\text{Er-Lu})_N = 183\text{--}388$. Кроме того, отмечаются ярко выраженные отрицательные Eu-аномалии ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,003\text{--}0,004$) (рисунок, б).

Результаты исследования и их обсуждение

Э.М. Спиридоновым с соавторами [7] было показано, что геохимический состав шеелита является индикатором глубинности плутоногенных месторождений золото-кварцевой формации. В частности, величина Sr/Mo в шеелите гипабиссальных месторождений составляет > 2000, мезобиссальных – 20–40, абиссальных – < 10. С ростом глубинности в шеелите увеличивается

концентрация Y и P3Э. В шеелите гипабиссальных месторождений Au из P3Э преобладают Eu и Sm; мезобиссальных – Nd, Sm и Gd; абиссальных – Nb, Sm, Ce и Gd.

В Хаак-Саирском гипабиссальном рудопроявлении ($P \sim 0,5$ кбар; $\sim 1,5$ км) из P3Э преобладают Eu, Ce и La, величина Sr/Mo = 3586–6390 (среднее 4988), Улуг-Саирском гипо-мезоабиссальном рудопроявлении ($P \sim 0,9-1,0$ кбар; $\sim 2,7-3,0$ км) – Nd, Gd, Sm и Dy, Sr/Mo = 24–55 (среднее = 36,92). В более глубоких улугсаирских шеелитах содержание P3Э и Y характеризуется относительно хааксаирских повышенными содержаниями (в среднем): Pr и Yb 4–5 раз, Tm – 7 раз, Dy – 15 раз, Ho – 21 раз, Er – 26 раз, Sm – 38 раз, Gd и Tb – раз, а также Y – 6 раз (таблица). Типохимизм шеелитов рудопроявлений АМРУ, таким образом, соответствует фациям глубинности их формирования. В целом с ростом глубинности формирования руд наблюдается максимальное повышение концентраций средних лантаноидов.

Как видно из спайдерграмм, распределение P3Э в хааксаирских шеелитах схоже со спектрами P3Э месторождения Бестюбе гипабиссальной фации глубинности (рисунок, а). По характеру распределения и уровню накопления P3Э улугсаирские шеелиты соответствуют шеелитам месторождений мезобиссальной фации глубинности (рисунок, б). Спектры P3Э улугсаирских шеелитов характеризуются наличием отрицательных Eu-аномалий, а хааксаирских – положительными Eu-аномалиями (рисунок), что предполагает различия их физико-химических условий формирования.

Интерпретация Eu-аномалии в рудно-магматических системах очень сложна и должна учитывать физико-химические условия их формирования. Eu, в отличие от других P3Э, при окислительно-восстановительных (red-ox) условиях, характерных для магматического процесса, присутствует в кислых алюмосиликатных расплавах в двух валентных формах – Eu^{3+} и Eu^{2+} , в то время как для остальных P3Э преобладающей формой в расплаве является REE³⁺ [8; 10]. При изучении системы «водный хлоридный флюид – гранитный расплав» было установлено, что знак и величина Eu-аномалии во флюиде существенно зависит от концентрации Cl во флюиде и от соотношения Eu^{3+}/Eu^{2+} в расплаве (от red-ox-потенциала) и меняется в зависимости от давления флюида и степени открытости системы [4]. В закрытых условиях для пер-

вых, наиболее глубоких стадий (3 кбар) дегазации обогащенных хлором флюида, установлено появление относительно слабой отрицательной Eu-аномалии (в спектре P3Э). Понижение давления вызывает уменьшение концентрации Cl во флюиде, что приводит сначала к исчезновению отрицательной Eu-аномалии, а затем к появлению и росту положительной Eu-аномалии. В открытых условиях системы, при полном или частичном удалении флюида из магмы, инверсия знака Eu-аномалии происходит при более высоких давлениях по сравнению с закрытой системой. В целом при повышении концентрации Cl во флюиде наблюдается смена знака Eu-аномалии на отрицательную при более низких давлениях [4].

Итак, Eu-аномалии могут свидетельствовать о характеристиках red-ox-потенциала флюида. Отрицательная Eu-аномалия в некоторых случаях, как, например, в улугсаирских шеелитах, может указывать на кристаллизацию минералов из восстановленных флюидов, в условиях высоких давлений и/или при высоких концентрациях Cl во флюиде при относительно низких давлениях.

Одни месторождения Au вулканогенно-плутоногенной гидротермальной формации по особенностям состава близки к вулканогенным с селенидно-теллуридной минерализацией, с Те блёклыми рудами, колуситом, аурипигментом, киноварью (Алдан – Куранах, Лебединое), другие (Забайкалье – Дарасун и др.) имеют промежуточные характеристики [6], т.е. близки к плутоногенным гидротермальным. На тех и других проявлена отчётливая латеральная и вертикальная минеральная зональность. По минералого-геохимическим и геологическим особенностям объекты АМРУ близки к плутоногенно-гидротермальным.

Плутоногенно-гидротермальные месторождения Au формируются в условиях закрытой системы, при относительно стабильных физико-химических условиях [6]. Месторождения Au вулканогенно-плутоногенной гидротермальной золото-кварцевой формации формируются в условиях полуоткрытых систем, для которых характерны очень широкие вариации физико-химических параметров рудообразующего флюида, а также концентрации солей и газов [5]. Видимо, месторождения Au вулканогенно-плутоногенной гидротермальной формации, наиболее близкие к плутоногенным гидротермальным месторождениям, формируются в более закрытых условиях, чем

объекты, близкие к вулканогенным, в которых чередование открытия и закрытия тектонических трещин наиболее ярко выражено. В месторождениях Au вулканогенно-плутоногенной гидротермальной формации с увеличением глубины формирования руд полуоткрытые условия становятся более закрытыми. При этом большую роль играет состав флюидов.

Для поздних жил Хаак-Саирского и Улуг-Саирского рудопроявлений характерно наличие барита, а для шеелитов из более ранних жил характерны низкие концентрации Ва (0,07–1,56 г/т). Вместе с тем в плутоногенных месторождениях золото-кварцевой формации барит не встречается. По данным [7] для шеелитов из этих месторождений независимо от глубины формирования месторождений в среднем отмечается примесь Ва 200–220 г/т. Возможно, концентрации Ва в шеелите являются одним из критериев отличия месторождений Au плутоногенно-гидротермальной золото-кварцевой формации от вулканогенно-плутоногенной гидротермальной золото-кварцевой формации (низкие концентрации Ва в шеелите до 10 г/т) (рисунок, в, з).

Заключение

Сравнительный анализ РЗЭ в шеелитах рудопроявлений Au вулканогенно-плутоногенной гидротермальной золото-кварцевой формации Западной Тувы с различными фациями глубинности формирования руд показал информативность типохимических особенностей шеелитов для определения их фации глубинности и формационной принадлежности.

Значительные величины европиевых аномалий в шеелитах Хаак-Саирского ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 3,06\text{--}15,23$) и Улуг-Саирского ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,003\text{--}0,004$) рудопроявлений свидетельствуют о кристаллизации шеелитов из восстановленных флюидов. Отрицательная Eu-аномалия в шеелите Улуг-Саирского рудопроявления, возможно, связана с физико-химическими условиями минералообразования, прежде всего – с повышенной

солёностью флюидов (солёность растворов в жиле № 18 = 6–9,6 мас. % NaCl-экв) и давлением ($P \sim 0,9\text{--}1,0$ кбар; $\sim 2,7\text{--}3$ км).

Авторы статьи искренне благодарят д.г.-м.н. В.И. Лебедеву, д.г.-м.н. В.В. Зайкову за все замечания и пожелания к данной работе, которые позволили улучшить её форму и содержание.

Список литературы

1. Анкушева Н.Н., Зайков В.В. Физико-химические условия формирования золото-кварцевых жил Улуг-Саирского месторождения (Западная Тува) // *Металлогения древних и современных океанов–2009. Модели рудообразования и оценка месторождений.* – Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. – С. 127–135.
2. Гусев А.И. Особенности поведения лантаноидов в шеелитах некоторых месторождений Горного Алтая // *Успехи современного естествознания.* – 2014. – № 3. – С. 64–69.
3. Кужугет Р.В. Золото-теллуридное оруденение Алдан-Маалдырского рудного узла (Западная Тува): минералогическо-геохимические особенности руд и условия их образования: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, 2014. – 20 с.
4. Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф. Основные факторы, определяющие появление европиевой аномалии во флюидах, образующихся при дегазации гранитных магм, вызванной снижением давления // *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 2009. № 1(27).* – [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/1-2009/informbul-1_2009/magm-24.pdf, свободный.
5. Прокофьев В.Ю. Геохимические особенности рудообразующих флюидов гидротермальных месторождений золота различных генетических типов: По данным исследования флюидных включений // Автореф. дис. ... докт. геол. мин. наук. – Ин-т геохимии им. А.П. Виноградова. – Иркутск, 1996. – 44 с.
6. Спиридонов Э.М. Обзор минералогии золота в ведущих типах Au минерализации // *Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов. Труды Всероссийской (с международным участием) научной конференции, посвященной 80-летию Кольского НЦ РАН. Апатиты, 26–29 сент. 2010 г. Апатиты, Изд-во К & М, 2010, С. 143–171.*
7. Спиридонов Э.М., Соколова Н.Ф., Назьмова Г.Н., Шалаев Ю.С. Типохимизм шеелита разноглубинных плутоногенных гидротермальных месторождений золота // *Доклады РАН.* – 1999. – Т. 364, № 3. – С. 363–365.
8. Drake M.J. The oxidation state of europium as an indicator of oxygen fugacity // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – 1975. – V. 39. – P. 55–64.
9. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the ocean basins.* Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. London. Spac. Publ. 1989. V. 42. – P. 313–346.
10. Wilke M. Behrens H. The dependence of the partitioning of iron and europium between plagioclase and hydrous tonalitic melts on oxygen fugacity // *Contrib. Mineral. Petrol.* – 1999. – V. 137. – P. 102–114.

УДК 66.098.2:579.63:519.673

**К ВОПРОСУ ОБ УНИФИКАЦИИ КРИТЕРИЕВ СОПОСТАВЛЕНИЯ
РАЗЛИЧНЫХ МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ****Кусачева С.А., Сащенко И.И., Черняев С.И., Гришаклова В.В., Сафронова М.Е.***Калужский филиал «ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана», Калуга, e-mail: safronova2@mail.ru*

Настоящая статья посвящена анализу проблем и возможностей унификации разных топливных элементов в целях адекватного сравнения их технико-экономической эффективности. Рассматривается потребность в осуществлении различных методов математического моделирования процессов производства биоэлектрической энергии. Предлагается рассмотреть различные подходы к реализации моделирования, включая метод наименьших квадратов, а также применение формализма нечеткой логики. Акцентируется внимание на необходимости учета максимального количества ключевых исходных параметров, таких как объем и тип питательного субстрата, объем и тип бактериальной загрузки, температура и длительность проведения эксперимента, площадь анода и мембраны, а также электрические характеристики нагрузки. В целях обеспечения максимальной комфортности математического моделирования, с учетом вышеупомянутых ключевых параметров, а также различных особенностей и специфики вспомогательных операций, в качестве среды для программной реализации вычислительных алгоритмов, предлагается задействовать такие стационарные и сетевые информационные продукты, как табличный процессор MS Excel, облачные сервисы системы Mathematica, пакеты прикладных программ Matlab или Mathcad.

Ключевые слова: унификация, МТЭЛ, моделирование, метод наименьших квадратов, формализм нечеткой логики

**ABOUT UNIFICATION OF CRITERIA COMPARISON OF VARIOUS
MICROBIAL FUEL CELLS****Kusacheva S.A., Saschenko I.I., Chernyaev S.I., Grishakova V.V., Safronova M.E.***Kaluga Branch of «Moscow State Technical University named after N.Ye. Bauman», Kaluga,
e-mail: safronova2@mail.ru*

This research deals with the analyses the problems and of possibilities for standardization different fuel cells in ensure the adequate comparison of their technical and economic efficiency. Consider the need for implementation of the various methods of mathematical modeling of bioelectric energy production. It is proposed to consider the different approaches to the implementation of modeling, including the method of least squares, and the use of fuzzy logic formalism. Attention is focused on the need to incorporate the maximum number of key initial parameters, such as the amount and the type of nutrient substrate, the volume and type of bacterial load, temperature and duration of the experiment, the area of the anode and the membrane, and the electrical characteristics of the load. In order to ensure maximum comfort of mathematical modeling, taking into account the aforementioned key parameters, as well as the various features and specific auxiliary operations, as a medium for software implementation of computational algorithms, it is proposed to use these stationary and networked information products, such as table processor MS Excel, cloud services system Mathematica, application packages Matlab or Mathcad.

Keywords: unification, MFC, modeling, method of the smallest squares, formalism of fuzzy logic

Весьма интересным и перспективным направлением развития альтернативной энергетики в последнее десятилетие принято считать использование в качестве электрогенераторов специфических микробов. В настоящее время ряд российских и зарубежных ученых занимаются исследованиями, связанными с разработкой новых и совершенствованием, имеющихся микробных топливных элементов (МТЭЛ) и публикуют весьма познавательные статьи, представляющие в позитивном свете получаемые в ходе проводимых экспериментов, результаты [1, 5]. Генерирование и использование возобновляемой биоэнергии рассматривается как одно из возможных направлений решения задачи обеспечения процессов рационального использования материаль-

ных и энергетических ресурсов. Основные направления работ в этой области посвящены развитию альтернативных методов производства электричества, в том числе с применением особых свойств микроорганизмов. Принципиальная возможность генерации электрического тока бактериями была доказана давно, уже почти сто лет назад, а устройства для генерации тока бактериями – микробиологические топливные элементы (МТЭЛы) достаточно интенсивно изучаются около пятидесяти лет. Технология, использующая микробные топливные ячейки, которые конвертируют энергию, запасенную в химических соединениях органического состава, в электрическую энергию, в результате жизнедеятельности микроорганизмов, продолжает вызывать

у исследователей неподдельный интерес. Аналогичные исследования проводятся и в Калужском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана. На кафедре промышленной экологии и химии Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана начиная с октября 2006 года проводятся фундаментальные исследования функционирования различных систем получения биоэнергии.

Основываясь на анализе особенностей этих систем, был осуществлен подбор оптимальных конструкционных материалов, необходимых для создания оригинальной биоэлектрической установки, а также экспериментально определены параметры биотехнологического процесса и отработаны его режимы, в том числе с использованием различных субстратов органического происхождения. Например, можно утверждать, что уже имеются и вполне обнадеживающие результаты исследований по осуществлению управляемой биodeградации отходов органического происхождения с одновременным получением электрической энергии, имеющие прикладное значение. В ходе совместных с ГНЦ РФ – ИМБП РАН работ было получено биоэлектричество из жидких органических отходов с использованием электрогенных бактерий (максимальные показатели DC получены с использованием микроорганизмов *Shewanella oneidensis*: напряжение – 0,48 В; сила тока – 200 мкА) [8, 9].

Однако проведение адекватного сравнения представляемых результатов затруднено ввиду отсутствия общепризнанных показателей унификации (хотя бы минимального обязательного набора ключевых характеристик), свидетельствующих о той, или иной степени технико-экономической эффективности МТЭЛ, которые можно использовать в качестве основы для, например, разработки новой конструкции МТЭЛ. Также, имеются данные о том, что некоторым сообществам различных штаммов электрогенных микроорганизмов свойственен определенный положительный синергизм – они обладают способностью более эффективно генерировать электричество, нежели отдельные штаммы [18].

Как следствие, если все эксперименты выполнять посредством одной лабораторной установки, подбор оптимальной загрузки для конкретного вида, например, содержащих органические отходы (субстраты) стоков, может растянуться на неопределенный срок, и в таком случае для ускорения исследований возникает необходимость

приемлемой унификации, то есть требуется унифицировать алгоритм исследования.

Помимо финальных результатов эксперимента следует указывать максимальное количество исходных параметров:

- объем и тип питательного субстрата;
- объем и тип бактериальной загрузки;
- температуру проведения эксперимента;
- длительность эксперимента;
- площадь анода (если используется анод сложной формы, например, графитовая паста или графитовая ткань, то следует указывать эффективную площадь при пересчете на площадь стержней);
- площадь мембраны;
- электрические характеристики нагрузки.

Вероятно, в целях формирования оптимального перечня показателей унификации, нелишней будет также и прочая информация, свидетельствующая об особенностях конструкций лабораторных установок МТЭЛ, в том числе характеризующих применяемые способы обеспечения анаэробных условий, а также сведения о принятых мерах по проведению необходимой «адаптации» различных конструкций МТЭЛ, с целью обеспечения возможности беспрепятственного «снятия» и фиксирования вышеперечисленных параметров.

Другим немаловажным препятствием для унификации, вероятно, может быть различие периодов времени, необходимых для ферментации микроорганизмами, тех или иных видов органических отходов (субстратов).

Предположим, что в среднем срок однократной загрузки составляет около 7 суток и, следовательно, для проведения минимально необходимого числа повторных экспериментов (при безусловном устранении возможного влияния случайных факторов), для получения устойчивого среднего значения, измеряемых величин, удовлетворяющих условиям минимально приемлемой степени точности (общеизвестно, что при увеличении числа наблюдений оценка, практически любого параметра, будет стремиться к его истинному значению), что позволит выявить зависимости тех или иных, значимых характеристик МТЭЛ, потребуется не менее трех измерений, или 21 сутки работы одной лабораторной установки [7, 10, 11].

Напротив, зависимость мощности (напряжения и силы тока) МТЭЛ от конструктивных характеристик (объем загрузки, площадь мембраны, площадь анода, соотношение объема субстрата к объему бакте-

рий) посчитать относительно несложно – достаточно провести серию экспериментов, изменяя по одному параметру несколько раз, а полученные значения свести в сравнительную таблицу.

Максимальную абсолютную погрешность этих измерений можно найти как сумму абсолютной инструментальной погрешности и абсолютной погрешности отсчета [6]:

$$\Delta x = \Delta x_{\text{приб}} + \Delta x_{\text{отсч}}$$

После получения необходимых данных зависимость сводится в таблице, где одна характеристика представляет собой изменяемую конструктивную, а другая – полученную мощность (напряжение и сила тока). Проведение аппроксимации методом наименьших квадратов [3] позволит выявить искомую зависимость.

При проведении серии из n экспериментов с одной меняющейся характеристикой мы получим значения электрических характеристик (ток короткого замыкания и напряжение холостого хода) зависящих от изменяемой характеристики. Как следствие, мы сможем найти полином $(n-1)$ -й степени, в точности выражающий результаты наблюдений для каждой характеристики.

Разумеется, все наблюдения сопряжены с неизбежными ошибками, и так как вполне естественно стремиться к наибольшей простоте эмпирических формул, то возникает задача об определении полинома m -ой, более низкой, чем число наблюдений без единицы, степени, выражающей данные наблюдений хотя и не точно, но с некоторой, по возможности минимальной, погрешностью. Подобная задача решается методом наименьших квадратов или Гаусса [2].

Пусть даны n значений независимого переменного x :

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

и соответственные им значения функций $f(x)$:

$$f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$$

Требуется определить полином m -ой степени $\varphi(x)$:

$$\varphi(x) = a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + a_2 x^{m-2} + \dots + a_{m-1} x + a_m$$

обращающийся при $x = x_i$ в величину f_i .

Получаем, таким образом, ряд условий:

$$a_0 x_1^m + a_1 x_1^{m-1} + a_2 x_1^{m-2} + \dots + a_m = f_1$$

$$a_0 x_2^m + a_1 x_2^{m-1} + a_2 x_2^{m-2} + \dots + a_m = f_2$$

.....

$$a_0 x_n^m + a_1 x_n^{m-1} + a_2 x_n^{m-2} + \dots + a_m = f_n$$

Полученные n уравнений заключают $(m+1)$ неизвестных коэффициентов:

$$a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$$

Поскольку число n , как правило, не равно $(m+1)$, то решение этой системы без дополнительных условий невозможно.

В таком случае $\varphi(x)$ находят, например, методом наименьших квадратов: коэффициенты $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ должны быть выбраны таким образом, чтобы сумма квадратов разностей $\varphi(x_i) - f_i$ была наименьшей, т.е. чтобы была наименьшей сумма

$$\Sigma = \sum_{i=1}^n (a_0 x_i^m + a_1 x_i^{m-1} + a_2 x_i^{m-2} + \dots + a_m - f_i)^2$$

Для выполнения этого условия достаточно, чтобы:

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial a_0} = 0, \quad \frac{\partial \Sigma}{\partial a_1} = 0, \quad \frac{\partial \Sigma}{\partial a_2} = 0, \dots, \quad \frac{\partial \Sigma}{\partial a_m} = 0$$

Это и даст $(m+1)$ линейных уравнений первого порядка с $(m+1)$ неизвестными:

$$a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$$

Представленный пример математического моделирования относительно несложно реализовать посредством использования возможностей, предлагаемых пользователям в электронных таблицах MS Excel. Ведь к наиболее существенным достоинствам электронных таблиц следует отнести широкие возможности математического, статистического и графического анализа данных, эффективное моделирование проблем вида «что будет, если», прямой доступ к внешним базам данных, развитый интерфейс с другими популярными пакетами, поддержка средств мультимедиа, наличие инструментария для работы в сети Интернет. А при необходимости наличие в них встроенного языка программирования высокого уровня VBA делает электронные таблицы еще более удобным легальным средством разработки приложений для научных и технических вычислений [15].

В случае необходимости, в целях унификации моделирования биотехнологических процессов, протекающих в МТЭЛ при использовании сообществ различных штаммов электрогенных микроорганизмов, которым, как отмечалось выше, свойственен определенный положительный синергизм, можно прибегнуть к уже имеющемуся опыту моделирования синергетических объектов с помощью облачных сервисов системы Mathematica [13, 14, 17].

Подводя итог, следует обратить внимание на то, что в общепринятом понимании термин «унификация» означает приведение к единообразию, к единой форме или системе. Многообразие же подходов к созданию МТЭЛ, а также различия в использовании исходной питательной среды и формировании условий протекания биотехнологических процессов, безусловно, подталкивают к созданию математических моделей, например, с использованием формализма нечеткой логики.

Для многих систем управления сложными технологическими процессами и объектами характерны неполнота и нечеткость информации, а также недостаточная надежность и степень формализации исходных данных (следует прикладывать все возможные усилия для того, чтобы формализовать упомянутую информацию для облегчения восприятия). При работе с такими объектами в последние десятилетия часто используется формализм нечеткой логики, подразумевающий, что для объекта моделирования должны быть определены входные и выходные переменные, а также их функции принадлежности, сформирована база знаний и проведены расчеты для типовых значений входных переменных. В качестве среды для программной реализации вычислительного алгоритма могут быть задействованы пакеты прикладных программ Matlab или Mathcad [4, 12, 13, 16].

Список литературы

1. Алферов С.В., Каманина О.А., Минайчева П.Р., Доронина Н.В., Понаморев О.Н. Мощностные характеристики макета биотопливного элемента на основе метилотрофных бактерий // Известия Тульского государственного университета Естественные науки. – 2011. – Вып. 3. – С. 191–198.
2. Аппроксимация функций полиномом методом наименьших квадратов [Электронный ресурс]. // Сайт – Режим доступа: http://www.alexeypetrov.narod.ru/C/sqr_less_about.html (Дата обращения: 14.10.2015).
3. Безикович Я.С. Приближенные вычисления. – Ленинград: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – С. 273–301.
4. Жукова Ю.М., Черняев С.И. Некоторые аспекты управления знаниями и интеллектуальным капиталом в ВУЗе // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 5–1. – С. 123–130.
5. Захаров Е.В., Сульtimiва Т.Д., Стом Д.И. Получение электрического тока из сельскохозяйственных отходов при помощи микробных топливных элементов / Биотехнология

и общество в XXI веке [Текст]: сборник статей. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 350–352.

6. Иноземцев В.А., Иноземцева С.В. Введение в электронику. – Брянск: Издательство БГПУ, 2001. – 150 с.
7. Кусачева С.А. Исследование процесса биоутилизации органических отходов с применением активного ила [Текст] / [и др.] // Научно-технические проблемы приборостроения и развития инновационной деятельности в вузе: мат-лы регион. НТК / Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана. – М., 2014. – Т. 2. – С. 11–17.
8. Кусачева С.А., Морозенко М.И., Черняев С.И., Жукова Ю.М. Фундаментальные и прикладные аспекты производства биоэлектрической энергии // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6–3. – С. 479–484.
9. Кусачева С.А., Черняев С.И., Сашенко И.И., Гришак В.В., Жукова Ю.М., Морозенко Д.Н. Обоснование выбора конструкций и материалов системы биогенерации электроэнергетики // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6–1. – С. 51–54.
10. Сафронова С.А. и др. Технология биологической утилизации отходов растительного и животного происхождения / В.К. Ильин, И.А. Смирнов, П.Э. Солдатов, И.Н. Корношенкова, Л.В. Старкова, О.В. Полтарещкая, А.А. Жердев, А.С. Гринин, С.А. Сафронова // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2001. – Т. 35, № 5. – С. 49–55.
11. Сафронова С.А. Эколого-гигиеническое обоснование технологии биодegradации пищевых отходов применительно к задачам жизнеобеспечения гермообъектов и других открытых антропоэкосистем [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 14.00.32, 03.00.16 / С.А. Сафронова. – Калуга, 2002. – 20 с.
12. Семенов М.Г., Черняев С.И. Проектирование экспертных систем на базе нечеткой логики в Mathcad / Сб. избр. докл. VI Международной НПК «Современные информационные технологии и ИТ-образование»: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2011. – С. 824–829.
13. Семенов М.Г., Черняев С.И. Моделирование сложных технических объектов на основе формализма нечеткой логики // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–2. – С. 291–294.
14. Семенов М., Черняев С. Облачные сервисы системы Mathematica. – Saarbrücken LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2013. – P. 94.
15. Семенов М.Г., Черняев С.И. Функции пользователя в Excel 2013: Разработка приложений нечеткой логики // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 114–117.
16. Черняев С.И., Семенов М.Г. Моделирование системы управления зарядным устройством батареи на основе нечеткой логики / Современные информационные технологии и ИТ-образование [Электронный ресурс] / Сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции. / под ред. В.А. Сухомлина. – Москва: МГУ, 2011. – Т. 1. – С. 589–593.
17. Черняев С.И., Семенов М.Г., Кондратьева С.Д. Моделирование синергетических объектов с помощью облачных сервисов системы Mathematica / Сб. избр. докл. VII Международной НПК «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 818–822.
18. Logan B.E., Hamelers B., Rozendal R. et al. Microbial fuel cells: methodology and technology // Environmental Science and Technology. – 2006. – № 17. Vol. 40. – P. 5181–5192.

УДК 532.546.3:622.772

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО
МАССОПЕРЕНОСА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
В ТЕХНОГЕННОМ МАССИВЕ****Михайлов А.Г., Вашлаев И.И., Харитонов М.Ю.***Институт химии и химической технологии СО РАН, Федеральный исследовательский центр
«Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, e-mail: mag@icct.ru*

Статья посвящена исследованию фильтрационного массопереноса полезных ископаемых. Рассматривается миграционная возможность цветных и благородных металлов при фильтрационном движении водных растворов в массиве техногенного объекта. Представлены результаты лабораторного моделирования процессов, происходящих в материале хвостов обогащения при восходящем движении через него раствора. Исследован переход цветных и благородных металлов в раствор при фильтрации водных растворов через слой лежалых хвостов обогащения медно-никелевых руд Норильского промышленного узла. Показана экспериментальная кинетика флюидов и динамика растворения цветных и благородных металлов в нейтральной среде. Изучено перемещение цветных и благородных металлов в массиве по направлению фильтрации водных растворов. Разработана математическая модель массопереноса контролируемых элементов цветных и благородных металлов при фильтрационном движении водных растворов.

Ключевые слова: хвосты обогащения, моделирование, водная миграция, кинетические кривые, водные растворы металлов, цветные и благородные металлы

**MATHEMATICAL MODEL OPERATION OF THE FILTRATION MASS TRANSFER
OF NON-FERROUS METALS IN THE TECHNOGENIC MASSIF****Mikhaylov A.G., Vashlaev I.I., Kharitonova M.Yu.***Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS, Federal Research Center Krasnoyarsk
Science Center SB RAS, Krasnoyarsk, e-mail: mag@icct.ru*

Article is devoted to a research of a filtration mass transfer of minerals. The migration possibilities of non-ferrous and noble metals at the moving filtration of aqueous solutions in the massif of a technogenic object was studied. Results of a laboratory simulation of the processes happening in the material of tails of enrichment at the upward movement of solutions through it are presented. Transition of non-ferrous and noble metals to solution with filtrational shift when passing aqueous solutions through a layer of stale tails of enrichment of copper-nickel ores of the Norilsk industrial region are investigated. The experimental kinetics of dissolution of non-ferrous and noble metals in neutral and acidic solutions were shown. Movement of non-ferrous and noble metals in the massif in the direction of a filtration of aqueous solutions is studied. The mathematical model of a mass transfer of controlled elements of non-ferrous and noble metals at the filtrational move of aqueous solutions is developed.

Keywords: enrichment tails, model operation, water migration, kinetic curves, aqueous solutions of metals, non-ferrous and noble metals

Ресурсный потенциал полезных ископаемых, особенно цветных металлов, можно увеличить за счет вовлечения в разработку техногенных объектов, которые представлены в основном отвалами горных пород и хвостохранилищами. Кроме традиционных способов обогащения и физико-химических (кучное выщелачивание) предлагается новое направление – инфильтрационное выщелачивание [4–6].

Результаты анализа фазовых составов соединений цветных и благородных металлов в массиве хвостов обогащения показывают наличие интенсивных преобразований при выветривании в условиях поверхностного размещения массивов со свободным доступом кислорода. В последнее время появились работы, которые доказали, что при выветривании лежалых хвостов обогащения медно-никелевых руд значитель-

ные количества цветных и благородных металлов переходят в раствор, образуются устойчивые растворимые формы благородных металлов, а через жидкую фазу происходит образование вторичных минералов, в которых благородные металлы находятся в форме железо-оксидных фаз (платина и палладий) и в органической форме (палладий) [1–3, 7].

Наличие растворимых форм благородных металлов при выветривании и перетолжение их во вторичные минеральные формы через стадию раствора позволили предположить принципиальную возможность извлечения ценных компонентов из хвостов обогащения путем перевода их в раствор и последующее извлечение их из раствора или осаждение на геохимическом барьере. Было сделано предположение, что перевод в раствор может быть осуществлен

с использованием энергии окисления сульфидов без применения химически активных растворителей.

В связи с этим была поставлена цель – изучить возможность перевода в подвижное состояние цветных и благородных металлов в условиях направленного фильтрационного движения водных растворов в массиве лежалых хвостов обогащения. Полученные результаты позволят обоснованно выбрать дальнейшее направление технологических исследований.

Материалы и методы исследования

На данном этапе проведены исследования по мобилизации и направленному движению только водных растворов с оценкой динамики минерализации на разных высотных уровнях. В качестве исходного подаваемого рабочего раствора была использована дистиллированная вода с pH ~ 7,0.

В качестве исходного материала для изучения процесса капиллярного выщелачивания использованы лежалые хвосты Норильской обогатительной фабрики. По результатам рентгенофазового анализа установлено, что проба представлена в основном породообразующими минералами – алюмосиликаты (мусковит, иллит, серпентин, акагениит), кварц. Из рудных минералов присутствуют пирротин, хромит; в подчиненном количестве халькопирит, гипс; изредка кальцит, брусит, пентландит. Содержание сульфидных минералов достигает 10%. В пробе хвостов обогащения содержатся цветные металлы и металлы платиновой группы: Cu, Ni, Co, Pt, Pd, Au. Средневзвешенный диаметр зерен 0,238 мм.

Суть эксперимента состоит в том, что в лабораторную установку (рис. 1) в ее нижнюю часть подается дистиллированная вода под постоянным давлением в 35 мм водяного столба. Колонна заполнена хвостами обогащения. На колонне имеются отводные трубки. Первые два отвода запираются, и через них отбирались пробы продукционного раствора, профильтрованного через слой твердой фазы на различных уровнях.

Третий отвод работал на слив в емкость, из которой также отбирались пробы для анализа через определенные промежутки времени. Химический состав проб определялся на масс-спектрометре КРЦКП СО РАН Agilent 7500 ICP-MS Chem.Station (G1834B), кислотность с помощью pH-метра S20. В растворе контролировали содержание Cu, Ni, Co, Fe, Mg, Pt, Pd, Au. Для определения фазового состава минеральных форм проводился геохимический анализ.

При прохождении фильтрационного потока даже при нейтральном значении pH происходит переход исследуемых компонентов в водорастворимую фазу. Двухмесячный период стабильных условий восходящей фильтрации воды с постоянным отбором проб раствора на разных уровнях обеспечил сбор достаточного для статистической обработки количества проб.

Результаты исследования и их обсуждение

Благородные металлы в обменную фазу переходят интенсивнее, чем медь, никель,

кобальт. Последнее соответствует результатам, полученным в [1, 2]. Установлено частичное растворение благородных металлов и переход их в раствор: золота и платины – до 0,0006 мг/л, палладия – до 0,018 мг/л.

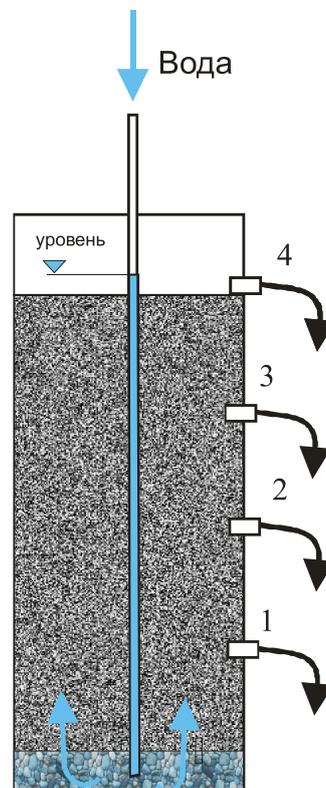


Рис. 1. Экспериментальная колонна восходящего капиллярного потока

Анализ данных позволил выявить закономерности. Прежде всего, в результате статистического анализа установлено, что содержания практически всех цветных металлов имеют тесную корреляционную связь с содержанием двухвалентного железа в растворе. Так, при толщине фильтрующего слоя 63,5 см коэффициент корреляции составляет для меди 0,78, для кобальта 0,82, для никеля 0,69. Можно предположить, что цветные металлы адсорбируются на соединениях железа, например на его гидроксидах (III): больше медь и кобальт, меньше никель, и переходят в раствор по мере разложения железосодержащих минералов пирротина и халькопирита и выделения в раствор соединений железа. Значимая величина корреляционных связей позволяет предполагать, что содержание элементов цветных металлов в растворе опосредованно зависит от присутствия Fe⁺².

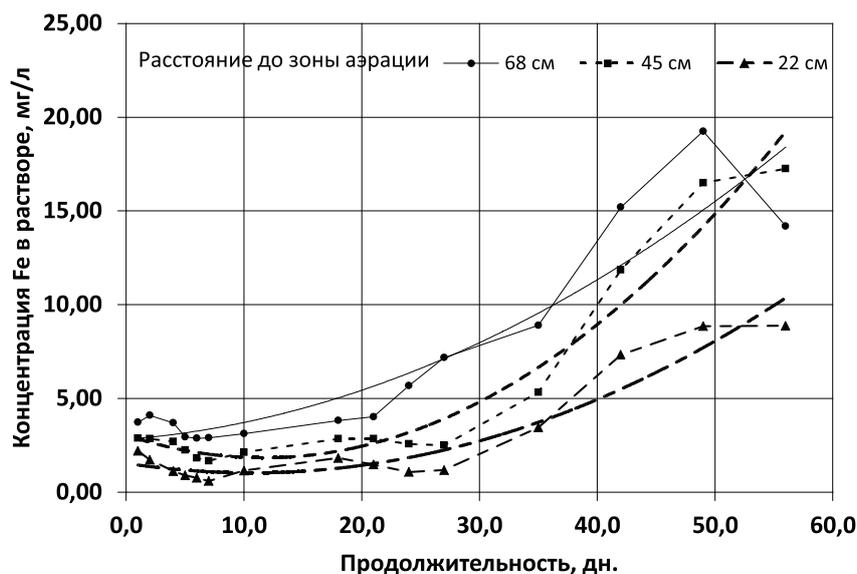
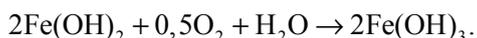


Рис. 2. Изменение концентрации Fe в растворе во времени на разных уровнях массива

Окисление железосодержащих минералов пирротина, халькопирита происходит интенсивно при достаточном доступе кислорода с образованием Fe^{+2} и Fe^{+3} . Также, согласно литературным данным, соли ионов Fe^{+3} являются практически нерастворимыми, ионы Fe^{+2} в основном образуют растворимые соединения в анаэробных условиях. Это позволило предположить, что железо мигрирует в растворе в виде ионов Fe^{+2} .

Для условий проведенного эксперимента оказалось, что переход в раствор железа уменьшается с увеличением слоя фильтрации (рис. 2). Это объясняется следующим. При входе в колонку окисляющая способность воды недостаточна из-за низкого содержания кислорода в порах, образуются растворимые формы железа Fe^{+2} . По мере приближения раствора к поверхности и достаточной аэрации количество кислорода в порах увеличивается. Наличие кислорода приводит к образованию гидроксида трехвалентного железа – растворимый гидроксид железа (II) окисляется до $Fe(OH)_3$, который практически выпадает в осадок:



При этом количество железа в растворе в виде Fe^{+2} уменьшается – пробы поровых растворов из отводов, расположенных ближе к поверхности, содержат меньше железа. Динамика изменения содержания Fe в растворе во времени приведена на рис. 2.

Содержание в растворе меди, кобальта, никеля невысокое: Cu – от 0,001 до 0,05%, Co – от 0,01 до 0,05%, Ni – от 0,01 до 0,11%, причем динамика изменения содержания коррелирует также с высотой слоя фильтрации.

Для всех наблюдаемых элементов – кобальта, никеля, меди, палладия, золота и платины – наблюдается выраженная зависимость степени перехода металла в растворе от толщины фильтрующего слоя: чем толще слой, тем меньше металла в растворе (рис. 3).

Наиболее низкие средние значения характерны для растворов, прошедших через большую толщину фильтрующего слоя. Так, содержание на уровне 85,5 см, характеризуются в среднем почти в 3 раза меньшим содержанием Cu, Co, Ni по с уровнем дна колонны. Для платины, палладия и золота содержание меняется примерно в 2 раза, для золота – в 9 раз. Точные причины этого пока не установлены. Возможно, это связано с переосаждением палладия, платины и золота из раствора во вторичные минеральные формы. При прохождении раствора по капиллярам и порам происходит образование растворимых форм металлов, которые затем связываются твердой фазой. Также понижение степени перехода в раствор с увеличением толщины фильтрующего слоя, по-видимому, вызвано наличием кислорода в поступающей воде. При миграции воды через толщу материала количество растворенного кислорода уменьшается, и переход компонентов в раствор замедляется.

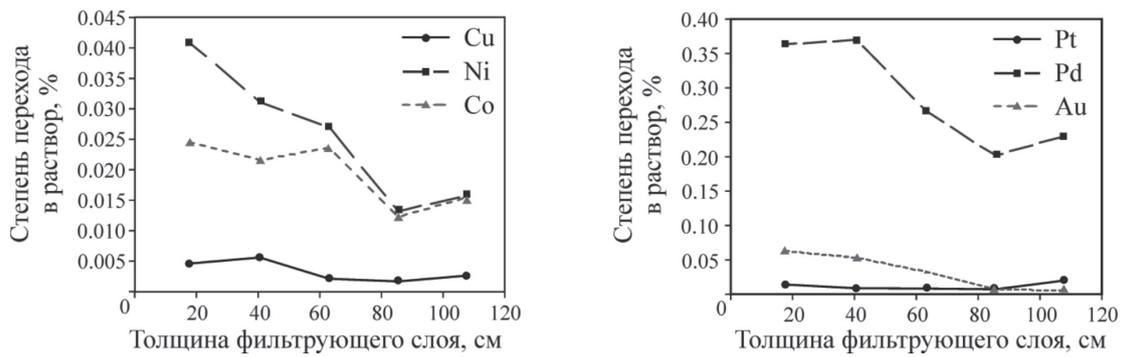


Рис. 3. Извлечение металлов в зависимости от толщины фильтрующего слоя при использовании воды в качестве контактного раствора

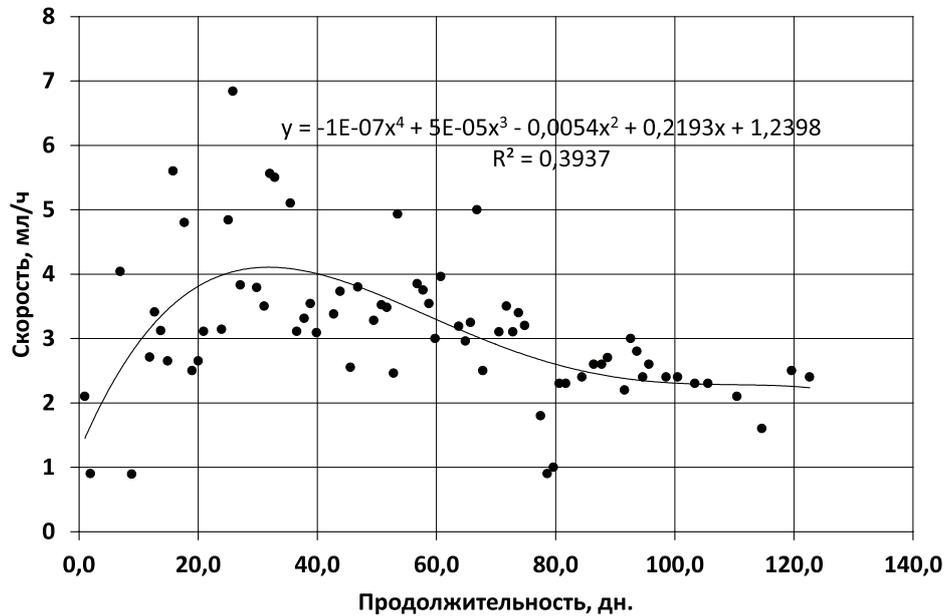


Рис. 4. Динамика скорости прохождения раствора при давлении 35 мм водяного столба

Среднее значение скорости фильтрации соответствует расчетным величинам безнапорного движения флюидов в рыхлом массиве с капиллярами среднего радиуса в 3,1 мкм и с показателями вязкости, близкими к вязкости воды при комнатной температуре в условиях влажности ~ 60%. Однако, начальная половина периода характеризуется значениями выше расчетных на 15–20%. Вторая половина экспериментального периода в среднем обладает пониженной скоростью фильтрации относительно средней (и расчетной) примерно также (18–20%). Динамика скорости фильтрации приведена на рис. 4.

Фильтрационная нестабильность течения флюидов по капиллярам с колебаниями скорости до почти двукратного значения от средней расчетной величины может быть объяснена периодической сменой потока с равномерного до локального распределения по сечению. Водные растворы, фильтрующиеся через пористую породу и реагирующие с ее минеральными компонентами, устанавливают в породе каналы, многократно превышающие первоначальные размеры капилляров. Это приводит к изменению скорости реакции растворения минералов, более быстрому локальному увеличению проницаемости что, в свою очередь, вызы-

вает ускорение движения растворов. Одновременно во время движения растворов по сформированным каналам и капиллярам, растворенные вещества из жидкой фазы переходят в твердую и образуют отложения, не исключая полного перекрытия сечения капилляров отдельных участков. О присутствии эффекта коагуляции говорят данные эпизодического снижения скорости движения растворов в массиве и изменение минерализации растворов на разных горизонтах массива, и во времени.

В результате анализа полученных результатов экспериментов и статистической обработки данных была составлена математическая модель массопереноса контролируемых элементов при фильтрационном движении водных растворов по массиву лежалых хвостов обогащения (рис. 5).

из техногенного материала в зависимости от содержания железа в растворе, длительности процесса и толщины слоя фильтрации.

Выявлена корреляция степени перехода компонентов в раствор от толщины фильтрующего слоя: чем больше толщина слоя, тем меньше содержание компонентов в растворе. Наличие водорастворимых форм нахождения благородных металлов в процессе эксперимента позволяет говорить о необходимости дальнейшего изучения процесса с целью создания принципиально новых подходов к извлечению полезных компонентов из хвостов обогащения. Одним из таких технологических подходов может быть метод выщелачивания полезных компонентов экологически неагрессивными растворами. Даже предварительные эксперименты показали возможность извлечения золота

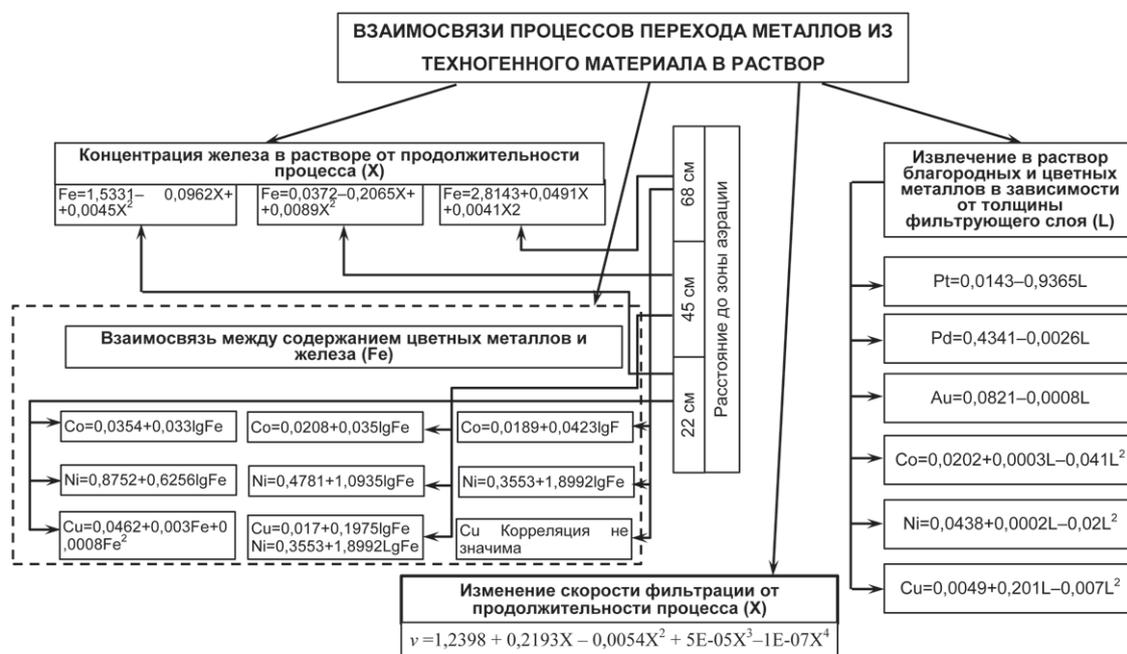


Рис. 5. Математическая модель массопереноса контролируемых элементов при фильтрационном движении водных растворов

Заключение

При выветривании в лежалых хвостах обогащения происходит образование растворимых фаз цветных и благородных металлов, часть которых при фильтрации переходит в раствор, часть переосаждается в виде вторичных минеральных форм.

Установлены математические зависимости, позволяющие определить количество компонентов, перешедших в раствор

до 28,4% и платины до 3,9% с использованием слабокислого контактного раствора.

Несмотря на заведомое исключение водонерастворимых форм цветных и благородных металлов из процесса, применение водного выщелачивания требует многократно меньшего привлечения экономических ресурсов, и технология приобретает экологически безопасный вид. Представляется целесообразным дальнейшее проведение исследований в этом направлении.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности, проект РФФИ-ККФН № 16-45-242048.

Список литературы

1. Бакшеева И.И. Исследования фазового состава продуктов выветривания лежалых хвостов обогащения Cu-Ni руд // Горный-информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 3. – С. 391–395.
2. Бакшеева И.И., Брагин В.И., Свиридова М.Л. Формы нахождения платины и палладия в хвостах длительного хранения. // Международное совещание «Плаксинские чтения-2010», г. Казань, 13–18 сентября 2010. – С. 71–74.
3. Брагин В.И., Жижаяев А.М., Фетисов А.А., Брагина В.И., Свиридова М.Л. О возможности извлечения цветных и благородных металлов из хвостов обогащения медно-никелевых руд // Благородные и редкие металлы Сибири

и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд: Материалы научной конференции (Иркутск, 3–7 октября, 2005). – Иркутск: 2005. – т. 2. – С. 175–176.

4. Михайлов А.Г., Вашлаев И.И. Способ извлечения полезных компонентов из хвостов обогащения // Пат. 2402620 Российская Федерация, МПК С22В 3/04, 27 октября 2010.

5. Михайлов А.Г., Вашлаев И.И., Харитонов М.Ю. Моделирование параметров инфильтрационной технологии добычи благородных металлов из техногенных объектов // Горный информационно-аналитический бюллетень / МГГУ – М, 2012. – № 7. – С. 143–148.

6. Михайлов А.Г., Вашлаев И.И., Харитонов М.Ю. Основные параметры технологии восходящего капиллярного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень / МГГУ – М, 2013. – № 3. – С. 187–192.

7. Михайлов А.Г., Харитонов М.Ю., Вашлаев И.И., Свиридова М.Л. Исследование подвижности водорастворимых форм цветных и благородных металлов в массиве лежалых хвостов обогащения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 3. – С. 188–196.

УДК 669.743.27: 669.054.83

**ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕФЕРРИТИЗАЦИИ
КИСЛЫХ РУДНИЧНЫХ ВОД****Мишурина О.А., Муллина Э.Р.***Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск,
e-mail: olegro74@mail.ru*

Статья посвящена актуальному вопросу извлечения ионов железа из кислых рудничных вод горных предприятий. Предложен эффективный способ деферритизации кислых рудничных вод горных предприятий медноколчеданного комплекса. Рассмотрены основные химические аспекты процесса окислительного осаждения железа в виде твердой фазы с использованием раствора осадителя – суспензии хлорной извести. Проанализировано влияние основных параметров процесса окислительного осаждения на эффективность извлечения ионов железа из технических растворов. Представлены результаты влияния pH среды на полноту осаждения ионов железа (II и III). Получены кинетические зависимости протекания процесса окислительного осаждения ионов железа. Отмечено, что с увеличением концентрации железа в системе значительно сокращается время протекания процесса осаждения. Рассмотрена возможность селективного разделения поликатионных растворов методом кислотно-основного осаждения. Разработаны технологические параметры процесса деферритизации кислых рудничных вод. Представлен химический состав железосодержащих осадков, образующихся при переработке кислых рудничных вод, подтверждающий, что осадки нейтрализации возможно использовать как исходное сырье в металлургической отрасли, а также для производства строительных материалов.

Ключевые слова: рудничные воды, металлы, переработка, извлечение, железо, окислительное осаждение**CHEMICAL ASPECTS OF THE PROCESS OF DEFERRISATION
ACIDIC MINE WATERS****Mishurina O.A., Mullina E.R.***Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: olegro74@mail.ru*

The article is devoted to the extraction of iron ions from acid mine waters of mining enterprises. Proposed effective way of deferrisation acidic mine waters of mining enterprises copper-complex. Describes the main chemical aspects of the process for oxidative deposition of iron in the solid phase using a solution of precipitator – suspension of chloride of lime. Analyzed the influence of the main parameters of the oxidative deposition on the extraction efficiency of iron ions from industrial solutions. The effect of pH on the completeness of the precipitation of iron ions (II and III). The obtained kinetic dependencies of the process for oxidative deposition of iron ions. It is noted, that with increase of iron concentration in the system significantly reduced the time of occurrence of the deposition process. The possibility of selective separation polycationic solutions method acid-base deposition. The technological parameters of the process of deferrisation acidic mine waters. Presents the chemical composition of iron-bearing sludges in the processing of acidic mine waters, confirming that neutralization precipitation, may be used as a feedstock in the metallurgical industry and for production of construction materials.

Keywords: mine waters, metals, processing, extraction, iron, oxidative deposition

Урал является крупнейшей колчеданной провинцией мира. Здесь более сотни месторождений и рудопроявлений, насчитывающих более 1,8 млрд тонн медных и медноцинковых руд.

Южный Урал, являясь важнейшей составляющей Уральского промышленного региона, имеет наиболее явно выраженную техногеосферу, так как характеризуется чрезвычайно высокой концентрацией промышленного производства.

Медно-цинковый комплекс Южного Урала, представленный такими предприятиями, как ОАО «Гайский ГОК», ОАО «Учалинский ГОК», ОАО «Бурибаевский ГОК», ОАО «Башкирский медно-серный комбинат», ОАО «Александринская горнорудная компания» и др., занимается разработкой и переработкой медноколчеданных месторождений [10–12].

Горнодобывающая промышленность является источником образования большого количества отходов, не только твердых, но и жидких природно-техногенных. В результате деятельности ГОКов, помимо добычи и обогащения полезных ископаемых, происходит образование специфического сернокислого техногенного ландшафта, который приводит к загрязнению атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод, накоплению твердых и жидких отходов [5]. Жидкие отходы характерно образуются из отработанных хвостов, карьеров, рудных отвалов [11, 12].

Сброс неочищенных техногенных стоков на земную поверхность приводит к накоплению в окружающих водных объектах тяжелых металлов, таких как медь, цинк, железо, марганец, кадмий, никель и др., многие из которых обладают кумулятив-

ным действием, а также общетоксичными, эмбриотропными и мутагенными свойствами [10]. Значительное количество техногенных вод имеют высокую техногенную нагрузку.

Современная экологическая политика государства выводит на ведущие позиции решение вопросов переработки техногенных образований с целью снижения концентраций канцерогенных веществ в окружающей среде до норм ПДК. Значительные объемы вод и высокие концентрации в них металлов позволяют рассматривать этот вид отходов в качестве сырья для получения различных видов металлосодержащей продукции [2, 3, 5].

составила (в среднем): по Cu 541,5 мг/дм³, по Fe 880,4 мг/дм³, по Zn 687,5 мг/дм³ и по Mn 187,9 мг/дм³, что естественным образом негативно сказалось на качестве воды прилегающих поверхностных водоемов [5–7].

Таким образом, очевиден вывод о необходимости вовлечения кислых рудничных вод в переработку и разработки новых инновационных технологий извлечения катионных форм металлов из техногенного гидроминерального сырья, обеспечивающих предотвращение сброса токсичных гидроминеральных стоков в природные водоемы.

В работе представлены результаты исследований процесса извлечения ионов железа (II, III) из кислых рудничных вод ЗАО

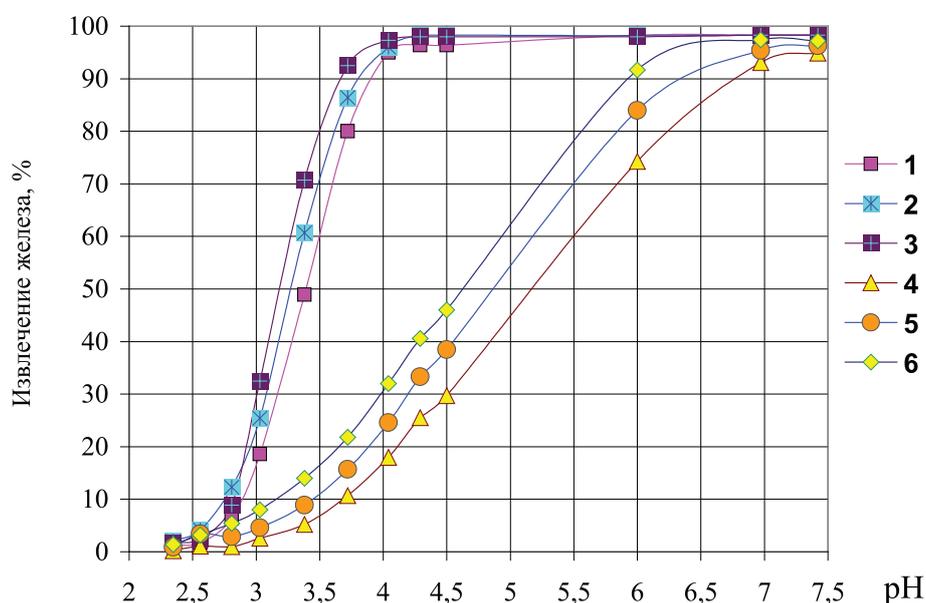


Рис. 1. Влияние pH раствора на извлечение ионов Fe²⁺ и Fe³⁺ из кислых вод методом кислотно-основного осаждения: 1 – исходная концентрация Fe³⁺ = 300 мг/дм³; 2 – исходная концентрация Fe³⁺ = 500 мг/дм³; 3 – исходная концентрация Fe³⁺ = 750 мг/дм³; 4 – исходная концентрация Fe²⁺ = 300 мг/дм³; 5 – исходная концентрация Fe²⁺ = 500 мг/дм³; 6 – исходная концентрация Fe²⁺ = 650 мг/дм³

Переработка металлосодержащих природно-техногенных вод позволит более полно использовать природные ресурсы. В микрокомпонентном катионном составе подотвальных и рудничных вод горных предприятий Южного Урала преобладают железо, медь и цинк. В макрокомпонентном анионном составе преобладает сульфат-ион. Концентрация ионов железа достигает 2100 мг/дм³.

Анализ техногенных водных объектов, формирующихся на территории ГОКов Южного Урала, показал, что концентрация основных металлов в рудничных кислых водах

«Бурибаевский ГОК» методом кислотно-основного осаждения.

На начальном этапе исследования процесса кислотно-основного осаждения железа проводились на модельных растворах с исходной концентрацией ионов Fe³⁺: 300, 500, 750 мг/дм³ и ионов Fe²⁺: 300, 400, 650 мг/дм³ (исходные концентрации железа были смоделированы на растворах кислых подотвальных вод Бурибаевского ГОКа). В качестве реагента-осадителя использовали раствор известкового молока. Процесс осаждения железа проводили в изотермических условиях при перемешивании в тече-

ние 20 минут. Известковое молоко вводили дозировано в виде 1% водной суспензии, контролируя значения pH обрабатываемого раствора до и после введения. По истечении 20 минут определяли остаточное содержание ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} фотометрическим методом с использованием сульфосалициловой кислоты. Полученные результаты эксперимента представлены на рис. 1.

Согласно полученным зависимостям (рис. 1) осаждение ионов Fe^{3+} наблюдается после pH от 2,5 до 4,1. Показатели извлечения железа в виде гидроксида $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в зависимости от исходной концентрации ионов железа изменяются в диапазоне 94,9–96,4%. При этом уменьшение исходной концентрации ионов Fe^{3+} в растворах приводит к увеличению pH начала осаждения его в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Изменение интервала осаждения ионов Fe^{3+} при разных исходных концентрациях может объясняться явлением соосаждения, а именно: поверхности образующегося гидроксида железа (III) обладают хорошими сорбционными свойствами, вследствие чего хлопья $\text{Fe}(\text{OH})_3$ улавливают более мелкие коллоидные частицы, агрегируют их на своей поверхности, усиливая тем самым процесс осаждения образующихся коллоидных взвесей [1, 3, 4, 9].

Максимальные показатели извлечения Fe^{2+} в виде гидроксида $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (91,5–

96,9%) в зависимости от $C_{\text{исх.}} \text{Fe}^{2+}$ в воде, наблюдаются в диапазоне pH 7,1–7,5. Увеличение исходной концентрации ионов Fe^{2+} в обрабатываемых растворах приводит к уменьшению pH начала осаждения $\text{Fe}(\text{II})$.

Из вышеизложенного следует, что селективное извлечение таких металлов, как медь, марганец и цинк (методом кислотно-основного осаждения), в присутствии ионов Fe^{2+} невозможно ввиду того, что осаждение $\text{Fe}(\text{II})$ в виде осадка $\text{Fe}(\text{OH})_2$ наблюдается в интервале pH 3,4 – 7,5, что совпадает с оптимальным диапазоном pH осаждения ионов меди, цинка и марганца [2, 4, 8, 9]. При этом существует возможность селективного разделения ионов Mn^{2+} , Zn^{2+} и Fe^{3+} , т.к. в интервале pH от 2,5 до 4,1 трехвалентное железо осаждается практически полностью в виде осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Следовательно, для селективного извлечения меди, цинка и марганца из кислых рудничных вод необходимо предварительно проводить процесс окисления ионов Fe^{2+} до Fe^{3+} с последующим осаждением его в виде нерастворимого гидроксида $\text{Fe}(\text{OH})_3$. В качестве окислителя возможно использование: молекулярного кислорода (в случае предварительной аэрации растворов), озона, хлорсодержащих окислителей и др [3, 4, 8].

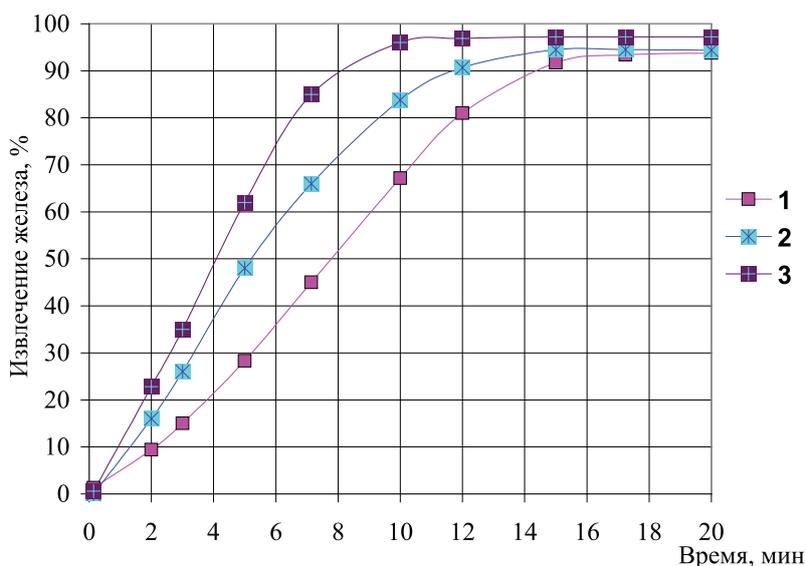
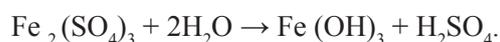
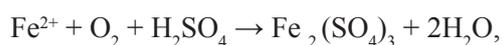


Рис. 2. Кинетика процесса окислительного осаждения $\text{Fe}(\text{II,III})$ из технических растворов, при введении раствора хлорной извести ($\text{pH}_{\text{исх.}} 3,1$), ($\text{pH}_{\text{кон.}} 6,7$): 1 – исходная концентрация $\text{Fe}_{\text{общ.}} 300 \text{ мг/дм}^3$; 2 – исходная концентрация $\text{Fe}_{\text{общ.}} 500 \text{ мг/дм}^3$; 3 – исходная концентрация $\text{Fe}_{\text{общ.}} 750 \text{ мг/дм}^3$

Химический состав железосодержащих осадков, получаемых из кислых подотвальных вод Бурибаевского ГОКа

Символ химического элемента	Fe	C	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P	CaO	MgO
Содержание, %	52,1	0,91	0,03	–	–	0,21	0,16

Основные процессы, протекающие в растворах, содержащих ионы Fe²⁺ и Fe³⁺ при проведении процесса окислительного осаждения, отображены в реакциях ниже [5, 7, 10]:



Полученные кинетические зависимости процесса окислительного осаждения ионов железа в виде осадка из технических растворов показали, что максимальное извлечение железа (в виде гидроксида железа (III)) возможно после 10–15 минут протекания процесса, в зависимости от C_{исх} Fe³⁺ (рис. 2). В качестве окислителя использовали раствор хлорной извести (рН = 9,4).

Отмечено, что с увеличением концентрации железа в системе значительно сокращается время протекания процесса осаждения. Данный факт можно объяснить тем, что образующиеся хлопья гидроксида железа характеризуются большой гидравлической крупностью, поэтому быстро оседают под действием силы тяжести, что способствует интенсификации процесса коагуляции.

Следовательно, максимальные показатели извлечения железа (II и III) из кислых растворов в виде дисперсной фазы Fe(OH)₃ достигаются при проведении процесса окислительного осаждения в диапазоне рН от 3,7 до 4,1, продолжительность обработки растворов 10–15 минут (C_{исх} Fe_{общ.} 300–750 мг/дм³) с использованием в качестве реагента-осадителя водных растворов хлорной извести.

В работе были проведены исследования химического состава железосодержащих осадков, образующихся при переработке кислых подотвальных вод ЗАО «Бурибаевский ГОК» методом окислительного осаждения (при предварительном извлечении ионов меди, цинка и марганца). Полученные результаты анализа представлены в таблице.

Анализ полученных результатов (таблица) показал, что образующиеся желе-

зо-содержащие осадки, согласно ТУ 13.1-32279599-001, являются кондиционным сырьем (β_{Fe} > 50%) и могут быть использованы при изготовлении агломерационных и брикетированных форм сырья, идущего на переплавку в доменных и индукционных печах при получении литейного чугуна, а также в качестве железосодержащей добавки при производстве жидкого цемента.

Выводы

– разработанные технологические рекомендации позволяют эффективно извлекать железо из кислых рудничных вод методом кислотно-основного осаждения;

– железосодержащие осадки (β_{Fe} = 52%), которые, согласно ТУ 13.1-32279599-001:2007, являются кондиционным сырьем и могут быть использованы при изготовлении агломерационных и брикетированных форм сырья, идущего на переплавку в доменных печах, для переплавки в индукционных печах при получении литейного чугуна, в качестве железосодержащей добавки при производстве жидкого цемента;

– внедрение усовершенствованных технологий очистки кислых рудничных вод горных предприятий позволит дополнительно извлекать тяжелые и цветные металлы в виде товарного продукта;

– осадки нейтрализации, обладающие определенными технологическими свойствами, возможно использовать как сырье в металлургической отрасли, а также для производства строительных материалов;

– вовлечение в переработку кислых рудничных вод медноколчеданных месторождений позволит повысить рентабельность горных предприятий, улучшить состояние водных ресурсов, сократить накопление отходов и отчуждение земель под их хранение.

Список литературы

1. Бурсова С.Н., Кандзас П.З., Тринко А.И. Применение озона для очистки промышленных сточных вод: Обзорная информ. НИИЭХИМ. – М.: НИЦТЭХИМ: Сер. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, 1977. – вып. 4. – 38 с.

2. Калугина Н.Л., Варламова И.А. Изучение процесса осаждения ионов тяжелых металлов предприятий медного комплекса // Современные методы переработки руд и нетрадиционного минерального сырья (Плаксинские чтения):

Материалы межд. совещания. Ч. 2. – Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2007. – С. 569–570.

3. Кулаков В.В., Сошников Е.В., Чайковский Г.П. Обезжелезивание и деманганация подземных вод. – Хабаровск: Изд. ДВГУПС, 1998 – 100 с.

4. Мишурина О.А. Электрофлотационное извлечение марганца из гидротехногенных ресурсов горных предприятий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3. – С. 72–74.

5. Мишурина О.А. Технология электрофлотационного извлечения марганца в комплексной переработке гидротехногенных георесурсов медноколчеданных месторождений: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2010. – 21 с.

6. Мишурина О.А., Муллина Э.Р. Химические закономерности процесса селективного извлечения марганца из техногенных вод // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 3. – С. 58–62.

7. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Деманганация сточных вод растворами хлорной извести. // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 9 (76). – С. 115–118.

8. Новиков В.К., Михайлова Э.М. Методы очистки природных вод от соединений марганца и железа и других за-

грязящих веществ: Обзорная информация. – М.: Институт экономики жилищно-коммунального хозяйства АКХ им. К.Д. Панфилова, 1990. – 52 с.

9. Удаление металлов из сточных вод. Нейтрализация и осаждение. / под ред. Кушни Дж.К.: Пер с англ. – М.: Металлургия, 1987. – 176 с.

10. Чалкова Н.Л., Уразаева И.В., Федоренко Т.С., Белоконь А.Н. Обоснование целесообразности извлечения тяжелых цветных металлов и железа из техногенных вод горного производства / Материалы 3 Международной научной школы молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых», 27–30 ноября 2006 г. – М.: ИПКОН РАН, 2006. – С. 189–191.

11. Чалкова Н.Л., Технологические решения улучшения экологической ситуации в горнорудных районах Южного Урала/ Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. – Челябинск: Изд. Центр ЮУрГУ, 2009. – Том 2. – С. 219–221.

12. Чалкова Н.Л., Экологические аспекты очистки сточных вод методом гальванокоагуляции в промышленных городах Южного Урала / Архитектура. Строительство. Образование: материалы междунар. науч.- практ. конф. 26–27 апреля 2013 года / под общ. ред. Пермякова М.Б., Чернышовой Э.П. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – С. 253–256.

УДК 338:502.3

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЬГИНСКОГО УГОЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА НАЗЕМНЫЕ РЕСУРСЫ

Николаева Н.А., Пинигин Д.Д.

*Институт физико-технических проблем Севера имени академика В.П. Ларионова СО РАН,
Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru*

Развитие перспективного Эльгинского угольного комплекса на территории Южной Якутии оказывает мощное воздействие на природную среду. В связи с этим одной из важных природоохранных задач является оценка эколого-экономического ущерба нарушаемым компонентам природной среды этого объекта. Выполнен расчет эколого-экономического ущерба земельным, почвенно-растительным компонентам и поверхностным водам наземных природных комплексов, нарушаемых техногенным воздействием предприятия. Выявлено, что наибольший ущерб среди рассматриваемых компонентов природной среды будет нанесен в результате нарушения лесных ресурсов. Предложено дополнить методику расчета эколого-экономического ущерба водным ресурсам учетом вводимых безотходных технологий, сбросов очищенных сточных вод объектов инфраструктуры и последствий проводимых природоохранных мероприятий. Предложенные дополнения могут быть использованы на начальном этапе развития угольного комплекса.

Ключевые слова: Южная Якутия, угольный комплекс, наземные природные ресурсы, эколого-экономический ущерб

THE ELGA COAL COMPLEX ECOLOGICAL AND ECONOMIC DAMAGES ON LAND RESOURCES

Nikolaeva N.A., Pinigin D.D.

*The V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch
of the Russian Academy of Science, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru*

Development of the prospective Elga coal complex on the territory of South Yakutia causes a powerful environmental impact. Thereby assessment of ecological and economic damages, produced by the object on disturbed natural environment components, is an important environmental challenge. Calculation of the ecological and economic damages on terrestrial, soil-plant components and surface water, disturbed by anthropogenic impact of the company had been made. It is revealed, that the greatest damage amongst the considered environmental components will be delivered because of forest resources' disturbance. We suggest complementing the method of ecological and economical damage of water resources by taking into account: 1) zero-discharge technologies, put in the service; 2) infrastructure's effluents discharge; 3) conducted nature-conservative measures consequences. Proposed additions can be useful during initial stage of the coal complex development.

Keywords: South Yakutia, coal complex, land nature resources, ecological and economic damage

Эльгинский угольный комплекс (ЭУК) – перспективный горнопромышленный технологический комплекс, формирующийся на ресурсной базе Эльгинского месторождения коксующихся углей в Южной Якутии.

Реализация Эльгинского проекта может оказать мощное воздействие на природную среду, в результате которого изменению подвергнутся все ее компоненты. В связи с этим одной из важных природоохранных задач является оценка эколого-экономического ущерба нарушаемым компонентам природной среды этого объекта.

Цель исследования

Расчет эколого-экономического ущерба земельным, почвенно-растительным компонентам и поверхностным водам наземных природных ландшафтов, нарушаемых техногенным воздействием Эльгинского угольного комплекса.

Материалы и методы исследования

Действующая временная методика определения предотвращенного экологического ущерба [2] не учитывает специфические природно-климатические условия и технологические особенности угольных предприятий на Севере. Обзор методик расчета эколого-экономического ущерба природной среде от воздействия угледобывающих комплексов на территории РФ [3, 4, 8] также выявил ограниченность их использования ввиду необходимости сбора большого количества эмпирических данных в условиях труднодоступности региона исследований.

В связи с этим для расчета экологического ущерба наземным ландшафтам от воздействия Эльгинского угольного комплекса была выбрана методика эколого-экономического ущерба окружающей среде на территории горнодобывающего района, свободная от этих недостатков [1]. Используемая методика расчета ущерба поверхностным водным объектам комплекса дополнена учетом современных техногенных факторов воздействия и возможных последствий фактических природоохранных мероприятий.

Таблица 1

Показатели для расчета экологического ущерба земельным, почвенным и лесным ресурсам ЭУКа

Исходные показатели	Индексы	Площади воз-действий, га	Коэффициенты, норматив
Площадь разреза при добыче угля	$S_{\text{раз}}$	2800	
Суммарная площадь ЭУК, в т.ч.: промышленная площадка и селитьба автомобильные и железная дороги	$S_{\text{пл}}$	4900 3500 1400	
Суммарная площадь санитарно-защитных зон, в т.ч.: промышленной площадки отвала «Северный» отвала «Ближний» карьера и отвала «Укикитский»	$S_{\text{сзз}}$	13500 4700 2500 1500 4800	
Площадь нарушенных лесов, га	$S_{\text{пл}}^{\text{нр}}$	3852,79*	
Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории размещения объекта	K_3		1,1
Коэффициент к нормативной стоимости земель	K_n		1
Коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации земель и почв (очень сильно деградированные)	K_c		1
Норматив стоимости 1 га земель, руб. /га	$N_{\text{к.с.з}}$		400
Оптовая цена 1 м ³ древесины, произрастающей в зоне, тыс. руб/м ³	$C_{\text{л}}$		0,041
Репродуктивная способность леса по зеленой массе (органическим веществам) района, занятого пред-приятием, т/га	$P_{\text{зм}}$		130

Примечание. * – проектные данные ОАО ХК «Якутуголь».

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время Эльгинский угольный комплекс является структурной единицей ОАО АК «Мечел». По административному делению район месторождения находится на территории, подчиненной Нерюнгринскому району Республики Саха (Якутия).

Площадь месторождения в границах контура лицензионного соглашения составляет 108,96 км² при протяженности с севера-запада на юго-восток – порядка 13,4 км, с юго-запада на северо-восток – порядка 7,3 км.

В процессе эксплуатации Эльгинского угольного комплекса предусматривается изъятие земель под развитие горных работ разреза «Эльгинский» и породного отвала обогатительной фабрики «Эльгинская». При этом вскрышные породы разреза предусматривается транспортировать на три внешних («Укикитский», «Западный», «Северный») и внутренние отвалы; отходы обогащения угля вывозятся на породный отвал обогатительной фа-

брики. По данным ОАО ХК «Якутуголь» общая потребность в дополнительно занимаемых землях под объекты эксплуатации I очереди ЭУК составляет 3365,54 га. Карьерными работами будут нарушены значительные площади в бассейны рек Укикит и Ундыткан, горными работами под отработку запасов будут срыты малые водотоки. В результате строительства и эксплуатации I очереди строительства ЭУК нарушается (с учетом фактически нарушенных) 3852,79 га лесных угодий.

Ущерб от воздействия угольного комплекса на земельные, почвенные и лесные ресурсы является суммарной величиной, определяемой как сумма ущербов, наносимых в пределах зоны антропогенного воздействия каждому виду природных ресурсов и выражаемых в денежном эквиваленте. Были использованы формулы расчетов ущербов от деградации земель, почв и лесов [1]. Показателями явились расчетные площади техногенных воздействий, кроме площади нарушаемых лесов, заданной проектом.

Таблица 2

Результаты расчета ущерба земельным, почвенным и растительным ресурсам ЭУК

Ущерб	Обозначения ущербов		
	Уз _{раз}	Уз _{пл}	Уз _{сзз}
Ущерб от деградации земель, занятых открытыми горными работами при добыче полезного ископаемого в течение года, тыс./руб.	1232,0		
Ущерб от деградации почв, занятых промплощадками, внешним отвалом и технологическими дорогами, тыс./руб.		2156,0	
Ущерб от деградации почв и земель суммарной санитарно-защитной зоны объекта предприятия, тыс./руб.			5940,0
Ущерб от потери земли и почв, тыс. руб.	9328, 0		
Ущерб лесным ресурсам, тыс. руб.	20535,37		

Ущерб от деградации почв и земель Уз, наносимый размещением предприятия, определяют по формуле

$$Y = N_{к.с.з} (S_{раз}^{раз} + S_{пл}^{пл} + S_{с.з.з}^{с.з.з}) K_э^{сзз} K_с K_п$$

где Уз_{раз} – ущерб от деградации земель, занятых открытыми горными работами при добыче полезного ископаемого в течение года, тыс. руб.; Уз_{пл} – ущерб от деградации почв, занятых промплощадками, внешним отвалом и технологическими дорогами, тыс. руб.; Уз_{с.з.з} – ущерб от деградации почв и земель суммарной санитарно-защитной зоны объектов предприятия, тыс. руб.; S_{раз} – площадь карьера открытых работ при добыче угля в течение года, га; S_{пл} – суммарная площадь промышленных площадок объектов предприятия, внешнего отвала и технологических дорог, га; S_{с.з.з} – суммарная площадь санитарно-защитных зон объектов предприятия, га; K_э – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории размещения предприятия [5]; K_с – коэффициент пересчета в зависимости от степени деградации почв и земель территории предприятия [7]; K_п – эмпирический коэффициент к нормативной стоимости земель [7]. N_{к.с.з} – норматив стоимости 1 га земель, отводимых под строительство предприятия (принят согласно кадастровому паспорту земельного участка (выписке из государственного кадастра недвижимости) № 3823-1419/101/10-0705 от 28 декабря 2010 г.

Ущерб, наносимый предприятием лесному хозяйству У_л определяется по формуле [1]:

$$Y_l = S_{пл}^{тр} \Pi_l P_{зм}$$

где S_{пл}^{тр} – площадь лесов, нарушенных воздействием техногенеза предприятия, га; Π_л – оптовая цена 1 м³ древесины, произрастающей в районе предприятия, тыс. руб./м³, (принимается по данным ФГУ «Нерюн-

гринский лесхоз» в ценах 2010 г.), принята согласно данным ОАО ХК «Якутуголь»; P_{зм} – репродуктивная способность леса по зеленой массе в районе, занятого предприятием, принята по [7].

В табл. 1 приведены исходные данные для расчета экологического ущерба земельным, почвенным и лесным ресурсам по Эльгинскому угольному комплексу.

В табл. 2 приведены результаты расчета ущербов земельным, почвенным и лесным ресурсам Эльгинского угольного комплекса.

Ущерб поверхностным водным ресурсам. В процессе эксплуатации ЭУК образуются большие объемы загрязненных карьерных вод, подлежащих очистке и сбросу в приток р. Укикит через пруды-отстойники. Расчет ущерба от сброса карьерных вод предлагается рассчитывать, исходя из стоимости очистки сбрасываемых вод и платы за земли, отводимые под строительство гидротехнических сооружений по формуле [1]:

$$Y_{в.пов} = S_{в.пов} N_{к.с.з} + Q_{о.сб.в} N_{ст.оч}$$

где Y_{в.пов} – ущерб, наносимый предприятием поверхностным водам, тыс. руб.; S_{в.пов} – площадь занимаемая поверхностными водами на территории предприятия; Q_{о.сб.в} – объем очищенных сбрасываемых вод, тыс. м³/год; N_{ст.оч} – стоимость очистки 1 м³ сточных вод, руб./м³.

Основные показатели для расчета приведены в табл. 3.

При расчете S_{в.пов} учтено 10 искусственных водных объектов, в том числе: пруды-отстойники, нагорные каналы, водозаборы, отводы притоков, спрямление русла р. Укикит. По данным ОАО ХК «Якутуголь» нормативный показатель N_{к.с.з} согласно кадастровым паспортам участков является одинаковым для отводов гидротехнических сооружений и составляет 400 руб./га. в ценах I кв. 2015 г.

Таблица 3

Показатели для расчета ущерба поверхностным водам на стадии развития I очереди ЭУК*

Исходные показатели	Индексы	Ед. измерения	Кол-во
Объем очищенных сбрасываемых вод, в т.ч.:	$Q_{o.cб.в}$	тыс. м ³ /год	3126,0
– очищенных карьерных вод разреза	$Q_{кар}$		2864,2
– очищенных бытовых сточных вод предприятия	$Q_{быт}$		71,9
– очищенных производственных сточных вод предприятия	$Q_{пр}$		80,3
– очищенных поверхностных дождевых и талых вод, отводимых с промплощадок и внешнего отвала	$Q_{пов}$		109,6
Площадь, занимаемая поверхностными водоемами на территории предприятия	$S_{в.пов}$	га	80,7
	$N_{к.с.з}$	руб./га	400,0

Примечание. * – проектные данные.

Таблица 4

Возможный эколого-экономический ущерб поверхностным водам на период развития I очереди ЭУК

Показатель	Ед. изм.	при $N_{ст.оч}$, руб./м ³					
		0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$У_{в.пов}$	тыс. руб. / год	1595,28	3158,28	6284,28	9410,28	12536,28	15662,28

Согласно проектным решениям ООО «Эльгауголь», сброс очищенных до рыбохозяйственных нормативов сточных вод предусматривается после наполнения пруда-отстойника карьерных вод № 1 в 2021 г.

Пруд-отстойник карьерных вод запроектирован к северо-востоку от основной промплощадки ЭУК в долине безымянного ручья, впадающего в р. Укикит. По данным ОАО ХК «Якутуголь» естественный сток безымянного ручья с водосборного бассейна, расположенного выше зоны ведения работ, производится по искусственному отводу протяженностью 7 км, минуя отвалы и сам пруд-отстойник.

Дополнительная очистка вод до рыбохозяйственных нормативов будет производиться на проектируемых очистных сооружениях, строительство которых, согласно плану, намечено на 2020–2021 гг.

На стадии выхода обогатительной фабрики на проектную мощность 9,0 млн т угля/год $Q_{o.cб.в}$ будет равен 3,126 млн м³ в год. В связи с недостатком информации максимальная стоимость очистки 1 м³ сточных вод ($N_{ст.оч}$), рассчитываемая из эксплуатационных затрат очистного оборудования, может быть оценена приблизительно.

В табл. 4 приведены рассчитанные показатели возможного ущерба поверхностным водам (в ценах I квартала 2015 г.) при

различной стоимости очистки 1 м³ сточных вод, руб/м³.

В результате расчетов определен возможный эколого-экономический ущерб поверхностным водам, составивший 2,2–16,3 млн руб./год в зависимости от стоимости очистки сбрасываемых вод. Стоимость ущерба будет выражать величину запланированных годовых затрат на проведение природоохранных мероприятий, без учета стоимости строительства очистных сооружений.

Предприятие планомерно проводит работы, направленные на рационализацию производственного процесса и совершенствование природоохранных мероприятий. Так, известно [6], что в 2014 г. введены в эксплуатацию новые технологии фильтрации шламовых вод, позволяющие минимизировать сбросы шламовых вод обогатительной установкой во внешние гидротехнические сооружения.

В связи с этим предлагается дополнить методику расчета эколого-экономического ущерба поверхностным водным ресурсам в зоне воздействия ЭУК следующим образом:

– учесть ввод новых мало- и безотходных ресурсосберегающих технологий, как фактора снижения показателей образующихся объемов шламовых вод;

– учесть сбросы очищенных сточных вод вахтового поселка и других объектов, т.е. стоимость полной очистки сточных вод на очистных сооружениях и производимых организованных сбросов нормативно-чистых вод;

Формулы оценки ущерба ЭУК поверхностным водам в таком случае примут следующий вид:

$$Y_{\text{сб.в.}} = \sum_{i=1}^n Q_i N_i,$$

где Q_i – годовые объемы сбросов очищенных сточных вод i -й категории; N_i – стоимость очистки 1 м³ сточных вод i -й категории; i – категория сбрасываемых сточных вод, а также не образовавшийся вследствие применения экологичных технологий обогащения угля годовой излишек шламовых вод.

При этом к категориям сбрасываемых вод могут относиться очищенные производственные (карьерные, шламовые), хозяйственно-бытовые, талые, ливневые и др.

Заключение

Таким образом, рассчитанный эколого-экономический ущерб, наносимый строительством Эльгинского угольного комплекса на земельные, почвенные, лесные и поверхностные водные ресурсы, составил:

– земельным ресурсам и почве – 9328,0 тыс. руб.;

– лесным ресурсам – 20535,37 тыс. руб.;

– поверхностным водным ресурсам – 2200–16300 тыс. руб./год

– общий ущерб природным наземным ресурсам – 32063,4–46163,4 тыс. руб.

Методику расчета эколого-экономического ущерба водным ресурсам в зоне

воздействия ЭУК предложено дополнить учетом ввода новых мало- и безотходных технологий и сбросов очищенных сточных вод вахтового поселка и других объектов, т.е. стоимости полной очистки сточных вод на очистных сооружениях и производимых организованных сбросов нормативно-чистых вод;

Дополненный и усовершенствованный метод подсчета ущерба наземным ресурсам можно использовать для начального этапа воздействия ЭУК.

Список литературы

1. Бабенко О.Б., Семикобыла Я.Г. Методика расчета ущерба окружающей среде на территории горнодобывающего района // Горный журнал. – 2010. – № 7. – С. 103–105.

2. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба / Госкомэкология России. – М., 1999. URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/7/7130/ (дата обращения: 23.11.2016).

3. Гофман В.Р. Экономика природопользования: учебное пособие / В.Р. Гофман. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 101 с.

4. Жибинова К.В. Экономические основы экологии: Электронный учебно-методический комплекс (URL: http://www.kgau.ru/distance/ur_4/ekology/cont/3-1.html; (дата обращения: 15.03.2015 г.).

5. Методика определения ущерба от деградации почв и земель / Утв. Минприродой России и Роскомземом России, 1994. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/10/10803/index.htm> (дата обращения: 23.11.2016).

6. «Мечел» сообщает о внедрении новой технологии по обогащению угля на Эльгинском угольном комплексе (URL: http://www.mechel.ru/press/press?rid=750&oo=2&fnid=68&newWin=0&apage=1&nm=131328&fxsl=view_soc.xml) (дата обращения 15.03.2016 г.).

7. Руководство по охране окружающей среды в районной планировке. – М., 1980. URL: <http://files.stroyinf.ru/IndeX2/1/4293777/4293777265.htm> (дата обращения: 23.11.2016).

8. Шмаль А.Г. Факторы экологической безопасности & экологические риски. Издательство: МП «ИКЦ БНТВ», Бронницы. – 2010. – 190 с.

УДК 551.86

СТРАТИГРАФИЯ ПОЗДНЕИНДСКИХ-РАННЕОЛЕНЕКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ ПРЕДВЕРХОЯНСКОГО ПРОГИБА В СВЯЗИ С ИХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ

Рукович А.В.

Технический институт (филиал) СВФУ, Нерюнгри, e-mail: raul1975@mail.ru

Данная статья посвящена изучению стратиграфии позднеиндских-раннеоленецких отложений восточной части Вилуиской синеклизы и прилегающих районов Предверхоанского прогиба. Данная территория относится к Лено-Вилуиской нефтегазоносной области, в пределах которой открыто и в настоящее время разрабатываются такие газоконденсатные месторождения как: Средне-Вилуиское, Средне-Тюнгское, Толон-Мастакское, Соболах-Нежделинское и ряд более мелких по запасам месторождений. На всех этих месторождениях отложения позднего инда – раннего оленька, содержат в себе или экранируют залежи природного газа. Исследования выполнены автором на основании изучения стратиграфии литологии, по материалам результатов глубокого бурения скважин на исследуемой территории. В основе проведенных исследований лежит детальная стратиграфия мезозойских отложений Вилуиской синеклизы и Предверхоанского прогиба разработанная такими исследователями, как Ю.Л. Сластенов, М.И. Алексеев, Л.В. Баташанова и др., Однако пересмотр автором данной статьи материалов глубокого бурения в неджели-быраканском стратиграфическом районе позволил внести некоторые коррективы в сложившуюся ранее стратиграфическую схему.

Ключевые слова: предверхоанский прогиб, Вилуиская синеклиза, свита, пачка, аргиллит, песчаник, алевролит, конгломерат, гравелит

STRATIGRAPHY OF LATEIND-EARLYOLENEK OF DEPOSITS OF EAST PART OF THE VILYUYSK SYNECLISE AND ADJACENT REGIONS OF THE PREVERKHOYANSK DEFLECTION DUE TO THEIR OIL-AND-GAS CONTENT

Rukovich A.V.

Technical institute (branch) of NIFU, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru

This article is devoted to studying of a stratigraphy the lateind-earlyolenek of deposits of east part of the Vilyuysk syneclyse and adjacent areas of the Preverkhoyansk deflection. This territory belongs to Leno-Vilyuysky oil-and-gas area within which openly and now such gas-condensate fields as are developed: Average and Vilyuysk, Average and Tyungsky, Tolon-Mastakhsy, Sobolokh-Nezhdelinsky and number of fields, smaller on inventories. On all these fields of adjournment of late Indus – the early antelope beetle, comprise or I shield deposits of natural gas. Researches are executed by the author based on studying of a stratigraphy of a lithology, on materials of results of deep well-drilling in the researched territory. The detailed stratigraphy of mesozoic deposits of the Vilyuysk syneclyse and the Preverkhoyansk deflection by the developed such researchers as Yu.L is the cornerstone of the conducted researches. Slastenov, Alekseev M. I., Batashanova L. V., etc., However review by the author of this article of materials of deep drilling in the nedzheli-byrakansky stratigraphyc area allowed to introduce some amendments in the developed earlier stratigraphy scheme.

Keywords: the predverkhoyansk deflection, the Vilyuysky syneclyse, suite, a pack, soapstone, sandstone, aleurolite, a conglomerate, gravelit

В настоящее время на изученной территории принята стратиграфическая схема Ю.Л. Сластенова, согласно которой на территории Вилуиской синеклизы выделяются три стратиграфических района (см. рис. 1) в пределах которых выделяется ряд свит (табл. 1).

Согласно принятой стратиграфической схеме к отложениям описываемого возрастного интервала относятся терригенные толщи таганджинской, мономской и люксюгунской свит.

Таганджинская свита в стратотипической местности, в бассейне р. Нуоры, сложена мощными пластами песчаников, разделенными прослоями алевролитов и аргиллитов, или пачками переслаивания этих пород. Песчаники в этой свите зелено-

вато-серые, изредка красновато-бурые, мелкозернистые, иногда алевролитовые, реже среднезернистые, полевошпатово-граувакковые. Часто присутствуют округлые стяжения известковистого песчаника диаметром 2–5 см, имеющие с поверхности ржаво-бурю, красноватую или зеленоватую окраску, а также многочисленные плоские окатыши и щебень глинистых пород. Иногда встречаются отпечатки окаменелой древесины. В некоторых прослоях, наряду с обломками глинистых пород распространена хорошо окатанная галька зеленовато-серых песчаников. Наблюдаются линзы глинистой брекчии, состоящей из обломков черных глинистых пород, и прослои конгломератовидных песчаников, насыщенных упомянутыми выше известковистыми стяжениями. Песча-

ники слоистые, слоистость горизонтальная, иногда косоволнистая. По всему разрезу свиты встречаются раковины нижнетриасовых филопод *Lioestheria aequalis* (Lutk.), *Euestheria jacutica* Novoj., *Zyclotungusites gutta* (Lutk.) и др. Мощность таганджинской свиты в стратотипической местности около 420 м. Выше согласно залегают аргиллиты мономской свиты с остатками аммоноидей *Hedenstroemia* оленекского яруса. Нижняя часть таганджинской свиты мощностью около 120 м содержит больше прослоев алевролитов, чем её средняя и верхняя части. На Китчанском поднятии и в Алданской ветви Предверхоанского прогиба таганджинская свита во всех известных разрезах

имеет строение, подобное приведенному выше. Некоторые различия наблюдаются в развитии красноцветной окраски среди слагающих эту свиту пород. Наибольшее распространение красноцветов наблюдается по рр. Кельтер и Тенкиче. В восточной части Алданской ветви Предверхоанского прогиба песчаники таганджинской-свиты серые и зеленовато-серые, часто содержат мелкую гальку кварца. Мощность свиты на р. Илин-Делиня 133 м, на Ыбыкан-Тукуланском междуречье – 230 м, на р. Тенкиче около 300 м, на р. Сыгынкан – 400 м, на р. Бысыхтах (верховья р. Леписке) – около 200 м, на р. Курун-Сала (среднее течение р. Дянышки) – 220 м.

Таблица 1

Схема корреляции местных стратиграфических подразделений раннего триаса Вилуйской синеклизы и Предверхоанского прогиба по Ю.Л. Сластенову, 1991 г.

Ярус	Подъярус	Район		
		1	2	3
		Неджели-Быраканский	Вилуйско-Алданский	Менгкере-Бараинский
Оленекский	Поздний	Тулурская свита (нижняя толща)		Сыгынканская свита
	Ранний	Люксюгунская свита	Мономская свита	
Индский	Поздний		Таганджинская свита	
	Ранний	Неджелинская свита		

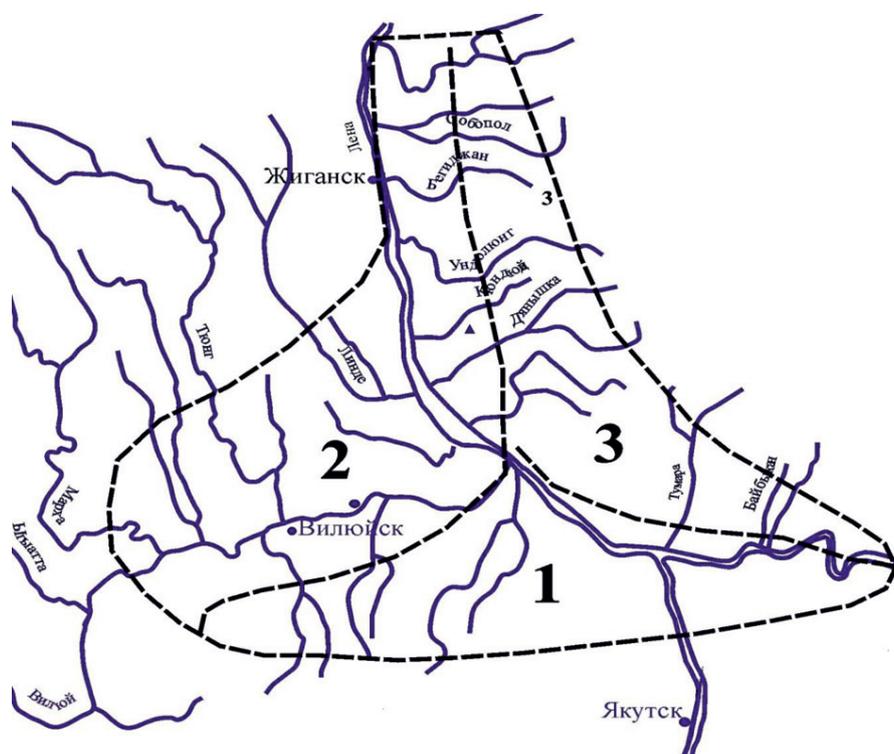


Рис. 1. Схема расположения стратиграфических районов (1 – Неджели-Быраканский, 2 – Вилуйско-Алданский, 3 – Менгкере-Бараинский)

На р. Бегиджан таганджинская свита имеет мощность около 250 м. Разрез её представлен мелкозернистыми граувакковыми песчаниками с прослоями алевролитов, особенно мощными в нижней части разреза. В песчаниках присутствует щебень и окатыши глинистых пород, реже галька алевролитового и песчаного состава, округлые стяжения известковистого песчаника. В алевролитах встречаются остатки нижнетриасовых филлопод. Перекрывается эта толща аргиллитами и алевролитами мономской свиты с остатками аммоноидей оленевского возраста.

В Вилуйско-Алданском районе таганджинская свита вскрыта многочисленными скважинами в Вилуйской синеклизе и на Усть-Вилуйской, Китчанской и Ивановской площадях в Предверхоянском прогибе. В связи с тем, что эта свита газоносна, её разрезы хорошо обеспечены керновым материалом. Свита уверенно выделяется в разрезах скважин как про керну, так и по промыслово-геофизическим материалам. На большей части территории Вилуйской синеклизы таганджинская свита сложена мелкозернистыми, часто алевролитистыми, реже мелко-, среднезернистыми полевошпатово-граувакковыми песчаниками, слоистыми, со слюдистым, иногда углестым материалом по наслоениям. Песчаники чередуются с прослоями и пачками переслаивания алевролитов, аргиллитов и конгломерато-брекчий. На северо-западном борту синеклизы в строении свиты существенную роль играют алевролиты и аргиллиты. Породы имеют преимущественно зеленоватую окраску, реже красноцветную или пятнистую.

В центральной части Вилуйской синеклизы таганджинская свита иногда может быть подразделена на две подсвиты, из которых верхняя имеет несколько большую мощность, чем нижняя. Нижняя сложена песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов и характеризуется весьма дифференцированными кривыми КС и ПС стандартного каротажа. Верхняя подсвита содержит меньше прослоев алевроито-глинистых пород, но в ней встречаются пласты пестроцветных конгломерато-брекчий мощностью от 0,2–0,4 до 4–5 м. Конгломерато-брекчии состоят из окатанных, угловато-окатанных и неокатанных обломков пестроцветных аргиллитов, алевролитов, реже песчаников, иногда присутствуют обломки карбонатных пород, характерно обилие округлых стяжений известковистого

песчаника. Цементирует обломки и стяжения мелкозернистый или разнозернистый известковистый песчаник. В основании верхней подсвиты залегает пачка переслаивания пестроцветных аргиллитов, глинистых алевролитов, алевролитов и мелкозернистых песчаников (до 40 м), являющаяся покрывшей продуктивного пласта Г1-Х на ряде месторождений.

В центральных частях Вилуйской синеклизы песчаники и алевролиты таганджинской свиты весьма разнообразны по петрографическому составу. Наряду с наиболее широко развитыми полевошпатово-граувакковыми здесь присутствуют граувакково-кварцевые, граувакково-аркозовые и аркозово-кварцевые, иногда сильно слюдистые песчаники. Для верхней подсвиты характерно более высокое содержание цемента (до 20%), в котором главная роль принадлежит монтмориллониту. Несколько иной петрографический состав имеет таганджинская свита в скважинах на северо-западном борту синеклизы, где в разрезе резко преобладают граувакковые песчаники, присутствуют прослои туфов с включениями мелких вулканических бомб. Мощность таганджинской свиты изменяется от нескольких десятков метров на бортах Вилуйской синеклизы до 400–520 м в её центральной части. При этом значительные колебания мощности свиты в центральной части Вилуйской синеклизы связаны главным образом с замещением песчаниками нижних слоев глинистой мономской свиты, перекрывающей таганджинскую. В Предверхоянском прогибе, в скважинах, пробуренных в районе устья р. Вилуй, мощность таганджинской свиты около 530 м, в Ивановской скважине 56 м. Возраст таганджинской свиты оценивается как позднеиндский.

Мономская свита распространена в тех же районах, что и таганджинская, на которой она залегает согласно. В стратотипическом разрезе по реке Кельтер она сложена аргиллитами с редкими прослоями алевролитов, с конкрециями и линзами сидеритов, сидеритизированных известняков и известковистых песчаников. Аргиллиты преимущественно черные и темно-серые с синеватым, голубоватым или зеленоватым оттенком, с характерной шестоватой или скорлуповатой отдельностью. Встречаются коричневато-бурые и красно-бурые разности. Алевролиты глинистые имеют такую же окраску, как и аргиллиты. Количество алевролитов возрастает вверх по разрезу. В известняках часто наблюдаются текстуры

«конус-в-конус». По всему разрезу свиты, как в аргиллитах, так и в конкрециях, встречаются остатки аммоноидей нижнего подъяруса оленекского яруса: *Hedenstroemis hedenstroemi* (Keys.) и др., а также филлопод, двустворок, наутилоидей и брахиопод.

Мономская свита на Китчанском поднятии выходит на дневную поверхность в многочисленных обнажениях в долинах р. Нуора, Моном, Таганджа, Муны, Леписке, Сыгынкан, Муосучан, по притокам р. Нуоры, на Муосучан-Буруолахском междуречье. Это позволяет проследить с большой детальностью фациальные изменения внутри свиты на большой площади. Наиболее ярко они проявляются в бассейне р. Леписке. В бассейне верхнего течения Леписке, на р. Бысыхтах, где мощность свиты возрастает до 180 м, в её нижней и верхней частях появляются прослои мелкозернистых полевошпатово-граувакковых песчаников и пачки их чередования с крупнозернистыми алевролитами мощностью от 2 до 5 м. В связи с этим граница с подстилающими и перекрывающими существенно песчаными отложениями таганджинской свиты становится менее четкой и проводится условно. В нижней части свиты здесь преобладают черные аргиллиты, а в средней и верхней, наряду с аргиллитами, широко развиты глинистые алевролиты, имеющие коричневатую-бурую окраску. В средней части свиты здесь прослеживается пласт рыхлого песчанистого известняка (0,2–0,4 м) с многочисленными остатками цератитов.

Юго-западнее, на левом притоке р. Леписке – р. Сыгынкан, мощность мономской свиты около 100 м. Кроме пестроцветных аргиллитов здесь широко развиты крупнозернистые алевролиты и мелкозернистые песчаники зелено-серые и красноватые, иногда насыщенные мелкими шаровыми конкрециями сильно карбонатизированных алевролитов. В таких прослоях содержатся многочисленные раковины двустворок и брахиопод, иногда образующие ракушняк. Еще далее к юго-западу, в разрезах скважин на Китчанской и Усть-Виллюйской площадях мономская свита содержит пласты мелкозернистых полевошпатово-граувакковых песчаников мощностью от 4 до 15 м.

Севернее Китчанского поднятия хорошие разрезы мономской свиты известны в бассейнах рек Бегиджан и Менгкере. Здесь, как и в стратотипической местности, свита представлена аргиллитами с прослоями и пачками глинистых алевролитов,

с конкрециями, линзами и тонкими прослойками карбонатных пород (глинистые и алевролитистые известняки, сидериты, известняки). Окраска пород преимущественно темная с зеленоватым оттенком, реже распространены породы с красновато-коричневой окраской. В карбонатных конкрециях, а также в аргиллитах и алевролитах встречаются раковины раннеоленекских цератитов, реже двустворок, брахиопод и филлопод. Мощность свиты на западном склоне южного Орулгана изменяется от 150 м на р. Бегиджан до 84 м на р. Сынче (бассейн р. Менгкере) [3].

В пределах Виллюйско-Алданского стратиграфического района мономская свита хорошо опознается в разрезах скважин по керну и по материалам промысловой геофизики как существенно глинистая толща. В Виллюйской синеклизе она экранирует крупные залежи газа и, кроме того, содержит литологически экранированные залежи газа в линзовидных пластах песчаников, её разрез хорошо освещен керном. Свита сложена преимущественно аргиллитами и глинистыми алевролитами часто красноватой, иногда темно-зелено-серой, изредка темно-серой, черной и пятнистой окраски. Мощность мономской свиты изменяется от 80–100 до 200–230 м.

Прослеживание мономской свиты по скважинам на разведочных площадях в Виллюйской синеклизе показало, что нижние горизонты этой свиты имеют тенденцию к замещению их песчаниками, подобными песчаникам таганджинской свиты. За счет этого мономская свита изменяет, иногда весьма резко, свою мощность. Особенно ярко явление фациального взаимозамещения мономской и таганджинской свит проявляется в центральной части Хапчагайского поднятия, на Мастахской и Неджелинской площадях, и на прилегающей к этим площадям с юга территории Виллюйской синеклизы (Хайлахская, Быраканская, Южно-Неджелинская и другие площади бурения). Здесь глинистые породы мономской свиты почти полностью замещаются песчаниками, и мономская свита как глинистая толща на упомянутых выше площадях уже не может быть выделена [2]. Изменяется литологический состав пород, замещающих в нижнетриасовом разрезе этих площадей стратиграфический уровень таганджинской свиты – песчаники становятся более глинистыми, и широкое распространение получают конгломерато-брекчии и конгломерато-видные песчаники.

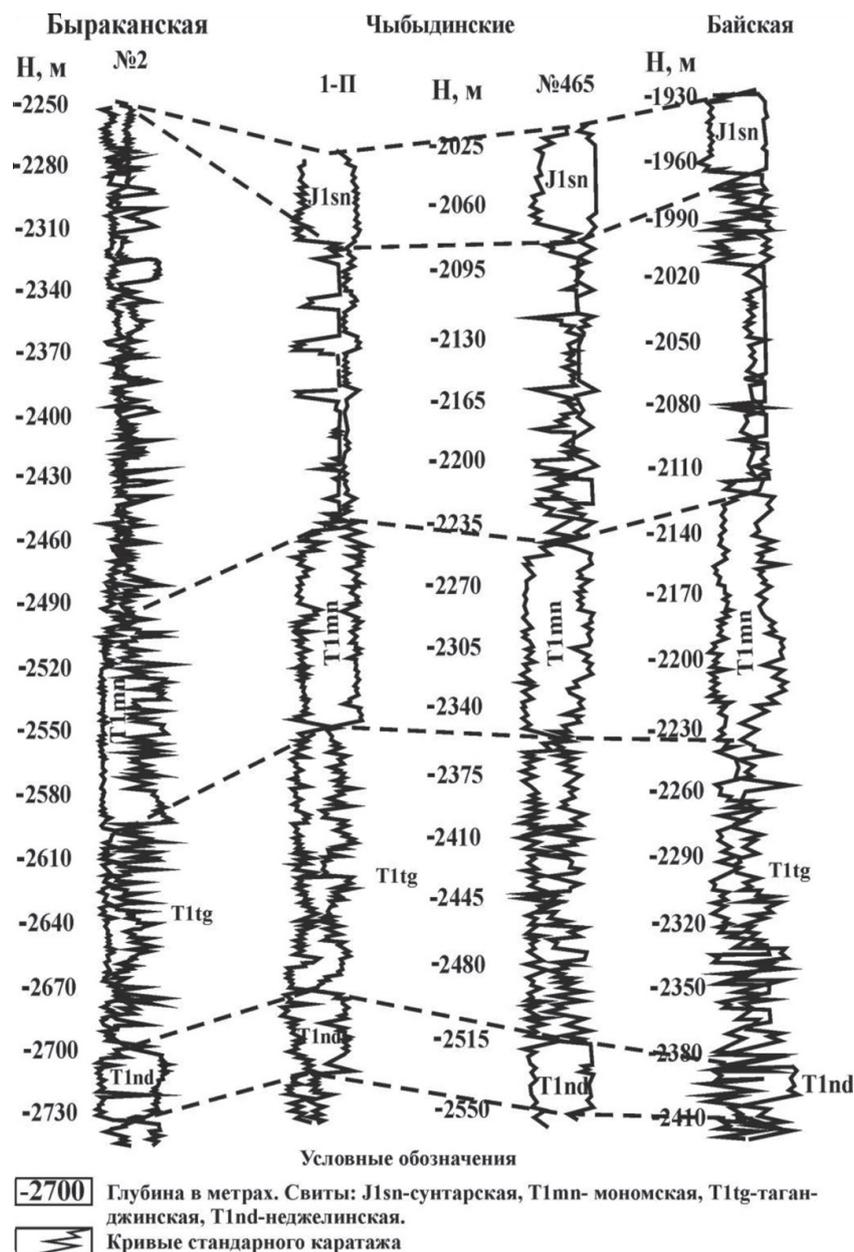


Рис. 2. Схема корреляции разрезов скважин Неджели-Быраканского стратиграфического района (южный борт Вилуйской синеклизы)

Таблица 2

Схема корреляции местных стратиграфических подразделений раннего триаса Вилуйской синеклизы и Предверхооянского прогиба по Ю.Л. Сластенову, 1991 г., с изменениями

Ярус	Подъярус	Район		
		1	2	3
		Неджели-Быраканский	Вилуйско-Алданский	Менгкере-Бараинский
Оленекский	Верхний	Тулурская свита (нижняя толща)		Сыгынканская свита
	Нижний	Мономская свита		
Индский	Верхний	Таганджинская свита		
	Нижний	Неджелинская свита		

В связи с этим на упомянутых площадях вместо таганджинской и мономской свит Ю.Л. Сластеновым выделена люксюгунская свита (см. табл. 1). Территория распространения этой свиты выделяется как Неджели-Быраканский стратиграфический район [2].

Пересмотрев материалы глубокого бурения (каротаж скважин и керновый материал) на Чыбыдинской, Хайлахской, Быраканской, Южно-Неджелинской и Байской площадях, автор статьи установил наличие мономской свиты в разрезах этих скважин (рис. 2).

Таким образом, исходя из полученных новых данных, можно сделать вывод о том, что выделение Ю.Л. Сластеновым люксюгунской свиты в разрезе позднеиндских-раннеоленекских отложений на южном борту Виллойской синеклизы является не до конца обоснованным, так как здесь присутствуют отложения мономской свиты на тер-

ритории Неджели-Быраканского стратиграфического района. Согласно новым данным предложенная Ю.Л. Сластеновым схема корреляции может выглядеть так (табл. 2).

Список литературы

1. Сластенов Ю.Л. Геологическое развитие Виллойской синеклизы и Предверхоанского прогиба в позднем палеозое и мезозое // В кн.: Минерагения, тектоника и стратиграфия складчатых районов Якутии. – Якутск, 1986. – С. 107–115.
2. Сластенов Ю.Л. Стратиграфия Виллойской синеклизы и Предверхоанского прогиба в связи с их нефтегазоносностью: Автореф. дис. док. геол. мин. наук. – Санкт-Петербург, 1994. – 32 с.
3. Сластенов Ю.Л., Гриненко В.С., Зинченко В.Н., Урзов А.С. Новые данные по стратиграфии триаса и юры Предверхоанского прогиба // В кн.: Стратиграфия, тектоника и полезные ископаемые Якутии. – Якутск, 1992. – С. 3–23.
4. Сластенов Ю.Л. Стратиграфия и история заполнения мезозойскими отложениями Западного Предверхоанья: Автореф. дис. канд. геол. мин. наук. – Якутск, 1965. – 24 с.
5. Сластенов Ю.Л., Алексеев М.И., Баташанова Л.В. Новые данные о геологическом строении Алданской ветви Предверхоанского прогиба // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 230, № 3. – С. 693–696.

УДК 551.435.162-047.37(470.40)

**РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ОВРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ
ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ****Тюкленкова Е.П., Акифьев И.В., Чурсин А.И.***ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза,
e-mail: tuklen@yandex.ru*

Статья посвящена актуальной проблеме экологического мониторинга состояния овражно-балочной сети в Пензенской области. Рассмотрены состояния территорий существующих оврагов, таких как овраг в лесном массиве рядом с профилакторием города Заречного, геологический памятник природы, так называемый овраг «Смерти», находящийся в Чаадаевском лесхозе, Павло-Куракинском лесничестве, Городищенского района, песчаный карьер Шемышейского района. Приведены примеры мероприятий по борьбе с эрозией и составлению проектов по рекультивации территорий оврагов и отработанных карьеров по добыче полезных ископаемых. Предложены меры по предотвращению роста оврагов, создание отвалов и карьерных выемок с учетом их рекультивации и ускоренного возврата рекультивируемых площадей для использования в народном хозяйстве, а также рассмотрены проекты организации сельскохозяйственного рыболовства в Пензенской области.

Ключевые слова: рекультивация, овраги, карьеры, пруд, нарушенные земли, водоемы, экологический мониторинг, противоэрозионные мероприятия, сельскохозяйственное рыболовство

RECLAMATION AREAS OF GULLIES AND RAVINES AREA NETWORK PENZA**Tyuklenkova E.P., Akifev I.V., Chursin A.I.***Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: tuklen@yandex.ru*

The article is devoted to an actual problem of ecological status monitoring network of gullies and ravines in the Penza region. Consider the state of the existing areas of gullies such as in a forest near the town of Zarechny dispensary, a geological monument of nature, the so-called ravine of «Death», which is in Chaadaev forestry, Pavlo-Kurakinskaya forestry, Gorodishchenskoye area, sand pit Shemysheysky District. Examples of measures to combat erosion and drafting remediation areas of gullies and waste pits for mining. Measures to prevent the growth of gullies, creating dumps and mining pits in accordance with their remediation and accelerated return rekultiviruemyh areas for use in the national economy, as well as the drafts of the organization of agricultural fishery in the Penza region.

Keywords: reclamation, gullies, pits, pond, disturbed land, water, environmental monitoring, anti-erosion measures, agricultural fishing

Одной из главных проблем на территории Пензенской области является рост оврагов и балок. Область расположена в юго-восточной части Восточно-Европейской равнины. На ее территории выделяют три основные возвышенности: Сурская Шишка с высотами более 320 м, Сурско-Мокшанская и Керенско-Чембарская возвышенности с высотами 270–290 м.

Начиная с 1991 года и до 2016 года, на территории Пензенской области увеличился процесс эрозии почв, что привело к интенсивному росту оврагов и балок на ее территории. Оврагами в области занято не менее 100 тыс. га. В настоящее время растет их рост, а также образуются новые. Их площадь колеблется от 0,2 км/кв. км на западе области до 0,5 км/кв. км и более в центральных и восточных районах. Благоприятными условиями для образования оврагов и балок в Пензенской области являются: наличие крутых склонов, рыхлых покровных, коренных горных пород, а также большая сельскохозяйственная освоенность территорий [3].

Земледелию огромный вред наносит эрозия почв, из-за которой в мире уже выбыло

из сельскохозяйственного оборота 2 млрд га сельскохозяйственных угодий, в том числе 50 млн га пахотных земель [2]. Почва является самовосстанавливающейся системой, но для восстановления разрушенного слоя почвы в 2,5 см естественным путем до исходного состояния потребуется от 300 до 1000 лет, а в 18 см до 2–7 тысячи лет. Под влиянием эрозии образуются промоины, которые затрудняют обработку почвы, развивая овраги и балки, что в дальнейшем приводит к уменьшению площади пахотных земель, разрушению дорог, заливанню сельскохозяйственных угодий, а также уменьшению или вовсе смыванию гумусового горизонта, тем самым резко снижая урожайность сельскохозяйственных культур.

На интенсивность развития эрозионных процессов большое влияние оказывают климат, рельеф, противоэрозионная устойчивость почв, растительность, хозяйственная деятельность человека и другие факторы. Климат оказывает влияние на развитие эрозионных процессов в результате колебания температур, количества и интенсивности выпадающих осадков, силы ветра. От

температуры зависят глубина промерзания почвы, интенсивность таяния снега и оттаивания почвы, сток талых вод, впитывание их в почву. Если постоянный снежный покров устанавливается на непромерзшей почве, то в процессе его таяния весной вода хорошо впитывается в почву и отсутствуют сток воды, смыв и размыв почвы, а если со склонов зимой снег сносится ветром, то почва оголяется, глубоко промерзает и талые воды мало впитываются, наблюдаются большой сток воды и разрушение почвы.

Интенсивность смыва почвы зависит от формы склона. На выпуклых склонах она больше, на вогнутых – меньше. Часто склоны имеют сложную форму: в одном

месте – выпуклую, в другом – прямую или вогнутую. Степень размыва почвы и образование оврагов зависят от размера, формы и крутизны склона.

На территории области присутствуют три типа оврагов:

- овраги коренных берегов рек;
- донные овраги, возникающие на дне древних балок;
- овраги склонов террас, междуречий, холмов.

Рассматривая существующий овраг в районе лесного массива рядом с профилакторием города Заречного Пензенской области (рис. 1), можно увидеть, что овраг вытянут с севера на юг.



Рис. 1. Овраг города Заречного Пензенской области

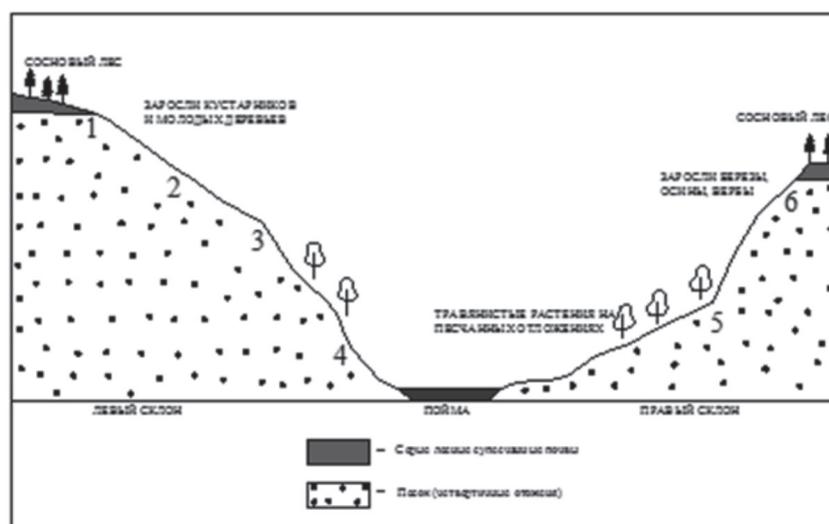


Рис. 2. Измерение ширины оврага города Заречного Пензенской области

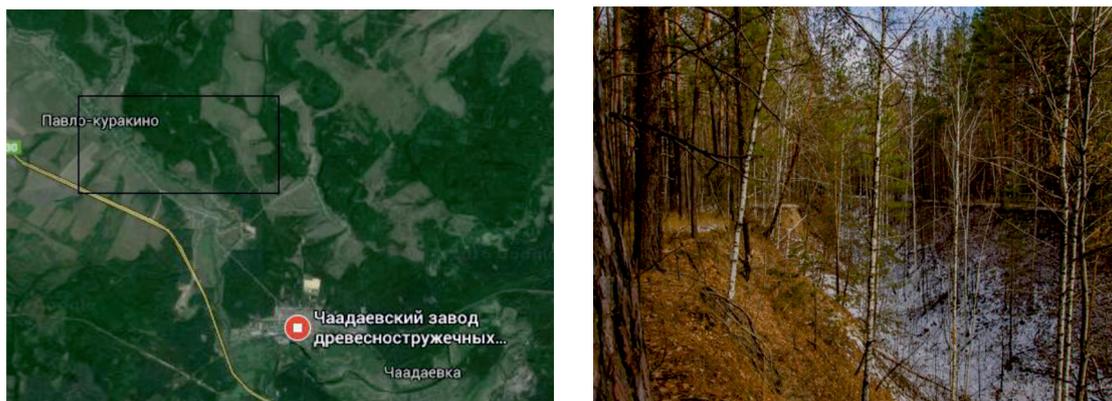


Рис. 3. Геологический памятник природы – овраг «Смерти» Городищенского района Пензенской области



Рис. 4. Песчаный карьер Шемышейского района Пензенской области

Глубина данного оврага колеблется в пределах от 4 до 14 м. Дно оврага узкое, а склоны крутые. Так же измерена ширина представленного оврага в 6 точках: в точке 1 ширина оврага составляет 22 м, в точке 2 – 27, в 3 – 33, в 4 – 40, в 5 – 10, в 6 – 38 (рис. 2).

Рассмотренный овраг существовал еще до строительства самого города, часть его засыпали и отдали под застройки жилых домов, а сточные воды пустили по бетонным конструкциям. Но грунт все же продолжает оседать, что и приводит к образованию трещин на асфальте [1].

В Пензенской области существует геологический памятник природы, так называемый овраг «Смерти», находящийся в Чадаевском лесхозе, Павло-Куракинском лесничестве, Городищенского района Пензенской области (рис. 3).

Данный овраг сформировался в результате водной эрозии правого борта реки

Суры, в которую он врезался на 1,5 км. Склоны оврага крутые, покрытые молодым сосново-березовым лесом, в местах выхода коренных пород почти отвесные. Глубина оврага колеблется в пределах 20–35 м. На период 2015 года овраг не имеет тенденции к интенсивному росту. На склонах имеются выходы коренных пород нижнего палеогена, представленные мелкозернистыми кварцевыми песками и светлоокрашенными желтоватыми песчаниками (саратовские слои, возрастом 40–50 млн лет), с содержанием в них окаменелой древесины. Является одним из редчайших геологических обнажений на территории области, содержащим окаменелую древесину периода палеогена. Геологический возраст древесины в пределах 67–25 млн лет. Овраг «Смерти» является первым палеонтологическим памятником природы на территории Пензенской области [5].

На территории области распространены осадочные полезные ископаемые, которые используются в качестве сырья для производства строительных материалов и удобрений. В регионе имеются и разведаны месторождения песков формовочных и стекольных, тугоплавких глин, мел, мергель, фосфориты минеральных красок и одно месторождение цементного сырья. Значительный ущерб природной среде наносят карьеры по добыче минерального грунта и нерудных материалов. Общая их площадь составляет около 180 тыс. га.

Карьерные выемки и отвалы образуются при добыче строительных материалов и полезных ископаемых открытым способом. Добыча полезных ископаемых проводится в течение длительного времени, поэтому рекультивация горных выработок и отвалов включается в технологическую схему разработки месторождения и осуществляется постоянно, по мере сработки пласта. В результате изъятия человеком горных пород образуются карьеры, которые без проведения рекультивационных мероприятий могут разрушаться под воздействием текучих вод, что в ряде случаев приводит к образованию оврагов.

В связи с большими объемами добываемой промышленности в Пензенской области существует большое количество разработанных карьеров. Так, на территории западной окраины села Старая Яксарка Шемышейского района Пензенской области, на расстоянии 2,1 км от села, ниже по течению реки Сура, в 200-метровой водоохранной зоне Сурского водохранилища разрабатывается песчаный карьер с уничтожением древесно-кустарниковой растительности (рис. 4).

На северо-восточной окраине села Новая Яксарка этого же района, на расстоянии 50 метров от бывшей фермы, разрабатывается карьер по добыче щебня. Длина карьера 25 метров, ширина 15 метров, глубина 1 метр.

На расстоянии 150 метров, от той же фермы, расположен второй карьер. Добыча щебня не ведется, рекультивация не проведена, при разработке карьера плодородный слой почвы в отвал не убран. Длина карьера составляет 70 метров, ширина 41 метр и глубина до 2 метров [5].

При проведении работ, связанных с нарушением почвенного покрова и рекультивацией земель, соблюдение установленных экологических и других стандартов, правил и норм является обязательным.

Рекультивация земель проводится согласно требованиям Постановления Правительства РФ от 23.02.1994 № 140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» и Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы, утвержденных Приказом Минприроды России и Роскомзема от 22.12.1995 № 525/67 [6]. При рекультивации отвалов и карьерных выемок должны выполняться следующие требования:

- предварительное снятие и складирование плодородного слоя почвы в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.02-85 «Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ» (далее – ГОСТ 17.4.3.02-85), селективная разработка потенциально плодородных вскрышных пород в объемах, необходимых для создания рекультивационного слоя соответствующих параметров;

- создание отвалов и карьерных выемок с учетом их рекультивации и ускоренного возврата рекультивируемых площадей для использования в народном хозяйстве;

- формирование отвалов и карьерных выемок, устойчивых к оползням и осыпям, защищенных от водной и ветровой эрозии путем их облесения, залужения и (или) обработки специальными химическими и другими материалами; обеспечение борьбы с эрозией на отвалах на основе зональных требований к противозрозионной организации территории отвалов;

- проведение мероприятий по организации концентрированного стока ливневых и технических вод путем устройства специальных гидротехнических сооружений;

- очистка или безвредное удаление из отвалов дренированной воды, содержащей токсичные вещества;

- обеспечение мероприятий по регулированию водного режима в рекультивационном слое из пород, обладающих неблагоприятными водно-физическими свойствами;

- создание экрана из капилляропрерывающих или нейтрализующих материалов (песок, камень, гравий, пленка и т.п.) при наличии в основании рекультивационного слоя токсичных пород;

- формирование отвалов из пород, подверженных горению, по технологическим схемам, исключающим их самовозгорание [6].

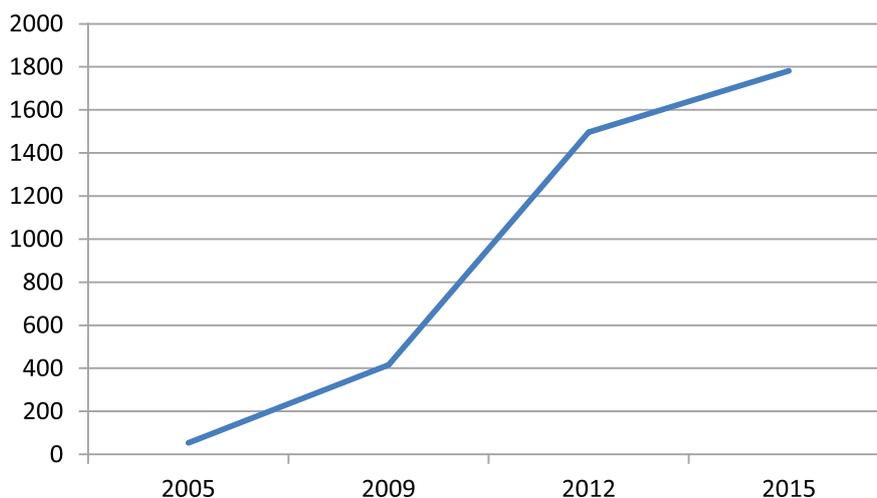


Рис. 5. График изменения объема производства товарной рыбы

Пример Пензенского Сурского водохранилища, которое было создано для обеспечения питьевой водой областного центра и закрытого города Заречный, находящийся вблизи с Пензой. На этом месте, где сейчас расположено водохранилище, раньше были огромные овраги, внизу которых была обычная пойма и луговина, заросшая лесом и протекал проток реки Суры.

После сооружения искусственного водоема радикально изменился ландшафт. Территория стала замечательным местом отдыха жителей и гостей Пензенской области, которых привлекает чистый воздух, красивая и спокойная природа, а главное, чистая вода.

После проведения специальных мероприятий овраги могут стать солидным преимуществом для сооружения прудов и разведения в них рыбы. Этим примером может служить хозяйство Ивана Шнайдера, являющегося председателем некоммерческого партнерства «Пензрыбхоз», который создал за несколько лет 20 прудов, наполненных талой водой. Их площадь составляет около 300 гектаров для выращивания 300 тонн рыбы. В прудах разводят такие виды рыб, как толстолобик, форель и зеркальный карп. Создание новых искусственных водоемов в районе значительно улучшило экологическую обстановку в связи с обводнением оврагов.

В Пензенской области в рыбоводстве используются не только природные пруды, но и запруженные овраги и балки. При

этом по общему производству рыбы в искусственных водоемах Пензенская область является лидером среди 14-ти регионов Приволжского федерального округа (ПФО). Удельный вес губернии в общем объеме производства рыбы в ПФО составляет около 20%. Рыбохозяйственное освоение водоемов Пензенской области является основой промышленного рыбопроизводства и обеспечения населения важнейшим продуктом питания [4].

В настоящее время в Пензенской области на водохранилищах, прудах и пойменных озёрах сформировано 474 рыбопромысловых участка. На прудах и водохранилищах сформировано 229 рыбопромысловых участков для организации товарного рыбоводства, общей площадью 6490 га и 225 рыбопромысловых участков для осуществления любительского и спортивного рыболовства площадью 5468 га [10]. На пойменных озёрах сформировано 20 рыбопромысловых участков для любительского и спортивного рыболовства. По объёму производства рыбы на искусственно созданных водоемах, с учётом любительского улова среди четырнадцати регионов Приволжского федерального округа Пензенская область занимает третье место, уступая лишь Саратовской области и Республике Башкортостан. В Пензенской области за 10 лет, начиная с 2005 года, увеличился объем производства товарной рыбы в 33 раза (рис. 5) [5].

Рыбохозяйственное освоение водоемов Пензенской области является основой про-

мышленного рыбопроизводства и обеспечения населения важнейшим продуктом питания. В Пензенской области сельскохозяйственное рыбоводство развивается на базе малых форм хозяйствования.

В Пензенской области готовится к реализации амбициозный инвестиционный проект «Сурская рыба». Планируется строительство современного производства, которое позволит выращивать до 500 тонн товарной рыбы и 30 тонн икры в год. Кроме того, рассматривается вариант создания закрытого комплекса с установкой замкнутого водоснабжения для разведения рыбосадового материала форели мощностью в 2 млн штук в год, а также направления по переработке рыбы [6].

Представляет интерес метод борьбы против оврагов и балок, применяемый в Японии. Он включает в себя засыпку оврагов бытовым мусором, после чего этот участок утрамбовывается и выравнивается, затем выравненные территории поступают на продажу, предназначенные для возделывания на них сельскохозяйственных культур. На территории Пензенской области население уже образовало несанкционированные свалки в оврагах, но прибегнуть к методу, предложенному в Японии, никто не собирается. Тем самым в настоящее время эти свалки загрязняют поверхностные и грунтовые воды, что может привести к плачевным последствиям. Поэтому необходимо принять меры по их ликвидации и по предотвращению их образования подходящим для местности способом.

Для предотвращения интенсивного роста оврагов на территории сельскохозяйственных земель Пензенской области необходима разработка и внедрение проектов рекультивации, осуществление противоэрозионных мероприятий, направленных на устранение причины их роста и ввод в эксплуатацию территории нарушенных земель. Наиболее рациональным способом введения в эксплуатацию неиспользуемых земель является метод затопления карьеров и оврагов. Смысл данного метода состоит в затоплении отобранных карьеров с последующей организацией на их территории прудов и водных объектов для развития сельскохозяйственного рыболовства.

Список литературы

1. Будина Т.Ю. Рекультивация земель при различных видах работ/ Т.Ю. Будина // «Справочник эколога». – 3 марта 2013. – № 3. – С. 19–38.
2. Марденский Н. А. Рельеф Пензенской области / Пензенская энциклопедия. – М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2001; URL: <http://inpenza.ru>.
3. Марденский Н.А. Овраги / Пензенская энциклопедия: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2001; URL: <http://inpenza.ru>.
4. Портал «Инфоурок», Гуральних Н.С. Исследование оврага в районе лесного массива у профилактория г. Заречный/ 26.04.2015; URL: <https://infourok.ru>.
5. Тюкленкова Е.П., Белкина А.И., Красилич О.А., Тюнькова Н.А. Рекультивация нарушенных земель для восстановления их водохозяйственных целей на примере Пензенской области.// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6–2. – С. 323–326.
6. Тюкленкова Е.П., Клушина Е.С. Развитие территории для ведения сельскохозяйственного рыболовства в условиях экономических санкций в Пензенской области.// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9–3. – С. 500–502.

УДК 624.131.1

АНАЛИЗ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ЛЁССОВЕДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ (ЛЁССОВЫХ ПОРОД)

Хансиварова Н.М.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: n.Khansivarova@yandex.ru

Статья посвящена анализу терминов лёссоведения, история которого исчисляется 180 годами. При изучении просадочных грунтов их основное свойство – просадочность связывают с лёссовыми грунтами. Зачастую в нормативно-технической и научной литературе термин «просадочный» является синонимом термина «лёссовый», «лёсс» и др. понятий лёссоведения. При этом сложилась ситуация, когда многие определения терминов даются в весьма вольной трактовке разными авторами, иногда кардинально искажающей основной смысл, изначально предложенный тем или иным исследователем. Употребление терминов лёссоведения в нормативно-технических документах при исследовании свойств просадочных грунтов как оснований зданий и сооружений усложняет и без того большое несоответствие в инженерно-геологической терминологии. Статья обосновывает необходимость унифицирования и закрепления терминов лёссоведения в сводах правил, регламентирующих выполнение инженерно-геологических изысканий на просадочных грунтах.

Ключевые слова: лёссоведение, лёссовые породы, лёссы, лёссовидные породы, просадочность

ANALYSIS OF THE LOESS STUDIES TERMBASE TO STUDY SUBSIDING SOILS (LOESSIAL ROCKS)

Khansivarova N.M.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: n.Khansivarova@yandex.ru

This article covers analysis of the terms of loess studies, the history of which is 180 years. In the study of subsiding soils, their main property – subsidence is associated with loessial soils. In many cases, in the regulatory technical and scientific literature, the term «subsidence» is synonymous with the term «loess», «loessial» and others loess studies concepts. There is a situation where many term definitions are given in rather free interpretation by different authors, sometimes drastically distorting the primary meaning originally proposed by a researcher. The use of the loess studies terms in the regulatory technical documents while investigating the properties of subsiding soils as the base of buildings and structures, complicates a great discrepancy in the engineering geological terminology. The article proves the need for unification and capture of the loess studies terms in regulations governing engineering geological surveys on subsiding soils.

Keywords: loess studies, loessial rocks, loesses, loess-like rocks, subsidence

Просадочность грунта – свойство грунтов, главным образом лёссовых, давать быструю и часто значительную просадку при замачивании водой под влиянием собственного веса, без возможности бокового расширения. Основной проблемой при изучении просадочных грунтов является то, что просадочность связывают с лёссовыми грунтами и используют термины и понятия лёссоведения. Зачастую в литературных источниках термин «просадочный» заменен на термин «лёссовый», однако объектом исследования являются именно просадочные грунты (породы).

В России лёссовые отложения занимают до 10% площади. При этом развитие просадочного процесса различной интенсивности и степени локализации наблюдается на большей части территории их распространения [11].

В современной нормативной и научной литературе широко используются термин «лёсс» и семь его производных: «лёссовая порода», «лёссовидная порода», «лёссопо-

добная порода», «лёсс деградированный», «лёсс видоизмененный», «лессоид», «лессолит» [6, 7, 10, 13]. Однозначного понимания содержания подавляющей части этих терминов нет, и вопрос не теряет своей дискуссионности.

Результаты исследования и их обсуждение

Термин «лёсс» был введен в геолого-минералогическую литературу в 1823 году Карлом Цезарем фон Леонгардом. С начала и середины XIX столетия до 1875 г. господствовали неопределённые представления о термине «лёсс», который встречается в работах К. Леонардо, Л. Агассица, Н.Д. Борисяка. Позднее все многообразие понятий «лёссовые» основывается на генетическом, литологическом (петрографическом), инженерно-геологическом, стратиграфическом и геоморфологическом принципах [6, 7].

Подробный обзор определения «лёсс» приведен в работах Н.И. Кригера, который дал литологическое определение «лёсса»

как палевого пылеватого известковистого суглинка (или супеси) с вертикальными тонкими каналцами [6, 7]. Н.И. Кригер также выделил 13 главных разновидностей понятий о том, что такое «лѣсс», отмечая, что при более детальном подходе это количество значительно увеличится.

В работах крупнейших исследователей по данному вопросу – Ф. Рихтгофена, Н.И. Кригера, А.И. Москвитина, М.И. Ломоновича, Г.А. Мавлянова, В.В. Севостьянова и других – выделяются диагностические признаки «лѣсса» с указанием условий его залегания и строения толщи. Основными признаками «лѣсса» являются: покровное залегание на разных элементах рельефа; отсутствие прослоев галечников и песков; достаточная мощность; наличие стратиграфически выдержанных ископаемых почв; наличие остатков наземной фауны и практическое отсутствие водной. Лѣсс понимается как сложная природная система – географически зональное образование, приспособляющееся к географической среде [6, 7]. Принадлежность к лѣссам нельзя определять по отдельным образцам, необходимо изучение в толще – *in situ*. «Лѣсс» как особое природное тело сложен лѣссовыми породами, но лѣссовые породы не всегда входят в состав лѣсса как системы. Лѣссовые породы вне указанной системы обычно называются лѣссовидными. Что касается породы в лѣссе (в лѣссе-системе), то её также называют лѣссом (лѣссом-породой) [6, 7].

Е.М. Сергеев, Л.Г. Балаев, Г.А. Мавлянов, А.К. Ларионов, Н.Н. Комисарова выделяли четыре подтипа лѣссовых грунтов [8, 9, 10, 13].

1. Лѣсс – порода, обладающая следующими инженерно-геологическими критериями: просадочностью при природном давлении и дополнительных нагрузках; малой гидрофильностью (влажность, $W_n \leq 2,6\%$); слабыми водоустойчивыми структурными связями; преимущественно зернисто-плѣнчатой или пылевато-плѣнчатой структурой.

2. Деградированный лѣсс – имеет те же признаки, что и лѣсс, но потерял способность к просадке в результате увлажнения и дополнительного уплотнения.

3. Для лѣссовидного грунта (порода) характерны: отсутствие просадочных свойств при замачивании; более высокая гидрофильность ($W_n \geq 2,6\%$); преимущественно зернисто-агрегативная и агрегативная структуры, которые обеспечивают более прочные структурные связи.

4. Лѣссоподобный грунт (порода) – мѣрзлые пылеватые образования, проявляющие термоосадки в результате оттаивания.

Анализ работ данных авторов позволяет сделать основные выводы:

- все выделенные подтипы объединены общим понятием «лѣссовые грунты»;
- выделяются подтипы «деградированный лѣсс» и «лѣссоподобный грунт»;
- просадочными свойствами обладают лѣссы.

Такой же подход сохраняется в содержании терминов, изложенных в монографии «Лѣссовые породы СССР» под редакцией Сергеева Е.М. 1986 г. [10].

В.П. Ананьев, В.И. Коробкин, Л.В. Передельский, А.Д. Потапов (1973–2000 гг.) представили свое понимание терминов лѣссоведения в работе [1]. В основе разделения пород лежат инженерно-геологические признаки. Авторы выделяют следующие типы.

1. Лѣссовые породы представлены суглинками, реже – супесями. Среди них различают лѣсс (первичное образование) и лѣссовидные суглинки (переотложенные первичные образования). Гранулометрический состав их нередко бывает сходным, поэтому в строительном деле целесообразно пользоваться единым названием «лѣссовые грунты», подразделяя их по гранулометрическому составу на супеси, суглинки, глины. Диагностическими признаками являются: палевая, палево-желтая или желто-бурая окраска; высокая пылеватость (содержание фракции 0,05–0,005 мм более 50 % при небольшом количестве глинистых частиц); природная влажность до 15–17%; пористость более 40 % с сетью крупных и мелких пор; высокая карбонатность, засоление легководорастворимыми солями; быстрая размокаемость в воде; способность сохранять вертикальные откосы в сухом состоянии. По характеру влияния на них увлажнения различают: набухающие, непросадочные, просадочные (рис. 1).

2. Для лѣссов типична однородность.

3. Лѣссовидные суглинки обычно слоисты и могут содержать обломки различных пород.

Анализ работ данных авторов позволяет сделать основные выводы:

- все выделенные подтипы объединены общим понятием «лѣссовые грунты»;
- в основе выделения генетические признаки: лѣсс (первичное образование) и лѣссовидные суглинки (переотложенные первичные образования);

● гранулометрический состав их нередко бывает сходным, поэтому целесообразно пользоваться единым названием «лёссовые грунты», подразделяя их по гранулометрическому составу на супеси, суглинки, глины;

● по характеру влияния на них увлажнения различают: набухающие, непросадочные, просадочные.

Классификационные критерии разделения лёссовых грунтов в инженерно-геологических целях рассмотрены в ГОСТ 25100-82 Грунты. Классификация [3]. Согласно стандарту, лёссовые грунты – пылевато-глинистые образования относятся к группе – осадочных несцементированных; подгруппе – обломочных – пылеватых и глинистых (элювиальные, пролювиальные, делювиальные, аллювиальные, водно-ледниковые, ледниковые, озерные, морские, эоловые, пирокластические и смешанного происхождения). Типы выделяются по совокупности признаков и по числу пластичности так же, как супеси, суглинки и глины: лёссовые грунты и илы; вид – по коэффициенту пористости. По последнему показателю обособляются разновидности: низкопористые $e \leq 0,8$

и высокопористые $e \geq 0,8$. Лёссовые грунты однородны; содержат более 50% пылеватых частиц (0,05–0,005 мм), дают просадку. По содержанию легко- и среднерастворимых солей и карбонатов ранжируют разновидности: незасоленные, засоленные. Породы легко размокают и размываются; в маловлажном состоянии способны держать вертикальные откосы; при полном водонасыщении могут переходить в плавунное состояние. Кроме перечисленных выше, определяют разновидности по степени цементации льдом; по консистенции; по содержанию органического вещества (рис. 2).

Анализ ГОСТ позволяет сделать основные выводы:

● отсутствуют термины «лёсс» и «лёссовидные породы»;

● просадочность – типичное свойство; грунты (породы) разделяются по относительной деформации просадочности ε_{s1} на просадочные и непросадочные;

● при полном водонасыщении могут переходить в плавунное состояние; упоминаются лёссовые породы, находящиеся в мерзлом состоянии.

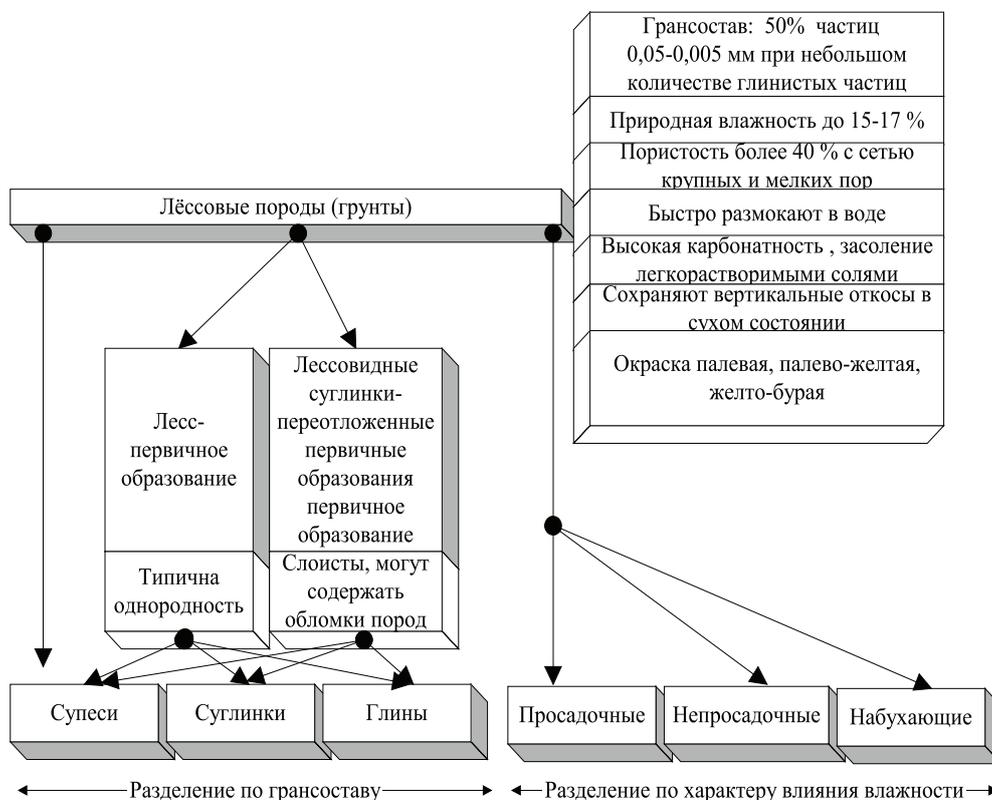


Рис. 1. Пояснение терминов лёссоведения в работах В.П. Ананьева, В.И. Коробкина, Л.В. Пердельского, А.Д. Потапова (1973–2000 гг.)

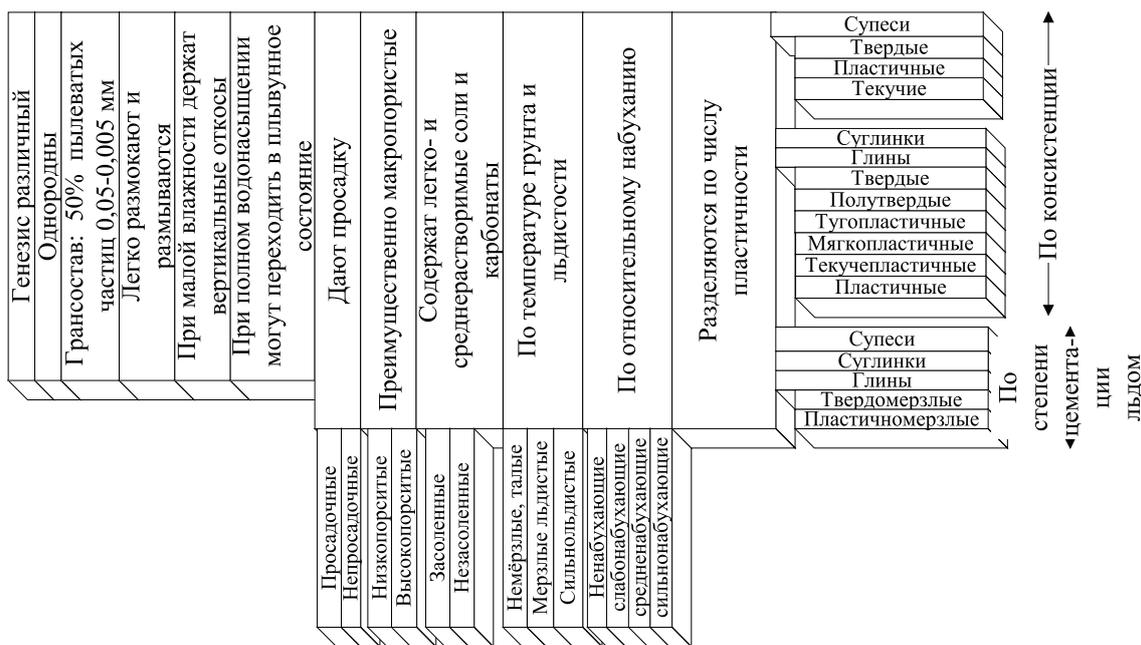


Рис. 2. Пояснение терминов лёссоведения в ГОСТ 25100-82 Грунты. Классификация

В СП 11-105-97, III часть выделяют лёсы, лёссовые и лёссовидные породы (грунты) [12].

Главная отличительная особенность лёсов – наличие макропор размером 1–3 мм, различимых невооруженным глазом.

Лёссовые грунты – всегда проявляют просадочные свойства. Характерны следующие признаки лёссовых просадочных грунтов: светлая окраска (от палевого до охристого цвета); высокая пылеватость (содержание частиц размером 0,05–0,005 мм более 50% при количестве частиц размером менее 0,005 мм, как правило, не более 10–15%); числа пластичности менее 12; повышенная пористость (более 45%); засоленность; способность держать вертикальные откосы в маловлажном состоянии; цикличность строения толщ; невысокая природная влажность (как правило, менее границы раскатывания); низкая плотность скелета грунта (менее 1,5 г/см³).

Лёссовидные породы, в основном суглинки, имеют более темный бурый или красновато-бурый цвет; плотность 1,8–1,9 г/см³; пористость до 40%; более глинисты; непросадочны.

Анализ данного свода правил позволяет сделать основные выводы:

- на одном иерархическом уровне выделяются «лёсс», «лёссовые грунты», «лёссовидные грунты»;

- главная отличительная особенность лёсов – наличие макропор размером 1–3 мм, различимых невооруженным глазом;

- просадочность – типичное свойство лёссовых грунтов;

- лёссовидные грунты, в основном суглинки, не обладают просадочными свойствами.

В работах В.Т. Трофимова подробно проанализировано содержание термина «лёсс» и его производных, введенное разными авторами, а также обозначены собственные представления [2, 14, 15]. Автор относит лёссовые грунты к песчано-глинисто-пылеватым континентальным образованиям разного генезиса группы связных грунтов. Для лёссовых грунтов характерно: содержание более 50% частиц размером 0,05–0,005 мм; низкая естественная влажность (обычно ниже 20%); высокая пористость (до 55–65%); содержание карбонатов (до 25–35%), водорастворимых солей (до 5%); низкая водопрочность. Просадочность – типичное свойство лёссовых грунтов, которое проявляется при замачивании под действием собственного веса толщи или дополнительных нагрузок от сооружений. Среди лёссовых грунтов обособляются лёсы и лёссовидные грунты.

Лёсс – порода, обладающая следующими критериями: более 50% содержание тонкопесчаных (0,1–0,005 мм) и крупно-

пылеватых (0,01–0,05 мм) частиц и небольшое количество глинистых (до 16% по классификации С.С. Морозова), которые находятся в агрегированном состоянии. Лёссы проявляют просадочные свойства (при замачивании) при действии природного давления.

Лёссовидные грунты – занимают промежуточное положение между лёссами и глинистыми грунтами. Обладают следующими критериями: в гранулометрическом составе преобладают частицы 0,01–0,0001 мм, которые вместе с глинистыми частицами образуют микроагрегаты. Просадочные свойства при замачивании реализуются только под действием дополнительных нагрузок (рис. 3).

Анализ работ В.Т. Трофимова позволяет сделать основные выводы:

- все выделенные подтипы объединены общим понятием «лёссовые грунты»;
- просадочны и лёссы, и лёссовидные грунты;
- лёссовидные грунты занимают промежуточное положение между лёссами и глинистыми грунтами.

Выводы

На основании анализа и обобщения основных литературных источников, содержащих пояснения терминов лёссоведения, можно сделать следующие выводы:

1. Просадочность часто связывают с лёссовыми породами и используют термины и понятия лёссоведения. В нормативно-технической и научной литературе термин «просадочный» заменен на термин «лёссовый», однако объектом исследования являются именно просадочные грунты.

2. Одной из основных проблем изучения просадочных грунтов является отсутствие единого подхода к терминам и понятиям лёссоведения, с которым связывают просадочность. «Определения даются в произвольной трактовке разными авторами. Нет однозначного понимания содержания подавляющей части терминов, вопрос на протяжении многих десятилетий остаётся дискуссионным и не теряет актуальности» [15].

3. Главные термины лёссоведения – «лёсс», «лёссовые породы», «лёссовидные породы». Производные этих терминов – «лёссоподобная порода», «лёсс деградированный», «лёсс видоизмененный», «лессоид», «лессолит» в современной литературе практически не используются.

4. Выделяются пять различных по содержанию определений главных терминов: генетическое; литологическое; инженерно-геологическое; морфологическое; стратиграфическое [6], [7]. Основными являются: генетическое, литологическое и инженерно-геологическое [15].



Рис. 3. Пояснение терминов лёссоведения в работах В.Т. Трофимова

5. По своему содержанию наиболее развернутым является термин «лёссовая порода», критериями выделения которой являются: гранулометрический состав, влажность, пористость и макропористость, содержание солей, слабые водонеустойчивые структурные связи, способность сохранять вертикальные откосы в сухом состоянии; цвет [1, 2, 3, 5–15]. С середины прошлого столетия при выделении лёссовых пород в качестве важнейшего их признака стала рассматриваться просадочность. Однако подход к использованию этого признака неодинаков: одни авторы считают просадочность свойственной всем лёссовым породам, другие – только при малой влажности [3, 5–15].

6. Существует множество определений термина «лёсс». Приведенный обзор свидетельствует, что подходы к выделению лёсса, предложенные разными авторами, принципиально различны; даже в рамках одного подхода понятия «лёсс», предложенные разными исследователями, не совпадают, причем очень существенно. При употреблении термина «лёссовидная порода» в основном имеется в виду лёссовая порода, утратившая или изначально не обладающая просадочными свойствами.

7. Проведенный анализ литературных источников, посвященных вопросам лёссоведения, показал необходимость разработки рекомендаций по уточнению содержания его основных терминов: «лёссовая порода», «лёсс», «лёссовидная порода».

Список литературы

1. Ананьев В.П., Коробкин В.И. Инженерная геология, – М.: Высшая школа, 1973. – 511 с.
2. Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии // Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: ООО «Гео-маркетинг», 2012. – 320 с.
3. ГОСТ 25100-82 Грунты. Классификация. – 10 с., <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4294829/4294829299.pdf>.
4. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. – 63 с., <http://docs.cntd.ru/document/1200095052>.
5. Инженерная геология России. Том. 1. Грунты России: [монография] / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королёва. – М.: КДУ, 2011. – 672 с.
6. Кригер Н.И. Лёсс, его свойства и связь с географической средой. – М.: Наука, 1965. – 296 с.
7. Кригер Н.И. Что такое лёсс. (вопросы определения и классификации) // Классификационные критерии разделения лёссовых пород. – М.: Наука, 1984. – С. 6–14.
8. Ларионов А.К., Приклонский В. А., Ананьев В.П. Лёссовые породы СССР и их строительные свойства. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – 256 с.
9. Ларионов А. К. Условия выбора классификационных критериев лёссовых пород // Классификационные критерии разделения лёссовых пород. – М.: Наука, 1984. – 368 с.
10. Лёссовые породы / Под. ред. Е.М. Сергеева, А.К. Ларионовой, Н.Н. Комисаровой. – Т. 1. – М.: Недра, 1986. – 232 с.
11. Лёссовые породы СССР. – М.: Недра, 1986. – Т. 1. – 208 с.
12. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. – 110 с.
13. Сергеев Е.М. Генезис лёссов в связи с их инженерно-геологическими особенностями // Вестник Моск. Унта. – Геология. – Сер. 4, № 5. – Москва, 1976. – С. 3–15.
14. Трофимов В.Т. Инженерная геология массивов лёссовых пород. Учебное пособие. – М.: КДУ, 2007. – 398 с.
15. Трофимов В.Т. Об инженерно-геологическом содержании термина «лесс» и его производных // Инженерная геология. – 1992. – № 6. – С. 4–24.

УДК 502/504: 551.4 (571.5)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ**¹Шеховцов А.И., ^{1,2}Белозерцева И.А.**¹*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск;*²*Иркутский государственный университет, Иркутск, e-mail: belozia@mail.ru*

В 2013–2014 гг. проведены ландшафтно-геохимические работы в бассейне р. Онон в пределах Акиншинского и Кыринского административных районов Забайкальского края. Выявлено, что более всех загрязнены р. Бальджа, Король и Киркун, где в данное время ведется добыча золота. Воды дренажных стоков р. Бальджа превышают ПДК Al в 89 раз, Fe в 31 раз, Mn в 11 раз, Zn в 1,3 раза, V в 23 раза, Ti в 10 раз. Хотя на территории около пос. Хапчеранга добыча олова уже не ведется более 40 лет, в грунтах до сих пор не заросших отвалов обнаружено повышенное содержание Fe, Mn, Cu, Pb, Cd и Zn. В районе отвалов после добычи золота, которое было прекращено также более 20 лет тому назад (рудник Любовь) в грунте отвалов данное время наблюдается повышенное содержание Mn и Ba. В районах действующих горнообогатительных производств в долине рек Бальджа, Король и Киркун также наблюдаются повышенные содержания макро и микроэлементов в почвах и грунтах. Загрязнение поверхностных вод и почв происходит в результате поднятия на поверхность и промывания пород, обогащенных макро- и микроэлементами. Месторождения имеют комплексный состав. Очевидно, что рекультивация на отработанных участках не проводилась. Естественное же восстановление растительности в следствие загрязнения, к которым можно добавить также почвенную засуху, идет здесь чрезвычайно медленно.

Ключевые слова: поверхностные воды, почвы, добыча золота и олова, бассейн р. Онон**ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF PRODUCTION OF RARE-EARTH ELEMENTS IN SOUTHEAST TRANSBAIKALIA****¹Shekhovtsov A.I., ^{1,2}Belozertseva I.A.**¹*V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk;*²*Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: belozia@mail.ru*

Were conducted landscape and geochemical works in the Onon river basin within the Aksha and Kyra administrative districts of Transbaikalia in 2013–2014. All rivers Baldzha, Korol and Kirkun, where is conducted the extraction of gold at present are more polluted. Waters of drainage drains rivers Baldzha exceed maximum concentration limit Al in 89 times, Fe in 31 times, Mn in 11 times, Zn in 1,3 times, V in 23 times, Ti in 10 times. Though in territory about settlement Hapcheranga extraction of tin is not conducted more than 40 years any more, in soils till now not overgrown piles raised maintenance Fe, Mn, Cu, Pb, Cd and Zn is revealed. In the pile area after gold extraction, which has been stopped also more 20 years ago (mine Lubov) in a ground of piles given time is observed raised maintenance Mn and Ba. In areas of operating ore dressing manufactures in a valley of the rivers Baldzha, Korol and Kirkun the raised maintenances macro- and microelements also are observed. Pollution of superficial waters and soils occurs as a result of a raising on a surface and washing of breeds, enriched with macro- and microelements. Deposits have complex structure. It is obvious, that recultivation on the fulfilled sites it was not spent. Natural restoration of vegetation in consequence above the specified reasons to which it is possible to add also a soil drought, goes here extremely slowly.

Keywords: surface water, soils, gold mining and tin, basin of the Onon River

Начало золотой промышленности в бассейне р. Онон положило открытие богатейших россыпей по р. Кыра в 1837 году. Добыча велась открытым способом на основе ручного труда, использовалась конная откатка воды и золотосодержащих песков. С 1830-х годов крупные компании применяли бочечные машины мощностью 300–500 т песка в сутки. А с 50-х годов – рельсовые пути откатки и паровые машины. Широко распространялось старательство. В 1960–1990 гг. добыча золота выросла в 3 раза. Ее максимум приходился на 1970-е годы. А в начале XX столетия добыча золота заметно уменьшилась.

С 1988 года россыпные месторождения золота в бассейне реки Бальджа разрабаты-

вает старательская артель с одноименным названием. Добыча золота ведется открытым гидромеханизированным способом. Производительные участки расположены на расстоянии 160–180 км от с. Кыра. На их месте сформированы качественно новые, техногенные ландшафтные структуры.

Добыча россыпного золота является одним из самых кардинальных антропогенных воздействий, связанных с уничтожением всех компонентов местной экосистемы. Так, имеющиеся на территории российской Даурии пространства площадью более 400 кв. км (1285 км речной сети) утратили природные свойства лесных земель и хозяйственную ценность для лесного хозяйства. С монгольской стороны их площадь

составляет 44 кв. км (138 км речной сети). Основным типом нарушенных земель здесь являются карьерные выемки и сопутствующие им породные отвалы, формирующиеся при добыче россыпного золота. Под воздействием дражных работ ландшафты долин многих рек нарушены до неузнаваемости, изменен водный и гидрохимический режим водотоков. Рекультивация этих участков практически не проводится. Однако зарастание отвалов действующих золотодобывающих предприятий (ООО «Бальджа») происходит быстрее, чем отвалов, заброшенных более 20 лет тому назад.

Аналогичная ситуация складывается и в долине р. Дунда-Хонгорун ниже пос. Любовь. Так, в июле 2012 г. в результате сильных ливней прорвало запруду озера-отстойника в долине этой реки и паводок высотой до 2 м частично затопил расположенный ниже пос. Гавань, нанеся ущерб хозяйствам местных жителей.

С 1934 по 1970 гг. в Кыринском районе функционировал Хапчерангинский горно-обогатительный комбинат – горнорудное предприятие по добыче и обогащению оловянных и полиметаллических руд Хапчерангинского месторождения и россыпных месторождений олова Былыринской группы.

Как напоминание о столетней оловянной индустрии Забайкальского края остались брошенные шахты и штольни, отвалы вскрышных пород и отходов обогатительных фабрик и электростанций, полуразрушенные здания цехов. Очевидно, что рекультивация земель, вовлеченных в хозяйственную деятельность Хапчерангинского ГОКа и предприятий, входивших в его состав, не проводилась. Естественное же восстановление растительного покрова в связи с неблагоприятными свойствами пород, складированных в отвалы, а также относительно суровыми климатическими условиями района является очень длительным процессом.

Результаты исследования и их обсуждение

Летом 2013–2014 гг. проведены комплексные экспедиции в бассейне р. Онон [1] в пределах Акшинского и Кыринского административных районов Забайкальского края и дана оценка современного состояния природно-антропогенной среды Юго-Восточного Забайкалья (рис. 1). Особое внимание уделялось антропогенным ландшафтам у рудника Любовь (добыча золота), у Хап-

черангинского месторождения оловянных и полиметаллических руд, в районе добычи россыпью олова Былыринской группы, на территории добычи золота. Всего заложено более 150 почвенных разрезов, и отобрано около 600 проб вод, почв и грунтов. Химические анализы почв определялись общепринятыми методами в лицензированном химико-аналитическом центре ИГ СО РАН. В работе принимали участие сотрудники Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и студенты ИГУ.

Результаты полевого обследования и химического анализа показали, что вода большинства рек фоновой территории имеет низкий уровень загрязненности и обладает хорошим питьевым качеством. Вода большинства водотоков имеет суммарную минерализацию менее 100 мг/дм³ и по классификации О.А. Алекина относится к водам гидрокарбонатного класса группы кальция III и II типа. Исключение составляет р. Дунда-Хонгорун, воды которой относятся к сульфатному классу группы кальция II типа и имеют минерализацию 689,9 мг/дм³. Также повышенной минерализацией отличается вода р. Хурултей (417,5 мг/дм³). Она хоть и относится к классу гидрокарбонатных вод группы кальция II типа, но имеет более высокое содержание сульфат-ионов относительно остальных рек (кроме р. Дунда-Хонгорун). Микроэлементный состав вод изучаемых рек фоновой территории в основном достаточно ровный – большинство микроэлементов (хром, никель, кобальт, свинец, бериллий, кадмий, серебро и мышьяк) показали содержания, не превышающие пределов их обнаружения. Но некоторые из них все же имеют более высокие концентрации. Так, например, по ванадию наблюдается стабильное превышение ПДК_{вр} от 3 до 7, меди – от 2 до 7 раз. Подобные высокие содержания этих элементов отмечаются практически во всех опробованных водотоках и, по-видимому, являются региональной особенностью химического состава вод. У отдельных рек отмечается значительное превышение содержания стронция: Дунда-Хонгорун (1580 мкг/дм³), Хурултей (603), Учирка (308) и Тырин (164 мкг/дм³). Кроме того, вода рек Дунда-Хонгорун и Хурултей имеет относительно более высокое содержание бария, а р. Тырин – цинка (до 2,1 ПДК_{вр}).

Более всех загрязнены реки Бальджа, Король и Киркун, где в данное время ведется добыча золота (рис. 2). Воды дренаж-

ных стоков р. Бальджа превышают ПДК_{вр} алюминия в 89 раз, железа – в 31 раз, марганца – в 11 раз, цинка – в 1,3 раза, ванадия – в 23 раза, титана – в 10 раз. Воды р. Киркун ниже по течению от артели (более 5 км) имеют высокие содержания алюминия, превышающие ПДК_{вр} в 25 раз, железа – в 3,2 раза, марганца – в 2 раза, ванадия – в 27 раз. Воды р. Король содержат повышенные концентрации цинка (1,6 ПДК_{вр}) и ванадия (27 ПДК_{вр}). Вода мутных дренажных стоков в верховьях р. Бальджа гидрокарбонатно-сульфатная хлоридно-кальциевая, имеет концентрацию взвешанных веществ 144 мг/дм³, что превышает их предельно допустимую концентрацию для хозяйственно-питьевого водоснабжения (0,25 мг/дм³) в 576 раз.

По результатам исследования физико-химических свойств почв в приграничной с Монголией территории бассейна р. Онон выявлено их подщелачивание в почвогрунтах после добычи золота и олова. Хотя на территории около пос. Хапчеранга добыча олова уже не ведется более 40 лет, в грунтах до сих пор не заросших отвалов обнаружено повышенное содержание железа, марганца, меди, свинца, кадмия и цинка. Содержание

марганца здесь превышает ПДК в 1,8 раз, а свинца – в 11. Концентрации цинка превышают ОДК в 7,8 раз, кадмия – в 18 раз, а меди – в 2,5 раза их фоновые значения. В районе отвалов после добычи золота, которое было прекращено также более 20 лет тому назад (рудник Любовь), в грунте отвалов данное время наблюдается повышенное содержание марганца и бария, превышающее их фоновые концентрации в 1,6–3 раза. Около с. Верхний Стан (р. Хурултей) в районе месторождения флюорита и олова в грунтах заброшенных отвалов наблюдается повышенное содержание свинца, превышающее ПДК в 1,7 раза. В аллювиальной гумусовой почве долины р. Тырин в районе около бывшего горнообогатительного производства также наблюдается повышенное содержание свинца, превышающее ПДК в 2 раза (таблица).

В районах действующих горнообогатительных производств в долине рек Бальджа, Король и Киркун также наблюдаются повышенные содержания макро- и микроэлементов. В районе отвалов после добычи золота обнаружено повышенное содержание марганца (1,3 ПДК), стронция (2,4 Кларка литосферы), ванадия (1,7 Кларка литосферы).

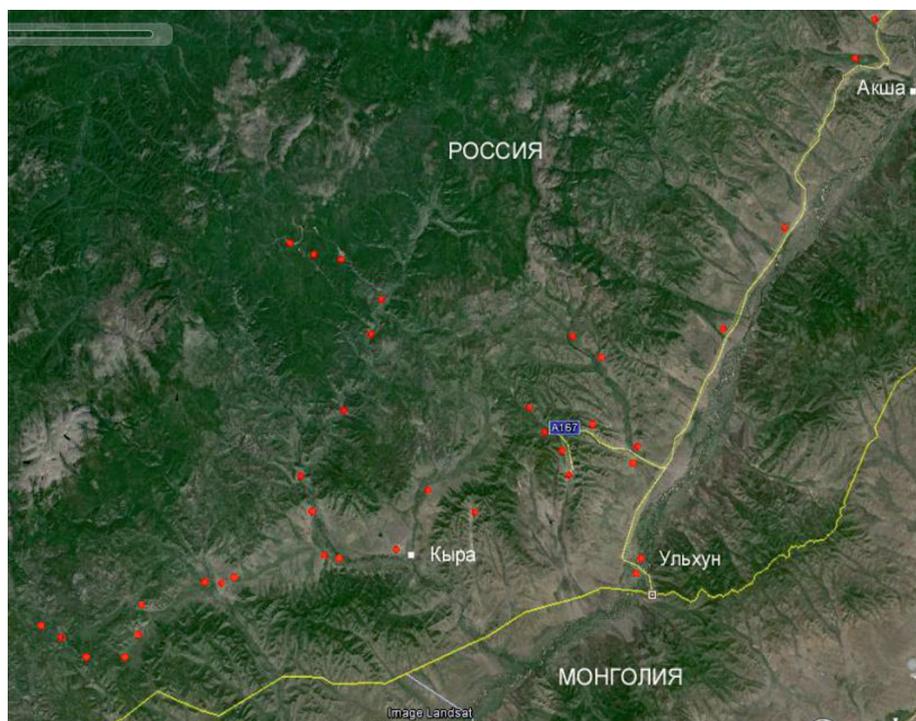


Рис. 1. Ключевые площадки на территории бассейна р. Онон. Ключевые участки отмечены красным цветом



Рис. 2. Река Бальджа после добычи золота

Загрязнение поверхностных вод и почв происходит в результате поднятия на поверхность и промывания пород, обогащенных макро- и микроэлементами. Месторождения имеют комплексный состав. В перечне цветных металлов в недрах Забайкальского края доминирует медь. Путными компонентами являются никель, кобальт, платина, золото, серебро и другие металлы. Из более чем 700 месторождений и проявлений свинца и цинка около 500 располагается в пределах ураново-золото-полиметаллического пояса [5]. Для свинцово-цинковых руд характерен их поликомпонентный состав (свинец, цинк, серебро, золото, кадмий, медь, индий, таллий, висмут, теллур, селен и др.). Кроме этого в Забайкальском крае имеются месторождения молибдена, вольфрама, сурьмы, ртути, олова. Некоторые месторождения слабо изучены, а некоторые заброшены. В данное время активно ведется добыча золота.

Согласно сведениям краевого министерства сельского хозяйства Забайкальского края от 2010 г., из последних 13 лет девять были засушливыми. Благоприятными для растениеводства были 2004, 2008 и 2009 гг. Летом 2010 г. в десяти районах Забайкалья (Кыринском, Ононском и др.) синоптики констатировали почвенную засуху как опас-

ное явление. Здесь дневные температуры доходили до $+40^{\circ}\text{C}$, а почва прогревалась до $+61^{\circ}\text{C}$. В середине июля при температуре воздуха $+31^{\circ}\text{C}$ и низкой влажности температура почвы составляла около $+40^{\circ}\text{C}$. В 2011 г. в связи с засухой был объявлен режим чрезвычайной ситуации в Акшинском и других районах. Самая серьезная ситуация сложилась на юго-востоке края, где за лето выпало наименьшее количество осадков. Атмосферная и почвенная засуха стали причиной снижения уровня грунтовых вод. Так, в большинстве населенных пунктов на юго-востоке Забайкалья из колодцев ушла вода. Последний раз подобная засуха отмечалась в Забайкальском крае в 2007 г. с июня по август. Кроме того, засуха стала причиной гибели березняков на обширных площадях [2–4].

В Среднем Приононье процессами усыхания затронуты в основном березняки островного типа. Часть березняков погибла в подножьях склонов и в предгорьях хребтов Становик, Онон-Бальджинский и Эрмана. Их усыхание свидетельствует о нарушении сложившегося гидрогеологического режима и изменении экологического состояния ландшафтов вследствие засух, когда прервался процесс накопления осенних и позднелетних запасов почвенной влаги.

Содержание макро- и микроэлементов в почвах бассейна р. Онон в пределах Кыренского и Акшинского районов Забайкальского края

№ пп.	Местоположение	Почвы	Горизонт	pH	Гумус, %	%										мг/кг									
						Fe	Ca	Mg	Ti	Mn	Ba	Cu	Ni	Sr	Co	Cr	V	Pb	Cd	Zn					
1	Долина р. Тырин	Аллювиальная гумусовая	AU	5,6	11,5	2,2	0,5	0,8	0,5	725	511	23	20	446	7	52	92	70	3,1	27					
2	Пойма долины р. Киркун	Аллювиальная темногумусовая	AU	7,0	20,1	3,9	0,6	1,1	0,6	1332	585	28	39	505	14	54	104	18	2,6	30					
3	Долина р. Бальджа, в 7 км от артели	Подбуры	Oao	5,4	15,1	3,5	0,6	1,3	0,6	1951	674	40	39	626	20	57	102	10	2,0	16					
6	Пойма р. Бальджа, в 5 км от артели	Аллювиальная торфяно-глеевая	BHF	7,0	0,6	3,8	0,5	1,3	0,7	1172	568	43	37	513	26	68	127	26	2,9	28					
		Аллювиальная торфяно-глеевая	TH	6,7	-	3,9	1,1	1,5	0,8	1909	642	49	32	803	15	73	153	8	2,8	41					
7	Пойма р. Бальджакам	Аллювиальная гумусовая	AU	6,9	11,6	3,5	0,6	1,6	0,7	1197	548	35	23	736	11	61	131	9	3,0	45					
8	Пойма р. Король	Грунт (отвалы после добычи золота)	C	7,3	0,6	3,5	0,7	1,4	0,7	1607	626	24	31	696	15	61	127	10	2,6	34					
9	Долина р. Киркун	Аллювиальная гумусовая	AU	7,1	10,9	3,8	0,8	1,4	0,7	1277	597	25	40	546	15	80	96	9	3,2	40					
12	Долина р. Тарбальджей	Аллювиальная темногумусовая	AU	6,3	5,8	2,4	1,6	1,8	0,35	793	548	43	21	142	5	66	45	25	2,9	110					
14	7 км от пос. Любовь (долина р. Дунда-Хонгорун)	Грунт (отвалы после добычи золота)	C	7,9	0,6	3,0	1,2	1,9	0,43	1545	734	32	24	91	11	57	58	18	2,8	41					
22	Около пос. Хапчеранга	Грунт (отвалы после добычи олова)	C	7,9	1,3	4,9	3,3	2,3	0,33	2711	184	115	22	109	12	58	40	353	36,1	1727					
24	Долина р. Хурулгей у пос. Верхний Стан	Грунт (отвалы после добычи олова и флюорита)	C	6,6	1,3	3,0	1,2	2,1	0,43	882	592	74	22	122	11	63	43	54	6,2	161					
Кларк по Виноградову		литосфера		-	-	4,7	3,0	1,9	1000	500	700	47	58	340	18	83	90	16	0,2	83					
		кислые породы		-	-	2,7	1,6	0,6	600	200	800	20	8	300	5	25	40	20	0,1	70					
ПДК [ГН 2.1.7.2041-06, 2006]				-	-	-	-	-	-	1500	-	-	-	-	-	-	150	32	-	-					
ОДК для почв с pH < 5,5; pH > 5,5 [ГН 2.1.7.2042-06, 2006]				-	-	-	-	-	-	-	66	40	40	-	-	-	-	65	1	110					
				-	-	-	-	-	-	-	132	80	80	-	-	-	-	130	2	220					

Большая часть территории лесов бассейна р. Онон была подвержена пожарам. Лесные пожары являются существенным фактором, влияющим на формирование и развитие лесных экосистем. При сильном прогорании органогенного горизонта усиливается задернованность почвы, понижается уровень мерзлоты, активизируются процессы эрозии. Уничтожение лесного полога ведет к повышению нагрева поверхности и ускорению оттаивания мерзлоты, в результате чего в отрицательных формах рельефа усиливается заболачивание. В лесостепных ландшафтах после полного выгорания древесной растительности наблюдаются процессы остепнения. Природную обстановку на территории исследования в лесопожарном отношении можно считать экстремальной. Сильные ветры весенне-летнего периода, преобладание лесов с легковоспламеняющимися подлеском и опадом усугубляют пожароопасную ситуацию.

Очевидно, что рекультивация на отработанных участках не проводилась. Естественное же восстановление растительности вследствие выше указанных причин, к которым можно добавить также почвенную засуху, идет здесь чрезвычайно медленно. Так добыча олова на месторождениях участка «Былыра» была прекращена в 70-е годы. На сегодняшний день заброшенные участки представляют собой территории с бугристо-западинным рельефом и практически лишены растительности. Лишенная растительного покрова поверхность отвалов очень сильно прогревается на солнце, а сыпучие, крупнозернистые грунты не способны удержать влагу в достаточном для развития растительности количестве.

На золоторудном месторождении пос. Любовь ситуация осложняется тем, что территория расположена в степной зоне, где в условиях открытых и сухих пространств естественное возобновление растительности происходит еще медленнее. На всех

рассмотренных нами участках было отмечено значительное участие рудеральных и синантропных видов в растительном покрове. Это лишний раз подтверждает то, что естественные фитоценозы еще не успели восстановиться, а антропогенное влияние на них, пусть уже не такое сильное, еще осталось.

На исследованных нами участках (реки Тырин, Бальзир, Бальджа, Киркун) работы по восстановлению нарушенных земель не проводились. Так, в бассейне р. Бальджа на обследованных нами отвалах возрастом около 30 лет сейчас восстановилась лишь небольшая часть видов растений. Список растений нарушенных земель по р. Бальджа включает 15 видов, что составляет менее 10% растений, произраставших на данной территории до вмешательства человека. Основная часть видов относится к группе синантропных и рудеральных растений.

Авторы благодарят всех участников летних экспедиций в Юго-Восточном Забайкалье. Работа проведена в рамках выполнения интеграционного проекта СО РАН № 23.

Список литературы

1. Белозерцева И.А., Шеховцов А.И., Энхтайван Д., Захаров В.В., Лопатина Д.Н., Сухбаатар Ж., Ренчиннигдал Т. Современное состояние и рациональное использование ландшафтов на приграничной территории России и Монголии (бассейн реки Онон) // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития. – Мат. межд. конф. – 2015. – С. 162–164.
2. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2011 год. – Чита: Экспресс-изд-во, 2012. – С. 31.
3. Обязов В.А. Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в Даурском экорегионе // Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты. – Чита: Экспресс-изд-во, 2012. – С. 33.
4. Обязов В.А. Пожарная опасность лесов Забайкалья в условиях меняющегося климата // Экологический риск и экологическая безопасность. Материалы III Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2012. – Т. 1. – С. 244–246.
5. Природные ресурсы, хозяйство и население Байкальского региона / Атлас. Серия карт. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, М-б 1:5000000. – 2009. Электронный ресурс (<http://elibrary.ru/item.asp?id=22606076>) (дата обращения: 10.11.2016).

УДК 622.276

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА
В ПРИБЛИЖЕНИИ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ****Ямалетдинова К.Ш., Хакимов Р.М., Гоц С.С., Янгуразова З.А., Ямалетдинова А.А.,
Гимаев А.Р., Нурутдинов А.А., Тухватуллин М.Ф., Хуснутдинова Р.Р.,
Хафизов А.Р., Емельянов Д.В., Шайхутдинова М.Ш.***ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: clara-yk@yandex.ru*

Развитие численных методов решения задач фильтрации позволило существенно увеличить возможности изучения течений в неоднородных пористых средах нефтяных залежей, где поровые каналы распределены в пространстве случайным образом. При исследовании фильтрации в неоднородных средах используется статистический подход, когда неоднородности пористых сред и фильтрационных процессов рассматривают с позиции случайных полей. В данной работе на капиллярной модели неоднородной пористой среды проведены экспериментальные исследования рельефа поверхности кернового материала нефтяной залежи на разных этапах просачивания нефти. В результате проведенного исследования оптимизирована статистическая модель рельефа поверхности керна пористой среды в приближении теории случайных полей для численных расчетов характеристик горной породы, что позволит выбрать оптимальную технологию воздействия на продуктивный пласт с учетом структуры его пористости и проницаемости.

Ключевые слова: фильтрация в неоднородных средах, проницаемость и пористость пласта, рельеф керна, статистическое моделирование, автокорреляционная функция, теория случайных полей

**STUDY OF THE SURFACE RELIEF OF CORE MATERIAL IN APPROXIMATION
THEORY RUNDOM FIELDS****Yamaletdinova K.Sh., Khakimov R.M., Gotz S.S., Yangurazova Z.A., Yamaletdinova A.A.,
Gimaev A.R., Nurutdinov A.A., Tukhvatullin M.F., Khusnutdinova R.R.,
Khafizov A.R., Emelyanov D.V., Shaykhutdinova M.Sh.***Bashkir State University, Ufa, e-mail: clara-yk@yandex.ru*

Development of numerical methods for solving problems of filtration allowed to essentially increase of studying flows in heterogeneous porous surroundings of oil fields where the pore channels are distributed in space randomly. The statistical approach is used in researching of filtration in heterogeneous surroundings when heterogeneities of porous surroundings and filtration processes are considered from the standpoint of random fields. In this paper experimental investigations of the surface's relief of oil field core material were realized by using of heterogeneous porous surrounding's capillary model at different stages of oil leakage. As a result of realized investigation the statistical model of the surface's relief of the core of the porous surrounding in the approximation theory of random fields for numerical calculations of the rock features was optimized that allow you to select the optimum technology impact on the producing layer, taking into account the structure of its porosity and penetration.

Keywords: filtration in heterogeneous surroundings, penetration and porosity of layer, core relief, statistical modeling, the autocorrelation function, the theory of random fields

Для выявления закономерностей физических явлений в продуктивных пластах углеводородов необходимо изучение пространственных неоднородностей с различным уровнем приближения. В частности, разумно использование одно-, двух- и трехмерного приближения в сочетании с различными моделями пористых сред. Неоднородность пористой среды оказывает существенное влияние на фильтрационные процессы в продуктивных пластах. В настоящее время в нефтяных технологиях для описания пространственных неоднородностей (структуры горных пород) используются достаточно простые модели пористых сред. Такой уровень рассмотрения был целесообразен на начальных фундаментальных стадиях

исследования в данной области [1]. Развитие численных методов решения задач фильтрации позволило существенно увеличить возможности изучения течений в неоднородных средах.

При исследовании фильтрации в неоднородных средах используется статистический подход, когда неоднородности пористых сред и фильтрационных процессов рассматривают с позиции случайных полей. Сегодня наука располагает существенно более серьезным математическим аппаратом описания теории случайных полей. Среди характеристик наиболее часто используемыми являются пространственно-корреляционные характеристики, пространственные двумерные спектральные характеристики и ряд коли-

ественных показателей, например, численные характеристики, определяющие периодичность, и хаотические составляющие структуры пористых сред [2]. Возможность подробного статистического анализа характеристик случайных полей с применением доступной и широко распространенной вычислительной техники, а также уровень развития измерительной техники позволяют с большой степенью точности исследовать зависимость выбора технологии воздействия на продуктивный пласт с учетом структуры пористых горных пород и описывать неоднородности пористой среды при выработке залежи [3–5]. Наиболее достоверную информацию о проницаемости пласта можно получить в результате измерений параметров кернов и при гидродинамических исследованиях на скважинах. Теоретически статистические характеристики случайных процессов и полей следует определять, усредняя нужные величины по всем реализациям процесса или поля. Практически при построении характеристик усреднение проводится по времени или по одной протяженной реализации поля. Если случайное поле однородно в пространстве трех измерений, то оно однородно и на любой плоскости или прямой. Поэтому усреднение по объему можно заменить в этом случае усреднением по площади или интервалу, принадлежащим соответствующим плоскостям или прямым при условии, что выполнены соответствующие условия эргодичности.

При исследовании характера проявления микропроцессов на капиллярной мо-

дели неоднородной пористой среды [6–7] проведено статистическое моделирование ожидаемого рельефа поверхности керна на разных этапах просачивания нефти. На цифровом фотоаппарате с высоким разрешением получены изображения поверхности керна, сделанные на различных этапах просачивания нефти. На рис. 1 и 2 приводится изображение рельефа поверхности керна, полученное на начальной стадии просачивания нефти через керновый материал.

Скорость просачивания нефти зависит как от создаваемого давления, так и от структуры порового пространства и сорбционных свойств скелета коллектора.

Полученные изображения поверхности керна были обработаны с помощью программы 3D_Image, позволяющей строить и обрабатывать трехмерные изображения [8]. Трехмерное изображение получается путем преобразования координаты по x , y и информации о коэффициенте отражения данного пикселя двумерного изображения в трех координатах полигона.

В результате исследований построены и в дальнейшем проанализированы пространственные корреляционные функции расположения точек проявления нефти. Данные проявления нефти можно определить как случайные поля. В работе исследуется стандартный набор статистических характеристик случайных полей: среднее значение яркостного профиля, коэффициент симметрии, одномерные функции распределения, дисперсия, спектральные характеристики, стандартное отклонение, коэффициент эксцесса.



Рис. 1. Изображение рельефа поверхности керна, полученное на начальной стадии просачивания нефти через керновый материал (однократный промежуток времени)

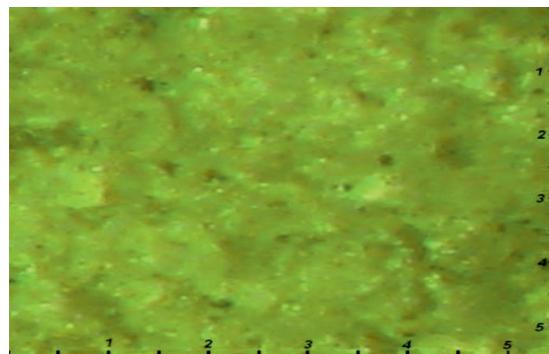


Рис. 2. Увеличенное изображение рельефа керна (одно деление соответствует 100 мкм)

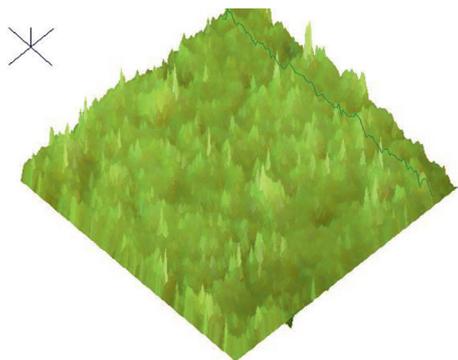


Рис. 3. Расчетное трехмерное изображение рельефа керна на начальном этапе просачивания нефти



Рис. 4. Расчетные пространственные корреляционные функции яркостных профилей керна, характеризующих рельеф просачивания нефти на начальном этапе

Случайные поля и характеризующие их пространственные корреляционные функции используют при вероятностном описании проницаемости и других параметров различных сред с пространственно неоднородной структурой. Если пространственная автокорреляционная функция монотонно уменьшается с увеличением своего аргумента, то мы имеем дело с хаотической структурой поверхности по исследуемому параметру. Амплитуда колебательной составляющей пространственной автокорреляционной функции позволяет оценивать соотношение между регулярной и хаотической составляющими исследуемых пространственных неоднородностей. Периодичность автокорреляционной функции позволяет анализировать пространственные и частотные характеристики исследуемых неоднородностей.

По автокорреляционной функции на рис. 4 можно сделать вывод о наличии как хаотических, так и регулярных пространственных корреляций ближнего пространственного порядка.

На рис. 5–6 приведены изображения кернового материала через кратный промежуток времени просачивания нефти.

Полученные снимки также были обработаны с помощью программы 3D_Image. Пространственные корреляционные функции случайных полей представлены на рис. 7.

Результаты исследований позволили заключить, что рельеф керна, полученный на второй стадии просачивания нефти, обладает четко выраженной пространственной корреляцией ближнего порядка. Можно отметить заметное уменьшение регулярной составляющей пространственных корреляций неоднородностей рельефа керна по его яркостному профилю. Результаты исследования представляют интерес с точки зрения изучения фильтрации жидкостных углеводородных смесей при их просачивании через субкапиллярные поры в горной породе диаметром менее 0,002 мм (2 мкм). По автокорреляционной функции (рис. 8) можно сделать вывод о наличии как хаотических, так и регулярных пространственных корреляций ближнего пространственного порядка.

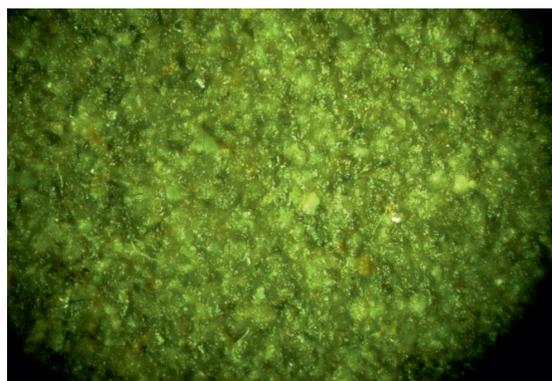


Рис. 5. Изображение рельефа кернового материала, полученное через 10-кратный промежуток времени стадии просачивания нефти



Рис. 6. Увеличенное изображение рельефа керна (одно деление соответствует 100 мкм)

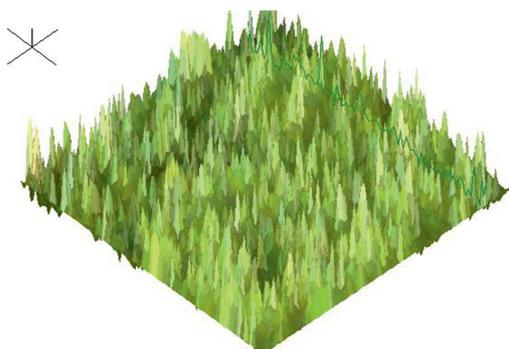


Рис. 7. Расчетное трехмерное изображение рельефа ядра на второй стадии просачивания нефти



Рис. 8. Расчетные пространственные корреляционные функции яркостных профилей ядра, полученные на второй стадии просачивания нефти

Статистическая модель пористой среды в приближении теории случайных полей оптимизирована для численных расчетов пористости и проницаемости продуктивного пласта.

Выводы

1. Экспериментальное исследование ядерного материала в приближении теории случайных полей позволило проводить численное моделирование ожидаемого рельефа поверхности ядерного материала на разных этапах просачивания нефти. Принципиальная особенность данной статистической модели – это возможность наблюдения

в течение относительно короткого времени процесса фильтрации, который в пластовых условиях может длиться годами и даже десятками лет.

2. В результате проведенного исследования оптимизирована статистическая модель рельефа поверхности ядра пористой среды в приближении теории случайных полей для численных расчетов характеристик горной породы, что позволит выбрать оптимальную технологию воздействия на продуктивный пласт с учетом структуры его пористости и проницаемости.

Список литературы

1. Гимаев Р.Н., Халиков Г.А., Ямалетдинова К.Ш. Диффузия углеводородов в пористой среде/ Доклады Академии наук РФ. – 1998. – Т. 363, № 1. – С. 66–67.
2. Гоц С.С., Ямалетдинова К.Ш., Хиразов Э.Р. Статистическая обработка изображений в оптической микроскопии/ Электронный журнал «Нефтегазовое дело». – 2006. http://www.ogbus.ru/authors/Yamaletdinova/Yamaletdinova_1.pdf.
3. Дубинский Г.С. и др. Геолого-технологическое обоснование адресных методов увеличения нефтеотдачи и ограничения водопритока в залежах высоковязких нефтей / Дубинский Г.С., Андреев В.Е., Мияссаров А.Ш., Хузун Р.Р., Хузин Н.И. // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. – № 2 (92). – С. 5–15.
4. Халадов А.Ш. Интенсификация притоков нефти из песчано-алевролитовых трещиновато-пористых отложений Восточного Предкавказья [Текст] / А.Ш. Халадов, М.М. Дудаев. – Уфа, Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2010. – № 1(79). – 5 с.
5. Халиков Г.А., Дегтярев Н.М., Ямалетдинова К.Ш., Надилов Н.К. Динамика образования переходной зоны в насыщенной пористой среде/ Доклады Академии наук СССР – 1990. – Т. 311, № 2. – С. 407–409.
6. Хакимов Р.М., Ямалетдинова А.А., Ямалетдинова К.Ш., Гумеров А.Г., Александров А.А., Янгуразова З.А. Исследование характера проявления микропроцессов на усовершенствованной капиллярной модели неоднородной пористой среды / Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов // Научно – технический журнал. – ИПТЭР. – Уфа, 2013. – № 4(94). – С. 12–23.
7. Моделирование созданных на основе информационных потенциальных обратных связей автоматизированных систем управления процессами. Ямалетдинова А.А., Гоц С.С., Хафизов А.Р., Ямалетдинова К.Ш. Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 1. – С. 107–119.
8. Ямалетдинова К.Ш. Методы оптической компьютерной микроскопии в исследовании процессов массопереноса в теории подземной гидрогазодинамики / Монография. – Уфа: РИО БашГУ, 2006. – 212 с.