УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 2 2017

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 – 15.03.2017

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

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

Способ печати – оперативный.
Усл.п.л. 21,5
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/2-2017
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФТАЛЕКСОН SA – ПРАЗЕОДИМ КАК РЕАГЕНТА НА АМИНОКАПРОНОВУЮ КИСЛОТУ
Мажитова М.В., Карибьянц М.А., Кутлалиева Э.Н., Великородов А.В., Есеева Ж.Г. 7

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ НА ОСНОВЕ КАРБЕНДАЗИМА
Малюга А.А., Чуликова Н.С., Халиков С.С. 15

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ОПЫТ СОЗДАНИЯ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА «БАЙТУГАН»)
Кабанова С.А., Абильдинов А.Д., Алека В.П., Шахматов П.Ф. 21

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛООБЪЕМНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НОВЫХ ГИБРИДОВ ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ
Кудияров Р.И., Дямуршаева Э.Б., Уразбаев Н.Ж., Сауытбаева Г.З., Дямуршаева Г.Е. 26

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И НАСЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ У ГИБРИДОВ ОВСА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ
Петров Г.Л., Фомина М.Н., Малышкин Н.Г., Петрова Е.Ю. 32

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ СКЛЕРОЦИЙ СПОРЫНЬИ
Саитов В.Е., Устюжанин И.А., Саитов А.В. 38

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КРАЙНЕГО СЕВЕРА
Тихановский А.Н. 43

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИХ РОЛЬ В ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ПОСЛЕ ПОРАЖЕНИЯ СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ
Чикидов И.И. 48

Науки о Земле (25.00.00)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ
Аничкина Н.В. 53

К РАСЧЕТУ ШАГА РАССТАНОВКИ ОПОР ИЗ КОНТЕЙНЕРОВ С ГРУНТОВ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ПОДЗЕМНОГО ГАЗОНЕФТЕПРОВОДА В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСТРОВНОЙ МЕРЗЛОТЫ
Ахметов А.Х., Коробков Г.Е., Янчушка А.П. 58

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (БАЙКАЛЬСКИЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК)
Биличенко И.Н. 63

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ ЮЖНОГО УРАЛА
Гильмутдинова Р.А., Мичурин С.В., Ковтуненко С.В., Елизарьева Е.Н. 68

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЙ КАРТЫ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ УНИКАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ
Журлов О.С., Грудинин Д.А. 74

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ В СПЕЦИАЛИСТАХ-ЭКОЛОГАХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Караганова Н.Г., Миронов А.А., Гаврилов О.Е., Михайлова М.Ю. 80

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ
Коротенко В.А., Грачев С.И., Кушакова Н.П., Сабитов Р.Р. 86

ФОРМИРОВАНИЕ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ
Косиков А.Г., Ушакова Л.А. 94

НОВЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОМ ВОДОРАЗДЕЛЕ (ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)
Костин А.В. 100

КОНЦЕНТРАЦИИ NI, CR И ZN В ПОЧВАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ
Кошелева Ю.А. 106

РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ ПОЛУОСТРОВА МУРАВЬЕВА-АМУРСКОГО В СРЕДНЕМ-ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПОБЕРЕЖЬЯ БУХТЫ МУРАВЬИНАЯ (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)
Лящевская М.С., Макарова Т.Р., Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Кудрявцева Е.П., Паничев А.М., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. 110

КОМБИНИРОВАННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФРОНТОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ДЛЯ АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД НА ПРИМЕРЕ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ
Мельникова Н.А., Немирович-Данченко М.М., Ислямова А.А., Кпата Мак Э.Р.Э. 123

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ В СИСТЕМЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
Напрасникова Е.В., Лопатина Д.Н. 128

МОРФОЛОГИЯ ДОЛИН И ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ КУДЫ)
Опекунова М.Ю., Тухта С.А. 133

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШУМА В РЯДАХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ГНСС-КООРДИНАТ, ПОЛУЧАЕМЫХ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
Пупатенко В.В., Шестаков Н.В. 140

ВОДОХРАНИЛИЩА РАВНИННЫХ РЕК. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
Семененко С.Я. 145

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКОГО СМЕСИТЕЛЯ (НЕФТЬ – ВОДА) ДЛЯ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ И ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ
Сидоров Г.М., Яхин Б.А., Ахметов Р.Ф. 152

МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА ЦЕНТРОВ РИОЛИТОВОГО ВУЛКАНИЗМА ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ЗОН БОЛЬШЕХИНГАНСКОГО ПОЯСА – ИНДИКАТОРЫ КРУПНЫХ F-MO-U РУДНЫХ УЗЛОВ
Хомич В.Г., Борискина Н.Г. 157

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СООТНОШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА СРЕДСТВАМИ ВЕНТИЛЯЦИИ И ДЕГАЗАЦИИ ДОБЫЧНОГО УЧАСТКА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ
Цыганков Д.А. 163

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РЕЖИМОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЛАНДШАФТНОЙ ОСНОВЕ
Цыганкова М.В. 168

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

RESEARCH OF THE SYSTEM OF FTALEXON SA – PRASEODYMIUM AS REAGENT TO THE AMINOCAPROIC ACID
Mazhitova M.V., Karibyants M.A., Kutlalieva E.N., Velikorodov A.V., Eseeva Zh.G. 7

COMPLEX PREPARATIONS BASED ON CARBENDAZIM FOR PROTECTION OF POTATO
Malyuga A.A., Chulikova N.S., Khalikov S.S. 15

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

EXPERIENCE OF CREATION OF AGROFORESTAL PLANTINGS IN CONDITIONS OF ARID STEPPE OF KAZAKHSTAN (BY THE EXAMPLE OF «BAYTUGAN» FARM
Kabanova S.A., Abildinov A.D., Aleka V.P., Shakhmatov P.F. 21

PRODUCTIVITY AND COST EFFICIENCY OF SMALL-VOLUME CULTIVATION OF NEW HYBRIDS OF THE CUCUMBER IN GREENHOUSE OF THE KYZYLORDA REGION
Kudiyarov R.I., Dyamurshaeva E.B., Urazbaev N.Zh., Sauytbaeva G.Z., Dyamurshaeva G.E. 26

VARIABILITY AND INHERITANCE OF ELEMENTS OF EFFICIENCY AT HYBRIDS OF OATS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH TRANS-URALS
Petrov G.L., Fomina M.N., Malyshkin N.G., Petrova E.Yu. 32

THE USE OF AQUEOUS SOLUTIONS OF INORGANIC SALTS FOR THE ISOLATION OF ERGOT SCLEROTIA
Saitov V.E., Ustyuzhanin I.A., Saitov A.V. 38

PROBLEMS AND METHODS OF BIOLOGICAL RECULTIVATION OF TECHNOGENIC-DISTURBED LAND IN THE FAR NORTH
Tikhanovskiy A.N. 43

MICROCLIMATIC CONDITIONS AND THEIR ROLE IN CHANGING THE VEGETATION STRUCTURE OF LARCH FORESTS OF CENTRAL YAKUTIA DURING THE FIRST YEARS AFTER THE DEFEAT OF THE DENDROLIMUS SUPERANS SIBIRICUS TSCHETV
Chikidov I.I. 48

Earth sciences (25.00.00)

THE TRANSFORMATION OF THE TERRITORY OF THE CENTER OF THE RUSSIAN PLAIN IN SPACE AND TIME UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS
Anichkina N.V. 53

TO CALCULATION OF THE STEP OF ARRANGEMENT OF SUPPORT FROM CONTAINERS WITH SOIL WHEN LAYING THE UNDERGROUND GAS AND OIL PIPELINE IN DISTRIBUTION TERMS OF ISLAND PERMAFROST
Akhmetov A.Kh., Korobkov G.E., Yanchushka A.P. 58

LANDSCAPE AND ECOLOGICAL RESEARCHES ON PROTECTED AREAS (BAIKAL BIOSPHERE RESERVE)
Bilichenko I.N. 63

ON THE QUESTION OF USING AND RECYCLING OF WASTE OF SOUTH URAL MINING AND PROCESSING PLANTS
Gilmutdinova R.A., Michurin S.V., Kovtunenko S.V., Elizareva E.N. 68

TEORETICAL APPROACH TO THE CREATION OF PHYLOGENETIC MAP MICROBIOME UNIQUE LANDSCAPE
Zhurlov O.S., Grudinin D.A. 74

NEEDS ASSESSMENT SPECIALIST – ECOLOGY, INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE CHUVASH REPUBLIC
Karaganova N.G., Mironov A.A., Gavrilov O.E., Mikhaylova M.Yu. 80

TRANSFORMATION OF FILTRATION PROCESSES IN THE DEVELOPMENT OF HYDROCARBON DEPOSITS
Korotenko V.A., Grachev S.I., Kushakova N.P., Sabitov R.R. 86

FORMATION AND REPRODUCTION OF MULTIDIMENTIONAL SPACE-TIME MODELS
Kosikov A.G., Ushakova L.A. 94

A NEW GEOLOGICAL FEATURE OF VOLCANIC ORIGIN IN THE LENA-VILYUI WATERSHED (EAST OF SIBERIAN PLATFORM)
Kostin A.V. 100

CONCENTRATION OF NI, CR AND ZN IN THE NATURE RESERVE SOILS OF PRIMORSKY REGION
Kosheleva Yu.A. 106

DEVELOPMENT OF MURAVYOV-AMURSKY PENINSULA LANDSCAPES DURING MIDDLE-LATE HOLOCENE BASED ON RESEARCH OF COAST MURAVYINAYA BAY SEDIMENTS DATA
Lyaschevskaya M.S., Makarova T.R., Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Kudryavtseva E.P., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu. 110

THE COMBINED CALCULATION METHODOLOGY OF SEISMIC-WAVE FRONTS FOR THE ANISOTROPIC MEDIA BY THE EXAMPLE OF HEXAGONAL CRYSTALS
Melnikova N.A., Nemirovich-Danchenko M.M., Islyamova A.A., Kpata Mc E.R.E. 123

ECOLOGICAL FEATURES OF SOILS IN THE UPPER ANGARA REGION IN THE NATURE MANAGEMENT SYSTEM
Naprasnikova E.V., Lopatina D.N. 128

MORPHOLOGY OF THE VALLEY AND FLOODPLAIN-CHANNEL COMPLEXES OF RIVERS IN UPPER ANGARA REGION (BASIN OF RIVER KUDA)
Opekunova M.Yu., Tukhta S.A. 133

NOISE MODELING IN HIGH-RATE REALTIME GNSS TIMESERIES
Pupatenko V.V., Shestakov N.V. 140

RESERVOIR LOWLAND RIVERS. PROBLEMS AND SOLUTIONS
Semenenko S.Ya. 145

MODELING PROCESS OF STATIC MIXERS (OIL-WATER) FOR DESALTING CRUDE OIL AND PILOT-INDUSTRIAL TESTING
Sidorov G.M., Yakhin B.A., Akhmetov R.F. 152

URANIUM DEPOSITS OF THE RHYOLITE VOLCANISM CENTERS IN THE PERIPHERAL ZONES OF GREAT XINGAN BELT – INDICATORS OF LARGE F-MO-U ORE NODES
Khomich V.G., Boriskina N.G. 157

DEFINITION OF EFFECTIVE PARITY OF INTENSITIES OF EXTRACTION OF METHANE BY MEANS OF VENTILATION AND DEGASIFICATION OF COAL MINE EXTRACTION SITE
Tsygankov D.A. 163

TERRITORIAL DIFFERENTIATION OF NATURE USE MODES ON LANDSCAPE BASIS
Tsygankova M.V. 168

УДК 547.466:535.8

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФТАЛЕКСОН SA – ПРАЗЕОДИМ КАК РЕАГЕНТА НА АМИНОКАПРОНОВУЮ КИСЛОТУ

[1]Мажитова М.В., [2]Карибьянц М.А., [1]Кутлалиева Э.Н., [1,2]Великородов А.В., [3]Есеева Ж.Г.

[1]ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава России, Астрахань, e-mail: marinamazhitova@yandex.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань, e-mail: org@asu.edu.ru;

[3]ООО «РемТехСервис», Астрахань, e-mai: janaraeseeva@gmail.com

Исследована возможность количественного спектрофотометрического определения аминокапроновой кислоты по реакции с фталексоном SA в присутствии ионов празеодима. В работе приведены результаты исследования химизма комплексообразования фталексона SA с ионами празеодима. Яркая цветная реакция происходит при pH 5. Определены форма комплексообразователя и лиганда, число отщепляемых протонов, рассчитана константа нестойкости образующегося соединения, заряд комплекса и сделан вывод о структуре координационного узла. Приведены результаты исследования применения системы фталексон SA – празеодим в качестве реагента при идентификации и количественном определении аминокапроновой кислоты. С использованием уравнения градуировочного графика проведено определение аминокапроновой кислоты в водных растворах. Ошибка определения лежит в пределах допустимой, что позволяет рекомендовать систему ФTSA-Pr в качестве реагента при количественном спектрофотометрическом определении аминокапроновой кислоты в водных растворах в слабокислых средах.

Ключевые слова: спектрофотометрия, фталексон SA, празеодим, аминокапроновая кислота, идентификация, количественное определение

RESEARCH OF THE SYSTEM OF FTALEXON SA – PRASEODYMIUM AS REAGENT TO THE AMINOCAPROIC ACID

[1]Mazhitova M.V., [2]Karibyants M.A., [1]Kutlalieva E.N., [1,2]Velikorodov A.V., [3]Eseeva Zh.G.

[1]Astrakhan State Medical University, Astrakhan, e-mail: marinamazhitova@yandex.ru;

[2]Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: org@asu.edu.ru;

[3]Limited Liability Company «Remtehservis», Astrakhan, e-mai: janaraeseeva@gmail.com

The possibility of quantitative spectrophotometric definition of aminocaproic acid on reaction with ftalexon SA (FTSA) in the presence of praseodymium ions is investigated. Results of research of chemism of a complex formation of a ftalexon SA with praseodymium ions are given in work. Bright color reaction happens at pH 5. The form of a complexing agent and a ligand, number of the chipped-off protons have been defined, the constant of instability of the formed connection, a charge of a complex are calculated and the conclusion is drawn on structure of coordination knot. Results of the research of system ftalexon SA – praseodymium using are given as reagent at identification and quantitative definition of aminocaproic acid. According to the equation of the calibration schedulethe definition of aminocaproic acid in water solutions is carried out. The error of definition lies within admissible that allows to recommend the FTSA-Pr system as reagent at quantitative spectrophotometric definition of aminocaproic acid in water solutions in subacidic environment.

Keywords: spectrophotometry, ftalexon SA, praseodymium, aminocaproic acid, identification, quantitative definition

Одним из методов анализа, позволяющих исследовать равновесия в растворах, а также проводить достаточно точные определения веществ в различных материалах, является спектрофотометрия. Изучение реакций комплексообразования органических реагентов с различными ионами металлов, в том числе и многовалентных, остается актуальным и по сей день, поскольку вносит определенный вклад в развитие химии координационных соединений, а также имеет практическое применение при идентификации и количественном определении лекарственных препаратов [3, 4, 5, 8]. Целью работы явилось исследование возможности количественного спектрофотометрического определения аминокапроновой кислоты по реакции с фталексоном SA в присутствии ионов празеодима.

В работе использована аминокапроновая кислота, являющаяся ингибитором кининов (биогенных полипептидов, образуемых в организме из α-глобулинов под влиянием калликреина). Обладает антиаллергическим действием, угнетает образование антител, повышает детоксикационую функцию печени. Применяют для остановки кровотечений при хирургических вмешательствах и различных патологических состояниях, при которых повышена фибринолитическая активность крови и тканей [9].

Раствор фталексона SA (ФTSA) (10^{-3} M) готовили по точной навеске препарата с учетом влажности, стабилизировали несколькими кристаллами HgI_2 и разбавляли до концентрации $2 \cdot 10^{-4}$ непосредственно перед работой. Раствор соли (10^{-2} M) празеодима (III) готовили из препарата $Pr(NO_3)_3$ марки «х.ч.» и разбавляли до рабочей концентрации $2 \cdot 10^{-4}$ M. Фармацевтический препарат аминокапроновой кислоты использовали в виде раствора помещенного во флакон объемом 100 мл, содержание основного вещества в растворе 50 г. Молярная концентрация аминокапроновой кислоты в исходном растворе 3,817 моль/л. Исходный раствор препарата перед работой не разбавляли. В работе использовали аммиачно-ацетатные и солянокисло-ацетатные буферные смеси. pH в готовых аналитических системах контролировали на лабораторном иономере И-130 и с помощью универсальной индикаторной бумаги. Все растворы готовили на бидистилляте. Фотометрировали на спектрофотометре ПЭ-5400В в кювете с расстоянием между светопропускающими гранями 1 см. Все опыты проводились не менее чем в трех повторах, данные для градуировочной кривой получали приготовлением растворов не менее чем в пяти повторах.

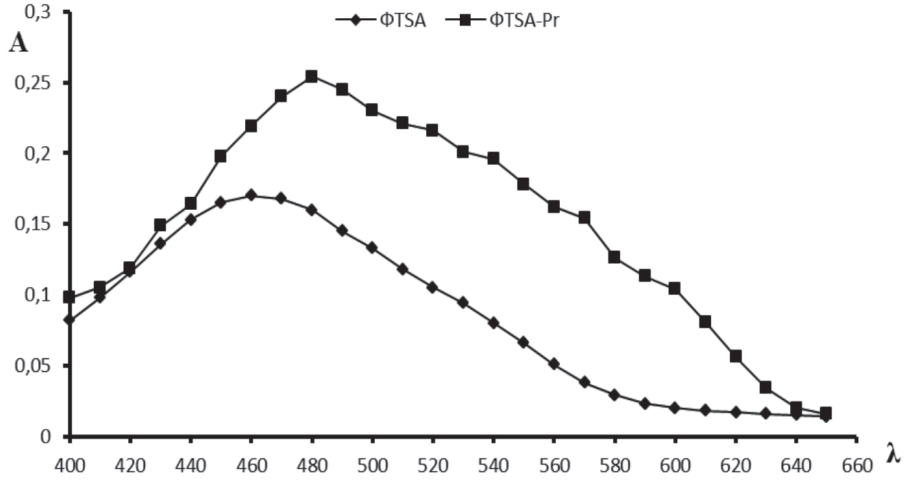


Рис. 1. Абсорбционные кривые ФTSA и системы ФTSA-Pr при pH 4

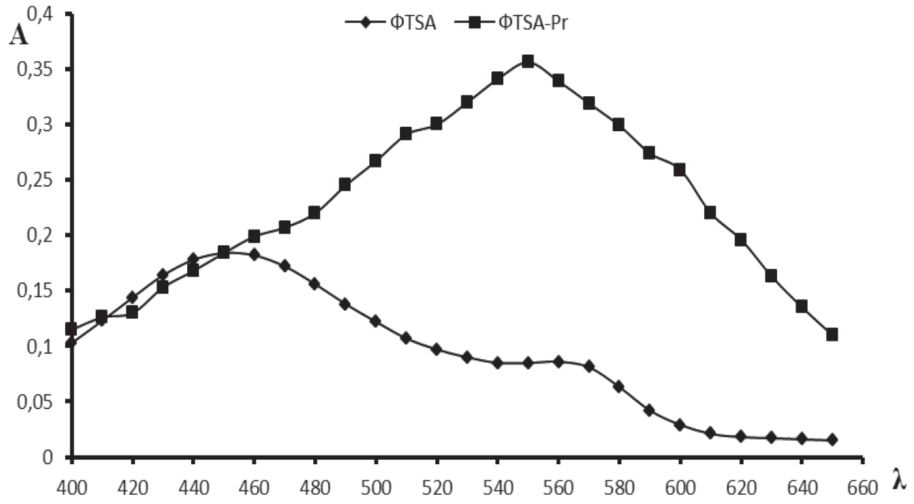


Рис. 2. Абсорбционные кривые ФTSA и системы ФTSA-Pr при pH 5

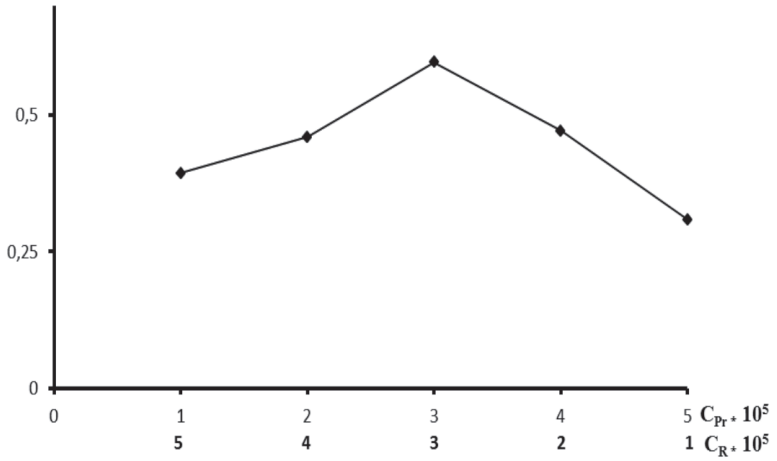


Рис. 3. Определение состава методом изомолярных серий

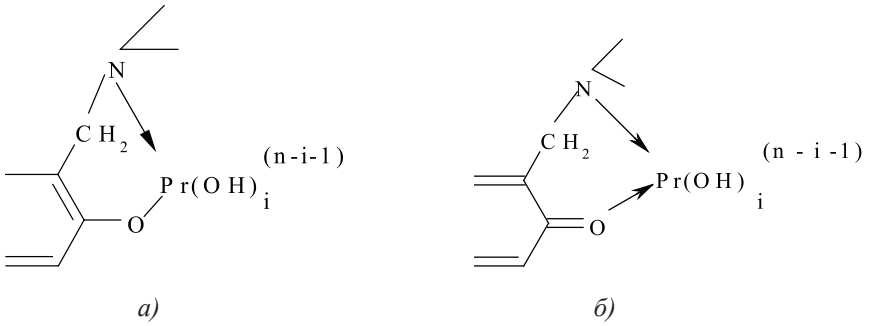


Рис. 4. Возможные структуры координационного узла: а) образование комплекса происходит по кислороду ОН-группы и третичному азоту иминодиацетатной группировки бензольного кольца; б) образование комплекса происходит по кислороду хиноидного кольца и третичному азоту иминодиацетатной группировки

С целью идентификации комплексных соединений в системе ФTSA – Pr получены абсорбционные кривые красителя и его же в присутствии ионов Pr в широком диапазоне кислотности среды с pH от 2 до 10. При pH 4, 5 они приведены на рис. 1–2.

Таблица 1

Основные спектрофотометрические характеристики системы ФTSA – Pr(III)

pH	λ_{max} реагента, нм	λ_{max} системы, нм	$\Delta\lambda$,нм
2	450	460	10
3	460	470	10
4	460	480	20
5	450	550	100
6	560	560	0
7	560	560	0
9	560	560	0

Основные спектрофотометрические характеристики двойной системы представлены в табл. 1.

Анализ абсорбционных кривых показал, что комплексообразование ионов празеодима (III) с ФTSA происходит при pH 5. Простейшее соотношение компонентов реакции в составе комплекса устанавливали методом изомолярных серий (рис. 3).

Таблица 2

Основные спектрофотометрические характеристики комплекса ионов Pr с ФTSA

pH	λ_R, нм	$\lambda_к$, нм	$\Delta\lambda$, нм	Pr:R	λ_R^{x-}	$\varepsilon \cdot 10^{-4}$
5	450	550	100	1:1	560	2,86

Так как комплекс моноядерный, молярный коэффициент светопоглощения установлен по методу Н.П. Комаря [6]. Ос-

новные спектрофотометрические характеристики комплекса ионов Pr с ФТSA приведены в табл. 2.

Согласно спектрофотометрическим характеристикам, полоса поглощения комплекса находится в длинноволновой области видимой части спектра (550 нм). Учитывая глубину окраски комплекса, а также простейшее стехиометрическое соотношение (1:1) компонентов в его составе, структуру координационного узла можно представить в виде следующих наиболее вероятных схем (рис. 4).

Для выяснения химизма реакции и уточнении структуры координационного узла, был использован метод В.А. Назаренко [10], который позволяет определить форму комплексообразователя и лиганда, число отщепляемых протонов, рассчитать константу равновесия реакции, константы нестойкости и устойчивости образующихся соединений, заряд комплекса и сделать вывод о структуре координационного узла.

Образование комплекса наблюдается в слабокислых средах. Согласно литературным данным о состоянии празеодима [7] и реагента ($pK_{дисс}$) [2] при pH 4–5 наиболее вероятно, что комплексообразователь находится в форме негидролизованного трёхзарядного катиона, а краситель – в виде трёхзарядного отрицательного аниона, то есть уже диссоциирован по трём кислотным группировкам, не входящим в π-электронную систему красителя. Тогда уравнение реакции празеодима с фталексоном SA можно записать в виде упрощенной схемы:

$$H_6R^{3-} + Pr^{3+} \leftrightarrow PrH_{6-n}R^x + nH^+.$$

Откуда

$$K_{нест} = \frac{\left[H_6R^{3-}\right]\cdot\left[Pr^{3+}\right]}{\left[Pr\,H_{6-n}R^x\right]\cdot\left[H^+\right]^n},$$

где $[H_6R^{3-}]$ – равновесная концентрация лиганда;

$$\left[H_6R^{3-}\right] = \frac{C_R - C_k}{1 + \frac{K_1K_{2,3}}{\left[H^+\right]^2} + \frac{K_1K_{2,3}K_4}{\left[H^+\right]^3}},$$

$[Pr^{3+}]$ – равновесная концентрация ионов неодима;

$$[Pr^{3+}] = C_{Nd} - C_k,$$

$[PrH_{6-n}R^x]$ – равновесная концентрация комплексных частиц;
C_{Pr} – общая концентрация ионов металла;
C_k – равновесная концентрация комплекса.

$$C_k = \frac{A}{A_{max}}\cdot C_R,$$

где A – оптическая плотность, C_R – общая концентрация реагента.

Обозначим через B отношение произведения равновесных концентраций неодима и реагента к равновесной концентрации комплекса:

$$B = \frac{\left[Pr^{3+}\right]\cdot\left[H_6R^{3-}\right]}{C_k}.$$

Тогда $[B] = f[H^+]$, а $-lgB$ должен быть линейной функцией pH. Таким образом, в случае правильности выбранной схемы комплексообразования в данном интервале pH графическая зависимость –lgB–pH должна быть линейной, а значение тангенса угла наклона этой прямой к оси абсцисс должно быть целочисленным. Данные и результаты расчета, проведенного по выше представленным формулам (табл. 3, рис. 5), подтвердили предполагаемую схему образования комплекса (зависимость –lgB-pH линейная, тангенс угла наклона к оси абсцисс имеет целочисленное значение); число отщепляемых протонов ($tg\varphi = n$) равно 2. Значение $pK_{нест}$ комплекса вычисляли по уравнению

$$\rho K_{нест.} = -\lg B - n\cdot\rho H + \rho K + \rho K_{2,3} + \rho K_4.$$

$$K_{нест.} = -ant\lg\rho K_{нест.}.$$

Таблица 3

Влияние H^+ на комплексообразование ионов празеодима (III) с фталексоном SA

pH	A	$[H^+]\cdot10^5$	$C_k\cdot10^5$	$[H_6R^{3-}]\cdot10^{10}$	$[Pr^{3+}]\cdot10^5$	$B\cdot10^{10}$	–lgB	$pK_{нест}$
4,25	0,253	5,19	1,25	2,16	1,25	3,6	9,44	9,3
4,5	0,304	3,19	1,5	0,454	1	1	10,04	10
4,75	0,354	1,95	1,75	0,067	0,75	0,934	10,7	10,03
5,0	0,398	0,757	1,97	0,0063	0,53	0,348	11,95	10,46
5,25	0,402	0,538	1,99	0,00081	0,51	0,245	12,4	10,62

Уточненное уравнение реакции взаимодействия Pr с ФТSA при pH 5

$$Pr^{3+} + H_6R^{3-} \leftrightarrow PrH_4R^{2-} + 2H^+.$$

$$n = 2;\ pK_{нест.\ ср} = 10{,}09;\ \beta ср = 1{,}73 \cdot 10^{10}.$$

Учитывая спектрофотометрические характеристики комплекса и результаты расчета, связанные с установлением химизма его образования, можно предположить, что координационный узел в процессе взаимодействия празеодима с ФТSA образуется по кислороду хиноидного кольца реагента и третичному азоту иминодиацетатной группировки. Согласно работе А.И. Черкесова и В.Н. Рыжова [11], такая структура комплексов фталексонов с ионами многовалентных металлов обуславливают их высокую прочность, что согласуется с результатом расчета $\beta = 1{,}73 \cdot 10^{10}$. Схему комплексообразования в исследуемой системе можно представить в виде

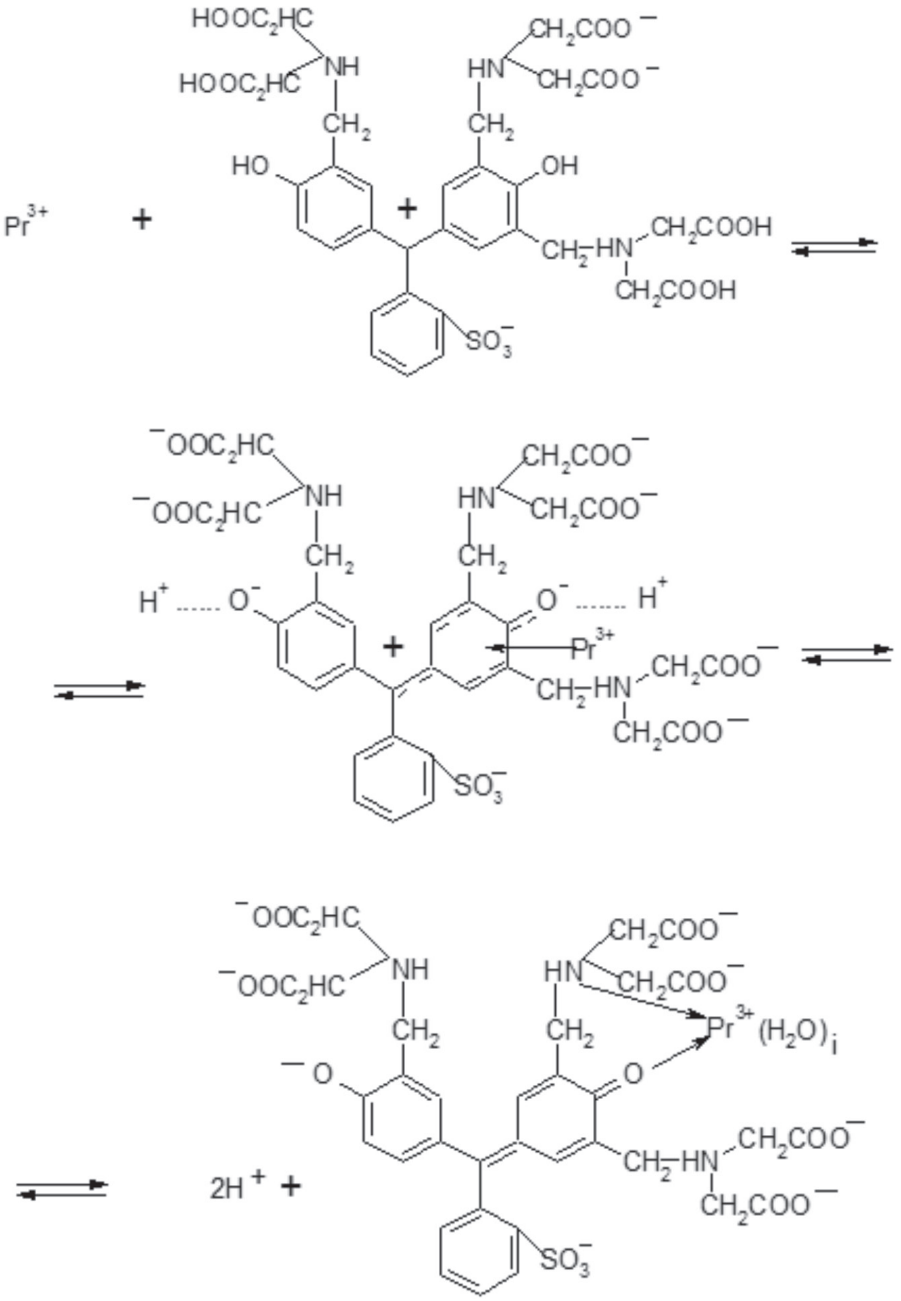


Схема комплексообразования

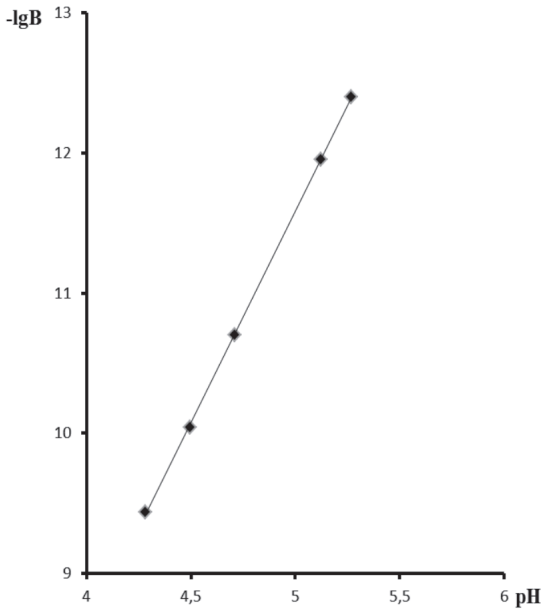


Рис. 5. Влияние H^+ на комплексообразование ионов празеодима (III) с фталексоном SA

С целью исследования возможности применения красителя и изученной системы в качестве реагента на аминокапроновую кислоту получены спектры светопоглощения ФTSA и системы ФTSA – аминокапроновая кислота (Amin) в достаточно широком диапазоне кислотности среды. Анализ их показал, что аминокапроновая кислота не влияет на спектральные характеристики ФTSA. Однако происходит повышение оптической плотности раствора (ΔA = 0,1 – 0,15), что говорит об увеличении концентрации соответствующей формы реагента в растворе в присутствии фармацевтического препарата.

Абсорбционные кривые системы ФTSA-Amin и тройной системы ФTSA-Pr-Amin при pH 4 приведены на рис. 6. Анализ их показывает, что введение аминокапроновой кислоты в систему R-Pr в слабокислых средах смещает полосу поглощения в длинноволновую область видимой части спектра (Δλ = 70 нм). В наибольшей степени это выражено при pH 4. На основании этого можно рекомендовать систему ФTSA-Pr в качестве реагента при идентификации аминокапроновой кислоты. Основные спектрофотометрические характеристики тройной системы приведены в табл. 4.

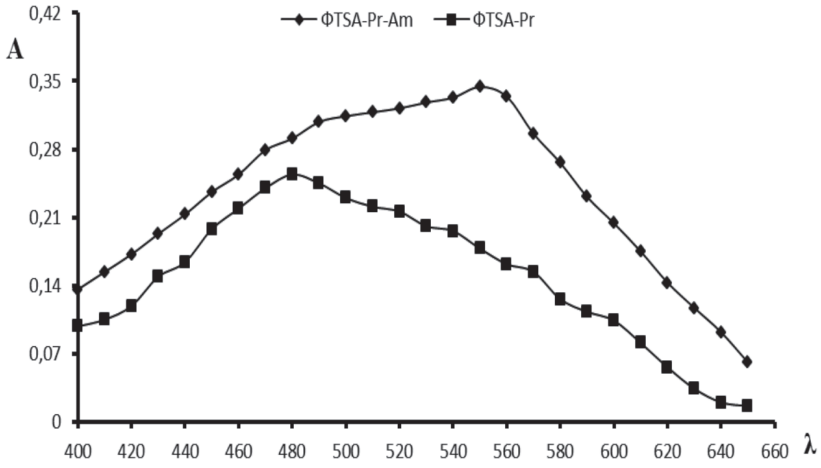


Рис. 6. Абсорбционные кривые системы ФTSA-Pr и тройной системы ФTSA-Pr-Amin при pH 4

Таблица 4

Основные спектрофотометрические характеристики системы ФTSA – Pr – Amin

pH	$\lambda_{ФTSA\text{-}Pr}$	$\lambda_{ФTSA–Pr–Amin}$	Δλ
3	460	460	0
4	480	550	70
5	550	550	0
6	560	560	0

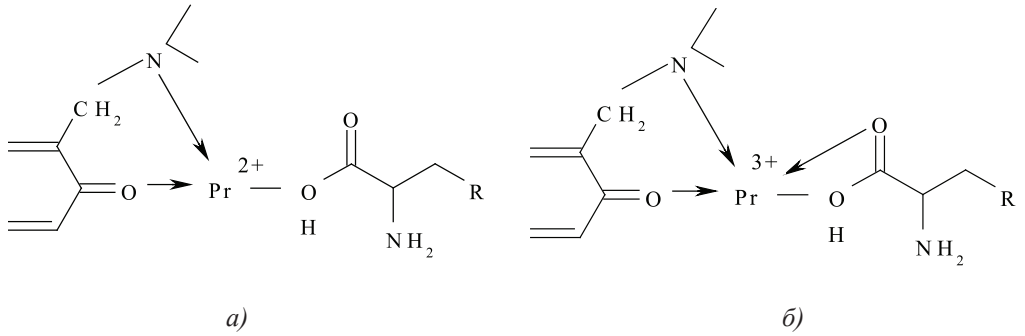


Рис. 7. Предполагаемая схема разнолигандного комплекса, где R – C_3H_7: а) образование комплекса по кислороду гидроксильной группы, б) образование комплекса по кислороду карбонильной группы

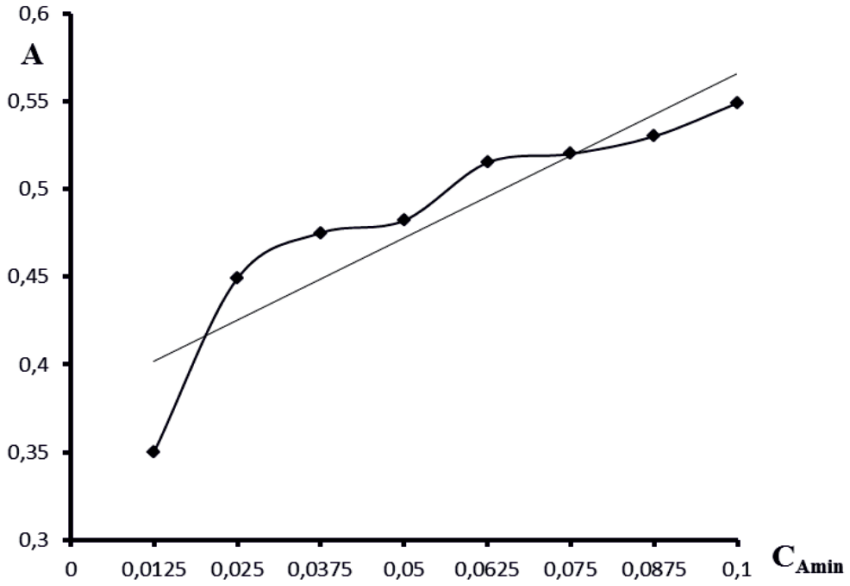


Рис. 8. Зависимость оптической плотности от концентрации аминокапроновой кислоты (г/мл)

Наблюдаемую цветную реакцию можно объяснить следующим образом. В присутствии аминокапроновой кислоты комплексообразование происходит уже при pH 4, причем полоса поглощения комплекса совпадает с полосой поглощения соединения образующегося в отсутствии лекарственного препарата ($\lambda = 550$ нм). По-видимому, это связано с увеличением поляризационной активности комплексообразователя в присутствии аминокапроновой кислоты, которая, будучи активным соединением, влияет на состояние водной фазы и обуславливает, таким образом, наблюдаемое явление (комплекс возникает не при pH 5, а при pH 4). Возможно также, что возникает разнолигандный комплекс празеодима (III) с ФTSA и аминокапроновой кислотой (рис. 7).

Для исследования возможности количественного спектрофотометрического определения аминокапроновой кислоты по реакции с фталексоном SA в присутствии ионов Pr необходимо было изучить характер зависимости оптической плотности от концентрации фармацевтического препарата в тройной системе.

С этой целью при pH 4 получена серия растворов с постоянной концентрацией металла и реагента и переменной аминокапроновой кислоты, в интервале концентраций от 0,0125 г/мл до 0,1 г/мл. Корреляция точек относительно прямой зависимости A-C_{Amin} оказалась удовлетворительной (рис. 8).

Таблица 5

Определение аминокапроновой кислоты в водных растворах по реакции с ФTSA в присутствии ионов празеодима при pH 4

Введено Amin, мл	C_{Amin}, г/мл	Найдено, г/мл	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность, %
0,5	0,025	0,0255	– 0,0005	– 2,0
0,5	0,025	0,0247	0,0003	1,2
0,5	0,025	0,0245	0,0005	2,0
0,75	0,0375	0,0374	0,0004	1,1
0,75	0,0375	0,037	– 0,0005	– 1,4
0,75	0,0375	0,0376	0,0006	1,6
1,0	0,05	0,0494	– 0,0006	– 1,2
1,0	0,05	0,0495	– 0,0005	– 1,0
1,0	0,05	0,0507	0,0007	1,4
1,25	0,0625	0,0633	0,0008	1,3
1,25	0,0625	0,0635	0,001	1,6
1,25	0,0625	0,0618	– 0,0007	– 1,1
1,5	0,075	0,074	– 0,001	– 1,4
1,5	0,075	0,0738	– 0,0012	– 1,6
1,5	0,075	0,0735	– 0,0015	– 2,0
1,75	0,0875	0,0883	0,0008	1,0
1,75	0,0875	0,0886	0,0011	1,2
1,75	0,0875	0,089	0,0015	1,7
2,0	0,1	0,0991	– 0,0009	– 1,0
2,0	0,1	0,1016	0,0016	1,6
2,0	0,1	0,102	0,002	2,0

Учитывая достаточную корреляцию точек относительно прямой в интервале концентрации аминокапроновой кислоты от 0,025 г/мл до 0,1 г/мл можно применить эту кривую в качестве градуировочного графика при количественном определении аминокапроновой кислоты в водных растворах. Уравнение градуировочного графика рассчитывали по методу наименьших квадратов [1], с учетом дисперсии параметров *a* и *b* оно имеет вид

$$Y_i = (0{,}423 \pm 1{,}323\cdot10^{-8}) + (1{,}27 \pm 2{,}92\cdot10^{-6})\cdot x_i.$$

С применением уравнения калибровочного графика было проведено определение аминокапроновой кислоты в водных растворах (табл. 5).

Заключение

Как показывает таблица, ошибка определения лежит в пределах допустимой, что позволяет рекомендовать систему ФTSA-Pr в качестве реагента при количественном спектрофотометрическом определении фармацевтического препарата аминокапроновой кислоты в водных растворах в слабокислых средах (pH 4).

Список литературы

1. Булатов М.И. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинкин – Л.: Химия, 1986. – 382 с.

2. Карибьянц М.А. Изучение комплексообразования ионов скандия с фталексоном SA / М.А. Карибьянц, Н.А. Ашмарина, А.В. Дидковская // Естественные науки. – 2003. – № 6. – С. 134–142.

3. Карибьянц М.А. Исследование равновесий в растворах системы м-крезолфталексон S – цинк в присутствии метаклапромида / М.А. Карибьянц, М.В. Мажитова, Э.Н. Кинжиева и др. // Инновации в науке сборник статей: материал XXXVIII международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2014. – № 10(35). – С. 11–17.

4. Карибьянц М.А. Исследования химизма комплексообразования фталексона SA с ионами диспрозия и влияние на равновесия в этой системе хлорида цетилпиридиния и фармацевтического препарата фуросемида / М.А. Карибьянц, М.В. Мажитова // Естественные науки. – 2009. – № 2. – С. 162–171.

5. Карибьянц М.А. Исследование химизма комплексообразования ионов цинка с м-крезолфталексоном S / М.А. Карибьянц, М.В. Мажитова, Е.И. Кондратенко, Н.А. Ломтева и др. // Фармация. – 2015. – № 4. – С. 12–15.

6. Комарь И.П. Ученые записки, т. 37. Труды научно-исследовательского института химии, Харьковского государственного университета. – 1951. – Т. 37. – С. 147–150.

7. Лидин Р.А. Константы неорганических веществ: справочник / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Дрофа», 2006. – 685 с.

8. Мажитова М.В. Спектрофотометрическое изучение системы о-крезолфталексон S – аскорбиновая кислота в присутствии ионов железа (II) и железа (III) / М. В. Мажитова М.А. Карибьянц, М.У. Сергалиева и др. // Естественные науки. – 2015. – № 3. – С. 116–124.

9. Машковский М.Д. Лекарственные средства / М.Д. Машковский.: Новая волна, 2012. – 1216 с.

10. Назаренко В.А. Установление химизма взаимодействия ионов многовалентных металлов с органическими реагентами // Органические реагенты в анализе. Труды комиссии по аналитической химии. Саратов. – 1969. – № 16 – С. 57–60.

11. Черкесов А.И. Расчет электронной структуры комплексов галлия с фталексонами / А.И. Черкесов, А.Н. Рыжков // Фталексоны. – Саратов, 1970. – С. 67–73.

УДК [635.21 + 632.4/.952]:66-965.61:661.16

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ НА ОСНОВЕ КАРБЕНДАЗИМА

[1]Малюга А.А., [1]Чуликова Н.С., [2]Халиков С.С.

[1]Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН, Краснообск, e-mail: anna_maluyga@mail.ru;

[2]ФГБУН «Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова» Российской академии наук, Москва, e-mail: salavatkhalikov@mail.ru

Методами механохимии получены инновационные композиции фунгицидов-протравителей на основе карбендазима и водорастворимых полимеров для комплексной защиты картофеля от возбудителей гнилей при хранении и ризоктониоза. Установлено, что введение в состав этих препаратов полисахаридов арабиногалактана и гидроксиэтилкрахмала, а также поливинилпирролидона позволило значительно увеличить водорастворимость карбендазима и получить протравители клубней картофеля с улучшенными физико-химическими, технологическими и биологическими параметрами. Испытания препаратов в полевых условиях показали синергизм биологических свойств, проявляющихся в ускорении роста растений и их массы, снижении развития ризоктониоза картофеля на стеблях и увеличении продуктивности культуры. Показано, что композиции карбендазима с указанными полимерами обладали высокой биологической активностью при сниженном расходе препарата.

Ключевые слова: карбендазим, механохимия, полисахариды, водорастворимость, фунгицидные композиции, протравители, картофель, клубни, сухие гнили хранения, ризоктониоз, биологическая эффективность

COMPLEX PREPARATIONS BASED ON CARBENDAZIM FOR PROTECTION OF POTATO

[1]Malyuga A.A., [1]Chulikova N.S., [2]Khalikov S.S.

[1]Siberian Research Institute of Soil Management and Chemicalization of Agriculture SFNTSA RAS, Krasnoobsk, e-mail: anna_maluyga@mail.ru;

[2]Institute of Organoelement Conpounds Nesmeyanov RAS, Moskow, e-mail: salavatkhalikov@mail.ru

Innovative compositions of fungicides and protectants were obtained by methods of Mechanochemistry based on Carbendazim and watersoluble polymers for comprehensive protection against pathogens of potato rot during storage and Rhizoctonia. The combination of Carbendazim with Polysaccharides (Arabinogalactan and Hydroxyethyl Starch) and polyvinylpyrrolidone significantly increase the water solubility of Carbendazim and get protectants for potatoes with improved physico-chemical, technological and biological parameters. Test of protectants shown in the field of biological synergism properties manifested in accelerating the growth of plants and their weight reduction of Rhizoctonia potato stems and increase crop production. It is shown that the complex protectants of Carbendazim with these polymers exhibit high biological activity at a reduced flow rate of the drug.

Keywords: carbendazim, mechanochemistry, polysaccharides. water solubility, fungicidal compositions, protectants, potatoes, tuber, dry rot in storage, black scab, biological efficacy

Повышение устойчивости растений к болезням может быть достигнуто химическим методом с помощью различных веществ – химических иммунизаторов – соединений, которые могут проникать в растения, ассимилироваться ими, оказывать влияние на обмен веществ, повышая тем самым устойчивость к паразиту. Химическую иммунизацию могут вызывать фунгициды, рострегулирующие вещества, антибиотики, макро- и микроэлементы [2]. Фунгициды комплексно-иммунизирующего действия или продукты их декомпозиции изменяют метаболизм растений в сторону повышения устойчивости к заболеваниям не только в год обработки, но и в последующих поколениях [6], что дает основание отнести это явление к типу приобретенного иммунитета.

Среди различных приемов, позволяющих защитить картофель от болезней, наиболее экономичным и экологически безопасным является протравливание клубней. Основной идеей создания протравителей явилось присутствие пропагативных структур возбудителей болезней на поверхности семенного материала, а также внутри него. Ежегодная высокая инфицированность семенных клубней [5] обуславливает необходимость обязательного предпосадочного протравливания клубней. Протравливание обеспечивает максимальный эффект при минимально отрицательном влиянии на компоненты агроценоза [12]. Для прямого подавления и уничтожения патогенов в основном используются химические препараты контактного и системного действия,

которые снижают жизнеспособность либо вызывают гибель возбудителя, прерывая его инфекционный цикл. Этим достигается уничтожение инфекции на клубнях и их защита от возбудителей почвенно-клубневых инфекций, как во время хранения, так и во время прорастания. Данный прием в определённой мере также препятствует поражению клубней нового урожая.

Однако пестициды требуют пристального внимания и изучения из-за их токсического воздействия на окружающую среду. Одним из путей повышения безопасности данного метода является совершенствование ассортимента пестицидов, направленное на улучшение их санитарно-гигиенических и экологических характеристик, высокую эффективность в сочетании с малой опасностью для теплокровных животных и окружающей среды [4].

Целью настоящей работы является синтез и изучение биологической эффективности полифункциональных комплексных препаратов-протравителей на основе карбендазима (БМК), полученных его механохимической модификацией с помощью водорастворимых полимеров.

Материалы и методы исследования

Карбендазим (БМК)- [N-(Бензимидазолил-2)-О-метилкарбамат] – действующее вещество (ДВ) пестицидов из класса бензимидазолов, один из первых системных фунгицидов, который используется и в настоящее время [7]. БМК представляет собой кристаллическое вещество от серого или голубого до темно-коричневого цвета. Плохо растворим в воде и многих органических растворителях, растворим в кислотах. Для изменения растворимости БМК применяли следующие водорастворимые полимеры:

– арабиногалактан (АГ) / ТУ 9363-021-39094141-08, серия 02042013/;

– гидроксиэтилкрахмал (ГЭК) /марки 200/05 фармакопейной чистоты/;

– поливинилпирролидон (ПВП) (ФСП 42-0345-4368-03).

Процесс получения композиций проводили при совместной обработке БМК с полимерами в измельчителях-активаторах ударно-истирающего типа [12]. Полученные при этом композиции были исследованы на растворимость в воде, дисперсность, а также методами ИК-спектроскопии и термического анализа для подтверждения стабильности БМК при механообработке (м/о) и образования межмолекулярных комплексов, которые были исследованы в период хранения и вегетации в отношении ризоктониоза и сухих гнилей, а также их влияния на продуктивность культуры.

Биологические испытания. Объектами изучения были: картофель (*Solanum tuberosum* L.), ризоктониоз картофеля (*Rhizoctonia solani* Küch.), сухие гнили при хранении (*Fusarium* spp. и *Phoma exiqua* sp.). Эксперименты проводили на сорте картофеля Любава в хранилище и на полях стационара СибНИИЗиХ СФНЦА РАН в ОПХ «Элитное» Новосибирской области, почвенно-климатические условия которого типичны для лесостепной зоны Западной Сибири в период 2013–2014 годов.

Клубни картофеля обрабатывали препаратами (см. табл. 1) осенью (для определения их биологической эффективности в отношении гнилей при хранении) и весной (против ризоктониоза). В качестве эталона (химического контроля) был выбран разрешенный для применения в РФ препарат на основе БМК – Колфуго Супер, КС (200 г/л). Норма расхода рабочей жидкости при осеннем и весеннем протравливании составляла соответственно 0,25 л/т и 10 л/т, согласно «Списку пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ» [10].

Основные элементы технологии возделывания картофеля соответствовали общепринятым для данного региона [1]. Опыт закладывали согласно методике проведения полевых исследований [3] на естественном инфекционном фоне *R. solani*. Учет пораженности растений картофеля ризоктониозом проводили через 4, 10 недель после посадки культуры по методике J. Frank [13]. В период вегетации также проводили наблюдения за фенологией растений [8]. Результаты обработаны с применением прикладного пакета программ СНЕДЕКОР [9]. Схемы опытов по осеннему и весеннему применению препаратов на основе БМК представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав препаратов и схема опыта с протравливанием клубней картофеля

Вариант защиты	Состав композиций, условия получения*, содержание БМК	Норма расхода препарата на тонну клубней картофеля			
		по препарату		по действующему веществу	
		осень	весна	осень	весна
Контроль, без обработки	–	–		–	
Колфуго Супер КС, химический контроль	БМК (200 г/л); 20%	250 мл		50 г	
Препарат № 1	БМК/АГ (1/10); 9%	555 г	100 г	50 г	10 г
Препарат № 2	БМК/ ПВП (1/2); 33%	150 г	30 г	50 г	10 г
Препарат № 3	БМК/ ГЭК (1/5);16,6%	300 г	60 г	50 г	10 г

Примечание. *препараты № 1, 2 и 3 получены на валковой шаровой мельнице (ВШМ) LE-101 при механообработке в течение 4 ч.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам ИК-спектральных исследований было показано, что деструкции БМК при его механообработке с полимерами не происходит, а расширение характеристичных полос поглощения БМК говорит об образовании межмолекулярных водородных связей между молекулами БМК и полимеров.

Данные термического анализа показали, что в продуктах механообработки происходит смещение термоэффектов БМК в область в более высоких температур, т.е. образуются энергетически более стабильные системы.

Анализ растворимости БМК и его композиций (см. табл. 2) указывает на то, что все полученные композиции БМК обладают повышенной водорастворимостью по сравнению с исходной субстанцией БМК, причем наибольшая растворимость БМК наблюдается у препарата № 1, что предполагает и соответствующее увеличение биологической активности.

Анализ данных дисперсного состава исходного БМК и его композиций показал что все композиции являются нанодиспергированными твердыми дисперсиями, что также предполагало увеличение биологической активности.

Биологические исследования показали, что все композиции БМК с полимерами (далее препараты № 1, 2 и 3 – см. табл. 1) обладали более высокой эффективностью в отношении возбудителей сухих гнилей при хранении, чем стандартный фунгицид-протравитель – Колфуго Супер (см. табл. 3). Весовой процент больных клубней с сухими гнилями хранения был ниже в 12,5–14,5 раз в сравнении с контрольным вариантом, и в 4,1–4,8 раза в сравнении с химическим контролем.

Таблица 2

Растворимость БМК и его композиций с полимерами

Название образца	Концентрация БМК, г/л	Увеличение растворимости в воде, кратно
Карбендазим /БМК/ (исх.) без м/о	0,008	–
Препарат № 1	0,172	21,5
Препарат № 2	0,024	3,0
Препарат № 3	0,015	1,9

Таблица 3

Влияние механохимических композиций БМК на сухие гнили при хранении

Вариант защиты	Весовой процент больных клубней	Биологическая эффективность,%
Контроль, без обработки	4,36	–
Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль	1,43	67,2
Препарат № 1	0,30	93,1
Препарат № 2	0,35	92,0
Препарат № 3	0,32	92,7

Таблица 4

Влияние композиций БМК на развитие ризоктониоза в фазу полных всходов

Вариант защиты	Развитие ризоктониоза,%		
	Срок применения фунгицида		Средние по фактору защита
	осень	весна	
Контроль, без обработки	20,0		20,0
Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль	7,5	2,5	5,0
Препарат № 1	13,3	2,5	7,9
Препарат № 2	12,5	8,9	10,7
Препарат № 3	2,5	5,0	3,7
Средние по фактору срок	11,2	7,8	
$НСР_{05}$	По факторам: защита – 3,0; срок – 1,3; частных средних – 4,3		

Установлено, что все предлагаемые препараты при протравливании клубней осенью показали высокую биологическую эффективность против возбудителей фузариозов и фомоза – 92–93 %, тогда как у Колфуго Супер данный показатель был на 25–26 % ниже.

Исследования также показали, что композиции БМК были эффективны и против возбудителя ризоктониоза картофеля, но данный показатель варьировал в зависимости от срока их применения (табл. 4).

Было установлено, что все изучаемые препараты в среднем достоверно снижали развитие болезни на всходах картофеля в 1,9–5,4 раза в сравнении с контрольными растениями. Эффективность весеннего протравливания посадочного материала против черной парши была в среднем существенно выше, чем осеннего – в 1,4 раза.

В фазе полных всходов наиболее эффективно снижали развитие ризоктониоза препараты № 1 и № 2 (см. табл. 4) при использовании их весной перед посадкой, тогда как эффективность препарата № 3 не имела существенной разницы в зависимости от срока применения.

Все изучаемые препараты, нанесенные на клубни, как осенью, так и весной, к фазе полных всходов в сравнении с контролем достоверно снижали развитие ризоктониоза, в 1,5–8,0 и 2,3–8,0 раза соответственно. Для Колфуго Супер данный показатель в первом случае составлял 1,8 раза, во втором – 2,6 раза.

Изучение влияния композиций БМК на биометрические показатели культуры в фазе полных всходов показало, что в среднем длина растений не отличалась от таковой в контроле (табл. 5).

В среднем срок применения композиций БМК сказывался на росте культуры, как в период полных всходов, так и в фазе бутонизации-цветения. Использование препаратов осенью существенно увеличивало длину растений на 0,8–1,5 см, в сравнении с весенней обработкой.

Нанесение на клубни осенью препарата № 2 (см. табл. 5) способствовало существенному увеличению высоты растений в фазе полных всходов, а использование препарата № 1 в период бутонизации-цветения – на 3,0 и 4,2 см соответственно. При обработке клубней перед посадкой рост растений в фазе бутонизации-цветения достоверно увеличивал препарат № 1. В варианте с препаратом № 3 (клубни обработаны весной, фаза бутонизация-цветение) отмечено достоверное снижение данного показателя.

Таблица 5

Влияние композиций БМК на длину растений картофеля в фазу полных всходов

Вариант зашиты	Длина растений картофеля, см		
	Срок применения фунгицида		Средние по фактору защита
	осень	весна	
Фаза полных всходов			
Контроль, без обработки	35,0		35,0
Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль	36,7	40,0	38,4
Препарат № 1	35,0	34,5	34,7
Препарат № 2	38,0	33,5	35,7
Препарат № 3	36,2	34,0	35,1
Средние по фактору срок	36,2	35,4	
$НСР_{05}$	По факторам: защита – 1,5; срок – 0,6; частных средних – 2,1		
Фаза бутонизации-цветения			
Контроль, без обработки	42,5		42,5
Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль	42,5	40,8	41,7
Препарат № 1	46,7	45,8	46,3
Препарат № 2	42,5	42,8	42,7
Препарат № 3	41,9	36,7	39,3
Средние по фактору срок	43,2	41,7	
$НСР_{05}$	По факторам: защита – 3,0; срок – 1,3 частных средних – 4,3		

Композиции БМК оказывали влияние не только на длину растений, но и на их массу (табл. 6). В среднем достоверно увеличивали данный показатель препараты № 2 и № 3 (фаза полных всходов) на 12,5–31,3 г/растение в сравнении с контролем, а Колфуго Супер увеличивал массу растения на 23,8 г. К фазе бутонизации-цветения все изучаемые препараты в среднем существенно повышали массу картофеля на 26,7–47,4 г/растение, тогда как в варианте с химическим контролем эта величина составила 22,9 г/растение.

В целом к фазе полных всходов существенную прибавку массы при обоих сроках применения защитных составов обеспечил препарат № 3 (на 17,5–45,0 г/растение), а также препарат № 2 в случае его использования осенью (на 17,5 г/растение) в сравнении с контролем. В фазе бутонизации-цветения существенное увеличение данного показателя наблюдали в вариантах с осенним протравливанием всеми изучаемыми препаратами (на 36,4–41,5 г/растение), и в случае весеннего использования препаратов № 1 и № 2 (на 42,9–49,9 г/растение).

Таблица 6

Влияние композиций БМК на массу растения картофеля в фазу полных всходов

Вариант защиты	Масса растения картофеля, г/растение		
	Срок применения фунгицида		Средние по фактору защита
	осень	весна	
Фаза полных всходов			
Контроль, без обработки	125,0		125,0
Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль	130,0	167,5	148,8
Препарат № 1	100,0	135,0	117,5
Препарат № 2	142,5	132,5	137,5
Препарат № 3	170,0	142,5	156,3
Средние по фактору срок	133,5	140,5	
$НСР_{05}$	По факторам: защита – 10,7; срок – 4,6 частных средних – 15,1		
Фаза бутонизации-цветения			
Контроль, без обработки	130,1		130,1
Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль	133,5	172,5	153,0
Препарат № 1	166,5	173,0	169,8
Препарат № 2	175,0	180,0	177,5
Препарат № 3	170,0	143,7	156,8
Средние по фактору срок	155,0	159,9	
$НСР_{05}$	По факторам: защита – 12,8; срок – 5,4; частных средних – 18,1		

Таблица 7

Влияние композиций БМК на урожайность культуры

Вариант защиты	Урожайность культуры, т/га			Прибавка урожайности, %	
	Срок применения фунгицида		Средние по фактору защита		
	осень	весна		осень	весна
Контроль, без обработки	8,30		8,30	–	
Колфуго Супер, КС (200 г/л), химический контроль	9,82	11,96	10,89	18,3	44,1
Препарат № 1	10,64	10,56	10,60	28,2	27,2
Препарат № 2	9,87	11,03	10,45	18,9	32,9
Препарат № 3	11,21	13,05	12,13	35,1	57,2
Средние по фактору срок	9,97	10,98			
$НСР_{05}$	По факторам: защита – 1,31; срок – 0,56; частных средних 1,85				

Комплексное действие композиций БМК на развитие заболевания, развитие и рост растений картофеля обусловило изменение урожайности культуры (табл. 7).

В среднем все изучаемые препараты достоверно повышали урожайность культуры на 1,52–4,75 т/га. Максимальную прибавку урожая из всех экспериментальных композиций обеспечил препарат № 3. При осеннем протравливании она составила 2,91 т/га, а при весеннем – 4,75 т/га. Препарат № 1 позволил получить одинаковый дополнительный урожай в размере 2,3 т/га, как при осеннем, так и весеннем сроке его использования. Наилучшим сроком использования композиции № 2 оказалась весна, в этом случае урожайность картофеля была на 2,73 т/га выше, чем в контроле. Колфуго Супер был наиболее эффективен в случае весеннего протравливания посадочного материала (прибавка составила 3,66 т/га).

Выводы

1. Наибольшую биологическую эффективность против сухих гнилей при хранении показали все композиции БМК с полимерами.

2. Максимальную продуктивность у растений картофеля наблюдали при использовании препарата № 3 (прибавка урожая в сравнении с контролем 35% – осеннее протравливание и 57% – весеннее). У препаратов № 1 и № 2 данный показатель составил 28 и 19% при осеннем протравливании, а также 27 и 33% при весеннем соответственно.

3. Более всего снижали развитие ризоктониоза в период вегетации препараты № 2 и № 3.

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

Список литературы

1. Бурлака В.В. Картофелеводство Сибири и Дальнего Востока. – М.: Колос, 1978. – 208 с.

2. Горленко И.В. Краткий курс иммунитета растений к болезням. – М.: Высшая школа, 1973. – 366 с.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.

4. Захаренко В.А. Тенденции развития нанофитосанитарии в защите растений // Защита и карантин растений. – 2009. – № 5. – С. 13–17.

5. Иванюк В.Г., Банадысев С.А., Журомский Г.К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. – Минск: Белпринт, 2005. – 696 с.

6. Логинова Л.Н. Об особенностях и механизме действия комплексно-иммунизирующих фунгицидов на метаболизм растений // Патологическая физиология и иммунитет растений – М.: Изд. МГУ, 1976. – С. 230–245.

7. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. – М.: Химия, 1987. – 712 с.

8. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: НИИКХ, 1967. – 264 с.

9. Сорокин О.Д. Пакет прикладных программ СНЕДЕКОР / О.Д. Сорокин // Применение математических методов и ЭВМ в почвоведении, агрохимии и земледелии: Тез. докл. 3-ей науч. конф. Российского об-ва почвоведов. – Барнаул, 1992. – С. 97.

10. Список пестицидов и агрохимикатов разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М., 2014. – 692 с.

11. Тютерев С.Л. Обработка семян фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений. – СПб, 2006. – 248 с.

12. Халиков С.С., Халиков М.С. Модификация свойств сельскохозяйственных препаратов путем их механоактивации с полимерами.// Бутлеровские сообщения. – 2011. – Т. 25, № 8. – С. 20–26.

13. Frank J., Leach S.S., Webb R.E. Evalution of potato clone reaction to Rhizoctonia solani // Plant dis. reporter. – 1976. – V. 60. – № 11. – P. 910–912.

УДК 630.181

ОПЫТ СОЗДАНИЯ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ КАЗАХСТАНА (НА ПРИМЕРЕ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА «БАЙТУГАН»)

Кабанова С.А., Абильдинов А.Д., Алека В.П., Шахматов П.Ф.

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, e-mail: Kabanova.05@mail.ru

Одним из путей влагообеспеченности сельскохозяйственных полей в условиях резко континентального климата Центрального Казахстана является создание агролесомелиоративных насаждений. С целью определения оптимальных агротехнических приемов создания агролесомелиоративных насаждений на темно-каштановых почвах и подбора ассортимента древесных и кустарниковых пород были проведены исследования почвенных условий сельскохозяйственных полей в фермерском хозяйстве «Байтуган» Карагандинской области. Присутствие легкорастворимых токсичных для роста растений солей отмечено на всех изученных сельскохозяйственных полях, поэтому защитные насаждения были созданы из лоха узколистного. Полосы агролесомелиоративного насаждения состоят из 3 рядов, размещение растений в них – 4,0х2,0 м. Расстояние между основными полосами составляет 300 м, между поперечными – 1500 м. Выбранная конструкция для данных условий – ажурно-продуваемая. Проведенные наблюдения за влажностью почвы показали, что наибольшее количество влаги было в 60 м от защитных насаждений из лоха узколистного (в среднем от 21,9 до 31,8%). В течение мая и летних месяцев количество влаги в почве колебалось от 13,8 до 30,6% в кулисе, от 13,6 до 28,2% – на расстоянии 20 м от кулисы. На контроле (аграрный ландшафт) влажность почвы была меньше (9,9–30,1%), чем на агролесомелиоративном ландшафте. Снегомерные исследования показали, что даже при небольшой высоте насаждений глубина и вес снега в кулисе АЛМН были соответственно в 1,5 и 1,3 раза больше, чем на открытом месте, кроме того, эффект снегозадержания сохранялся и в центре поля.

Ключевые слова: агролесомелиоративные насаждения, снегозадержание, лох узколистный, влажность почвы, Центральный Казахстан, каштановые почвы

EXPERIENCE OF CREATION OF AGROFORESTAL PLANTINGS IN CONDITIONS OF ARID STEPPE OF KAZAKHSTAN (BY THE EXAMPLE OF «BAYTUGAN» FARM

Kabanova S.A., Abildinov A.D., Aleka V.P., Shakhmatov P.F.

Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Schuchinsk, e-mail: Kabanova.05@mail.ru

One of the ways of provision of agricultural fields with moisture in conditions of sharply–continental climate of Central Kazakhstan is the creation of agroforestal plantings. With the purpose of determination of the optimal agrotechnical methods of creation of agroforestal plantings on dark–chestnut soils and selection of the assortment of wood and shrubby species there were carried out studies of soil and climatic conditions of agricultural fields on the farm «Baytugan» of Karagandy Region. The presence of freely soluble toxic for the growth of the plants salts was noted in all the studied agricultural fields, therefore, protective plantings were created from Russian olive (Elaeagnus angustifolia). Strips of agroforestal plantings consist of 3 rows, the distance of plants in them is 4,0 x 2,0 m. The distance between main strips is 300 m,the distance between cross strips is 1500 m. The selected design for these conditions is openwork–blown. The observations of soil moisture showed that the greatest amount of moisture was 60 meters away from the protective plantations of Elaeagnusangustifolia (an average of 21,9 to 31,8%).During May and summer months, the amount of moisture in the soil ranged from 13,8 to 30,6% in the wing, and 13,6 to 28,2% – at a distance of 20 meters from the wing. In the control (agricultural landscape), soil moisture was lower (9,9–30,1%) than in the agroforestal landscape. The studies of the density of snow covering have shown that even under a small height of the plantings the depth and the weight of snow in coulisse agroforestal plantingsagroforestal plantings were correspondingly in 1,5 and 1,3 times higher than in the open place, besides, the effect of snow retention remained in the centre of the field.

Keywords: agroforestal plantings, snow retention, Russian olive (Elaeagnus angustifolia), soil moisture, Central Kazakhstan, chestnut soil

Для условий Казахстана защитные насаждения являются важным средообразующим фактором, повышающие микроклимат агролесомелиоративных ландшафтов, защищают сельскохозяйственные поля от дефляции и эрозии почвы, увеличивают влагообеспеченность почвы. Одним из путей влагообеспеченности сельскохозяйственных полей в условиях резко континентального климата Центрального Казахстана является создание агролесомелиоративных насаждений (АЛМН).

На устойчивость и долговечность агролесомелиоративных насаждений оказывает существенное влияние выбор ассортимента древесных пород. В условиях сухостепной и полупустынной зон РК наиболее распространенной древесной породой является вяз, который может расти практически на любых почвах, на которых не удавалось вырастить ни одну другую породу, как отмечают многие исследователи [1, 7, 12, 13]. Так, в условиях Присивашской степи было установлено, что вяз отличался наибольшей

устойчивостью по сравнению с гледичией, лохом, сосной крымской и другими ксерофитами [14]. В литературе встречаются и другие мнения, указывающие на его слабую устойчивость в засушливых и тяжелых лесорастительных условиях, где его выращивание требует уточнения [6]. А.С. Манаенков [8] отмечал, что в условиях сухой степи, на условно лесопригодных почвах при создании мелиоративных лесонасаждений необходимо использование высоких и средних кустарников, а на автоморфных почвах разного гранулометрического состава – лоха и клена татарского. С ним согласен Ж.К. Мыкитанов, который предлагает для создания защитных насаждений на условно–лесопригодных почвах использование лоха узколистного, ясеня зеленого, жимолости татарской и других [11].

Перспективным способом решения проблемы повышения устойчивости защитных лесных насаждений в жестких природно-климатических условиях многие исследователи отмечают увеличение площади питания деревьев и кустарников в зависимости от лесорастительных условий, где основную роль играет обеспечение деревьев необходимым запасом почвенной влаги [3–5]. Проведенный анализ литературных источников указывает на то, что создание защитных лесных насаждений в зоне сухих степей, где преобладают ограниченно лесопригодные почвы, возможно только при правильном подборе ассортимента древесных пород, размещении растений на площади и строгом соблюдении агротехнических мероприятий.

Материалы и методы исследования

Основной задачей исследований являлась разработка технологии создания искусственных агролесомелиоративных насаждений для повышения влагообеспеченности земель сельскохозяйственного назначения в Центральном Казахстане. Объектом исследований являлись сельскохозяйственные поля в фермерском хозяйстве «Байтуган», расположенном в Карагандинской области (Центральный Казахстан). При проведении исследований за основу были взяты общепринятые методические подходы [9, 10]. Для изучения почвенных условий сельскохозяйственных земель определялся механический состав и химические свойства почв участка. С целью изучения характера отложения снега и запасов воды в нем перед весенним снеготаянием проводилась снегомерная съёмка. Одновременно с измерением глубины снежного покрова определялась его плотность [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведено рекогносцировочное обследование 4–х сельскохозяйственных полей фермерского хозяйства «Байтуган» для определения лесопригодности почвы. Выявлено, что содержание легкорастворимой соли CL на изучаемых полях изменялось в небольших пределах – от 0,007 до 0,014 %, что токсично для большинства хвойных растений, но переносится солеустойчивыми древесными и кустарниковыми породами. Наименьшее количество хлора отмечено в верхних горизонтах почвы, в горизонте 10–20 см наблюдается повышение содержания соли, на глубине от 20 до 50 см прослеживается скачкообразность количества хлора. Содержание Na варьировало по почвенным горизонтам на всех сельскохозяйственных полях незначительно – от 0,002 до 0,003 %. Содержание сульфатов SO_4 изменялось от 0,004 до 0,042 %. Наибольшее содержание сульфатов наблюдалось на поле № 3, несколько ниже – на поле № 4 и 2, наименьшее – на поле № 1 (рисунок). На основании проведенных почвенных анализов выявлено, что тип засоления темно-каштановых глубокосолончаковатых почв – сульфатный. Сумма обменных оснований в горизонтах А + В колеблется в пределах 40,84–42,60 мг-экв на 100 мг почвы.

В целом присутствие легкорастворимых токсичных для роста растений солей отмечено на всех изученных сельскохозяйственных землях. Для создания защитных насаждений были выбраны поля № 1 и № 2, как наиболее подходящие для роста растений по почвенным условиям.

Изучение плодородия почвы на сельскохозяйственных полях показало, что на поле № 2 почва более плодородная, чем на поле № 1 (содержание гумуса соответственно 4,31 и 1,99 %) (табл. 1).

Для успешного роста древесных растений необходимо 3–4 мг/100 г доступного азота, 25–30 мг/100 г доступного фосфора и 20–22 мг/100 г – доступного калия. На обоих полях достаточно всех элементов для роста растений, поэтому внесение удобрений не потребуется. Содержание гумуса верхнего гумусового горизонта среднее – 4,1 %, с глубиной уменьшается до 1,9 %.

Обработка почвы для посадки защитных насаждений проведена по системе зяблевой обработки. Осенью 2015 года на опытных полях № 1 и 2 были заложены агролесомелиоративные насаждения из лоха узколистного. Данная порода была выбрана не случайно. Поскольку почва имеет незначительное засоление, был подобран следующий ассортимент древесных и кустарниковых пород: вяз мелколистный, тополь Казахстанский, клен ясенелистный и лох

узколистный, как солевыносливые и засухоустойчивые породы. Но было выявлено, что на полях изучаемых сельскохозяйственных земель возможна потрава скотом будущих насаждений и нет возможности огораживания участка. Поэтому для создания мелиоративных насаждений был выбран лох узколистный, т.к. его неохотно поедает домашний скот.

Полосы АЛМН состоят из 3 рядов, размещение растений в них – 4,0 х 2,0 м. Расстояние между основными полосами составляет 300 м, между поперечными – 1500 м. Выбранная конструкция для данных условий – ажурно-продуваемая.

В марте 2016 г. была проведена снегомерная съемка на двух пробных площадях на агролесомелиоративных ландшафтах, результаты приведены в табл. 2.

На первой пробной площади особого мелиорирующего влияния защитных полос не выявлено. Высоты однолетних саженцев лоха узколистного не хватило для снижения скорости ветра и отложения снега. Но на второй пробной площади глубина и вес снега в кулисе АЛМН были соответственно в 1,5 и 1,3 раза больше, чем на открытом месте (контроль), кроме того, эффект снегозадержания сохранялся и в центре поля.

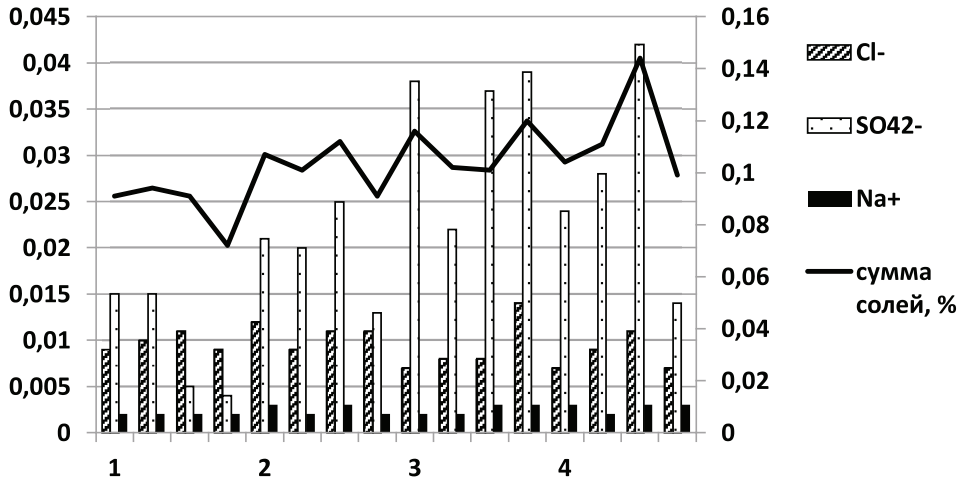
В течение вегетационного периода были проведены наблюдения за влажностью почвы на опытных полях. Влажность почвы значительно изменялась по времени взятия образцов почвы. Наибольшее количество влаги было в 60 м от защитных насаждений из лоха узколистного до августа (в среднем от 21,9 до 31,8 %). В августе влажность почвы была наименьшая (12,8 %). В течение мая и летних месяцев количество влаги в почвы колебалось от 13,8 до 30,6 % в кулисе, от 13,6 до 28,2 % – на расстоянии 20 м от кулисы. На контроле (аграрный ландшафт) влажность почвы была меньше (9,9–30,1 %), чем на агролесомелиоративном ландшафте. Во всех вариантах опыта наибольшее количество влаги было в горизонте 30–50 см.

Следует отметить, что погодные условия 2016 года отличались большим количеством осадков в вегетационный период. Так, если в 2015 году среднее количество осадков за 3 летних месяца составило 13 мм, то в летний период 2016 года – 34,1 мм, что больше в 2,6 раза.

Проведенная осенью 2016 года инвентаризация агролесомелиоративных насаждений из лоха узколистного показала, что средняя приживаемость на участке составила 48,1 % (табл. 3).

Приживаемость растений была неоднородной по пробным площадям и изменялась от 31,7 до 60,0 %. Имелось большое количество сомнительных растений – от 16 до 20 шт. на пробной площади. Многие растения были сломаны и начали свой рост порослью от основного стволика, на что повлияла потрава животными.

Следует отметить, что осенний период, по-видимому, не самое лучшее время для посадки лоха узколистного, т.к. даже при благоприятных погодных условиях года посадки и последующего вегетационного периода 2016 года у растений была очень невысокая приживаемость.



Содержание легкорастворимых солей на обследованных сельскохозяйственных землях

Таблица 1

Показатели плодородия почвы на опытных участках

Вариант	Слой почвы	NO_3, мг/кг ГОСТ 26951–86	P_2O_5, мг/кг ГОСТ 26204–91	K_2O, мг/кг ГОСТ 26204–91	Гумус, % ГОСТ 26213–91
Поле № 1	0–10	34,4	52,7	749	2,9
	20–30	25,7	36,1	636	2,3
	30–50	17,9	24,8	601	1,8
Поле № 2	0–10	17,9	67,7	794	4,3
	10–20	24,3	45,6	726	4,2
	20–30	23,4	56,2	740	3,9
	30–50	19,3	49,8	748	3,8

Таблица 2

Основные параметры снежного покрова на агролесомелиоративном ландшафте в фермерском хозяйстве «Байтуган»

Номер и местонахождение п.п.		Средние значения снежного покрова		
		толщина, см	вес, г	плотность, г/см^3
1	Кулиса	13,7 ± 2,5	45,0 ± 0,6	0,13 ± 0,02
	Поле	21,7 ± 3,1	165,0 ± 0,2	0,31 ± 0,04
	Центр поля	24,0 ± 1,7	95,0 ± 0,3	0,16 ± 0,00
Контроль		29,7 ± 1,5	140,0 ± 0,3	0,19 ± 0,01
2	Кулиса	42,7 ± 2,5	327,5 ± 1,0	0,31 ± 0,01
	Поле	36,0 ± 3,6	265,0 ± 2,0	0,30 ± 0,03
	Центр поля	33,0 ± 2,6	265,0 ± 1,1	0,32 ± 0,01
Контроль		28,7 ± 1,2	48,0 ± 0,2	0,33 ± 0,01

Таблица 3

Приживаемость лоха узколистного на двух учетных площадках

№ учетной площадки	№ ряда	Число растений, шт.			Приживаемость %,
		живые	сомнительные	погибшие	
1	1	16	19	14	52,0
	2	14	10	16	47,5
	3	29	20	16	60,0
2	1	14	20	20	44,4
	2	5	16	20	31,7
	3	13	29	10	52,9
среднее					48,1

Выводы

При изучении почвенных условий региона исследований, расположенного в Центральном Казахстане, выявлено, что в почвенном покрове имеются токсичные легкорастворимые соли, препятствующие росту некоторых древесных растений. Поэтому для создания АЛМН был выбран лох узколистный, как наиболее соле- и засухоустойчивая порода. Приживаемость посаженных осенью 2015 года растений была достаточно небольшой и составила в среднем 48,1%. Следовательно, осень не является оптимальным временем для посадки лоха узколистного в условиях Карагандинской области.

При проведении снегомерных наблюдений определено, что глубина и вес снега в кулисе АЛМН были соответственно в 1,5 и 1,3 раза больше, чем на открытом месте (контроль), кроме того, эффект снегозадержания сохранялся и в центре поля. При незначительной высоте созданных осенью 2015 года защитных насаждений наблюдается эффект сохранения снежного покрова и впоследствии влаги на сельскохозяйственных полях, что еще раз подтверждает мелиорирующий эффект созданных защитных насаждений.

Список литературы

1. Бесчетнов П.П., Джангалиев С.А. Экологическая приспособленность разных форм ильмовых в защитном лесоразведении // Научные труды КазСХИ. Алматы, 1987. – С. 56–59.

2. Быков Н.И., Попов Е.С. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае–Саянского экорегиона (методическое руководство). – Красноярск, 2011. – 64 с.

3. Войно Л.А. Повышение устойчивости полезащитных лесных полос (и уход за ними) в Восточном Казахстане. – Алма–Ата: Наука производству. – 1983. – С. 40–78.

4. Габай В.С. Роль зонального фактора в дифференциации густоты посадки при защитном лесоразведении. – М.: Наука. – 1984. – С. 24–26.

5. Кабанова С.А., Алека В.П., Данченко М.А., Шишкин А.М., Данчев Б.Ф. Оценка состояния и роста агролесомелиоративных насаждений из березы повислой и лиственницы сибирской в лесостепной подзоне Северного Казахстана // В мире научных открытий. – 2016. – № 1 (73). – С. 89–107.

6. Карасев Г.М., Курдюк М.Г. Усыхание лесных полос и меры их восстановления // Вестник с.–х. науки. – 1975. – № 3. – С. 91–97.

7. Крючков С.Н. Пути повышения качества устойчивости и эффективности защитных лесных насаждений в засушливых условиях // Материалы международного научно-практического совещания «Технология создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны». – Астана, 2012. – С. 6–10.

8. Манаенков А.С. Основные принципы создания защитно – озеленительных лесонасаждений в условиях сухой степи и полупустыни // Материалы международного научно – практического совещания «Технология создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны». – Астана, 2012. – С. 11–12.

9. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов / под ред. Е.С. Павловского и М.И. Догилевича; ВАСХНИЛ. – М., 1985.

10. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно–ландшафтных систем земледелия. – Курск, Тверь: Чу До, 2001.

11. Мыкитанов Ж.К. Лесомелиоративное проектирование – техническая основа создания защитных лесных насаждений // Материалы международного научно – практического совещания «Технология создания защитных насаждений в пригородной зоне г. Астаны». Астана,2012. – С. 13–15.

12. Оловянникова И.Н. Порослевое возобновление вяза приземистого в полупустыне Северного Прикаспия // Лесоведение. – 1985. – № 3. – С. 26–28.

13. Смирнов И.А. Культуры вяза приземистого в Казахстане // Вестник с/х науки Казахстана. – 1980. – № 10. – С. 70–73.

14. Эрперт С.Д. Линдеман Г.В. Рост и долговечность вяза мелколистного в насаждениях различного строения // Лесоведение. – 1978. – № 5. – С. 45–51.

УДК 635.63:631.165.8

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛООБЪЕМНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НОВЫХ ГИБРИДОВ ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Кудияров Р.И., Дямуршаева Э.Б., Уразбаев Н.Ж., Сауытбаева Г.З., Дямуршаева Г.Е.

Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, e-mail: korkyt.green@mail.ru

Одним из основных факторов повышения эффективности производства овощей в защищенном грунте является внедрение новых высокоурожайных сортов и гибридов, адаптированных к новым технологиям и условиям выращивания с целью наиболее полной реализации их потенциальной продуктивности. Данное исследование было выполнено в тепличном хозяйстве Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата в 2015–2016 гг. с целью испытания новых перспективных гибридов огурцов с точки зрения интенсивности их роста, урожайности и качества продукции в условиях защищенного грунта Кызылординской области. В статье приводятся результаты испытаний шести гибридов голландской селекции: короткоплодные – Multistar F1, Deltastar F1, Gunesh F1 и среднеплодные – Yani F1, Media F1, Meva F1. Гибриды выращивали методом малообъемной гидропоники на субстрате из древесных опилок в зимне-весенней культуре. Исследованиями было установлено, что плодоношение короткоплодных гибридов наступало на 52–54-й день после всходов, что на 2–8 дней раньше, чем у среднеплодных гибридов. В группе короткоплодных гибридов наибольшую урожайность 38,14 кг/м^2 показал гибрид Gunesh F1, что на 8,3 % выше урожая стандартного образца. В группе среднеплодных гибридов самым продуктивным оказался гибрид Media F1, его урожай составил 39,55 кг/м^2 и был выше, чем у стандартного образца, на 5,1 %. На растениях короткоплодных гибридов формировалось большее количество плодов (109–119), чем у среднеплодных гибридов (73–74), но при этом масса плодов среднеплодных гибридов (221,4–246,3 г) была выше, чем у короткоплодных гибридов (134,5–159,1 г). Замечена закономерность: чем больше масса плода, тем более урожайным является гибрид. Расчеты экономической эффективности показали, что все исследуемые гибриды являются перспективными для беспочвенного выращивания в условиях защищенного грунта Кызылординской области, поскольку позволяют получить высокий урожай и высокую рентабельность производства 70,1–95,4 %

Ключевые слова: защищенный грунт, малообъемная технология, гибриды огурцов, продуктивность, рентабельность

PRODUCTIVITY AND COST EFFICIENCY OF SMALL-VOLUME CULTIVATION OF NEW HYBRIDS OF THE CUCUMBER IN GREENHOUSE OF THE KYZYLORDA REGION

Kudiyarov R.I., Dyamurshaeva E.B., Urazbaev N.Zh., Sauytbaeva G.Z., Dyamurshaeva G.E.

Korkyt Ata Kyzyloda State University, Kyzylorda, e-mail: korkyt.green@mail.ru

One of the major factors of productivity enhancement of vegetables in greenhouse is introduction of the new high-yielding grades and hybrids adapted to new technologies and conditions of cultivation for the purpose of the fullest realization of their potential efficiency. The present investigation has been executed in greenhouse of the Korkyt Ata Kyzylorda state university of in 2015–2016 for the purpose of test of new perspective hybrids of cucumbers from the point of view of intensity of their growth, productivity and quality of production in the conditions of the greenhouse of the Kyzylorda region. Results of tests of 6 hybrids of the Dutch selection: with short fruits – Multistar F1, Deltastar F1, Gunesh F1 and with average fruits – Yani F1, Media F1, Meva F1 are given in article. The hybrids were grown by method of small-volume hydroponics on a sawdust substrate in winter-spring culture. By researches has been established that fructification of hybrids with short fruits occurred in 52–54 days after shoots that 2–8 days earlier, than at hybrids with average fruits. In group of hybrids with short fruits the greatest productivity of 38,14 kg/m^2 has shown a hybrid Gunesh F1, that is 8,3 % higher than a harvest of a standard sample. In group of hybrids with average fruits a hybrid Media F1 was the most productive, its harvest 39,55 kg/m^2 was higher than at a standard sample for 5,1 %. On plants of hybrids with short fruits the bigger quantity of fruits (109–119 pieces), than at hybrids with average fruits (73–74 pieces) was formed, but at the same time the mass of fruits of hybrids with average fruits (221,4–246,3 g) was higher, than at hybrids with short fruits (134,5–159,1 g). The pattern is noticed: the more the mass of fruit, the hybrid is more productive. Calculations of cost efficiency showed that all researched hybrids are perspective for soil less cultivation in the conditions of the greenhouse of the Kyzylorda region, because allow to receive a heavy yield and high profitability of production of 70,1–95,4 %

Keywords: greenhouse, small-volume technology, hybrid of cucumbers, productivity, profitability

Приоритетным направлением, определяющим эффективность производства овощей закрытого грунта в современных условиях, является активная энерго- и ресурсосберегающая политика предприятий на базе использования интенсивных технологий выращивания овощных культур.

Современные требования к выращиванию овощей в защищенном грунте тесно связаны с резким снижением материальных

затрат при гарантированном высоком количестве и качестве производимой продукции [3, 11].

Промышленное тепличное производство предъявляет к сортам и гибридам повышенные требования. Они должны быть не только высокопродуктивными и устойчивыми к заболеваниям и стрессовым ситуациям, но обладать свойствами, которые приобретают все большее значение на потребительском рынке: внешний вид, вкусовые качества, экологическую чистоту [2, 8].

Многие ученые отмечают, что именно выбор сорта (гибрида) является одним их важнейших компонентов научно обоснованного производства и основным звеном любой технологии, поскольку процесс культивирования, энергетические и другие операционные расходы находятся в тесной связи с урожаем. Чем технология интенсивней, тем больше вкладывается средств в возделывание культуры и тем большее значение приобретает сорт [1, 8, 9].

Одним из важнейших факторов интенсификации производства овощей в защищенном грунте является внедрение новых высокоурожайных сортов (гибридов), адаптированных к новым технологиям и условиям выращивания с целью наиболее полной реализации их потенциальной продуктивности [7, 9].

Ведущие компании по производству семян каждый год поставляют на рынок большой спектр различных гибридов овощей, и проведение испытаний гибридов овощных культур для последующего внедрения в производство наиболее продуктивных из них является на сегодня одной из актуальных задач повышения производительности тепличного производства.

Поэтому цель данной работы заключалась в проведении исследований по испытанию новых перспективных гибридов огурцов с точки зрения интенсивности их роста, продуктивности, качества и эффективности при беспочвенном выращивании в условиях защищенного грунта Кызылординской области.

В задачи исследования входило: выявить особенности прохождения фенофаз и их продолжительность, проследить динамику поступления урожая, определить качество плодов, себестоимость и рентабельность производства.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились на базе тепличного хозяйства Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата и включали последовательное проведение полупроизводственных и производственных опытов с использованием общепринятых методик в овощеводстве защищенного грунта [4, 10].

В период межсезонья на покупательском рынке Казахстана наибольшим спросом пользуются гладкоплодные огурцы со средним размером плода. И поскольку в настоящее время все тепличное производство овощей в Казахстане основывается на выращивании гибридов зарубежной селекции, то для испытаний были отобраны партенокарпические гибриды огурцов голландской селекции Riik Zvaan: короткоплодные (длина плода 12–17 см) – Deltastar F1, Gunesh F1 и среднеплодные (длина плода 18–24 см) – Media F1, Meva F. Для более тщательной оценки для каждой группы был подобран свой стандарт: для короткоплодных гибридов – Multistar F1, для среднеплодных – Yani F1, которые показали хорошие результаты урожайности в предыдущие годы.

Исследуемые гибриды выращивали на субстрате из древесныхх опилок в зимне-весеннем обороте с 1 февраля по 1 июля. Для закладки эксперимента готовили рассаду, которую выращивали в горшках ∅10 см с торфяным субстратом (pH5,5). В фазе 4 настоящих листьев высаживали в теплицу, густота стояния растений 2,2 шт/м^2. Повторность опыта – 3-х кратная, размещение – рендомизированное.

В течение периода вегетации поддерживали оптимальный температурный режим: в солнечные дни: днем – 24 °С, ночью – 21 °С; в пасмурные дни: днем – 22 °С, ночью – 19 °С и режим влажности: до плодоношения – 70–75 %, в период плодоношения – 75–80 %.

Для минерального питания растений применяли питательную смесь, дифференцированную в соответствии со стадией развития растений (табл. 1).

В течение вегетационного периода проводили следующие учеты и наблюдения: микроклиматические, агрохимические, фенологические, физиологические.

Оценку качества плодов проводили согласно ГОСТ [5]. Экономическую эффективность в опытах рассчитывали по каждому варианту, учитывали затраты на выращивание и реализацию, определяли себестоимость, прибыль и рентабельность.

Таблица 1

Состав питательной смеси для выращивания огурцов на субстрате, ppm

Период вегетации	Элементы питания											
	N (NO_3^-)	N (NH_3^+)	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
До плодоношения	200	15	45	275	220	50	1,5	0,75	0,5	0,1	0,2	0,05
В период плодоношения	200	15	45	300	175	50	1,0	0,75	0,5	0,1	0,2	0,05

Математическую обработку данных по урожайности проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты фенологических наблюдений показали, что по интенсивности роста и развития, исследуемые гибриды отличались друг от друга (табл. 2).

Наблюдения за прохождением межфазных периодов показали, что продолжительность периода от посева семян до всходов у всех гибридов была одинаковой (3 дня) и через 25 дней после входов растения в фазе 4-х настоящих листьев высаживали в субстрат.

Период цветения и плодоношения наступал у гибридов в разные сроки, но более раннее наступление этих фаз наблюдалось у короткоплодных гибридов. Из гибридов этой группы первым начинал цветение гибрид Multistar F1(стандарт) – через 33 дня после всходов, на 35 день наступало цветение у гибрида Gunesh F1 и позже всех на 36 день у гибрида Delstar F1. Несмотря на то, что цветение у гибрида Gunesh F 1 наступало на 2 дня позже, чем у гибрида стандарта Multistar F1, плодоношение у них начиналось в один и тот же период – через 52 дня после всходов, плодоношение гибрида Delstar F1 наступало на 2 дня позже – через 54 дня после всходов.

В группе среднеплодных гибридов раньше всех (на 35 день) зацветал гибрид Yani F1, затем на 38 день – гибрид Meva F1 и позже всех (через 40 дней) начиналось цветение у гибрида Media F1. В этой группе гибридов самым раннеспелым был гибрид Yani F1 (стандарт), плодоношение у которого наступало на 54 день после всходов. Следом через 2 дня начиналось плодоношение у гибрида Meva F1, а самым позднеспелым оказался гибрид Media F1, у которого продолжительность периода от всходов до плодоношения составила 60 дней.

Таблица 2

Рост и развитие перспективных гибридов огурцов

Гибрид	Продолжительность периода, дней				
	от посева до всходов	от всходов до высадки в субстрат	от всходов до цветения	от всходов до плодоношения	плодоношение
Короткоплодные					
Multistar F1 St	3	25	33	52	96
Delstar F1	3	25	36	54	94
Gunesh F1	3	25	35	52	96
Среднеплодные					
Yani F1 St	3	25	35	54	94
Media F1	3	25	40	60	88
Meva F1	3	25	38	56	92

Таблица 3

Урожайность перспективных гибридов огурцов

Гибрид	Урожайность				Кол-во плодов на 1 раст.	Средняя масса плода, г	Выход стандартной продукции	
	ранняя		общая					
	кг/м^2	% к контролю	кг/м^2	% к контролю			кг/м^2	%
Короткоплодные								
Multistar F1 St	9,02	100	35,20	100	119	134,5	34,78	98,8
Delstar F1	8,76	97,1	35,06	99,6	112	142,3	34,71	99,0
Gunesh F1	11,04	122,4	38,14	108,3	109	159,1	37,64	98,7
Среднеплодные								
Yani F1 St	12,10	100	37,62	100	74	231,1	37,09	98,6
Media F1	12,36	102,1	39,55	105,1	73	246,3	39,07	98,8
Meva F1	11,72	96,8	36,04	95,8	74	221,4	35,53	98,6
$НСР_{05}$			0,14	0,4				

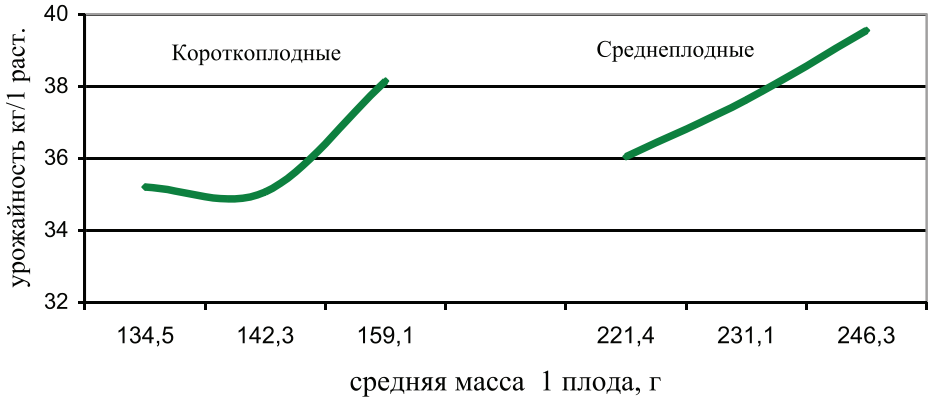


Рис. 1. Зависимость продуктивности огурцов от массы сформировавшихся плодов

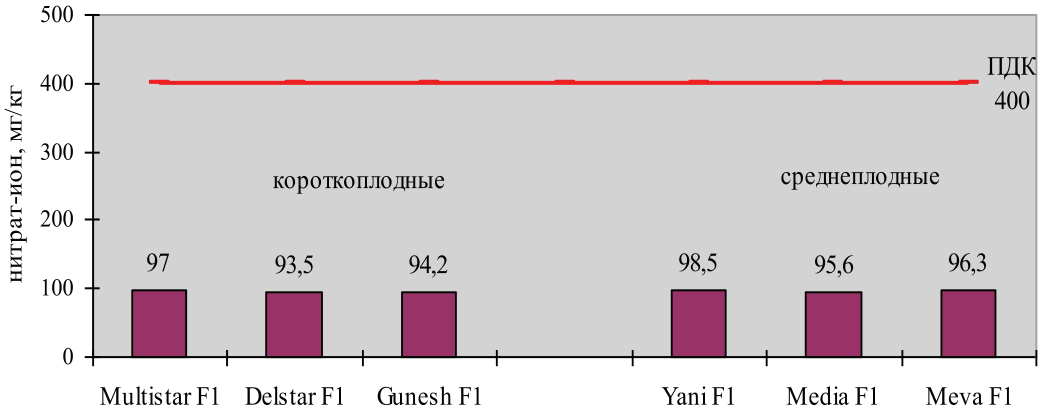


Рис. 2. Содержание нитрат-ионов в плодах огурцов

Особенности роста и развития исследуемых гибридов огурцов оказали непосредственное влияние на их продуктивность. Результаты испытаний выращивания исследуемых гибридов показали, что они формировали достаточно высокий урожай и некоторые из них превышали урожайность контрольных образцов (табл. 3).

Для проверки статистической нулевой гипотезы H_0 и подтверждения достоверности полученных результатов был проведен дисперсионный анализ данных урожайности. Результаты математической обработки показали, что исследуемые гибриды существенно отличались друг от друга по продуктивности ($F_ф > F_{05} = 121,59 > 3,11$).

Наиболее продуктивными оказались среднеплодные гибриды, среди которых наиболее урожайным был гибрид Media F1. Он имел самую высокую раннюю – 12,36 кг/м^2 и общую урожайность – 39,55 кг/м^2, которая превышала эти показатели стандартного образца на 2,1 и 5,1% соответственно. Самая низкая ранняя и общая урожайность из этой группы отмечена у гибрида Meva F1 – 11,72 кг/м^2 и 36,04 кг/м^2, что на 3,2 и 4,2% ниже, чем у стандартного образца.

Самым урожайным среди короткоплодных гибридов оказался гибрид Gunesh F1, ранняя и общая урожайность которого составила соответственно 11,04 и 38,14 кг/м^2, что на 22,4 и 8,3% выше, чем у стандартного образца. Самую низкую урожайность в этой группе имел гибрид Delstar F1. Его ранняя урожайность составляла 8,76 кг/м^2, а общая – 38,14 кг/м^2, что на 2,9 и 0,4% меньше, чем у стандартного образца.

Как показали результаты испытаний, различная урожайность исследуемых гибридов огурцов была обусловлена их биологическими особенностями, а именно способностью формировать различное количество

плодов разной массы. Так, на растениях короткоплодных гибридов формировалось большее количество плодов (109–119 шт.), чем у среднеплодных (73–74 шт.), но при этом масса плодов среднеплодных гибридов была выше (221,4–246,3 г), чем у плодов группы короткоплодных гибридов (134,5–159,1 г). Замечена закономерность: чем больше масса плода, тем урожайнее гибрид (рис. 1).

Анализ качества выращенной продукции показал, что выращенные в защищенном грунте и предназначенные для потребления в свежем виде плоды исследуемых гибридов полностью соответствовали требованиям ГОСТ и санитарным требованиям.

По внешнему виду все плоды были свежими, здоровыми, без каких-либо повреждений с типичной для каждого сорта формой и окраской, имели приятный огуречный запах и вкус, а их мякоть была плотной, с недоразвитыми водянистыми, не кожистыми семенами. Плоды имели приятный огуречный запах и вкус, свойственный ботаническому сорту. Содержание нитрат-ионов в плодах исследуемых гибридов было примерно на одном уровне и во всех случаях значительно меньше ПДК (рис. 2).

При расчете экономической эффективности возделывания гибридов огурца использовалась система показателей: урожайность, кг/м^2, себестоимость, тг/м^2, суммареализацииипродукции,тг./м^2,прибыль, тг/м^2 и рентабельность % (табл. 4).

При анализе экономической эффективности производства тепличной продукции учитывают не только общую урожайность культуры, но и динамику ее поступления, поскольку реализационные цены в течение периода плодоношения значительно разнятся.

Однако проведенные расчеты показали, что рентабельность производства определялась главным образом продуктивностью конкретного гибрида (рис. 3).

Так, среди исследуемых гибридов наиболее рентабельным оказался гибрид Media F1, который имел наибольшую урожайность.

Таблица 4

Экономическая эффективность перспективных гибридов томатов

Гибрид	Себестоимость, тг/ м^2	Сумма реализации продукции, тг /м^2	Прибыль, тг/ кг	Рентабельность, %
Multistar F1 St	5030,90	8608,00	3577,10	71,1
Delstar F1	5030,90	8558,50	3527,60	70,1
Gunesh F1	5030,90	9424,50	4393,60	87,3
Yani F1 St	5030,90	9379,00	4348,10	86,4
Media F1	5030,90	9838,00	4807,10	95,4
Meva F1	5030,90	8995,00	3964,10	78,8

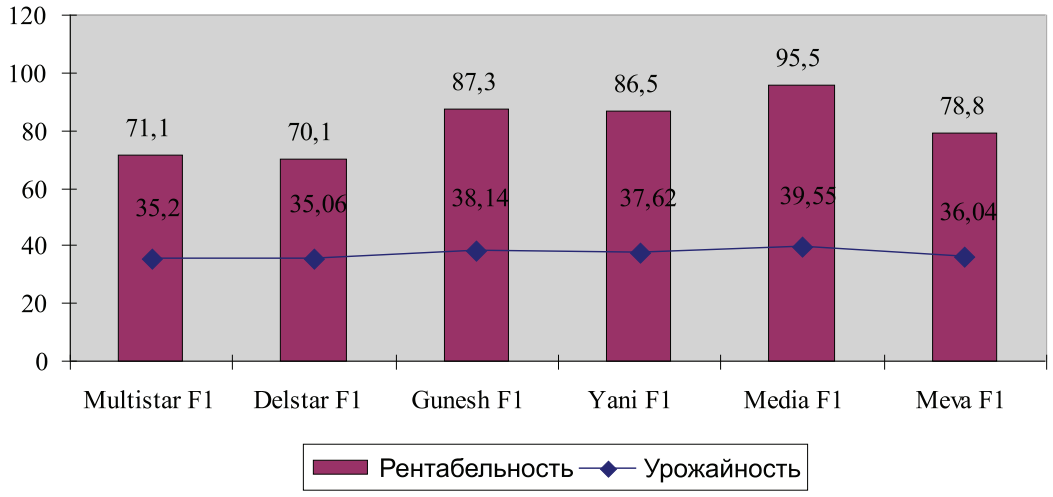


Рис. 3. Зависимость рентабельности производства от продуктивности гибридов

Заключение

На основании исследований по изучению агробиологических особенностей гибридов огурцов выявлено, что все исследуемые гибриды: Multistar F1, Delstar F1, Gunesh F1, Yani F1, Media F1, Meva F1 являются перспективными для малообъемного выращивания в условиях защищенного грунта Кызылординской области, поскольку обеспечивают получение высоких урожаев и рентабельность производства. Эти гибриды рекомендуются для возделывания в тепличных хозяйствах региона в зимне-весенней культуре.

Список литературы

1. Бакулина В.А. Сорта и гибриды овощных культур для выращивания в защищенном грунте // «Гавриш». – Москва, 1996. – № 3. – С. 4–8.

2. Барабаш О.Ю., Кравченко В. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта: практическое руководство. – Киев: ПП «Рута», 2012. – 347 с.

3. Бровко Г.А. Агробиологическое обоснование ресурсосберегающей технологии выращивания огурца и томата в зимних теплицах Дальнего Востока: автореф. … док. с.-х. наук: 06.01.06. – Москва, 2006. – С. 2–4.

4. Ващенко С.Ф. Методические рекомендации по проведению опытов с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта. – Москва: ВАСХНИЛ, 1976. – 108 с.

5. ГОСТ 1726-85. Огурцы свежие. Технические условия. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200006132 (дата обращения 18.04.2016).

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва: Колос, 1979. – С. 140–142, 262–268.

7. Кокорева В.А. Сорта и гибриды овощных культур для защищенного грунта и особенности их выращивания // «Гавриш». – Москва, 1997. – № 24. – С. 30–33.

8. Король В.Г. Агробиологические основы повышения эффективности производства овощей в зимних теплицах: автореф. …док. с.-х. наук: 06.01.01/НИИОЗГ. – Москва, 2011. – 42 с.

9. Тараканов Г.И. Сорт – основное звено технологии // Мир теплиц. – 1997. – № 6. – С. 8–10.

10. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Москва, 1985. – С. 40, 83–84.

11. Rodica S., Apahidean S.A., Apahidean M., Maniuţiu D. and Paulette L. (2015). Yield, physical and chemical characteristics of greenhouse grown on soil and organic substratum. 43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture (439–443). Date Views 18.04.2016 www. researchgate.net/ publication /238690690.

УДК 633.13:575.1/.2.084

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И НАСЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ У ГИБРИДОВ ОВСА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

[1]Петров Г.Л., [2]Фомина М.Н., [3]Малышкин Н.Г., [1]Петрова Е.Ю.

[1]Тюменский индустриальный университет, Тюмень, e-mail: gri363@yandex.ru, ele45565727@yandex.ru;

[2]ФГБНУ «НИИСХ Северного Зауралья», Московский, e-mail: maria_f72@mail.ru;

[3]ФГБУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень, e-mail: malyshkin81@rambler.ru

Овес, в отличие от пшеницы, ячменя и ржи, в генетическом отношении является малоизученной культурой. С целью исследования характера наследования основных элементов структуры урожая нами были проведены скрещивания по схеме топкросс. В качестве исходных родительских форм взяты среднепоздние высокопродуктивные сорта и скороспелые формы, различающиеся по фенотипическим проявлениям признака продуктивности и его составляющих. Компоненты скрещивания подбирались с учетом интенсивности формирования отдельных элементов продуктивности. Приведены данные по изучению изменчивости и наследования у гибридов овса первого и второго поколений таких важных элементов продуктивности, как количество зерен в главной метелке, масса зерна с главной метелки, масса 1000 зерен и продуктивность растения. При анализе гибридов второго поколения, родительские формы которых значительно различаются между собой по количеству зерен в метелке, отмечено расщепление с уклоном в сторону худшего родителя, а у гибридов, родительские пары которых не различаются по данному показателю, имели место отрицательные трансгрессии. Вариабельность количественных признаков у гибридов второго поколения проявляется сильнее, чем у родительских форм. Наблюдалась высокая степень и частота положительных трансгрессий. Наследуемость одних и тех же количественных показателей в разных комбинациях неодинакова. Это говорит об индивидуальной особенности генотипов родительских форм. Высокие значения коэффициента наследуемости указывают на возможность эффективного отбора по фенотипу во втором и третьем поколениях.

Ключевые слова: Северное Зауралье, гибриды овса, скрещивания, наследуемость, изменчивость, элементы продуктивности, отбор, гибридные популяции

VARIABILITY AND INHERITANCE OF ELEMENTS OF EFFICIENCY AT HYBRIDS OF OATS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH TRANS-URALS

[1]Petrov G.L., [2]Fomina M.N., [3]Malyshkin N.G., [1]Petrova E.Yu.

[1]Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: gri363@yandex.ru, ele45565727@yandex.ru;

[2]FSBI RIA Northern Trans-Urals Region, Moskowskiy, e-mail: maria_f72@mail.ru;

[3]Agrarian State University of the Northern Trans-Ural, Tyumen, e-mail: malyshkin81@rambler.ru

Oats, unlike wheat, barley and rye is genetically largely unexplored culture. In order to investigate the nature of inheritance of the main elements of our crop patterns were carried out under the scheme top crosses . The initial parental forms taken later from maturing high-yield varieties and forms, differing in the phenotypic manifestations characteristic of productivity and its components. mating components were selected based on the intensity of the formation of the individual elements of productivity. The data for the study of variation and inheritance in hybrids of oats of the first and second generations of the important elements of productivity as the number of grains in the main panicle, grain weight of the main panicle, 1000 grain weight and productivity of plants. In the analysis of the second generation of hybrids, parental forms which significantly differ in the number of grains per panicle, observed cleavage with a bias towards the worst parents and hybrids, parental pairs that do not differ on this indicator, were negative transgression. Variability of quantitative traits in the hybrids of the second generation is stronger than the parent forms. There was a high degree and frequency of positive transgressions. The heritability of the same quantitative indicators in different combinations varies. It speaks of the individual features of the genotypes of the parental forms. High values of heritability coefficient indicate the possibility of an effective selection of the phenotype in the second and third generations noted splitting with a bias towards the worst parents and hybrids, parental pairs that do not differ on this indicator, were negative transgression. Variability of quantitative traits in the hybrids of the second generation is stronger than the parent forms. There was a high degree and frequency of positive transgressions. The heritability of the same quantitative indicators in different combinations varies. It speaks of the individual features of the genotypes of the parental forms. High values of heritability coefficient indicate the possibility of an effective selection of the phenotype in the second and third generations.

Keywords: Northern Trans-Urals, oats hybrids, cross-breeding, heredity, variability, productivity elements, selection, hybrid population

В литературе имеется много сообщений о характере наследования количественных признаков у пшеницы, ячменя, ржи. Овес же в генетическом отношении является малоизученной культурой: на первых порах генетические исследования носили фрагментарный характер [1, 2, 7].

Цель исследования – охарактеризовать изменчивость и характер наследования (определить степень доминирования, коэффициент наследуемости, а также степень и частоту трансгрессии) таких признаков, как количество зерен в главной метелке, масса зерна с главной метелки,

масса 1000 зерен и масса зерна с одного растения. Ведь данные показатели и определяют направление отбора в процессе селекции овса [8].

Материалы и методы исследования

С целью изучения характера наследования основных элементов структуры урожая нами в 2011 г. были проведены скрещивания по схеме топкросс в НИИСХ Северного Зауралья. В качестве исходных родительских форм взяты среднепоздние высокопродуктивные сорта (Нарымский 943, Томская обл.; Astor, Нидерланды) и скороспелые (Jo 1057, Финляндия; Kollorschlad, Австрия; Fable, Польша), различающиеся по фенотипическим проявлениям признака продуктивности и его составляющих. Компоненты скрещивания подбирались с учетом интенсивности формирования отдельных элементов продуктивности [6]. Посев в гибридном питомнике проводили в трехкратной повторности по схеме $P_1F_1F_2P_2$. Для изучения гибридов F_1 использовали фитотрон, последующие поколения высевали в поле на полосах шириной 1 м. Междурядья 20 см, расстояние между растениями в рядке 5 см. Родители и гибриды F_1 высевались по 20 зерен, F_2 – 100. У родительских форм и гибридов определяли среднее арифметическое () и его ошибку (S), коэффициент вариации (V) [3], степень доминирования в F_1 (h), коэффициент наследуемости (H^2) [4], а также степень (T_c) и частоту ($T_ч$) трансгрессии [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Число зерен в главной метелке является весьма важным элементом продуктивности растений. В наших опытах наследование числа зерен в метелке у гибридов F_1 колебалось в широких пределах: от гетерозиса до уклонения признака в сторону худшей родительской формы (табл. 1). В комбинациях Нарымский 943 x Kollorschlad, Astor x Jo 1057, Astor x Fable отмечено сверхдоминирование или гетерозис показателя лучшего родителя. Уклонение анализируемого признака в сторону худшей родительской формы отмечалось в комбинациях Нарымский 943 x Fable и Astor x Kollorschlad. Промежуточный характер наследования данного показателя с уклонением в сторону худшего родителя наблюдался в комбинации Нарымский 943 x Jo 1057.

При анализе F_2 гибридов, родительские формы которых значительно различаются между собой по числу зерен в метелке, отмечено расщепление с уклоном в сторону худшего родителя, а у гибридов, родительские пары которых не различаются по данному показателю, имели место отрицательные трансгрессии.

Коэффициенты вариации числа зерен в метелках F_1 находились на уровне родительских форм (16,6–5,0%), а у гибридов F_2 они были выше, что обусловлено расщеплением популяции. При изучении характера наследования этого признака получены высокие коэффициенты наследуемости (H^2), которые колебались в зависимости от комбинации в пределах от 53,2 до 68,2%. Исключение составила комбинация Astor x Kollorschlad (H^2 = 35,9%). Наиболее высокая наследуемость данного показателя отмечена у гибридов, полученных от скрещивания с сортом Fable, взятым в качестве отцовской формы (H^2 = 64,2–68,2%). Поэтому отбор по анализируемому признаку в этих комбинациях может быть результативным. Трансгрессивные формы выявлены нами во всех гибридных комбинациях за исключением популяции Astor x Kollorschlad. Наибольшей выраженностью признака количества зерен в метелке и показателей трансгрессии отличались комбинации Нарымский 943 x Jo 1057 и Нарымский 943 x Fable (степень трансгрессии составила 16,4–20,0%, а чистота – 10,0–11,9%). Это свидетельствует о том, что отбор по данному признаку в этих комбинациях может быть особо эффективным, а сорта Fable и Jo 1057 могут быть рекомендованы как скороспелые источники для селекции форм с повышенным числом зерен.

Наследование массы зерна с главной метелки гибридами F_1 имело различный характер, с преобладанием сверхдоминирования лучшей родительской формы (66,6% случаев, табл. 2). Промежуточный характер наследования отмечен в комбинации Нарымский 943 x Jo 1057 как в F_1 так и в F_2. Полное доминирование худшей родительской формы наблюдалось в комбинации Astor x Kollorschlad. У гибридов F_2 при наследовании массы зерна с метелки имело место распределение с появлением трансгрессивных форм. Коэффициент вариации массы зерна с метелки в F_1 гибридов находился на уровне родительских форм (V = 18,7–25,9%), а в F_2 он значительно превышал изменчивость признака у родителей и достигал 50,7% (Нарымский 943 x Kollorschlad).

Продуктивность метелки в наших исследованиях имела высокий коэффициент наследуемости во всех гибридных популяциях (H^2 = 63,8–69,2%). Это указывает на эффективность отбора по этому признаку.

Трансгрессии по данному показателю наблюдались во всех комбинациях. Наибольшая степень трансгрессии и частота отмечены в комбинациях Нарымский 943 x Jo 1057, Нарымский 943 x Fable и Astor x Jo 1057 (T_c = 13,6–31,8%, $T_ч$ = 4,4–10,0%). Из этих комбинаций нами в F_2 проведен отбор растений, превышающих лучшего родителя по массе зерна с главной метелки.

Таблица 1

Характеристика родительских форм и гибридов овса по количеству зерна в метелке

Гибридная комбинация	Количество зерен в метелке, шт			
	+ S			
	P_1	F_1	F_2	P_2
1	2	3	4	5
Нарымский 943 x Kollorschlad	50,7 ± 2,8	57,3 ± 2,7*	43,8 ± 2,7*	49,0 ± 2,3
Нарымский 943 x Jo 1057	50,7 ± 2,8	53,5 ± 3,7*	53,0 ± 3,4*	58,0 ± 3,7
Нарымский 943 x Fable	50,7 ± 2,8	50,9 ± 3,3	48,6 ± 2,5*	53,7 ± 1,5
Astor x Kollorschlad	35,4 ± 1,9	37,4 ± 3,6*	40,9 ± 1,9*	49,0 ± 2,3
Astor x Jo 1057	35,4 ± 1,9	64,2 ± 3,3*	50,6 ± 2,8*	58,0 ± 3,7
Astor x Fable	35,4 ± 1,9	58,4 ± 2,5*	5,3 ± 1,9*	53,7 ± 1,5

Окончание табл. 1

Коэффициент вариации, %				h	H^2, %	Трансгрессии, %	
V							
P_1	F_1	F_2	P_2			T_c	$T_ч$
6	7	8	9	10	11	12	13
25,2	20,0	45,9	20,8	8,30	53,2	4,6	2,6
25,2	23,1	46,9	25,9	– 0,24	59,7	16,4	10,0
25,2	23,4	35,9	14,1	– 0,86	64,2	20,0	11,9
23,4	25,0	31,2	20,8	– 0,70	35,9	0	0
23,4	20,3	41,9	25,9	1,50	61,1	8,8	4,4
23,4	16,6	38,3	14,1	1,51	68,2	8,2	6,0

Примечание: h – степень доминирования в F_1; H^2 – коэффициент наследуемости, %; Тс – степень трансгрессии, %; Тч – частота трансгрессии, %, * – отклонение от родительских форм статистически достоверно на уровне P = 0,05.

Таблица 2

Характеристика родительских форм и гибридов овса по массе зерна с главной метелки

Гибридная комбинация	Масса зерна с метелки, г			
	+ S			
	P_1	F_1	F_2	P_2
1	2	3	4	5
Нарымский 943 x Kollorschlad	1,5 ± 0,4	1,8 ± 0,1*	1,1 ± 0,09	1,2 ± 0,06
Нарымский 943 x Jo 1057	1,5 ± 0,4	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,10	1,5 ± 0,10
Нарымский 943 x Fable	1,5 ± 0,4	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,08	1,4 ± 0,05
Astor x Kollorschlad	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,06	1,2 ± 0,06
Astor x Jo 1057	0,9 ± 0,1	1,8 ± 0,1*	1,2 ± 0,07*	1,5 ± 0,1
Astor x Fable	0,9 ± 0,1	1,7 ± 0,1*	1,1 ± 0,05*	1,4 ± 0,05

Окончание табл. 2

Коэффициент вариации, %				h	H^2, %	Трансгрессии, %	
V							
P_1	F_1	F_2	P_2			T_c	$T_ч$
6	7	8	9	10	11	12	13
27,1	24,3	50,7	21,4	3,00	65,6	9,1	5,2
27,1	23,9	49,2	27,5	0,00	63,8	31,8	10,0
27,1	24,2	39,2	19,0	3,00	64,5	13,6	7,1
23,0	25,9	38,2	21,4	– 1,00	66,6	12,5	5,7
23,0	22,4	41,4	27,7	1,60	69,2	14,2	4,4
23,0	18,7	38,7	19,0	2,20	68,7	5,5	6,0

Примечание: h – степень доминирования в F_1; H^2 – коэффициент наследуемости, %; Тс – степень трансгрессии, %; Тч – частота трансгрессии, %, * – отклонение от родительских форм статистически достоверно на уровне P = 0,05.

Таблица 3

Характеристика родительских форм и гибридов овса по массе 1000 зерен

Гибридная комбинация	Масса 1000 зерен, г + S			
	P_1	F_1	F_2	P_2
1	2	3	4	5
Нарымский 943 x Kollorschlad	30,8 ± 0,3	31,0 ± 0,6*	30,1 ± 0,6*	25,2 ± 0,3
Нарымский 943 x Jo 1057	30,8 ± 0,3	28,1 ± 0,7*	29,6 ± 0,5*	26,1 ± 0,5
Нарымский 943 x Fable	30,8 ± 0,3	31,2 ± 0,6*	30,3 ± 0,6*	25,4 ± 0,3
Astor x Kollorschlad	25,9 ± 0,4	26,1 ± 3,6*	26,9 ± 0,4*	25,2 ± 0,3
Astor x Jo 1057	25,9 ± 0,4	27,5 ± 0,5*	28,6 ± 0,5*	26,1 ± 0,5
Astor x Fable	25,9 ± 0,4	28,9 ± 0,7*	28,4 ± 0,4*	25,4 ± 0,3

Окончание табл. 3

Коэффициент вариации, V%				h	H^2,%	Трансгрессии, %	
P_1	F_1	F_2	P_2			T_c	$T_ч$
6	7	8	9	10	11	12	13
4,8	8,1	12,9	6,5	1,07	83,6	5,8	10,5
4,8	8,8	11,6	8,6	0,12	71,1	4,4	10
4,8	8,1	13,2	6,8	1,14	83,8	16,6	11,9
6,6	8,7	10,2	6,5	1,57	62,6	1,1	2,8
6,6	7,5	13,6	8,6	15	75	23,6	17,7
6,6	9,4	11,5	6,8	11	72,2	15	14

Примечание: h – степень доминирования в F_1; H^2 – коэффициент наследуемости, %; Тс – степень трансгрессии, %; Тч – частота трансгрессии, %; * – отклонение от родительских форм статистически достоверно на уровне P = 0,05.

Таблица 4

Характеристика родительских форм и гибридов овса по массе зерна с одного растения

Гибридная комбинация	Продуктивность растения, г + S			
	P_1	F_1	F_2	P_2
1	2	3	4	5
Нарымский 943 x Kollorschlad	3,0 ± 0,2	5,0 ± 0,4*	2,8 ± 0,2	3,1 ± 0,2
Нарымский 943 x Jo 1057	3,0 ± 0,2	4,1 ± 0,5*	3,4 ± 0,2	3,5 ± 0,3
Нарымский 943 x Fable	3,0 ± 0,2	4,1 ± 0,5*	3,3 ± 0,2	3,4 ± 0,2
Astor x Kollorschlad	2,3 ± 0,1	2,7 ± 0,5*	2,8 ± 0,2*	3,1 ± 0,2
Astor x Jo 1057	2,3 ± 0,1	5,0 ± 0,4*	2,9 ± 0,2*	3,5 ± 0,3
Astor x Fable	2,3 ± 0,1	5,6 ± 0,4*	3,0 ± 0,1*	3,4 ± 0,2

Окончание табл. 4

Коэффициент вариации, V%				h	H^2,%	Трансгрессии, %	
P_1	F_1	F_2	P_2			T_c	$T_ч$
6	7	8	9	10	11	12	13
42,7	33,6	62,5	36,2	3,9	30,6	10,2	2,6
42,7	44,9	56,3	36,4	3,4	32,5	19,2	7,5
42,7	45,8	57,2	32,2	4,5	26,3	15,4	7,1
35,4	36,6	51,2	36,2	0,0	48,8	14,6	5,7
35,4	32,8	62,8	36,4	3,5	64,1	31,5	4,4
35,4	30,1	48,7	32,2	4,6	37,1	0	0

Примечание: h – степень доминирования в F_1; H^2 – коэффициент наследуемости, %; Тс – степень трансгрессии, %; Тч – частота трансгрессии, %; * – отклонение от родительских форм статистически достоверно на уровне P = 0,05.

Таким образом, вариабельность количественных признаков у гибридов F_2 проявляется сильнее, чем у родительских форм. Наследование числа и массы зерна с главной метелки носит различный характер: от сверхдоминирования наиболее продуктивного родителя до уклонения в сторону худшей родительской формы. Наблюдалась высокая степень и частота положительных трансгрессий. Наследуемость одних и тех же количественных показателей в разных комбинациях неодинакова. Это говорит об индивидуальной особенности генотипов родительских форм. Высокие значения H^2 указывают на возможность эффективного отбора по фенотипу в F_2 и F_3.

Масса 1000 зерен является весьма важным компонентом продуктивности растений. В исследованиях многих авторов она наследовалась по типу доминирования и сверхдоминирования [1, 2, 9]. В опытах И.М. Шиндина [10] чаще всего этот признак наследовался по типу доминирования крупнозернистости.

В наших опытах в наследовании гибридами F_1 массы 1000 зерен в большинстве комбинаций наблюдалось сверхдоминирование этого признака и лишь в комбинации Нарымский 943 x Jo 1057 отмечалось промежуточное наследование (табл. 3). У гибридов F_2 данный показатель наследовался по типу положительного доминирования и сверхдоминирования. По сравнению с другими количественными признаками масса 1000 зерен характеризовалась меньшей изменчивостью. Коэффициент вариации крупности зерна F_1 гибридов в большинстве случаев находился на уровне коэффициентов вариации родительских форм, однако они были ниже по сравнению с гибридами F_2.

Масса 1000 зерен имела самый высокий коэффициент наследуемости (H^2 = 62,6–83,8 %). Это свидетельствует о том, что эффективность отбора по этому признаку в F_2 будет значительно выше, чем по числу зерен в метелке и массе зерна с одного растения. Выщепление трансгрессивных форм нами обнаружено во всех гибридных популяциях, но наибольшая выраженность показателей трансгрессии отмечена в комбинациях Нарымский 943 x Fable, Astor x Jo 1057, Astor x Fable ($T_с$ = 15,0–23,6 %, $T_ч$ = 14,0–17,7 %).

Большинство исследователей, изучавших наследование массы зерна с растения, отмечали наличие гетерозиса [4–6]. В наших опытах у гибридов F_1 наследование массы зерна с растения проходило по типу сверхдоминирования и лишь в одной комбинации (Astor x Kollorschlad) отмечен промежуточный характер наследования (табл. 4). В F_2 гибридов, компоненты скрещивания которых существенно различались между собой по продуктивности растений, наблюдалось частичное уклонение в сторону худшего растения, а у гибридов, родительские формы которых не различались по данному признаку – отрицательные трансгрессии. Высокая изменчивость массы зерна с растения как у гибридов, так и у родительских форм указывает на большую зависимость этого показателя от условий произрастания. Очень высок коэффициент вариации был в F_2 и составил 48,7–62,8 %.

Наследуемость продуктивности растения была невысокой и составила 26,3–64,1 %. Трансгрессивные формы выявлены нами почти во всех гибридных популяциях, за исключением комбинации Astor x Fable. Самая высокая степень трансгрессии отмечена у гибридов, полученных от скрещивания с сортом Jo 1057 ($T_с$ = 19,2–31,8 %, $T_ч$ = 4,4–7,5 %).

Заключение

Таким образом, наследование массы зерна с растения и массы 1000 зерен происходило в основном по типу сверхдоминирования наиболее продуктивного родителя при высоком коэффициенте наследуемости (62,6–83,6 %) второго признака. Это свидетельствует о том, что эффективность отбора по массе 1000 зерен в F_2 будет значительно выше, чем по числу зерен в метелке и массе зерна с одного растения. Наследуемость одних и тех же количественных показателей в разных комбинациях неодинакова, что говорит об индивидуальной особенности генотипов родительских форм. Наблюдалась высокая степень и частота положительных трансгрессий. Вариабельность количественных признаков у гибридов второго поколения проявляется сильнее, чем у родительских форм.

Список литературы

1. Арбузова В.С., Ефремова Т.Т., Лайкова Л.И. Анализ признаков продуктивности колоса почти изогенных линий мягкой пшеницы сорта Саратовская 29 с введенными чужеродными генами-маркерами // Генетика. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 473–480.

2. Гончаренко А.А., Крахмалев С.В., Ермаков С.А., Макаров А.В., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Диаллельный анализ инбредных линий озимой ржи по признакам про-

дуктивности. // Зернобобовые и крупяные культуры. – Орел, 2012. – № 2. – С. 99–107.

3. Губин В.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных / В.И. Губин, В.Н. Осташков. Учеб. пособие для студентов технических вузов. – Тюмень: изд-во «ТюмГНГУ», 2007. – 202 с.

4. Костылев П.И. Генетический анализ количественных признаков риса, сорго и ячменя // Генетические основы селекции: матер. Всерос. школы молодых селекционеров им. С.А. Кунакбаева (11–15 марта 2008 г.). – Уфа: ГНУ Баш НИИСХ, 2008. – С. 172–175.

5. Минькач Т.В., Селихова О.А. Селекционно-генетическая оценка межвидовых гибридов сои третьего поколения // Вестник Алтайского ГАУ. – 2012. – № 8(94). – С. 26–28.

6. Олейник А.А. Наследование продуктивности главного колоса у межсортовых гибридов озимой мягкой пшеницы // Научн. Журнал Куб ГАУ. – 2012. – № 80(06). – С. 1–20.

7. Симонов А.В. Генетическое изучение признаков определяющих морфологию колоса и структуру эндосперма зерновки (Triticum aestivum L.), интрогрессированных от Aegilops speltoides Tausch: Автореф. дис. канд. б. наук. – Новосибирск, 2010. – 22 с.

8. Сурин Н.А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и его совершенствование (пшеница, ячмень, овес). – Новосибирск. – 2011. – 727 с.

9. Чернова Е.В. Наследование признаков продуктивности у гибридов пленчатых и голозерных сортов ячменя: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – СПб., – 2008. – 20 с.

10. Шиндин И.М. Наследование количественных признаков гибридами мягкой яровой пшеницы в условиях Дальнего Востока // Вестник Крас ГАУ. – 2008. – № 4. – С. 66–70.

УДК 582.31:[54-38 + 54-145.2]

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ СКЛЕРОЦИЙ СПОРЫНЬИ

[1]Саитов В.Е., [1]Устюжанин И.А., [2]Саитов А.В.

[1]ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», Киров, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров

Зерновой ворох, поступающий от комбайнов на зерноочистительные пункты, кроме полноценного зерна содержит различные сорные примеси. Одной из этих примесей являются склероции спорыньи, которые содержат ядовитые вещества, вызывающие различные заболевания у людей, животных и птиц. Основные физико-механические свойства (скорость витания, толщина, ширина и длина) зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса) и склероций спорыньи схожи. В связи с этим использование воздушно-решетно-триерных машин, пневмосортировальных столов, фотосепараторов и других устройств не дает положительных результатов при очистке зернового материала от данных примесей. Однако зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса) имеют удельную массу 1200…1500 кг/м^3, а склероции спорыньи – 900…1150 кг/м^3. Поэтому очистка семян от склероций спорыньи возможна в растворах солей различной плотности. Для выделения склероций спорыньи из зернового материала проведены исследования по определению возможности применения водных растворов хлористого натрия, хлористого кальция, хлористого калия и сернокислого калия. Применение этих растворов целесообразно вследствие доступности и отсутствия токсического влияния их на семенную и пищевую ценность зерна. Установлено, что показатели растворимости в воде хлористого калия, хлористого натрия и хлористого кальция позволяют получить растворы с плотностью до 1162, 1203 и 1370 кг/м^3 соответственно, что выше максимальной удельной массы склероций спорыньи. Наибольшая плотность водного раствора сернокислого калия составляет 1081 кг/м^3, что ограничивает возможность его использования.

Ключевые слова: зерновой материал, озимая рожь, злаковая культура, спорынья, ядовитая примесь, зерноочистительная машина, удельная масса зерна, раствор соли

THE USE OF AQUEOUS SOLUTIONS OF INORGANIC SALTS FOR THE ISOLATION OF ERGOT SCLEROTIA

[1]Saitov V.E., [1]Ustyuzhanin I.A., [2]Saitov A.V.

[1]Agricultural Research Institute of the North-East, Kirov, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru;
[2]Vyatka State Agricultural Academy, Kirov

Grain heap coming from the harvesting to the grain items other than full grain contains various trash. One of these impurities are ergot sclerotia, which contain toxic substances that cause various diseases in humans, animals and birds. Basic physical and mechanical properties (speed hovering in the air, thickness, width and length) of the main grain crops (wheat, barley, rye and oats), and ergot sclerotia are similar. In this regard, the use of grain-cleaning machines, sorter and other devices do not give positive results when cleaning the grain material from these impurities. However, the main grain cereals (wheat, barley, rye and oats) have a specific weight of 1200...1500 kg/m^3 and ergot sclerotia – 900...1150 kg/m^3. Therefore, purification from seed ergot sclerotia can be in a salt solution. For isolation of ergot sclerotia from the grain material is conducted studies to determine if the use of aqueous solutions of sodium chloride, calcium chloride, potassium chloride and potassium sulfate. The use of these solutions, it is advisable due to lack of availability and toxicity of their influence on seed and food grain value. It is found that the water solubility of potassium chloride, sodium chloride, calcium chloride and allow the solution to bring the density to 1162, 1203 and 1370 kg/m^3, respectively, higher than the maximum specific gravity ergot sclerotia. The highest density of the aqueous solution of potassium sulfate is 1081 kg/m^3, which limits its use to highlight ergot sclerotia.

Keywords: grain material, winter rye, cereals, ergot, a poisonous impurity, grain cleaning machine, the specific weight of the grain, salt solution

Зерно является древнейшим продуктом питания человека и кормом для сельскохозяйственных животных. Зерновой ворох, поступающий от комбайнов на зерноочистительные пункты, кроме полноценного зерна содержит различные сорные примеси. Одной из этих примесей являются склероции спорыньи, которые содержат ядовитые вещества, вызывающие различные заболевания у людей, животных и птиц [2].

Основные физико-механические свойства (скорость витания, толщина, ширина и длина) зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса) и склероций спорыньи схожи. Использование воздушно-решетно-триерных машин, пневмосортировальных столов, фотосепараторов и других устройств не дает положительных результатов при очистке зернового материала от данных примесей из-за близости их свойств со свойствами очищаемой культуры [4–9, 11].

Однако зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса) имеют удельную массу 1200…1500 кг/м^3, а склероции спорыньи – 900…1150 кг/м^3. Поэтому очистка семян от склероций спорыньи, от-

личающихся плотностью от зерна, возможна в растворе соли [3, 10].

Для очистки зернового материала по удельному весу мокрым способом с надлежащей эффективностью выделения склероций спорыньи требуется приготовление солевого раствора необходимой плотности.

Цель исследования – определение возможности применения водных растворов неорганических солей для выделения склероций спорыньи из зернового материала.

Материал и методы исследования

С целью выделения склероций спорыньи из озимой ржи мокрым способом были рассмотрены водные растворы хлористого натрия (NaCl), хлористого кальция ($CaCl_2$), хлористого калия (KCl) и сернокислого калия (K_2SO_4). Данные неорганические соли для анализа водных растворов были выбраны исходя из хорошей растворимости в воде, доступности их приобретения вследствие массового производства, а также отсутствия токсического влияния на семенную и пищевую ценность зерна. Общий вид хлористого натрия (NaCl), хлористого кальция ($CaCl_2$), хлористого калия (KCl) и сернокислого калия (K_2SO_4) в россыпи приведен на рис. 1 [1].

Хлористый натрий, или хлорид натрия (NaCl), представляет собой белые кристаллы соленого вкуса, но с различными примесями, его цвет может принимать голубой, фиолетовый, розовый, желтый или серый оттенок. Хлорид натрия в значительном количестве содержится в морской воде, создавая ее соленый вкус. В пищевой промышленности и в кулинарии используют хлорид натрия, чистота которого должна быть не менее 97%. Его применяют как вкусовую добавку и для консервирования пищевых продуктов. Такой хлорид натрия имеет товарное название поваренная соль и по составу добавок – йодированная или фторированная. Хлорид натрия имеет слабые антисептические свойства – 10…15% содержание соли предотвращает размножение гнилостных бактерий. В медицине водный раствор хлорида натрия (0,9%) применяется как средство для выведения токсических веществ, для коррекции состояния систем организма в случае обезвоживания, как растворитель других лекарственных препаратов, для обработки местно гнойных ран. В промышленности из хлорида натрия получают соду, хлор, соляную кислоту, гидроксид натрия, сульфат натрия и металлический натрий. В коммунальном хозяйстве хлорид натрия, смешанный с другими солями и разведенный с песком или глиной, применяется как антифриз против гололеда. Им посыпают дороги, хотя это отрицательно влияет на лакокрасочное покрытие транспортных средств и на кожаную обувь людей.

а

б

в

г

Рис. 1. Общий вид хлористого натрия (а), хлористого кальция (б), хлористого калия (в) и сернокислого калия (г) в россыпи

Хлористый кальций, или хлорид кальция, ($CaCl_2$) – кальциевая соль соляной кислоты. Зарегистрирован в качестве пищевой добавки Е509, имеет вид бесцветных кристаллов либо несколько белесоватого цвета. Его химико-физические свойства характеризуются хорошей растворимостью в воде и этиловом спирте. Применение хлористого кальция в России является регламентированным. В странах Европейского союза данную добавку также признали безопасной и официально допустили ее к использованию при изготовлении лекарственных препаратов и некоторых продуктов. Список продуктов, в состав которых включают хлорид кальция, довольно велик, но наиболее часто его добавляют в молочные и кисломолочные продукты, такие как творог, сыры, сливки, как сухие, так и питьевые, а также пастеризованное молоко. Хлористый кальций довольно интенсивно применяют не только в пищевой индустрии, но также и в сфере фармацевтики. Его включают в состав медикаментов, действие которых направлено на предотвращение кровотечений и противоаллергические препараты. Полезные свойства хлористого кальция важны для поддержания некоторых функций в организме человека: оказывает положительное воздействие на работу миокарда, помогает в формировании костной ткани, нормализует свертывание крови, предотвращает развитие воспалительных заболеваний, обладает способностью повышать стойкость организма от различного рода инфекциям. Однако, несмотря на большое количество положительных качеств, хлористый кальций способен принести пользу только в случае грамотного его употребления. Суточная доза этого вещества не должна быть более 350 мг.

Хлористый калий, или хлорид калия (KCl), является наиболее распространенным калийным удобрением. По виду это маленькие кристаллы белого с серым оттенком или розового цвета без запаха, они имеют большую гигроскопичность. Хлорид калия разрешено применять в качестве пищевой добавки (Е508) в большинстве стран мира, в том числе в Российской Федерации и Евросоюзе, он не имеет запаха, обладает горько-соленым вкусом, растворим в воде и не растворим в этаноле. Согласно официальным данным, пищевая добавка Е508 является нетоксичной и не представляет угрозы для здоровья человека. Допустимое суточное употребление не ограничено. Хлорид калия быстро усваивается в организме. В пищевой промышленности Е 508 используется для изготовления пастеризованных и стерилизованных сливок, молочных консервов – сгущенного и сухого молока и сливок, соли с пониженным содержанием натрия для диетического питания, овощных консервов, колбасных изделий и сыров в качестве стабилизатора, кондитерских изделий в качестве загустителя и желирующего агента. В медицинской практике раствор хлорида калия в виде инъекций применяется для восполнения недостатка калия, при нарушении сердечного ритма. Противопоказан при заболеваниях почек.

Сернокислый калий, или сульфат калия (K_2SO_4), представляет собой мелкие кристаллы белого цвета с желтоватым оттенком. В Европейском союзе допущен в качестве использования как пищевая добавка Е515. Сульфат калия Е515 имеет вид белых или бесцветных кристаллов, а также кристаллического порошка, наделенного специфическим горько-соленым вкусом. Добавка хорошо растворяется в воде и практически нерастворима в этаноле и щелочных концентрированных растворах. Сульфат калия содержится в целом ряде продуктов. Его находят в свекле, масле из пророщенных зерен пшеницы, морской капусте, миндале, сыре, шпинате, нежирной говядине, апельсинах, лимонах, бананах и свежих овощах, которые обычно покрывают зеленые листья. В пищевой индустрии добавка Е515 чаще всего применяется как заменитель соли. Кроме того, сульфат калия выступает как регулятор кислотности в напитках, питательная среда в процессе приготовления дрожжей жидкой консистенции, а также ржаных заквасок, тоже как источник питания минералами. Сульфат калия необходим организму как поставщик кислорода клеткам. Он в ответе за энергетический баланс человека. При недостаточном содержании Е515 можно наблюдать потерю волос, сухость кожи, появление перхоти, утомляемость. Тем не менее обращаться с веществом нужно осторожно. Попадание в глаза сульфата калия приводит к механическому раздражению и воспалению. Попадание на кожные покровы Е515 становится причиной раздражения. Если употребить чрезмерное количество добавки в пищу, то высока вероятность расстройства желудка и раздражения всего пищеварительного тракта. Изредка постоянное употребление пищевой добавки заканчивается отравлением организма. Вдыхание вещества грозит раздражением и воспалением дыхательных путей. В сельском хозяйстве сульфат калия используется в качестве ценного удобрения для дерново-подзолистых почв, бедных калием и другими минеральными веществами. По сравнению с другими это более дорогое удобрение. Добавка Е 515 фигурирует в производстве стекла, красителей. В аналитической химии вещество применяется в процессе перевода труднорастворимых химических соединений в легкорастворимые.

Плотность ρ водных растворов рассматриваемых неорганических солей и их процентных концентраций ω_c при температуре раствора 20 °C получена в виде массива дискретных значений согласно электронной справочной таблице [12, 13], в котором промежуточные значения рассчитаны с помощью стандартного метода интерполяции по двум крайним значениям. Обработка массива полученных дискретных значений зависимости плотности ρ водных растворов рассматриваемых неорганических солей от их процентных концентраций ω_c осуществлена с помощью персонального компьютера применением стандартной программы по статистической обработке данных Microsoft Excel 2013.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обработки массива дискретных значений зависимости плотности ρ водных растворов хлористого натрия (NaCl), хлористого кальция ($CaCl_2$), хлористого калия (KCl) и сернокислого калия (K_2SO_4) от массовой доли ω_c растворенной соли получены регрессионные модели:

$$\rho_{NaCl} = 996{,}490 + 7{,}723\omega_c,\ r = 0{,}999; \quad (1)$$

$$\rho_{CaCl_2} = 987{,}960 + 9{,}964\omega_c,\ r = 0{,}997; \quad (2)$$

$$\rho_{KCl} = 996{,}13 + 6{,}803\omega_c,\ r = 0{,}999; \quad (3)$$

$$\rho_{K_2SO_4} = 998{,}06 + 8{,}251\omega_c,\ r = 0{,}999. \quad (4)$$

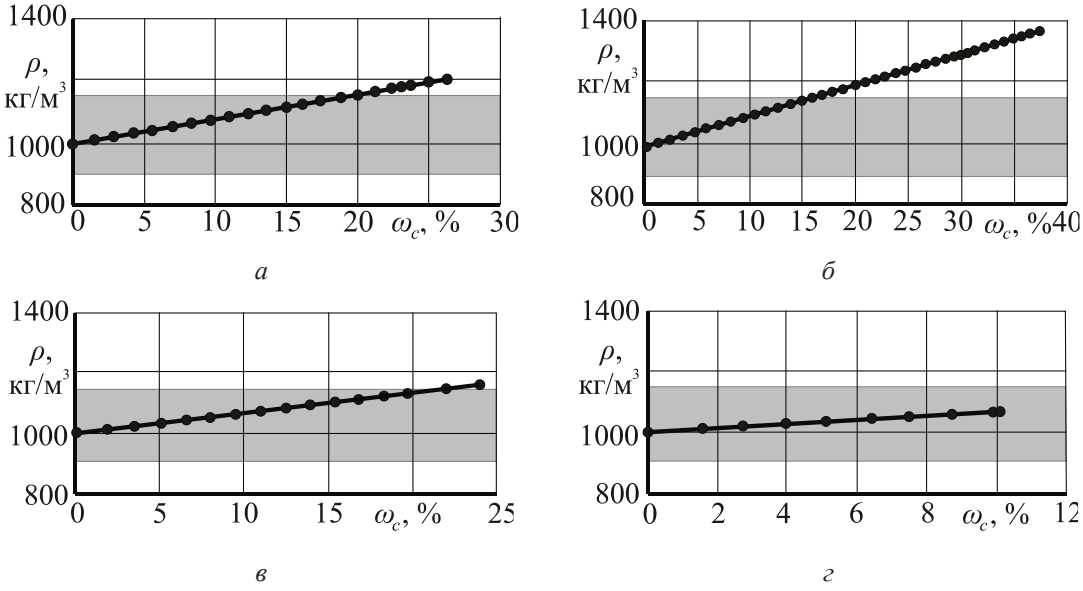


Рис. 2. Зависимость плотности ρ раствора от массовой доли ω_c растворенной соли: а – раствор хлористого натрия (NaCl); б – раствор хлористого кальция ($CaCl_2$); в – раствор хлористого калия (KCl); г – раствор сернокислого калия (K_2SO_4); – пределы варьирования удельной массы склероций спорыньи

Данные регрессионные модели описываются линейными уравнениями. Коэффициенты *r* корреляции данных уравнений близки к 1,0, что свидетельствует о высоком приближении теоретических моделей табличным данным.

Полученные зависимости (1), (2), (3) и (4) представлены на рис. 2 с использованием редактора векторной графики CorelDraw 12.

Из рисунка следует, что максимальная плотность ρ раствора хлористого натрия (NaCl) составляет 1203 кг/м³ при концентрации ω_c растворенной соли 26,3 %, хлористого кальция ($CaCl_2$) – 1370 кг/м³ при ω_c = 37,3 %, хлористого калия (KCl) – 1162 кг/м³ при ω_c = 24,0 %, сернокислого калия (K_2SO_4) – 1081 кг/м³ при ω_c = 10,0 %. Причем при одинаковой плотности ρ содержание соли в водных растворах сернокислого калия (K_2SO_4) и хлористого кальция ($CaCl_2$) меньше, чем в водных растворах хлористого натрия (NaCl) и хлористого калия (KCl). Так, при плотности ρ водного раствора 1080 кг/м³ содержание соли в растворах сернокислого калия (K_2SO_4) и хлористого кальция ($CaCl_2$) составляет 10,0 и 9,4 % соответственно, в растворах хлористого натрия (NaCl) и хлористого калия (KCl) 11,0 и 12,5 % соответственно.

Из этих показателей следует, что в водных растворах хлористого кальция ($CaCl_2$), хлористого натрия (NaCl) и хлористого калия (KCl) все склероции спорыньи, характеризующиеся удельной массой 900…1150 кг/м³, будут всплывать на поверхность, а зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса), характеризующиеся удельной массой 1200…1500 кг/м³, – тонуть и выпадать на дно емкости. Водный раствор сернокислого калия (K_2SO_4), имеющий максимальную плотность 1081 кг/м³, не способен выделять склероции спорыньи с удельной массой выше плотности раствора, а потому применение этого раствора ограничено.

Выводы

Показатели растворимости в воде хлористого калия (KCl), хлористого натрия (NaCl) и хлористого кальция ($CaCl_2$) позволяют довести плотность раствора до 1162, 1203 и 1370 кг/м³ соответственно, что выше максимальной удельной массы склероций спорыньи, равной 1150 кг/м³. Водные растворы данных неорганических солей позволяют всплытием на поверхность отделять склероции спорыньи от зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса), которое будет тонуть и выпадать на дно емкости из-за большей удельной массы, равной 1200…1500 кг/м³. Растворимость сернокислого калия (K_2SO_4)

в воде по сравнению с хлористым калием (KCl), хлористым натрием (NaCl) и хлористым кальцием ($CaCl_2$) ниже, наибольшая плотность его водного раствора ниже максимальной удельной массы склероций спорыньи, что ограничивает возможность использования водного раствора сернокислого калия (K_2SO_4) для выделения склероций спорыньи.

Список литературы

1. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. – Мн.: Современная школа, 2005. – 608 с.

2. Очистка зерна от спорыньи / В.А. Сысуев, В.Е. Саитов, П.А. Савиных, А.В. Саитов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 6. – С. 46–49.

3. Павловский Г.Т., Птицын С.Д. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: Высшая школа, 1972. – 256 с.

4. Разработка и совершенствование малогабаритных пневмосепараторов с замкнутым циклом воздушного потока: Монография / В.Е. Саитов, В.Г. Фарафонов, А.Н Суворов, Д.В. Григорьев. – Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2012. – 209 с.

5. Саитов В.Е. Повышение эффективности функционирования зерноочистительных машин путем совершенствования основных рабочих органов и пневмосистем с фракционной сепарацией: дис. … докт. техн. наук: 05.20.01 / Саитов Виктор Ефимович. – Чебоксары, 2014. – 519 с.

6. Саитов В.Е. Совершенствование технологического процесса воздушно-решетных зерно- и семяочистительных машин (рекомендации). – Киров: Вятская ГСХА, 2008. – 87 с.

7. Саитов В.Е., Григорьев Д.В. Замкнутый малогабаритный пневматический сепаратор для очистки зерна // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 7. – С. 15–18.

8. Саитов А.В. Особенности функционирования фотосепараторов для очистки зерна и семян от примесей // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: монография / Под общ. ред. В.А. Сысуева, Г.А. Баталовой, Е.М. Лисицына. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. – С. 352–355.

9. Саитов В.Е., Савиных П.А., Саитов А.В. Водоструйные сепараторы для очистки зернистых материалов от примесей // Научное обеспечение устойчивого развития АПК в современных условиях: материалы Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 80-летию Нижегородского НИИСХ. – Нижний Новгород, 2016. – С. 226–232.

10. Саитов В.Е., Суворов А.Н., Саитов А.В. Очистка зернового материала от склероций спорыньи в солевых растворах // Состояние и перспективы развития АПК Центрального Нечерноземья: сб. материалов Международ. заочной науч.-практ. конф., посвященной 120-летию создания ФГБНУ Смоленской ГОСХОС. – Стодолище: ФГБНУ Смоленская ГОСХОС, 2016. – С. 238–243.

11. Состояние проблемы очистки зернового вороха от вредных примесей / В.А. Сысуев, В.Е. Саитов, П.А. Савиных, А.В. Саитов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы Международ. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола: ФГБОУ ВО «Мар. гос. ун-», 2016. – Вып. XVIII. – С. 248–252.

12. Techemy – сайт химиков > справочник по химии... [Электронный ресурс]. – URL: http://techemy.com/handbook/tab0003.php (дата обращения 06.04.2016).

13. Концентрация растворов – Википедия [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Концентрация_растворов (дата обращения 06.04.2016).

УДК 631.618:581.524.34

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Тихановский А.Н.

Всероссийский НИИ ветеринарной энтомологии и арахнологии, Ямальский отдел, Тюмень, e-mail: cehanovski@yandex.ru

На Крайнем Севере в результате освоения нефтегазовых месторождений увеличивается количество техногенно нарушенных земель. Основными проблемами при биологической рекультивации здесь земель является неадаптированность применяемых технологий к условиям Крайнего Севера. Комплекс методов биологической рекультивации техногенно-нарушенных земель разработанных нами включает в себя определение в результате исследований адаптированных к условиям Севера многолетних трав. К ним относятся такие виды, как мятлик луговой, овсяница красная, бекмания обыкновенная, лисохвост луговой, овсяница овечья, волоснец сибирский, пырей ползучий. Норма высева семян многолетних трав должна составлять 120–200 кг на 1 га всхожих семян. Важным элементом технологии рекультивации является внесение минеральных удобрений в дозах 90-135:90-135:90-135 действующего вещества N:P:K на 1 га. Учитывая повышенную кислотность северных почв необходимо проведение известкования в зависимости от pH из расчета 2–6 т на 1га. Основная масса корневой системы многолетних трав – 81,7–86,2 % распределяется в слое почвы 0–20 см по отношению ко всей корневой массе в слое почвы 0–30 см. При рекультивации земель необходимо внесение торфа в нарушенную почву в норме не менее 1,0–1,5 тыс.м^3/га. С внесением удобрений довольно значительно улучшился почвенно-поглощающий комплекс: по кальцию – с 6,37 на контроле до 8,1 мг – экв./100 г на варианте N135P135K135, по магнию соответственно – с 0,7 до 1,65 мг – экв./100 г почвы Внесение на песчаной почве торфа с нормой 0,5 тыс.м^3/га позволило увеличить сбор сухого вещества до 0,94 т/га, почти в три раза. При дальнейшем увеличении нормы до 1,0 тыс.м^3/га урожайность сухой массы трав существенно увеличилась до 1,12 т/га. Внесение доломитовой муки в норме 2 т/га торфа (0,5–1,5 тыс м^3/га) позволило существенно увеличить урожайность сухой массы многолетних трав в среднем за 5 лет на 38,0–47,9 %.

Ключевые слова: Крайний Север, техногенно-нарушенные земли, биологическая рекультивация, многолетние травы, удобрения, известкование

PROBLEMS AND METHODS OF BIOLOGICAL RECULTIVATION OF TECHNOGENIC-DISTURBED LAND IN THE FAR NORTH

Tikhanovskiy A.N.

Federal state budgetary scientific institution All-Russian research Institute of veterinary entomology and arachnology, Yamal Department, Tyumen, e-mail: cehanovski@yandex.ru

In the far North in result of development of oil fields, an increasing number of anthropogenic-disturbed lands. The main problems in biological recultivation of land here is not the adaptation of the technologies to the conditions of the far North. The complex of methods of biological recultivation of technogenic-disturbed land, which developed by us, includes the definition of perennial grasses adapted to the conditions of the North. These include the types such as Kentucky bluegrass, red fescue, common beakmania, meadow foxtail, sheep's fescue, a. Siberian, Wheatgrass. The seeding rate of perennial grasses should be 120–200 kg per 1 hectare of germinating seeds. An important element of the technology of biological recultivation is the application of mineral fertilizers in doses of 90-135:90-135:90-135 active substance N:P:K per 1 hectare. Because of the increased acidity of Northern soils there is a need for liming, depending on the pH calculation from 2–6 tons on 1 hectare. The bulk of the root system of perennial grasses – 81,7–86,2 % is distributed in the soil layer of 0–20 cm in relation to the entire root mass in soil layer 0–30 cm. In biological recultivation of soils it is necessary to use peat in disturbed soil in the norm of not less than 1,0 to 1,5 m3/ha. Fertilizer is pretty much improved soil–absorbing complex: by calcium – from 6,37 in the control to 8,1 mEq./100 g in the variant N135P135K135, magnesium respectively from 0,7 to 1,65 mEq./100 g of soil. Using on sandy soil peat in a rate of 0.5 thousand m3/ha helped to increase the collection of dry matter up to 0,94 t/ha, almost three times. With a further increase in the rate of up to 1.0 thousand m3/ha yield of dry mass of grasses significantly increased to 1,12 t/ha. Using of dolomite at the rate of 2 t/ha of peat (0,5–1,5 thousand m3/ha) would significantly increase the yield of dry mass of perennial grasses on average for 5 years by 38,0–47,9 percent.

Keywords: far north, technogenic-disturbed lands, biological recultivation, perennial grasses, fertilizers, liming

Освоение нефтегазовых месторождений, строительство дорог в арктической зоне приводит к увеличению техногенно нарушенных территорий, что крайне опасно, поскольку природные системы Крайнего Севера отличаются повышенной ранимостью и хрупкостью, обусловленной нестабильностью многолетнемерзлых пород, резкими колебаниями абиотических условий. На Крайнем Севере важнейшее ландшафтное значение имеет вечная мерзлота. Стабильность функционирования экосистем обуславливает сохранение динамического равновесия между глубиной вечномерзлой толщи и мощностью слоя сезонного промерзания-оттаивания. Нарушение теплообмена в минеральной толще,

под поврежденной растительностью сопровождается опусканием уровня вечной мерзлоты, увеличением мощности сезонного оттаивания, способствует развитию солифлюкционных процессов, термоэрозии, термокарста. Развитие этих процессов не ограничивается локальным проявлением, а через систему пространственного взаимодействия между биогеоценозами дестабилизирует состояние соседних ландшафтов, обуславливая неизбежные нарушения их устойчивости. Антропогенные нагрузки приводят к возникновению катастрофических изменений природной среды: уничтожению почвенного и растительного покрова на больших площадях, появлению оползней, просадочных озер, пучению почвы и т.д. [5].

Каково же состояние с нарушенными землями в основном газодобывающем регионе – Ямало-Ненецком автономном округе? Здесь нет единого мнения, поскольку нет инвентаризации нарушенных земель на территории округа, независимо от их категорий и принадлежности.

В округе полностью нарушенных земель 377 557 га, частично нарушенных – 36 977 га, что составляет 0,5% территории, по другим данным потери земель в ЯНАО оцениваются в 6 млн га или 8% территории. По данным Федеральной государственной службы регистрации, кадастра и картографии таких земель – 121 тыс. га и по их количеству округ занимает первое место в РФ [3].

При сооружении магистрального трубопровода на каждые 100 км нарушается в среднем 500 га земельных угодий, а при прокладке дорог – не менее 250 га [2].

Восстановление нарушенных земель имеет большое социальное, экономическое и экологическое значение, является составной частью мероприятий по охране природы, в том числе по нейтрализации разрушительных воздействий промышленности на окружающий ландшафт.

Кроме этого, основными проблемами при рекультивации земель, по нашему мнению, является, с одной стороны, несовершенство, а порой и отсутствие нормативно-правовой базы и слабая и неквалифицированная организация рекультивационного процесса, с другой – неадаптированность применяемых технологий и сложившегося порядка выполнения рекультивационных работ применительно к региональным биотипическим особенностям.

Восстановление нарушенных земель включает в себя комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности этих земель, а также на улучшение состояния окружающей среды. Оно проводится с учетом местных природно-климатических условий, степени повреждений, ландшафтной характеристики участка.

Основным принципом принятых решений по восстановлению является восстановление баланса взаимодействия компонентов экосистемы данной территории. Восстановление экосистемы требует содействия созданию всех ее компонентов. Это достигается применением агротехнических приемов: внесением удобрений, посевом местных видов многолетних трав, в результате чего создается травяной покров, образуется дерновой слой, характеризующийся аккумуляцией питательных веществ [4].

Цель исследования

Разработать комплекс биологических приемов, способных преобразовать техногенный субстрат Крайнего Севера, обеспечивший его залужение.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использовался метод полевого опыта по Б.А. Доспехову [1]. Полевые опыты были заложены на песчаном карьере в лесотундровой зоне Ямало-Ненецкого автономного округа. В полевых опытах высевалась смесь многолетних трав (костер безостый + овсяница красная + мятлик луговой). В качестве удобрений применялась нитроаммофоска.

Результаты исследования и их обсуждение

Растения исходного ассортимента для восстановления нарушенных экосистем должны быть устойчивы к низким температурам, переувлажнению почв, подтоплению полыми водами в весенний период, обладать засухоустойчивостью, так как в тундре нередко начало летнего сезона бывает бездождливым и сопровождается иссушающими ветрами. Все виды растений должны быть адаптированы к короткому вегетационному периоду и к длинному световому дню, формировать дернину, способную закреплять почву, и в данных климатических условиях размножаться вегетативно, семенным путем или тем и другим способом одновременно.

Нами испытано более трех десятков видов злаков, их смесей, а также и бобовых культур. В первую очередь следует отметить, что в тундровой и арктундровой зонах все виды бобовых (клевер белый, красный, розовый, люпиновидный; люцерна; донник и другие виды) вымерзали в первую же перезимовку.

Из злаковых трав такие виды, как овсяница луговая, тимофеевка луговая, ежа сборная, также вымерзали в первую перезимовку. Костер безостый выпадал из травостоя в лесотундровой и тундровой зонах на 2–3 год после посева постепенно.

По нашим данным, использование таких видов многолетних трав, как мятлик луговой, овсяница красная, бекмания обыкновенная, лисохвост луговой, полевица побегообразующая, волоснец сибирский, полевица белая, овсяница овечья, пырей ползучий, а в северотаежной и лесотундровой зонах и костреца безостого позволяет получить задернение нарушенных земель хорошего качества. При этом преимущество имеют виды трав местного происхождения.

Поэтому второй фактор, определяющий успех восстановления – это наличие органического вещества. Регион отличается маломощным органогенным горизонтом (2–7 см), который полностью разрушается при антропогенных воздействиях на него. Самовосстановительный потенциал в этих условиях очень низкий, поскольку обнажившийся горизонт малоблагоприятен для произрастания растений. В связи с этим работа должна быть направлена на восстановление плодородного слоя, а соответственно природной экосистемы, которая представляет собой единство растительного сообщества, биологически насыщенного органическим веществом плодородного слоя и находящегося в нем микробного комплекса, трансформирующего растительные остатки.

В этих условиях очевидна необходимость поиска оптимальных способов рекультивации. При этом целесообразно рассматривать агротехнические приемы не только как способ восстановления растительного покрова, а скорее как толчок, стимулятор для ускорения естественного самозарастания, вызванного улучшением физических и агрохимических свойств почвы. Для условий Ямала с присущими ему тундровыми почвами в большинстве случаев исключается возможность селективной обработки плодородного слоя почвы. В связи с этим возникает задача поиска пригодных органических материалов для создания корнеобитаемой части рекультивационного слоя.

Основным органическим материалом для рекультивации здесь является торф. Учитывая то, что почвы Ямала имеют повышенную кислотность, возникает необходимость проведения известкования (известь, доломитовая мука) в зависимости от величины pH.

При проведении биологической рекультивации карьера использовался торф переходного типа с неблагоприятными агрохимическими свойствами, такими как низкое содержание общего азота и довольно высокая кислотность.

Применение известковых удобрений весьма значительно изменило обеспеченность торфяной почвы подвижными элементами питания в лучшую сторону, в частности увеличилось содержание в почве фосфатов, калия, кальция, обменного алюминия, нитратной и аммиачной форм азота (табл. 1).

Таблица 1

Влияние норм торфа и доломитовой муки на агрохимические показатели лесотундровой почвы

Варианты опыта		Гумус, %	pH	$H_г$, мг-экв/100 г	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	Al обменный, мг/кг	N общий, %	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$
Норма торфа тыс. $м^3$/га	Норма доломитовой муки, т/га				мг/кг		мг-экв./100 г				мг/кг возд. сухой почвы	
0 (контроль)		0,22	4,15	0,83	102,9	32,5	0,97	0,56	0,5	0,005	1,17	6,25
0,5	0	2,99	4,15	3,79	114,5	43,8	1,68	0,44	14,1	0,074	1,55	10,83
	2	3,18	4,35	4,42	101,3	52,5	2,25	0,38	19,6	0,105	1,16	9,38
	6	3,2	6,30	–	84,8	35,0	3,25	0,26	–	0,071	1,5	9,27
1,0	0	17,06	–	12,5	95,5	57,5	2,50	1,70	51,7	0,251	1,23	16,45
	2	16,25	4,15	29,9	183,0	125,0	5,50	1,44	56,2	0,584	1,44	39,58
	6	16,28	4,65	22,4	170,5	137,5	17,37	1,51	–	0,591	1,67	64,60
1,5	0	27,83	3,70	33,9	182,8	150,0	6,25	2,00	261,0	0,922	11,7	58,33
	2	22,04	4,10	40,2	155,1	125,0	9,98	3,14	153,0	0,711	15,0	60,40
	6	28,25	4,45	39,5	179,0	125,0	15,30	2,82	18,0	0,922	11,6	68,80

Дополнительное внесение к минеральным удобрениям доломитовой муки уменьшило кислотность торфяной почвы, особенно на вариантах с повышенной нормой торфа. Заметно увеличилось при этом содержание в торфе доступных фосфатов, калия, общего азота, в том числе и подвижных форм азота.

Вместе с этим существенно улучшился и почвенно-поглощающий комплекс торфяника. Так, например, в варианте торфа 1,0 тыс. м^3/га без внесения доломитовой муки содержание доступных фосфатов было 95,5 мг/кг, калия – 57 мг/кг и общего азота 0,251%, то в почве с внесением доломитовой муки даже в минимальном количестве – 2 т/га, содержание фосфатов увеличилось до 183, калия до 125 мг/кг, кальция до 5,5 мг/экв/100 г и общего азота до 0,584%.

Внесение минеральных удобрений весьма существенно повлияло на химические свойства почвы в опыте. В первую очередь заметно изменение кислотности почвенного раствора в сторону некоторого ухудшения: с 6,1 до5,3 pH, что связано с подкисляющим действием удобрений. Вместе с тем улучшалась обеспеченность почвы доступными фосфатами, обменным калием и подвижными формами азота.

С внесением удобрений довольно значительно улучшился также и почвенно-поглощающий комплекс: по кальцию – с 6,37 на контроле до 8,1 мг – экв./100 г на варианте $N_{135}P_{135}K_{135}$, по магнию соответственно – с 0,7 до 1,65 мг – экв/100 г почвы.

По данным агрохимического анализа почвы видно, что лучше всего были обеспечены растения элементами питания в доступной форме в варианте опыта – $N_{135}P_{135}K_{135}$.

При рекультивации нарушенных земель важнейшим показателем является накопление корневой массы, которая определяет устойчивость ландшафта, его сопротивляемость эрозионным процессам.

В наших исследованиях корневая масса, основная часть ее (около 50%) распределялась в слое почвы 0–10 см В слое почвы 0–20 см ее было 81,7 – 86,2% по отношению ко всей корневой массе в слое почвы 0–30 см (табл. 2).

На контроле в слое почвы 0–10 см было 58% корневой массы, а в слое 0–20 см – 80,6%. При внесении как различных доз торфа (0,5–1,0 тыс. м^3/га), так и извести (2–8 т/га) увеличивалось содержание корней как в исследуемом слое почвы (0–30 см), так и в отдельности в каждом слое почвы.

В зависимости от норм торфа в опыте находилась и его продуктивность. Так на песчаной почве, т.е. в варианте без внесения торфа растения были самыми редкими и низкорослыми, соответственно и урожайность трав здесь наблюдалась в среднем за 5 лет самая низкая – 0,35 т/га сухого вещества.

Внесение на песчаной почве торфа с нормой 0,5 тыс. м^3/га, позволило увеличить сбор сухого вещества до 0,94 т/га, почти в три раза. При дальнейшем увеличении нормы до 1,0 тыс. м^3/га урожайность сухой массы трав существенно увеличилась до 1,12 т/га.

Повышение дозы торфа до 1,5 тыс. м^3/га не давало существенной прибавки сухой массы многолетних трав.

Таблица 2

Распределение и накопление корневой массы многолетних трав в зависимости от норм торфа и извести

Варианты опыта	Накопление сухой массы корней по слоям почвы, т/га					Всего в слое 0–20 см	
Норма торфа, тыс. м^3/га	Норма доломитовой муки, т/га	0–10	10–20	20–30	Всего в слое 0–30 см	т/га	%
0	0	0,29	0,14	0,07	0,50	0,43	80,6
0,5	0	0,41	0,28	0,11	0,80	0,69	86,2
	2	0,54	0,31	0,19	1,04	0,85	81,7
	6	0,81	0,56	0,28	1,65	1,37	83,0
	8	1,07	0,69	0,34	2,10	1,76	83,8
1,0	0	0,59	0,31	0,16	1,06	0,90	84,9
	2	0,67	0,39	0,21	1,27	1,06	83,5
	6	0,99	0,61	0,32	1,92	1,60	83,3
	8	1,25	0,74	0,43	2,42	1,99	82,2

Внесение доломитовой муки в норме 2 т/га торфа (0,5–1,5 тыс. м^3/га) позволило существенно увеличить урожайность сухой массы многолетних трав в среднем за 5 лет на 38,0–47,9 %.

В то же время в 2010 году норма известковых удобрений (доломитовая мука) 2 т/га на 5 год после внесения на фоне торфа 0,5 тыс. м^3/га не давала существенной прибавки сухой массы. Прибавка была получена при внесении 4 т/га. По всей видимости, действие извести в 2 т/га было исчерпано, в результате произошло подкисление почвы на этом варианте, что привело к снижению урожайности трав.

При норме торфа 1,0 тыс. м^3/га существенная прибавка сухой массы получена от внесения 6 т/га доломитовой муки. Такая же картина отмечена и при внесении торфа 1,5 тыс. м^3/га, следовательно, внесение торфа на песчаные нарушенные земли в норме более 1,0 тыс. м^3/га не окупается прибавкой урожая.

Таким образом, интенсивность восстановления почвенно-растительного покрова зависит от наличия органогенного слоя, а при его отсутствии – создания данного слоя с использованием торфа или других органических компонентов, внесения минеральных и известковых удобрений, посева трав местных видов.

Выводы

В результате проведенных исследований по разработке технологии биологической рекультивации нарушенных земель лесотундровой зоны установлено:

1. При рекультивации земель необходимо внесение торфа в нарушенную почву в норме не менее 1,0–1,5 тыс. м^3/га.

2. Для снижения кислотности лесотундровых почв при рекультивации на фоне внесения торфа (0,5–1,0 тыс. м^3/га) необходимо вносить известковые удобрения из расчета 2–6 т/га.

3. Внесение минеральных удобрений в нормах $N_{90\text{-}135}P_{90\text{-}135}K_{90\text{-}135}$ дает существенную прибавку сухой массы многолетних трав – 2,17–3,06 т/га.

4. Основная масса корневой системы многолетних трав – 81,7–86,2 % распределяется в слое почвы 0–20 см по отношению ко всей корневой массе в слое почвы 0–30 см.

Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Книга по требованию, 2012. – 352 с.

2. Зеленский В.М., Сариев А.Х. Биологическая рекультивация нарушенных земель на Енисейском Севере // Достижения науки и техники АПК. –2009. – № 6. – С. 16–19.

3. Игловиков А.В. Биологическая рекультивация карьеров в условиях Крайнего Севера: Автореф. канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2012. – 18 с.

4. Патент № 2599836 Российская Федерация, «Способ биологической рекультивации нарушенных вечномерзлых почв» / А.Н. Тихановский., заявитель и патентообладатель ООО НПП «Ямальская аграрная наука». – № 2015123192, заявл. 17.06.2015, опубл. 21.09.2016. – 2016.

5. Тихановский А.Н. Состояние и технологии восстановления нарушенных земель Крайнего Севера // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель. Материалы IX Всероссийской научной конференции с международным участием. – Екатеринбург, 2012. – С. 247–253.

УДК 630*161

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИХ РОЛЬ В ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ПОСЛЕ ПОРАЖЕНИЯ СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ

Чикидов И.И.

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

Приводятся результаты изучения лиственничных лесов в первые годы после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда в Центральной Якутии. Изменение микроклиматических условий приводит к изменению структуры растительности подчиненных ярусов. Дефолиация лиственницы ведет к возрастанию светового потока и росту температуры почвенного покрова, происходит резкое изменение теплового баланса почв. Вытаивание поверхностного мерзлотного экрана сопровождается высвобождением значительного количества ранее связанной воды. Заметным фактором является биогенное влияние гусениц шелкопряда. Флористические изменения в травяно-кустарничковом составе начинаются в первый год поражения вредителем. Травяно-кустарничковый покров за счет лесных кустарничков в первый год сохраняет свой облик. В дальнейшем по мере углубления и закрепления микроклиматических изменений мы наблюдаем переход к открытым растительным группировкам с внедрением в состав растительности луговых видов.

Ключевые слова: сибирский шелкопряд, микроклиматические условия, лиственничные леса, вспышка массового размножения, восстановление леса

MICROCLIMATIC CONDITIONS AND THEIR ROLE IN CHANGING THE VEGETATION STRUCTURE OF LARCH FORESTS OF CENTRAL YAKUTIA DURING THE FIRST YEARS AFTER THE DEFEAT OF THE DENDROLIMUS SUPERANS SIBIRICUS TSCHETV

Chikidov I.I.

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

There are the results of the study of larch forests in the first years after outbreaks of the Dendrolimus superans sibiricus Tschetv. in Central Yakutia. Change of microclimatic conditions leads to changes in the vegetation structure of the overtopped tiers. Defoliation of larch leads to an increase of the luminous power and the temperature rise of the soil, there is a rapid change of the soil thermal balance. The melt-out of surface ground ice is followed by the release of significant quantity of water. One of key factor is a biogenic influence of silkworm. Floristic changes in the grassy vegetation species composition begin in the first year of the parasitic attack. Grassy vegetation species covering preserves its shape by forest subshrub. We observe a transition to open vegetation groups with the introduction of the composition of the vegetation of meadow species as far as the deepening and consolidation of micro-climatic changes.

Keywords: Dendrolimus superans sibiricus, microclimatic conditions, larch forests, the outbreak of mass reproduction, forest regeneration

Лиственница Каяндера (*Larix caianderi Mayr*) является господствующим лесообразующим древесным видом в Центральной Якутии, занимая более 77% лесопокрытой площади [11]. Структура растительности лиственничных лесов Центральной Якутии подвергается коренным перестройкам в результате интенсивной рубки древостоев, систематических лесных пожаров и вспышек массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv.).

Серьезную угрозу для лесной растительности представляют вспышки массового размножения сибирского шелкопряда (*Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv.), периодически возникающие в лиственничных лесах Центральной Якутии [1]. Продолжительный засушливый период 1991–1998 годов послужил предпосылкой к возникновению самой обширной за время наблюдений вспышки массового размножения сибирского шелкопряда [12]. С начала вспышки в 1999 г. до ее затухания в 2001 г. обширные площади лиственничных лесов Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия) были повреждены сибирским шелкопрядом [3]. Степень повреждения варьировала от малозначительного повреждения до полной гибели древостоя.

Способность к ежегодному обновлению ассимилирующего аппарата дает возможность лиственнице выдерживать поедание хвои вредителями и восстанавливать крону после объедания. Однако в условиях Центральной Якутии массовая гибель ли-

ственничных насаждений может наступить в случае 2-кратной (в 1-й год – неполной, во 2-й – полной) дефолиации [4]. Как под пологом мало- и средненарушенных лиственничных древостоев, так и в погибших древостоях наблюдалось резкое изменение микроклиматических условий, приводящее к изменению качественного и количественного состава растительности подчиненных ярусов.

Цель исследования

Для изучения изменения структуры и состава лиственничных лесов первые годы после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда нами проведены лесоводственно-геоботанические исследования в средневлажных лиственничных лесах Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия). Проведены маршрутные полевые работы на территории Хангаласского, Усть-Алданского, Чурапчинского, Амгинского и Таттинского улусов (районов) Республики Саха (Якутия), обследованы как пораженные вредителем шелкопрядники лиственничных лесов, так и незатронутые леса.

Материалы и методы исследования

Геоботанические исследования по данной теме проводились нами в течение 15 лет (1997–2012 гг.). Проведены микроклиматические исследования для установления изменений микроклиматических условий в шелкопрядниках лиственничных лесов, роста и развития подроста лиственницы, подчиненных ярусов растительности – кустарникового, травяно-кустарничкового, мохово-лишайникового ярусов.

Геоботанические описания и описания почвенных профилей на пробных площадях на гарях, шелкопрядниках и в нетронутых лиственничниках (контрольные) площадью 400 и 600 кв. м проводились по методике В.Н. Сукачева, С.В. Зонна [10]. При описании кустарникового, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов использованы методы глазомерного определения проективного покрытия в %, оценки обилия по Друде [6]. Возрасты гарей определены опросным методом и по данным местных лесхозов и лесничеств, шелкопрядников по данным спутниковых снимков. В процессе маршрутных исследований было выполнено 150 геоботанических описаний.

Изучение микроклиматических изменений в лесах, пораженных сибирским шелкопрядом, и на контрольных участках проводились по следующим параметрам: освещенность у поверхности почвы, на высоте 1,5 м; температура воздуха на поверхности почвы; температура и полевая влажность почвы на глубинах 5 до 80 см; глубина сезонно-талого слоя (СТС) почвы. При этом использовался следующий набор метеорологического оборудования: недельные термографы, гигрографы, ртутные и спиртовые термометры (срочный, максимальный, минимальный), коленчатые термометры Савинова, электротермометры АМ-29, люксметры, весы.

Результаты исследования и их обсуждение

Основным ущербом, наносимым гусеницами сибирского шелкопряда лиственничным древостоям, является объедание хвои деревьев и вызванное обесхвоением нарушение древостоев и их гибель.

Освещенность поверхности почвы. Интенсивное объедание хвои лиственницы в очагах массового размножения сибирского шелкопряда достаточно быстро приводит к полной дефолиации древостоев: к концу июля началу августа в очагах не сохраняется деревьев с хвоей. В период высокой солнечной активности это ведет к резкому увеличению освещенности поверхности почвы, что в дальнейшем приводит к активному изменению микроклиматических условий под пологом пораженных лесов.

Замеры условий освещенности проводились в трех различных по условиям участках – в открытом месте, в очаге массового размножения сибирского шелкопряда с дефолиированным древостоем и на контрольном участке незатронутого шелкопрядом лиственничного леса. На всех участках замеры проводились на высоте 1,5 м от поверхности и на поверхности почвы, вычислялись процентные соотношения величин к абсолютной освещенности. За абсолютную освещенность брались показатели освещенности на высоте 1,5 м на открытом месте (табл. 1).

По сравнению с контрольным участком, в шелкопряднике резко возрастает освещенность почвы – интенсивность светового потока возрастает более чем в два раза. Несмотря на невысокую сомкнутость крон в лиственничных лесах, составляющую в среднем для Центральной Якутии 0,4–0,5 единиц, основную долю освещенности в этих лесах вносят деревья. Древостой задерживает более 60% светового потока, и, по сути, он является основным фактором, необходимым для сохранения и развития типично лесного облика растительного сообщества. Если на контрольном участке разница между показателями освещенности на высоте 1,5 м и на поверхности почвы невелика и не превышает 1% от абсолютных показателей, то в шелкопрядниках разница освещенности по высотам превышает 5%. Древостой здесь за счет дефолиации перестает играть роль фактора, отвечающего за затененность. Затененность поверхности почвы в шелкопрядниках возникает за счет резкого повышения роли подчиненных ярусов – подлеска и травяно-кустарничкового покрова, а также за счет стволов и веток дефолиированного древостоя.

Таблица 1

Средние показатели освещенности на пробных площадях в окрестностях с. Боробул, Таттинский улус

Точка замера	В шелкопряднике		В лесу (контроль)		На открытом месте	
	тыс. лк	% от а.о.*	тыс. лк	% от а.о.	тыс. лк	% от а.о.
На поверхности почвы	24,0	75,0	11,1	34,7	26,9	84,1
На высоте 1,5 м	26,8	83,7	11,8	36,8	32,0	100

Примечание. а.о. – абсолютная освещенность, соответствует освещенности на высоте 1,5 м на открытом месте.

Пик поражения древостоя в очаге массового размножения шелкопряда наступает к началу августа, когда на территории очага практически не остается охвоенных деревьев. Лиственница может выдерживать полную дефолиацию в течение двух вегетационных сезонов, однако в подчиненных ярусах лесной растительности происходят кардинальные изменения, вызванные увеличением светового потока, попадающего на поверхность почвы. В древостоях, поврежденных шелкопрядом, после дефолиации более чем в два раза снижается способность задерживать световой поток. Если в неповрежденных шелкопрядом лиственничных лесах (контрольный участок), мощность светового потока составляет 36,8 % от абсолютной освещенности, то в шелкопрядниках этот показатель возрастает до 83,7 %. Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что участие хвои позволяет задерживать до 50 % светового потока, что совпадает с выводом о том, что каждый балл сомкнутости крон в лиственничных лесах снижает освещенность на 8–10 % [13]. Роль древостоя даже в дефолиированном виде остается достаточно высокой, что объясняется участием в затенении «постоянных» частей деревьев – стволов и ветвей.

В свою очередь увеличение светового потока инициирует активные изменения в подчиненных ярусах. В последующие после вспышки массового размножения сибирского шелкопряда годы в пораженных лесах наблюдается рост обилия видов кустарникового яруса, ранее находившихся под влиянием древостоя в угнетенном состоянии. В травяно-кустарничковом ярусе наблюдается тенденция замены типичных лесных кустарничков на злаковое высокотравье и увеличение обилия экотонных видов, таких как земляника восточная. Однако увеличение доли подчиненных ярусов не компенсирует увеличение освещенности от дефолиации древостоя. Увеличение светового потока, падающего на поверхность почвы, приводит к изменению других микроклиматических параметров.

Изменение температуры почв. В связи с более чем двукратным увеличением освещенности (табл. 1) и попадающим на поверхность потоком солнечной радиации возрастает и температура почвенного слоя.

Если в приповерхностном слое (до 5 см) разница температур между контрольным участком и шелкопрядником составляет около 15 %, то в более глубинных слоях почвы (10–50 см) эта разница увеличивается до 20–40 %. На глубине 80 см температура в шелкопряднике и на контрольном участке практически выравнивается (табл. 2).

Таблица 2

Температура (°С) почвы в лесу в дневное время при температуре воздуха 24,3 °С (11.00–20.00) 10.08.03, окр. с. Чычымах, Таттинский улус

Глубина, см	В лесу (контроль)	В шелкопряднике
5	13,7	16,3
10	10,2	13,1
20	6,9	9,2
30	4,9	7,5
40	3,9	6,4
50	3,0	5,0
80	0,6	0,7

На территориях с развитым подземным ледовым комплексом в насаждениях северной части Лено-Амгинского междуречья наблюдаются термокарстовые процессы, вызванные резким изменением теплового баланса почв. Считается, что изменение температурного режима грунтов, приводящее к развитию термокарстового процесса, может быть вызвано нарушениями растительного покрова, органогенного слоя почвы, выступающего в роли теплоизоли-

рующего слоя, а также изменением гидрологических условий на локальных участках [8, 9]. Термокарстовые процессы, как правило, развиваются на месте погибших в результате вспышки массового размножения сибирского шелкопряда лиственничных лесов. Однако в некоторых случаях именно развитие термокарстовых процессов в поврежденных шелкопрядом лесах может быть причиной гибели древостоев.

Изменение условий увлажнения. В связи с увеличением поступления тепла к поверхности почвы, уменьшением испарения и транспирации с единицы площади, заметным изменением гидротермического режима почвы происходит активное вытаивание поверхностного мерзлотного экрана, что сопровождается высвобождением значительного количества ранее связанной мерзлотой воды [5]. Начинается заболачивание почв и смена брусничных и травянистых ценозов новыми эдификаторами – гидрофильными злаковыми и разнотравными (главным образом земляничными) ценозами.

Биогенное воздействие шелкопряда. Кроме выше перечисленных микроклиматических факторов, обуславливающих изменение условий произрастания под пологом пораженных сибирским шелкопрядом лесов, немаловажным фактором является обогащение почвы продуктами жизнедеятельности гусениц шелкопряда.

Разложение опада хвои лиственницы на мерзлотных грунтах происходит медленными темпами, преимущественно за счет дереворазрушающих грибов. Происходит его накопление на поверхности почв, что неблагоприятно сказывается на термическом балансе, препятствует укоренению всходов, повышает пожарную опасность в лесах. В течение своего двухгодичного цикла развития одна гусеница сибирского шелкопряда, питаясь хвоей лиственницы, выделяет 8,49 г экскрементов [1]. Эти выделения характеризуются высоким содержанием азотистых соединений (3% общего азота в пересчете на абсолютно сухое вещество) и малым содержанием клетчатки [7]. Полное обесхвоение дерева в местных условиях происходит при критической численности перезимовавших гусениц старших возрастов примерно в 300–500 особей на одно дерево (в зависимости от его размера) [3]. В этом случае вся хвоя с деревьев в переработанном виде может поступить в подстилку всего за 1,0–1,5 месяца. Если принять за среднее количество стволов лиственницы 1000 экз. на гектар в 90–100-летних средневлажных лиственничниках брусничной группы [1], то в течение 2 лет интенсивного объедания хвои до полной дефолиации при количестве вредителя 500 особей на дерево выделяется более 4 т экскрементов на 1 га.

Флористические изменения в травяно-кустарничковом составе шелкопрядников начинаются непосредственно в год первого объедания хвои вредителем. Как было сказано выше, лиственница, являясь устойчивым к дефолиации видом, может сохранять жизнестойкость в течение 2 лет объедания. В некоторых случаях мы можем наблюдать массовое появление (более 50% древостоя) хвои после 100%-ного объедания хвои и окукливания части вредителя в конце июля-августа. Таким образом, мы можем считать годом начала активных изменений состава и структуры растительности пораженных лиственничников год массового заселения пораженного участка вредителем.

Микроклиматической предпосылкой изменений является осветление участка в результате дефолиации древостоя и весь комплекс изменений, вызванный данным фактором. Также большую роль на данной стадии играет биогенное воздействие сибирского шелкопряда.

Первый этап изменений в растительном покрове характеризуется сохранением общего лесного облика травяно-кустарничкового яруса – лесные кустарнички, такие, как брусника *(Vaccinium vitis-idaea)*, голубика *(Vaccinium uliginosum)*, багульник *(Ledum palustre)*, доминировавшие в покрове ненарушенного лиственничника, пока еще сохраняют ведущую роль в покрове. Однако дефолиация древостоя, снижение корневой конкуренции и резкое увеличение количества легко усвояемого гумуса в почве переработанной гусеницами сибирского шелкопряда хвои лиственницы дает толчок развитию в покрове быстрорастущих растений, таких как мышиный горошек *(Vicia cracca)*, полынь пижмолистная *(Artemisia tanacetifolia)* и земляника восточная *(Fragaria orientalis)*. Постоянно присутствуя с невысоким обилием в видовом составе ненарушенных разнотравно-брусничных лиственничников, эти виды под воздействием благоприятных факторов резко наращивают свое обилие. К третьему году после поражения сибирским шелкопрядом они уверенно доминируют в травяно-кустарничковом покрове, постепенно вытесняя лесные кустарнички, пока еще сохраняющие достаточно высокое обилие.

Выводы

Основной микроклиматической предпосылкой изменений растительного покрова является осветление в результате дефолиации древостоя и весь комплекс изменений структуры насаждения, вызванный данным фактором. Изменения в видовом составе травяно-кустарничкового яруса имеют скорее качественные, чем количественные показатели. В целом травяно-кустарничковый покров за счет лесных кустарничков в первый год сохраняет свой облик. В дальнейшем по мере углубления и закрепления микроклиматических изменений мы наблюдаем переход к открытым растительным группировкам с внедрением в состав растительности луговых видов.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБПК СО РАН на 2017–2020 по теме «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии», рег. номер АААА-А17-117020110056-0.

Список литературы

1. Аммосов Ю.Н. Сибирский шелкопряд (Dendrolimus superans sibiricus Tschetv.) в Центральной Якутии // Хвойные деревья и насекомые дендрофаги. – Иркутск, 1978. – С. 74–84.

2. Болдаруев В.О. Динамика численности сибирского шелкопряда и его паразитов. – Улан-Уде: Бурятское кн. изд-во, 1969. – 162 с.

3. Винокуров Н.Н., Исаев А.П., Потапова Н.К., Ноговицына С.Н. О вспышке массового размножения сибирского шелкопряда в Центральной Якутии в 1999–2000 гг. // Наука и образование. – 2001. – № 1. – С. 65–68.

4. Винокуров Н.Н., Исаев А.П. Сибирский шелкопряд в Якутии // Наука и техника в Якутии. – 2002. – С. 53–56.

5. Оконешникова М.В., Десяткин Р.В., Исаев А.П. Влияние массовых вспышек сибирского шелкопряда на состав и свойства мерзлотных палевых почв // Материалы научно-практической конференции «Лесные исследования в Якутии: итоги, состояние и перспективы», Т. 1. – Якутск: ЯГУ, 2006. – С. 77–83.

6. Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в есте-ственных растительных сообществах // Полевая геоботаника. М.; Л., Изд-во АН СССР, 1964. – С. 209–299.

7. Рожков А.С. Сибирский шелкопряд. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 175 с.

8. Соловьев П.А. Аласный рельеф Центральной Якутии и его происхождение // Многолетнемерзлые породы и сопутствующие им явления на территории ЯАССР. – М., 1962. – С. 38–53.

9. Строение и абсолютная геохронология аласных отложений Центральной Якутии. – Новосибирск: Наука, 1979. – 96 с.

10. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 44 с.

11. Тимофеев П.А., Исаев А.П., Щербаков И.П. и др. Леса среднетаежной подзоны Якутии. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. – 140 с.

12. Чикидов И.И. Роль климатических факторов в развитии очагов массового размножения сибирского шелкопряда в Центральной Якутии в 1998–2001 гг. // Вестник ЯГУ. – Якутск, 2009. – Т.6, № 3. – С. 8–12.

13. Щербаков И.П., Михалева В.М., Чугунова Р.В., Карпель Б.А. Формирование растительного покрова в связи с рубками в лесах Юго-Западной Якутии. – Новосибирск: Наука, 1977. – 296 с.

УДК 552.12

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ

Аничкина Н.В.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

В работе исследуется взаимодействие природы и общества и его отражение на территориальной организации населения. В работе прослеживается эволюция территории центра Русской возвышенности на стыке Окско-Донской низменности и Среднерусской возвышенности (в административных рамках Липецкой области) во времени; под влиянием разработки и переработки полезных ископаемых, находящихся на её территории и привносимых извне, а также антропогенного фактора. Работа выполнялась путём сбора фактических данных. Для выполнения работы привлекались материалы фондов Липецкого краеведческого музея и ведомственного музея ОАО «НЛМК». По результатам исследования сделан вывод, что в пространственно-временном развитии территории наибольшее значение определения вектора развития сыграли железные руды. Именно их добыча и переработка в большей степени определили современный облик ландшафтов данной местности.

Ключевые слова: экосистемы, природные ресурсы, гидрологическая сеть, железная руда, природные факторы, антропогенные факторы

THE TRANSFORMATION OF THE TERRITORY OF THE CENTER OF THE RUSSIAN PLAIN IN SPACE AND TIME UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS

Anichkina N.V.

Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

We studied the interaction of nature and society and its reflection on the territorial organization of the population. The paper traces the evolution of the territory of the Russian center at the junction of the Oka-Don Lowland and Central Russian Upland (in the administrative part of the Lipetsk region) over time under the influence of exploitation and processing of minerals, which are on its territory or introduced from the outside. The work was done by collecting evidence. To accomplish the work we involved funds materials of Lipetsk regional museum and the departmental museum of «NLMK» metallurgic plant. The study concluded that in the space-time development of the territory the greatest value to determine the vector of development was made by iron ore deposits. Their production and processing to a great extent determined the modern image of the landscape of the area.

Keywords: ecosystems, natural resources, hydrological network, iron ore, natural factors, human factors

Данная работа представляет собой исследование взаимодействия природы и общества и отражение его на территориальной организации жизни общества. Исследуемая территория после распада Киевской Руси относилась к Черниговскому княжеству. После смерти Черниговского князя Игоря Святославовича в 1202 году, возникают Елецкое, Липецкое и Воргольское удельные княжества. Воспользовавшись слабостью Черниговского княжества, рязанские князья присоединили к своим территориям все земли верхнего Дона и реки Воронеж. За данными территориями на юге Рязанского княжества в дальнейшем закрепилось название «Рязанская украина» [5, 7]. В ходе проведённого нами опроса жителей Липецкой области мы выяснили, что население области не знает об этом этапе в развитии территории и связывают слово «украина» только с соседней страной и народом там проживающим. Понятие пространственно переместилось на юг и дало через столетия название стране и народу там проживающему. В работе прослеживается эволюция территории центра Русской возвышенности на стыке Окско-Донской низменности и Среднерусской возвышенности (в административных рамках Липецкой области) во времени; под влиянием разработки и переработки полезных ископаемых, находящихся на её территории и привносимых извне, а также антропогенного фактора. Работа выполнялась путём сбора фактических данных. Для выполнения работы привлекались материалы фондов Липецкого краеведческого музея и ведомственного музея ОАО «НЛМК».

Формирование территории в современных административных границах

Политика разукрупнения областей привела к созданию Липецкой области (6 января 1954 года). Географические координаты

области 52–54° северной широты и 38–40° восточной долготы. Расстояние между крайними точками территории в меридиональном направлении достигает 200 километров, а в широтном превышает 150 километров. По физико-географическим и историко-экономическим данным она относится к Центрально-Черноземной зоне. Западная часть лежит на холмистой Среднерусской возвышенности. Восток области это Окско-Донская равнина. Естественной границей между этими природными провинциями является река Воронеж. Через область проходят важнейшие железнодорожные магистрали от Москвы к Донбассу, в Поволжье и на Кавказ. Занимая выгодное географическое положение, область имеет связь с промышленными и лесными районами севера, с каменноугольными и нефтедобывающими районами, расположенными на юге и востоке. В 350 км находится Курская магнитная аномалия, а в 500 км расположен Донецкий угольный бассейн.

Почвенный покров на данной территории отличается разнообразием. Его формирование началось с момента отступления Валдайского ледника (10–12 тыс. лет назад). На территории получили распространение следующие типы почв: черноземы, почвы балочных склонов, пойменные почвы, серые лесные почвы, пески и песчаные почвы. Остальные типы почв распространены ограниченно [2].

Полезные ископаемые исследуемой территории

Геологоразведочные работы, оставившие документальный след, проводились на данной территории в период 1918–1921 гг., а с 1929 года непрерывно по настоящее время. Эта территория богата месторождениями различных полезных ископаемых. В ряде районов имеются значительные залежи железных руд, огнеупорных глин, флюсовых и технологических известняков, формовочных песков, торфа, строительных материалов. Несмотря на то, что железо наиболее распространённый металл в земной коре, в больших объемах оно начало применяться позднее некоторых других металлов, примерно с 800 годов нашей эры. У геологоразведчиков неоднократно менялись представления об оценке запасов Липецкого железорудного района [3]. Но полученные к концу 1931 года результаты проведённых геологоразведочных работ привели к выводу, что Липецкий железорудный район может служить сырьевой базой для строительства нового металлургического завода и реконструкции доменных печей завода «Свободный Сокол».

Происхождением и образованием рудных скоплений Липецкого района занималось много исследователей. Один из первых исследователей П.А. Замятченский высказал теорию так называемого метасамотического образования липецких руд. Однако дальнейшие геологические исследования не подтвердили этот вывод. В 1930–1931 годах Л.В. Пустовалов, используя данные эксплуатации липецкого месторождения, высказал и обосновал теорию осадочного озёрно болотного происхождения липецких железных руд. В 1939-1940 годах геологи Ю.С. Момджи и С.Г. Шавло по Липецкому месторождению и геолог Б.П. Епифанов по Тульскому месторождению пришли к выводу, что липецкие и тульские железные руды образовались в морском бассейне в условиях мелководных лагун и что исходным материалом их образования явился сидерит [3]. Профессор Воронежского государственного университета М.С. Точилин впервые подробно осветил роль послерудных карстовых процессов на Липецком месторождении, что имело большое практическое значение при разведке, эксплуатации и промышленной оценке месторождения. Данные, полученные при проведении геологоразведочных работ и эксплуатации месторождения, указывают на чрезвычайно сложные и разнообразные формы залегания рудных тел Липецкого железорудного района. Рудные площади представляют собой пластообразные или гнездообразные скопления, разные по величине: от нескольких тысяч квадратных метров до нескольких квадратных километров. При этом рудный горизонт не представляет собой сплошного и непрерывного залегания. Если средняя мощность по району составляет около одного метра толщины пласта, то в отдельных местах рудный горизонт увеличивается до 35 метров, затем может сразу выклиниться до полного исчезновения или перейти в пустую породу. Наряду с изменениями физических свойств изменяется и химический состав руды. Объясняется это тем, что рудный горизонт после своего образования подвергался разрушительным действиям морских течений, континентальных агентов выветривания (атмосферных вод, ветра), а также влиянию растворяющей деятельности циркулирующих подземных вод, образовавших пустоты и провальные воронки в карбонатных породах. Эти геологические процессы и создали

такую сложную форму залегания липецких железных руд. Промышленная мощность их колеблется от 0,75 до 3,0 метров, максимальная 9 метров. Рудный горизонт не имеет повсеместного распространения и состоит из 3 слоев: подрудных глин, бурых железняков и надрудных глинистых отложений. Руда залегает на глубине 30–90 метров. Липецкие руды принадлежат к числу высококачественных: среднее содержание железа в них 40–42 процента. Они легкоплавки, хорошо шлакуются, при выплавке чугуна требуют в два раза меньше кокса, чем, к примеру, криворожская руда. Наличие в липецких рудах извести требует меньше флюсов. Вредных примесей серы и фосфора липецкие руды почти не содержат [3, 6]. По данным 1959 года месторождение располагало 28 разведанными участками, общие запасы железной руды в них оценивались в 40 млн тонн. До 1964 года было добыто приблизительно более 10 млн тонн железной руды. В настоящее время область располагает залежами железной руды, выработка которых признана нерентабельной, так как они залегают отдельными линзами на глубине, не позволяющей вести их добычу открытым способом.

Освоение и развитие территории с начала второго тысячелетия нашей эры до девятнадцатого века

Первые письменные описания природы нашей местности можно найти в Никоновской летописи 1146 года. О более ранних этапах мы можем судить по результатам работы археологов. Так, археологами исследовано славянское поселение, стоящее в устье реки Матыра, напротив современной территории металлургического завода «Свободный Сокол». В своих исследованиях мы можем опираться на материалы раскопок Верхне-Донской археологической экспедиции, проводимые с 1964 года в долине реки Матыры. Полученные материалы хранятся в Липецком краеведческом музее. В течение пяти лет было изучено несколько памятников поймы Матыры. Изучение этих стоянок позволило проследить смену культур эпохи неолита в зоне лесостепи. Было найдено славянское поселение «городского типа» XI–XIII веков с остатками жилищ, металлургического и металлообрабатывающего производства. Также укреплённое славянское поселение, по мнению археологов, существовало в центре современного города Липецка (Городище) ещё до начала монголо-татарского нашествия. В 1284 году город был полностью разрушен. В пределах города встречаются выходы железной руды на поверхность, что способствовало созданию на его территории поселений занимающихся обработкой железной руды. До сих пор при спуске от улицы Ленина к Древне-Успенской церкви можно увидеть выходы руды. Мы со студентами постоянно находим там образцы. Эта территория когда-то называлась Железной горой. Сыродутное производство просуществовало на территории Липецкого района до XVII века. Археологи нашли у села Товаро-Никольского Липецкого района рукодутный горн. Горн был сооружен в материковой глине на краю склона, а для его обслуживания рядом спланирована площадка. Диаметр шахты горна не превышал 0,5 метра, а глубина достигала 1 метра. Плавка происходила при ручном дутье мехами, о чём свидетельствуют находки ошлакованных сопел. В таком сыродутном горне за одну плавку можно было получить около 5 килограммов железа. Сыродутное производство было вытеснено технологическими достижениями (вододействующими железоделательными заводами) Петровской поры. Центром зарождения железорудной промышленности явилась европейская часть России. Сюда входили железорудные предприятия, которые базировались вначале на тульских, а затем на липецких рудах. В 1692–1693 годах в Романовском уезде на реке Белый Колодезь, правом притоке реки Воронеж, был сооружен чугуноплавильный вододействующий завод. Строился он как частное предприятие дьяком Кузьмой Семёновичем Бориным. В дальнейшем поселок при заводе получил название Боринского. Это название сохранилось до сих пор [4]. Боринский завод называли «Топоровским» потому, что он на первых порах снабжал местное население предметами хозяйственного обихода. В 1700 году было принято решение о создании металлургических и пушечных заводов на дворцовых землях Романовского уезда. Есть мнение, что сам царь Петр выбирал место для будущих предприятий. В конце XVII началу XVIII века по указанию Петра I на реке Липовке начинают строить заводы. Построенная верхняя плотина была длиной 116 метров, шириной 18 и высотой 5,5 метра. До сих пор сохранились остатки плотины и пруд Верхне-Липецкого завода в нижней части Петровского спуска в городе Липецке. Четыре домны Верхне-Липецкого за-

вода, высотой по 2 метра 12 сантиметров каждая, располагались около северной части плотины. В центре её стояла молотовая фабрика с водяными колёсами. Каждая из домен была рассчитана на выплавку 21 тысячи пудов чугуна в год. Чтобы обеспечить такую производительность, необходимо было заготавливать 70 тысяч пудов руды и 3260 коробов древесного угля. Строился завод под руководством тульского мастера Марка Васильевича Красильникова. Выплавка металла на местных заводах, представляющих собой своеобразный комбинат, в состав которого входили железные рудники, каменные карьеры, металлургический и пушечно-литейный заводы, увеличивалась. 16 сентября 1779 году по указу Екатерины II слобода Липские Заводы официально получает статус уездного города Тамбовского наместничества с названием Липецк. Жителей было порядка 6 000 человек. У истоков липецкой металлургии стояли мастера, прибывшие из Тулы. История сохранила имена людей работающих на липецком заводе в начале восемнадцатого века: это доменный мастер С.В. Шелехов, пушечный мастер Иван Пьянов, колёсный мастер Емельян Веревочкин, меховой мастер Федор Парамонов, молотовые мастера Леонтий Мороз, Иван Лялин. Потомки этих людей до сих пор живут в Липецке и работают в металлургической промышленности.

Трансформация гидрологической сети под влиянием металлургии и их влияние на развитие прилегающих территорий и общества

Металлургическое производство изменило облик прилегающей территории. Водные ресурсы активно задействовались в производстве, механизмы заводов приводились в движение с помощью водяного колеса. Вода нужна была и для промывки руды, что вызывало её загрязнение. Облик малых рек изменился [7]. Постройка плотин на них изменила направление их течения. Так река Липовка до сих пор впадает в реку Воронеж по бывшему обводному каналу. Пруд Нижнего завода, образованный водами реки Студенки и подпитываемый Монастырскими ключами, первоначально имел площадь 70 гектаров. Во второй половине XX века пруд стал называться Петровским, а в 1974 году был засыпан. Нижняя плотина, построенная пленными шведами, приводила в движение молотовую фабрику, шляпную толчею, две сверлильные мастерские, мельницу и заводскую кузницу. А в 19 веке, во времена активного развития Липецкого курорта, пруд использовался, как мы бы сейчас сказали, в рекреационных целях. Пруд во многом определил облик города, и мы можем проследить его взаимодействие с историей страны в целом. Первый памятник Петру Великому в Липецке установили в 1839 году (сохранился до сих пор) на Петровском спуске, чтобы памятник смотрелся на фоне водной глади Петровского пруда. После засыпки пруда эта территория стала частью Нижнего парка, и люди, не посвящённые в историю трансформации местного ландшафта, не могут понять, почему памятник установлен на обрыве [8].

В 1950-е гг. происходит расширение Новолипецкого металлургического комбината. Чтобы не допустить нехватки технологической воды, было предложено построить водохранилище на реке Матыре. По проекту самое крупное водохранилище данной территории предназначалось для промышленного водоснабжения Новолипецкого металлургического комбината, улучшения Липецкого промышленного узла, орошения прилегающих к водохранилищу сельскохозяйственных земель, также предусматривалось использование водохранилища под нагул товарной рыбы. Уже в 1957 году становится известно, какие деревни попадут под затопление. Строительство дамбы началось в 1970 году. Окончено строительство в 1976 году. Строительство водохранилища резко нарушило складывающую веками экосистему и привело к ряду нежелательных последствий. В полной мере оправдался экологических закон о неполноте наших знаний о любой природной системе. Молодая экосистема начала жить и развиваться по своим, не учтенным человеком, правилам. Она заметно изменила экологическую ситуацию в городах Липецк и Грязи. Поднялся уровень грунтовых вод. Из-за этого стали страдать древесные насаждения. Часть районов оказалась в зоне подтопления. Так как водохранилище построено на плоском рельефе, стало происходить заболачивание его берегов. В настоящее время уровень воды поддерживается на отметках 108,0–108,5 м.абс. Главная задача водохранилища – регулировать уровень воды в реке Воронеж.

Трансформация лесных ресурсов

До конца девятнадцатого века для выплавки металла употреблялся древесный

уголь. Лес нещадно вырубался. Лесостепь превращалась в степь. Процент облесённости области самый низкий в Черноземье, около 7 процентов, и в большинстве своём имеющиеся леса, посажены человеком. Нещадная вырубка изменила лесные экосистемы. На каждый пуд выплавленного чугуна уходило 5–6 пудов древесного угля. Металлургический завод потреблял ежегодно примерно четыреста тысяч бревен строевого леса. По официальным расчетам начала восемнадцатого века на одну домну Липецкого завода было положено в год сырожелезной руды 52313 пудов. На один выпуск в сутки употреблялось 120 пудов обожженной руды и выплавлялся 51 пуд с небольшим чугуна. Угля должно было употребляться от 27 до 33 бочек в день. На Боринском заводе один доменный горн в сутки потреблял обожженной руды 120 пудов, чугуна в день из этого количества руды выплавлялось 52 пуда. Несколько больше, чем на Липецком заводе, здесь расходовалось древесного угля: в сутки – 33 бочки. Древесный уголь с исчезновением лесов становился главной проблемой. Его нехватка приводит к остановке заводов. В период русско-турецкой войны 1787–1791 гг. заводы работали мало, потому что леса были вырублены, но мастеровых не увольняли, правительство готово было наладить работу предприятий в случае чрезвычайных обстоятельств. В Липецке производилась мирная продукция: котлы, вьюшки, загнетные доски, печные дуги, сковороды, таганы, пестики, иготи (ручные ступы), заслонки [4].

Изменение рельефа местности

Добыча руды проводилась как подземным, так и открытым способом. Эти разработки нарушили первичный рельеф местности. До конца двадцатого века сохранялись бугристые формы рельефа с чередующимися неглубокими замкнутыми понижениями. Их можно было наблюдать по правому склону Каменного лога, по левому склону Студеного лога в городе Липецке. В районе подземной добычи железорудного сырья до настоящего времени наблюдаются следы многочисленных терриконов, когда-то они достигали высоты до 35 метров, а прилегающие территории осложнены провальными формами рельефа: воронками, траншеями, повторяющими конфигурацию выработанных подземных пустот. Интенсивность провалов в 1960-е гг. в районе сельскохозяйственной опытной станции и Сырского рудника была настолько велика, что в отдельных местах они сливались друг с другом и территории были непригодными для хозяйственного освоения. В отработанной части Сокольско-Ситовского карьера (Ситовский участок) известняков находится карстовый провал треугольной формы размером 16×23 м глубиной до 4 м.

Заключение

Из всех представленных на данной территории природных ресурсов наибольшее значение в определении пространственно-временного вектора развития территории имели железные руды. Самый крупный город, находящийся на этой территории, – Липецк. Его возникновению и развитию во многом способствовало месторождение железных руд. И на протяжении всего развития данной территории возникали взаимосвязи, которые мы можем отследить и которые оставили свой материальный след. Наибольшей трансформации подверглись лесные экосистемы, на протяжении тысячелетия (до конца девятнадцатого века) для выплавки металла употреблялся древесный уголь. Лес нещадно вырубался. Лесостепь превратилась в степь, а она – в аграрные ландшафты. Породный состав лесных культур также изменился. На данной территории, в силу пространственно-временного размещения, создавались своеобразные транспортные коридоры для направленного перемещения таких химических элементов, как железо, углерод и кальций. Под влиянием шахтной добычи железной руды происходило изменение рельефа местности: как в виде отрицательных форм рельефа (просадка грунта в районах закрытых шахт), так и положительных (терриконы).

Список литературы

1. Адпостенков А.А. НЛМК: линия судьбы. – Липецк: Липецкое издательство Госкомпечати РФ, 1998. – 218 с.

2. Ахтырцев Б.П., Сушков В.Д. Почвенный покров Липецкой области. – Воронеж, издательство Воронежского университета, 1983. – 264 с.

3. Борисенков Г.Н., Ефремов Н.П. Полезные ископаемые Липецкой области. – Липецк: Липецкое книжное издательство, 1959. – 299 с.

4. Лошкарёва Л.Н. Судостроение и металлургия в Липецком крае. История. Традиции. Современность. – Липецк: НПО ОРИУС, 1998. – 204 с.

5. Мартынов А.Ф. Краткая история Липецкого края. – Воронеж: Центрально – Чернозёмное книжное издательство, 1979. – 155 с.

6. Страхов Н.М. Развитие литогенетических идей в России и в СССР. – М.; Наука, 1971. – 622 с.

7. Фроянов И.Я. История России от древнейших времен до начала XX в. /www.hrono.ru/libris/lib_f/froyan04.php.

УДК 622.692.4

К РАСЧЕТУ ШАГА РАССТАНОВКИ ОПОР ИЗ КОНТЕЙНЕРОВ С ГРУНТОВ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ПОДЗЕМНОГО ГАЗОНЕФТЕПРОВОДА В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСТРОВНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Ахметов А.Х., Коробков Г.Е., Янчушка А.П.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, e-mail: albertahmetov303@gmail.com

В данной статье рассмотрены методологические основы расчета шага расстановки опор из контейнеров с грунтом при прокладке подземного газонефтепровода в условиях островного распространения просадочных многолетнемерзлых грунтов с использованием программного комплекса СТАРТ и методики расчета балочных переходов. Проведен сравнительный анализ полученных результатов расчета шага расстановки опор из контейнеров с грунтом с использованием рассматриваемых методик. Несмотря на то, что в методике расчета балочных переходов не учитывается ряд воздействий окружающих грунтовых условий на трубопровод, методика применима на стадии предпроектной оценки ресурсов и материалов, необходимых для осуществления строительства. Результаты оценки шага расстановки опор по методике расчета балочных переходов меньше аналогичных величин, полученных с использованием программного комплекса СТАРТ, на 24–38 % для нефтепровода и на 37–45 % для газопровода.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, модель «трубопровод – грунт», многолетнемерзлый грунт, длина пролета, просадка трубопровода

TO CALCULATION OF THE STEP OF ARRANGEMENT OF SUPPORT FROM CONTAINERS WITH SOIL WHEN LAYING THE UNDERGROUND GAS AND OIL PIPELINE IN DISTRIBUTION TERMS OF ISLAND PERMAFROST

Akhmetov A.Kh., Korobkov G.E., Yanchushka A.P.

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: albertahmetov303@gmail.com

In this article methodological the basics calculations of a step of arrangement of support from containers with soil are covered when laying an underground gas and oil pipeline in the conditions of island distribution collapsible the permafrost with use of the program START and method of calculation of beam transitions. The comparative analysis of the received results of calculation of a step of arrangement of support from containers with soil with use considered techniques is carried out. In spite of the fact that in a method of calculation of beam transitions a number of impacts of surrounding soil conditions on the pipeline isn't considered, the technique is applicable at a stage of predesign assessment of the resources and materials necessary for construction implementation. Results of assessment of a step of arrangement of support on a method of calculation of beam transitions there are less similar sizes received with use of the program START for 24–38 % for the oil pipeline and for 37–45 % for the gas pipeline.

Keywords: pipeline, model «pipe-soil», permafrost, span length, pipeline settling

Распространение островной мерзлоты в местах прокладки трубопроводов встречается довольно часто, яркими примерами трубопроводов, проложенных в талых грунтах с островной мерзлотой, являются нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий Океан» и нефтепровод «Куюмба – Тайшет». С ростом потребления углеводородного сырья все больше трубопроводов прокладываются по таким территориям [8–10], что делает рассматриваемую тему актуальной.

Пересечение участков островного распространения многолетнемерзлых просадочных грунтов необходимо выполнять с принятием специальных мер по закреплению трубопроводов на проектных отметках [5–6], так как при эксплуатации трубопроводов тепловое воздействие перекачиваемой среды приводит к таянию многолетнемерзлого грунта (ММГ) с последующей его осадкой. Это может привести к возникновению разрушающих напряжений в стенке труб, особенно в месте перехода из талого грунта в мерзлый просадочный.

Для обеспечения проектного положения трубопровода, прокладываемого в рассматриваемых условиях, в [4] предлагается использование контейнеров с талым грунтом, устанавливаемых на участках распространения островной мерзлоты с определенным шагом. Шаг установки опор характеризуется максимально допустимой с точки зрения прочности величиной пролета, то есть в этом случае задачей является определение такой максимальной длины пролета (расстояния между опорами), при которой будет исключена просадка трубной плети или она будет находиться в допустимых пределах прочности.

Определение шага расстановки опор на основе нелинейного взаимодействия трубопровода с грунтом является достаточно сложной и трудоемкой задачей с необходимостью учета большого количества параметров трубопровода и окружающих грунтовых условий. Поэтому для расчета максимально допустимой длины пролета воспользуемся программным комплексом СТАРТ. Модель «трубопровод – грунт», заложенная в данной программе, позволяет учитывать пространственное положение трубной плети, взаимодействие трубопровода с грунтом основания и грунтом засыпки.

Расчет напряженно-деформированного состояния трубопроводов в программном комплексе СТАРТ осуществляется с применением смешанного метода для консольной основной системы. При этом если в рассматриваемой стержневой системе присутствует ряд подвижных сочленений, то на нее накладывается такое же количество внутренних связей, которые подвижные узлы системы превращают в жесткие.

За неизвестные усилия принимаются реакции отброшенных связей в консольной основной системе, а за неизвестные перемещения – перемещения по направлению отсутствующих в узлах связей, которые были предварительно ожесточены. В результате формируется линейная система алгебраических уравнений, решение которой дает нам неизвестные усилия в отброшенных связях и перемещения по направлению дополнительно наложенных связей в местах подвижных сочленений. Наличие нелинейностей, обусловленных работой односторонних связей, а также опор с трением, учитывается с помощью итерационной процедуры, в которой на каждом шаге решается линейная система уравнений. В случае односторонних связей итерации продолжаются до момента достижения критерия рабочей системы: все не работающие односторонние связи разомкнуты, а работающие – замкнуты [7].

При расчете максимально допустимой длины пролета нами был рассмотрен пространственный подземный трубопровод бесконечной длины, для моделирования взаимодействия растаявшего мерзлого грунта основания с трубопроводом на участке распространения ММГ принят грунт со слабой несущей способностью. При этом модель грунта представляет собой нелинейную зависимость сопротивления грунта от перемещения, причем эта зависимость различна и определяется направлением перемещения трубопровода относительно поверхности земли.

Грунт является непрерывным основанием, которое моделируется равномерно распределенными по длине упругими опорами, жесткость которых зависит от величины и направления перемещений. На каждом шаге итераций опоры рассматриваются как упруго-подвижные с тремя линейно-упругими связями: вертикальной, горизонтальной (поперек оси трубы) и продольной (вдоль оси трубы). Итерационная процедура заканчивается, когда на очередном шаге перемещения по направлению связей перестают меняться. Расстояния между опорами определяются автоматически [7].

При моделировании взаимодействия трубопровода с окружающими грунтовыми условиями используются следующие параметры грунта:

– модуль деформации грунта основания, МПа;
– коэффициент Пуассона грунта;
– модуль деформации грунта засыпки, Н/м;
– высота засыпки над трубой, м;
– нормативное значение консистенции грунта;
– коэффициент пористости грунта;
– вид грунта;
– угол внутреннего трения грунта;
– объемный вес грунта, кг/м^3;
– сцепление грунта, Па;
– несущая способность грунта, Па.

Расчетная схема при этом будет выглядеть, как показано на рис. 1.

Проектное положение оси трубопровода на рис. 1 показано горизонтально неслучайно: подразумевается, что на момент строительства, пока отсутствует тепловое воздействие перекачиваемой среды на ММГ, грунт основания обладает достаточной несущей способностью, и просадка трубопровода отсутствует.

Для обеспечения прочности трубопровода на участке распространения мерзлоты необходимо установить скользящие опоры. Такого вида опоры препятствуют перемещению трубопровода вниз, смещению трубы вверх и вбок препятствует грунт, такая модель опор полностью соответствует предлагаемым опорам из контейнеров с грунтом.

На стадии предпроектной оценки ресурсов и материалов, необходимых для осуществления строительства, зачастую отсутствуют исходные данные для проведе-

ния расчета шага расстановки опор с применением программных комплексов. В этом случае нами предлагается использование методики расчета балочных переходов [1–3]. Для создания более реальной модели при использовании методики расчета балочных переходов в расчет было добавлено воздействие грунта засыпки на рассматриваемый участок трубопровода, проходящего в островной мерзлоте. Расчетная схема в данном случае будет характеризоваться следующим:

– наличие зазора между нижней образующей трубопровода и основанием траншеи, возникшего вследствие просадки и подвижек грунта;

– на границе раздела мерзлого и талого грунта (в грунтах с островной мерзлотой) трубопровод жестко защемлен;

– рассматриваемый участок прямолинейный (то есть на рассматриваемом участке отсутствуют кривые, выполненные упругим изгибом, и кривые искусственного гнутья);

– компенсация продольных деформаций от изменения температуры, внутреннего давления, просадки опор происходит за счет упругих прогибов трубопровода в вертикальной плоскости.

Нами были проведены расчеты по определению максимально допустимой длины пролета с использованием двух вышеуказанных методик. Для примера рассмотрим изменение максимально допустимой длины пролета при увеличении диаметра рассматриваемого участка нефтепровода. При проведении расчетов эксплуатационные параметры трубопровода и характеристики грунтовых условий прокладки для обеих методик приняты одинаковыми.

Результаты проведенных нами расчетов изменения допустимой величины пролета в зависимости от диаметра трубопровода по обеим вышеизложенным методикам представлены в таблице. По полученным данным на рис. 2 построены графики изменения допустимой величины пролета от диаметра трубы для нефтепровода (линии 2 и 4) и газопровода (линии 1 и 3). Линии 1 и 2 построены с использованием результатов, полученных в программном комплексе СТАРТ, линии 3 и 4 составлены на основе результатов, полученных по методике расчета балочных переходов.

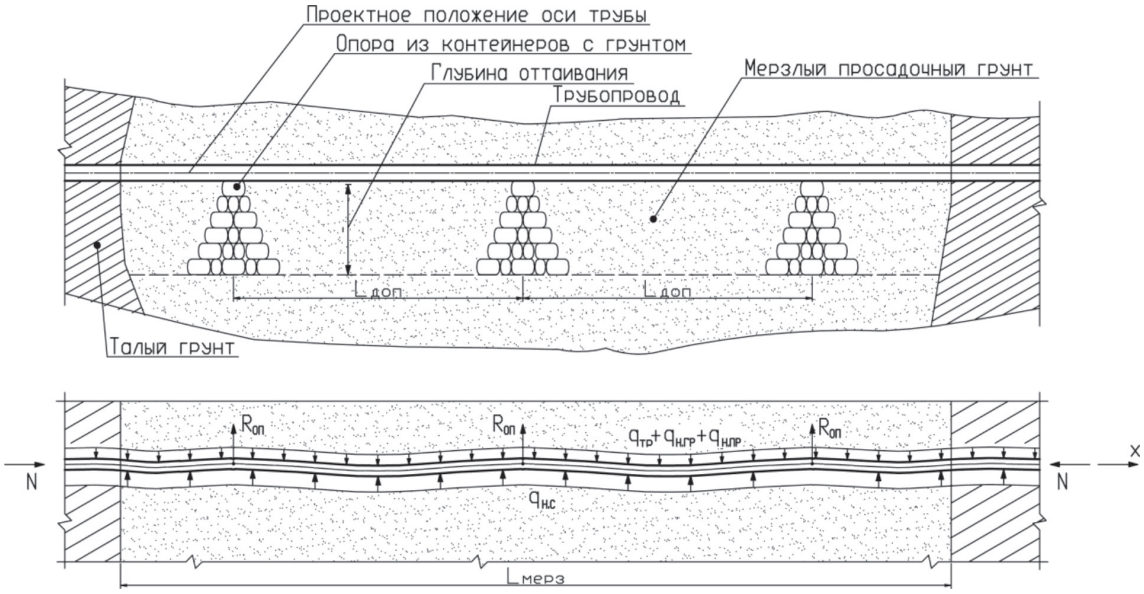


Рис. 1. Расчетная схема при определении максимально допустимой длины пролета. Определение максимально допустимой длины пролета (расстояние между соседними опорами) осуществляется путем подбора такого значения, при котором будет выполнено условие прочности.
$q_{тр}$ – распределенная по длине нагрузка от собственного веса снаряженного трубопровода;
$q_{н.пр}$ – распределенная по длине нагрузка от веса транспортируемого продукта;
$q_{н.гр}$ – распределенная нагрузка от веса грунта засыпки на единицу длины трубопровода;
$q_{н.с}$ – несущая способность грунта; $L_{доп}$ – максимально допустимая длина пролета между двумя соседними опорами из контейнеров с грунтом; $R_{оп}$ – реакция опоры из контейнеров с грунтом;
N – продольное усилие, действующее в трубопроводе; $L_{мерз}$ – протяженность островной мерзлоты

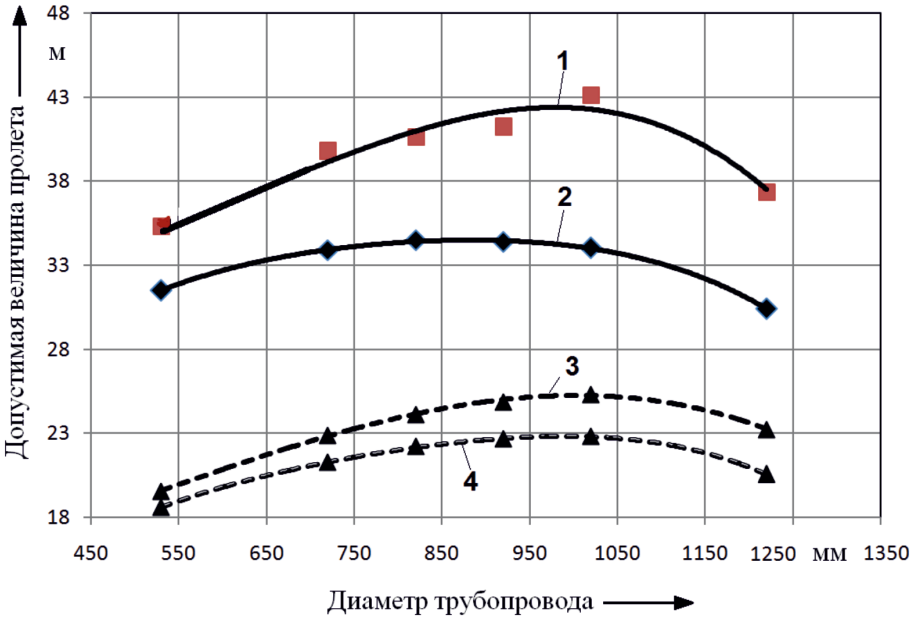


Рис. 2. Зависимость допускаемой величины пролета от диаметра трубопровода. 1 – результаты, полученные в программе СТАРТ для газопровода; 2 – результаты, полученные в программе СТАРТ для нефтепровода; 3 – результаты, полученные по методике расчета балочных переходов для газопровода; 4 – результаты, полученные по методике расчета балочных переходов для нефтепровода

Зависимость допускаемой величины пролета от диаметра трубопровода

Диаметр трубы, мм			530	720	820	1020	1220
Газопровод	Допускаемая длина пролета, м	по методике расчета балочных переходов	19,56	22,86	24,13	25,31	23,23
		по программе СТАРТ	35,34	39,8	40,69	43,16	37,41
	Распределенная нагрузка от веса газа, Н/м		127,01	240,82	315,22	494,02	712,82
Нефтепровод	Допускаемая длина пролета, м	по методике расчета балочных переходов	18,6	21,28	22,21	22,83	20,56
		по программе СТАРТ	31,52	33,92	34,52	34,05	30,42
	Распределенная нагрузка от веса нефти, Н/м		1448,3	2746	3594,5	5633,3	8128,3

Как видно из рисунка, увеличение диаметра от 530 мм до 1020 мм приводит к увеличению длины пролета, несмотря на то, что с увеличением диаметра растет и давление грунта на трубопровод. Это объясняется тем, что вместе с диаметром увеличивается площадь поперечного сечения, осевой момент инерции и момент сопротивления трубопровода. Рост всех этих параметров приводит к снижению продольных напряжений от суммарного изгибающего момента и продольного усилия.

Из рис. 2 характерно видно падение длины пролета для трубопровода с диаметром 1220 мм по сравнению с трубопроводом диаметром 1020 мм. Такое изменение длины пролета объясняется изменением коэффициента надежности по назначению $k_н$. Согласно требованиям СП 36.13330.2012 значение коэффициента $k_н$ для трубопровода диаметром 1020 мм равно 1,1, для трубопровода с диаметром 1220 мм – 1,155, что приводит к уменьшению расчетного сопротивления материала

трубы сжатию. Линии 1 и 3 изменения допустимой величины пролета от диаметра трубы соответствуют тому случаю, когда производится перекачка природного газа по рассматриваемому участку, линии 2 и 4 соответствуют транспортировке нефти.

Сравнение результатов, полученных при расчете максимально допустимой длины пролета между соседними опорами подземного трубопровода с использованием методики расчета балочных переходов и программного комплекса СТАРТ, показало, что результаты оценки максимально допустимой длины пролета по методике расчета балочных переходов меньше аналогичных величин, полученных с использованием программного комплекса, на 24–38 % для нефтепровода и на 37–45 % для газопровода. Причем разница между результатами расчета по данным методикам уменьшается с увеличением диаметра трубопровода.

Уменьшение длины пролета при использовании методики расчета балочных переходов по сравнению с программой объясняется тем, что при создании расчетной модели в методике расчета балочных переходов не учитывается несущая способность грунта основания, и трубопровод жестко защемлен на границе перехода из талого грунта в ММГ, данные допущения уменьшают прочность конструкции.

Список литературы

1. Ахметов А.Х. Исследование напряженно-деформируемого состояния трубопровода с опорами из контейнеров с песком при пересечении талых с островной мерзлотой просадочных многолетнемерзлых грунтов / А.Х. Ахметов, Г.Е. Коробков, А.П. Янчушка // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2014. – № 4. – С. 3–6.

2. Ахметов А.Х. Влияния внутреннего рабочего давления и температурного перепада на максимально допустимую величину пролета при подземной прокладке трубопровода на опорах из контейнеров с грунтом / А.Х. Ахметов, Г.Е. Коробков // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 4. – С. 114–122.

3. Ахметов А.Х. Исследование влияния давления грунта засыпки на максимально допустимую величину пролета при подземной прокладке трубопровода на опорах из контейнеров с грунтом / А.Х. Ахметов, Г.Е. Коробков // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 4. – С. 123–130.

4. Ахметов А.Х. Применение грунтовых модулей и контейнеров с грунтом для уменьшения осадки трубопровода, проходящего в просадочных многолетнемерзлых грунтах / А.Х. Ахметов, Г.Е. Коробков // Межотраслевой институт «Наука и образование». – Екатеринбург, 2015. – № 2. – С. 5.

5. Васильев Г.Г. Прокладка трубопровода на многолетнемерзлых грунтах с использованием грунтовых модулей / Г.Г. Васильев, М.А. Лежнев, Э.Н. Гайнулин // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2011. – № 3. – С. 12–17.

6. Гаррис Н.А. О выборе способа прокладки трубопроводов в районах вечной мерзлоты / Н.А. Гаррис, Н.А. Колоколова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 1. – С. 13–17.

7. Программная система СТАРТ. Расчет прочности и жесткости трубопроводов. Руководство пользователя. Версия 4.77. – М.: Научно-техническое предприятие «Трубопровод», 2015. – 180 с.

8. Ямалетдинова К.Ш. Методы оптической компьютерной микроскопии в исследовании процессов массопереноса в теории подземной гидрогазодинамики / Монография. – Уфа: РИО БашГУ, 2006. – 212 с.

9. Ямалетдинова К.Ш. Исследование рельефа поверхности кернового материала в приближении теории случайных полей / К.Ш. Ямалетдинова, Р.М. Хакимов, С.С Гоц, З.А. Янгуразова, А.А. Ямалетдинова, А.Р. Гимаев, А.А. Нурутдинов, М.Ф. Тухватуллин, Р.Р. Хуснутдинова, А.Р. Хафизов., Д.В. Емельянов, М.Ш. Шайхутдинова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 12. – С. 228–231.

10. Янгуразова З.А. Освоение месторождений природных битумов / З.А. Янгуразова, К.Ш. Ямалетдинова, Э.Н. Гайнуллина. – Уфа: РИО БашГУ, 2012. – 298 с.

УДК 502.6

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (БАЙКАЛЬСКИЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК)

Биличенко И.Н.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: irinabilnik@mail.ru

Экологический туризм становится важной частью развития особо охраняемых природных территорий. Ландшафтно-экологическое изучение территории служит источником информации для формирования перечня рекреационно привлекательных объектов, рассмотрения вариантов мест размещении объектов познавательного туризма, а также ограничения посещения территорий. В статье представлено обоснование для его развития на экологической тропе в Байкальском биосферном заповеднике (Республика Бурятия), являющегося лидером и модельной территорией в развитии туризма. Подробно изучена ландшафтная структура вдоль тропы по реке Выдриной, особенно ботаническая составляющая, с использованием принципов учения о геосистемах, разработанного В.Б. Сочавой, составлена ландшафтная карта участка экологической тропы, заложены площадки для дальнейшего мониторинга за состоянием геосистем, за их устойчивостью к нагрузкам, даны рекомендации по обустройству и использованию.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория, биосферный заповедник, экологический туризм, экологическая тропа, ландшафтная структура, ландшафтная карта, мониторинг

LANDSCAPE AND ECOLOGICAL RESEARCHES ON PROTECTED AREAS (BAIKAL BIOSPHERE RESERVE)

Bilichenko I.N.

The V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: irinabilnik@irigs.irk.ru

Ecological tourism is becoming an important part of the development of protected areas. Landscape-ecological study of the territory is a source of information for formation a list of recreational and attractive objects, consider options for location of objects of cultural tourism, as well as limiting visits to the territoriesa list of recreational and attractive objects, consider options for location of the object of cultural tourism, as well as limiting visits to the territories. The paper presents the justification for its development on the ecological trail in the Baikal Biosphere Reserve (The Republic of Buryatia), is a leader and a model in the area of tourism development. The landscape structure of the trail has been studied in details, especially the botanical component, using the principles of the doctrine of geosystems developed VB Sochava; landscape map of the site of ecological trail has been composed; plots for further monitoring have been made, and recommendations on the arrangement and their use are given.

Keywords: protected natural area, biosphere reserve, ecological tourism, ecological trail, landscape structure, landscape map, monitoring

Биосферные резерваты созданы для решения одного из важнейших вопросов, стоящих перед современным миром: как примирить сохранение биологического разнообразия и биологических ресурсов с их устойчивым использованием? Более того, согласно «Концепции развития системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения до 2020 года» [4] одним из приоритетных направлений является развитие туризма на особо охраняемых природных территориях. Однако часто отсутствует научное обоснование разрешенных видов туристической деятельности, поэтому одна из задач данной работы – показать необходимость проведения научных исследований для развития прежде всего познавательного пешего туризма на ООПТ федерального уровня.

Известно, что экологическое просвещение населения является одной из основных задач особо охраняемых природных территорий. Важное место в эколого-просветительской деятельности ООПТ занимает работа с посетителями на специально оборудованных экологических тропах (маршрутах). Анализ заповедников [8] показал, что посещение экологических пеших троп является наиболее распространенным видом эколого-просветительской деятельности.

Материалы и методы исследования

Байкальский государственный заповедник (БЗ) организован в 1969 году, в 1986 году включен в международную сеть биосферных резерватов. Также территория заповедника входит в состав Объекта всемирного природного наследия «Озеро Байкал». В настоящее время Байкальский заповедник воспринимается как лидер в развитии туризма и является одним из модельных заповедников страны, который получает значительные финансы с целью стать образцом развития туризма на ООПТ [2]. В настоящее время заповедник принимает около 2000 посетителей в год.

Цель исследования – провести ландшафтно-экологический анализ экологической тропы вдоль реки Выдриной для общего представления ландшафтного разнообразия и возможности использования ее в целях экологического туризма.

Экотуристический маршрут по реке Выдриная был задуман для разгрузки тропы по реке Осиновке. В настоящее время тропа вдоль Выдриной практически не используется.

Исследования проводились с помощью метода маршрутных описаний, а также картографического, дистанционного, статистического. Теоретической основой изучения ландшафтов заповедника явилось учение о геосистемах, разработанное В.Б. Сочавой [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Территория заповедника занимает относительно равнинную приозёрную часть и сильно расчленённый участок хребта Хамар-Дабан. Абсолютная высота в пределах заповедника составляет 2316 м. Здесь имеются многочисленные альпийские формы рельефа – острые гребни, цирки, кары, троговые долины, скалистые ущелья рек. Склоны хребта и его отрогов сильно расчленены глубокими долинами рек и впадинами.

Петрография региона не отличается однородностью, здесь участвуют осадочные метаморфические и магматические структуры архея, протерозоя, нижнего палеозоя, мезозоя и кайнозоя [1]. Межгорные понижения и долины рек сложены четвертичными отложениями, а побережье Байкала – кайнозойскими.

Климатические условия территории определяются влиянием водных масс Байкала, особенностями атмосферной циркуляции, строением рельефа, а также особенностями растительного покрова.

Анализируя ландшафтную структуру заповедника [3], выявлено, что здесь почти в равных соотношениях представлены горно-таежные и горно-тундровые геосистемы. Незначительную площадь занимают горно-степные и антропогенные геосистемы.

На топологическом уровне в ландшафтной структуре заповедника преобладают горно-таежные нижнесклоновые елово-пихтово-кедровые кустарниково-травяные зеленомошные геосистемы оптимального развития, склоновые пихтово-кедровые травяно-кустарничковые зеленомошные ограниченного развития, гольцово-субальпинотипные геосистемы крутых склонов с интенсивными денудационными процессами (осыпи, лавины) с разреженной растительностью и гольцово-альпинотипные скальных водоразделов, каров.

Тропа вдоль реки Выдриной проходит по северному макросклону хребта для которого характерны альпинотипные ландшафты высокогорий с резко выраженными гребнями гор и крутыми обрывистыми склонами. Климат северного макросклона Хамар-Дабана носит черты муссонности, отсутствуют резкие перепады температур, зима отличается многоснежьем и сравнительно слабыми морозами, летние месяцы прохладные, с частыми и продолжительными дождями. Средняя температура воздуха на побережье в январе – 18 °, в горах – 19 °, средняя температура июля 14,1 °. Безморозный период на побережье составляет в среднем 119–126 дней, вегетативный 90–100 дней. Снежный покров лежит в среднем 180 дней на побережье, 240–250 дней в среднегорье, а в гольцах снежники сохраняются в течение всего лета [2].

На северном макросклоне хребта хорошо выражена гумидная структура распределения почв по вертикальным поясам. Почвообразующими породами на гранитах являются супеси и лёгкие хрящеватые суглинки, на базальтах и сланцах различнощебнистые средние суглинки. Установлено, что пестрота почвенного покрова в горах обусловливается не только рельефом, разнообразием подстилающих пород или дифференциацией местных климатов [6, 7], но и мозаичностью растительности [5].

Экотуристический маршрут по реке Выдриная начинается от поселка Речка Выдрино (в 20 км от пос. Танхой). Данный участок покрыт горно-таежными темнохвойными лесами, которые несут важнейшую водоохранную функцию в водосборной котловине озера Байкал. Участок пешеходного маршрута имеет протяженность 22 км по р. Выдриная – р. Ключевая, оборудован стоянками на пяти зимовьях, местами отдыха, пунктами осмотра и фотографирования.

Маршрут проходит по пойме реки Выдриная, периодически выходя на террасу. Первые 5–6 км идут по пойменным тополёвникам, перемежающимися с ельниками и кедровниками. Здесь, в древостое, довольно многочисленна ель голубая (рисунок, а). Покров этих лесов травяно-моховой. Доминантами травяного яруса часто выступают *Milium effusum, Waldsteinia ternata, Anemonoides baicalensis, Calamagrostis*

langsdorffii. Довольно часто отмечаются *Equisetum pratense, E. sylvaticum, Geranium albiflorum, Bergenia crassifolia, Astragalus danicus, Dendranthema zawadskii, Circaea alpina, Chamaenerion latifolium* и другие.

Далее маршрут проходит непосредственно по берегу реки уже в горной части охранной зоны заповедника. Здесь повсеместно открываются живописные виды на окружающие горные вершины, а также русло реки, которое прорывается между каменистыми берегами, образуя глубокие ямы или бурные пороги (рисунок, б). Темнохвойная тайга слагается пихтой, кедром, елью. В чистых пихтовых лесах (или с примесями других темнохвойных пород) выделяют основные ассоциации: пихтовник черничниковый (*Vaccinium myrtillus*), пихтовник бадановый (*Bergenia crassifolia*), пихтовник аконитовый (*Aconitum septentrionale*), пихтовник вейниковый (*Calamagrostis langsdorffii*), пихтовник с покровом из щитовника остистого (*Dryopteris carthusiana*), пихтовник с покровом из анемоны байкальской (*Anemonoides baicalensis*), пихтовник вальдштейниевый (*Waldsteinia ternata*). Травяной покров образован преимущественно таежным комплексом видов: баданом, майником (*Maianthemum bifolium*), седмичником (*Trientalis europaea*), плаунами (*Lycopodium annotinum*), линнеей (*Linnaea borealis*). Травяной покров пышный со значительным участием третичных реликтов *Anemonoides baicalensis, Waldsteinia ternata, Veronica officinalis*, *Shibateranthis sibirica*, *Epilobium montanum*, *Dryopteris filix-mas* (рисунок, в) и других. Моховой покров неоднородный, в некоторых ассоциациях почти сплошной, пышный, с преобладанием *Pleurozium schreberi, Rhytidiadelphus triquetrus, Aulacomnium palustre, Hylocomium splendens* и др.

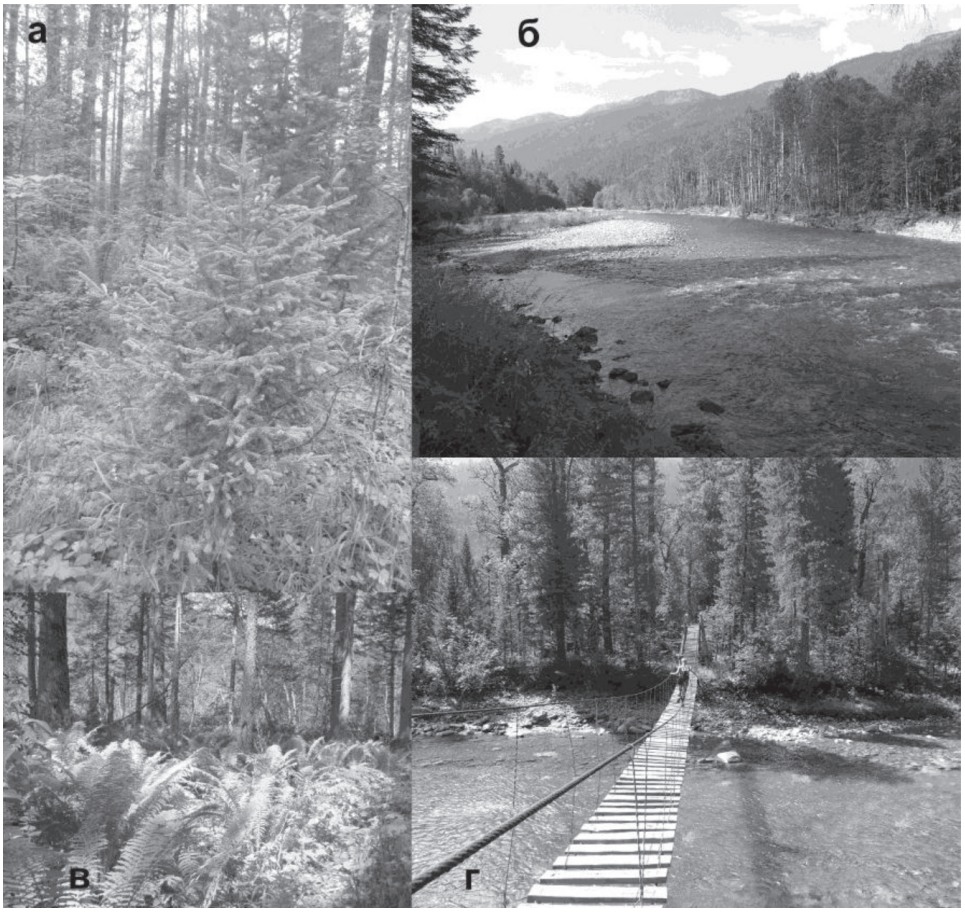
Ель встречается по склонам в качестве примеси в пихтовых лесах, нередко включается в состав древостоев долинных тополевых лесов. Подлесок образуют *Salix rorida*, *Betula humilis*, *Spiraea salicifoli*, *Ribes rubrum*. Для травяно-кустарничкового яруса характерны *Trientalis europaea*, *Allium victorialis*, *Aegopodium alpestr*, *Lycopodium annotinum*, *Pyrola incarnata*, *P. rotundifolia* и другие. В моховом покрове нередки *Polytrichum commune, Pleurozium schreberi, Sphagnum girgensohnii* и др.

Подгольцовый пояс образован пихтовыми и кедровыми редколесьями, высокотравьями, субальпийскими лугами, которые перемежаются филлодоцевыми, черничными, бадановыми пустошами. Северные склоны покрыты зарослями *Pinus pumila*, по речкам часто отмечаются заросли *Salix krylovii* и *Duschekia fruticosa*. Гольцы заняты высокогорной тундрой, преимущественно лишайниковой (кладониевой, алектoриевой). На выровненных поверхностях распространены редколесья из кедра и лиственницы с подлеском из березки круглолистной *(Betula rotundifolia)*.

В гольцовом поясе широко распространены разнообразные горные тундры: каменистые, каменисто-дриадовые, лишайниковые, пятнистые, лишайниково-моховые, осоково-моховые. Большие пространства занимают каменные россыпи, лишенные растительности.

Переправы через водные преграды обеспечены навесными и деревянными мостами (рисунок, г). Сложных участков на трассе не имеется. Маршрут удобен для прохождения группами со средней физической подготовкой, здесь характерен плавный набор высоты. Оптимальная продолжительность пребывания на маршруте – 6 дней, в одной группе может находиться не более 8–10 человек. В 9 километрах от начала маршрута находится первое зимовьё, где можно передохнуть или устроить ночлег. Выше по течению примерно в 6 км стоит второе зимовье, третье зимовьё находится в 6 км от 2-го, четвертое в 4 км от третьего, пятое в 10 км от 4-го. Все привлекательные места зафиксированы на схеме тропы и описаны при разработке маршрутного листа и паспорта.

Используя разновременные космоснимки, ранее созданные картографические материалы, лесоустроительные данные и проведя маршрутные исследования вдоль тропы, была составлена ландшафтная карта прилегающего к ней участка (бассейн реки Выдриной). Всего было выделено 19 групп фаций. Наибольшую площадь участка занимают горно-таежные геосистемы ограниченного развития (35%). Основная доля здесь приходится на склоновую кедрово-елово-пихтовую травяно-кустарничковую группу фаций. Гольцовые геосистемы занимают 20% и здесь выделяются субальпинотипные и высокотравные луга и редины пихты на склонах и в долинах, подгольцовые – 10%. Вдоль реки Выдриной отмечается долинная тополевая елово-пихтово-кедровая кустарниково-травяно-зеленомошная группа фаций. Доля горно-таежных геосистем оптимального развития достигает 15%, редуцированного – 10%.



Различные участки тропы: а – тополевый разнотравный лес с участием ели голубой, б – русло реки Выдриной, в – щитóвник мужскóй в пихтовом лесу, г – навесной деревянный мост (фото И.Н. Биличенко)

На заложенных площадках (10×10 м) на ключевом участке (до второго зимовья, т. 5) вдоль реки Выдриной были проведены исследования биотической структуры на топологическом уровне, определено на них фитоценотическое разнообразие. Данные площадки были заложены с целью дальнейших мониторинговых исследований за состоянием фитоценозов в процессе использования экологической тропы туристами. Для определения воздействия при организации туристических видов деятельности вдоль троп, прежде всего, используется комплексное сравнение данных по изменению растительности и обилию видов, распространение инвазивных видов. Здесь было составлено 10 подробных описаний типичных фитоценозов для данного района (8 лесных ассоциаций и 2 луговые), выявлено 107 видов сосудистых растений из 85 родов и 43 семейств, 35 видов моховидных из 25 родов и 18 семейств, 10 видов лишайников из 9 родов. Этот участок тропы будет наиболее популярен среди туристов.

На данном участке тропы выявлено 10 видов растений, подлежащих государственной охране. *Anemone baicalensis* – Ветреница байкальская и лишайник *Lobaria pulmonaria* – Лобария легочная включены в Красную книгу России. Кроме того, в Красную книгу Бурятии включены: *Lycopodium juniperoideum* – Плаун можжевельниковый, *Picea obovata var. coerulea* – Ель голубая, *Shibateranthis sibirica* – Весенник сибирский, *Waldsteinia ternata* – Вальдштейния тройчатая, *Daphne mezereum* – Волчник обыкновенный, *Primula pallasii* – Первоцвет Палласа, *Galium triflorum* – Подмаренник трехцветковый, Лобария легочная, *Usnea longissima* – Уснея длиннейшая. Исследования биотической структуры были проведены совместно с к.б.н. С.Г. Казановским.

Результаты данного ботанического исследования использованы для составления паспорта экотропы и могут использоваться для составления буклетов для туристов.

Заключение

Таким образом, экологическая тропа вдоль реки Выдриной – это уникальный с точки зрения ландшафтного разнообразия (от альпинотипных, гольцовых до подтаежных геосистем) участок с значительным количеством видовых площадок с богатой растительностью с наличием видов редкой древней флоры, но для развития туризма здесь необходим постоянный контроль (мониторинг) за состоянием геосистем, за их устойчивостью к нагрузкам. Ландшафтно-экологическое изучение территории также служит источником информации для формирования перечня рекреационно-привлекательных объектов, рассмотрения вариантов мест размещении объектов познавательного туризма, а также ограничения посещения территорий.

Особое внимание, на наш взгляд, должно быть уделено созданию и усовершенствованию инфраструктуры тропы: требуется ремонт полотна тропы, увеличение ее в ширину и очистка в некоторых местах, ремонт переходов, наведение мостов через протоки, сходы к воде. На участках с крутым спуском необходимо построить «серпантин» или ступеньки. Оборудовать места стоянок (обеспечить местами для кострищ, палаток, навесов) и смотровые площадки, организовать места сбора или утилизации мусора.

Среди рекомендаций по экологическому просвещению: установить информационные щиты и идентификационные плакаты растений. Также тропу необходимо обозначить табличками, указателями и аншлагами. Тропа может широко использоваться для проведения эколого-просветительских походов со школьными группами для изучения водных и наземных экосистем, разнообразия растений, морфологического разнообразия листьев, изучения водотоков. Не менее интересна она будет и для проведения исследовательских работ студентами и учеными. Имеет место рассмотрение возможности проведения здесь зимнего пешего туризма и сплавов по реке.

Список литературы

1. Атлас Забайкалья. – Москва-Иркутск: Изд-во ГУГК, 1967. – 176 с.

2. Байкальский заповедник вошел в число модельных территорий по развитию познавательного туризма; http://www.prirodasibiri.ru/show_new.php?id_new=676.

3. Биличенко И.Н. Структура геосистем хребта Хамар-Дабан // Изв. РГО. 2005. – Т. 137. Вып. 2. – С. 61–65.

4. Гарант. Информационно-правовой ресурс / Распоряжение Правительства РФ от 22 декабря 2011 г. N 2322-р О концепции развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 г. – http: // base.garant.ru/70116598/.

5. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. – М.: Лесная промышленность, 1981. – С. 11–12.

6. Копосов Г.Ф. Генезис почв гор Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, СО. 1983. – 256 с.

7. Копосов Г.Ф. Условия гумусообразования и состав гумуса горно – таёжных бурых почв Юго – Восточного Прибайкалья // Генезис и география почв Сибири. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 55–66.

8. Лужкова Н.М. Геоэкологическое обоснование организации пешего туризма на ООПТ Центральной экологической зоны Байкальской природной территории: дис. … к-та геог. наук. Иркутск, 2013. – С. 34.

9. Сочава В.Б. Теоретическая и прикладная география / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 2005. – 288 с.

УДК 504.05

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ ЮЖНОГО УРАЛА

[1]Гильмутдинова Р.А., [2]Мичурин С.В., [2]Ковтуненко С.В., [1]Елизарьева Е.Н.

[1]ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: rimma_76@inbox.ru;

[2]Институт геологии УНЦ РАН, Уфа, e-mail: s_michurin@mail.ru

Основная часть запасов медно колчеданных руд России сосредоточена на месторождениях Южного Урала, где широко распространены техногенные месторождения, представляющие собой отходы горного, обогатительного, металлургического и других производств и пригодные по количеству и качеству для промышленного использования. Результаты анализа химического состава и содержания полезных компонентов в золошлаковых смесях медеплавильного завода и отвалов и хвостохранилищ Учалинского, Гайского и Бурибаевского горно-обогатительных комбинатов Южного Урала показали, что в хвостах обогатительных фабрик содержится меди на уровне 0,05–0,17%, цинка – 0,05–0,37%. Расчетное по $S_{общ}$ содержание в них пирита составляет 4–40%. При этом наибольшие содержания цинка 0,3–0,37% из отвалов и хвостохранилищ Учалинского горно-обогатительного комбината сравнимы с таковыми в добываемых рудах. По данным атомно-абсорбционного анализа в пиритном концентрате, выделенном из образцов отвалов и хвостохранилищ Гайского горно-обогатительного комбината, установлено содержание золота на уровне 0,8–1,2 г/т. В результате природных геохимических процессов на местах функционирования горно-обогатительных комбинатов образуются сернокислые сточные воды. Результаты анализа образцов воды из старого карьера и почвы в районе медно-колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау показали, что сухой остаток после выпаривания воды содержит очень высокие содержания S, Fe, Co, Cu, Zn, Pb и др. В образцах почвы зафиксированы повышенные концентрации тех же элементов, свидетельствующие о сильном загрязнении земли и воды в районе этого месторождения.

Ключевые слова: отходы горно-обогатительных комбинатов, техногенное сырье, вторичная переработка, экологическая безопасность

ON THE QUESTION OF USING AND RECYCLING OF WASTE OF SOUTH URAL MINING AND PROCESSING PLANTS

[1]Gilmutdinova R.A., [2]Michurin S.V., [2]Kovtunenko S.V., [1]Elizareva E.N.

[1]Bashkir State University, Ufa, e-mail: rimma_76@inbox.ru;

[2]Institute of Geology Ufa Scientific Center Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: s_michurin@mail.ru

The main part of copper-pyrite ores reserves of Russia is concentrated on the fields of South Ural where the technogenic fields are widespread. These technogenic fields consist of mining, concentrating, metallurgical and other productions waste suitable for industrial use by quantity and quality. Results of the analysis of the chemical composition and mineral content in the ash–slag mixtures of copper smelting plant and dumps and tailings of Uchalinskiy, Gaisky and Buribaevsky Ore Mining and Processing Plants of the South Ural have shown that tails contains 0,05–0,17% copper, zinc – 0,05–0,37%. The amount of pyrite converted to elemental sulfur is 4–40%.At the same time the highest content of zinc 0,3–0,37% of dumps and tailings of Uchalinskiy mining and processing plant are comparable with those in the extracted ores. According to atomic absorption analysis results 0,8–1,2 g / t of gold contented in pyrite concentrate extracted from samples of tailings and dumps of Gaisky mining and processing plant. Sulfuric acid waste water is generated as a result of the natural geochemical processes in the area of mining and processing plants.Results of the analysis of water samples from the old quarry and soil in the area of Kul–Yurt–Tau copper–pyrite deposit showed that the dry residue after evaporation of the water contains very high concentrations of S, Fe, Co, Cu, Zn, Pb, and others. Increased levels of the same elements, indicating heavy contamination of land and water in the area of that field, has been established in the soil samples.

Keywords: waste of mining and processing plants, technogenic raw materials, recycling, ecological safety

Вопросы экологии, ресурсосбережения и энергосбережения в настоящее время выходят на первый план. Идеология безграничного технического прогресса уступает место концепции устойчивого развития, учитывающей интересы не только нынешнего, но и будущих поколений. Одно из направлений реализации этой концепции – использование (переработка) отходов производства и потребления, накапливающихся в отвалах и на полигонах и представляющих собой техногенное сырье.

Проблема образования, накопления, хранения и утилизации отходов является для России крайне острой и затрагивает практически все ее регионы. К настоящему времени количество неутилизированных отходов по стране оценивается приблизительно в 82 млрд тонн. При этом если в Европе перерабатывается более 50% отходов, то в России средний уровень вторичного использования промышленных отходов составляет 35%, а твердых бытовых – не более 4%. Тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами загрязнено более 75 млн

гектаров земли. Скорость прироста образования отходов ежегодно увеличивается, и за последние несколько лет составила 15–16%. Основными источниками отходов попрежнему остаются предприятия топливно-энергетического комплекса, горнорудной, лесной и деревообрабатывающей промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Из огромного количества минерального сырья, извлекаемого из природной среды для целей производства, в конечный продукт превращается лишь 1,5–2,0%. Основная же его масса переходит в промышленные отходы. Так, во многих регионах страны накоплены огромные запасы шахтных пород, золошлаковых смесей, других отходов горнорудной, угледобывающей и металлургической отраслей [12].

Многие отвалы по объемам складируемых пород, их составу, свойствам и пригодности для получения полезной продукции представляют собой техногенные месторождения полезных ископаемых. При значительных объемах техногенных скоплений уровень их утилизации остается невысоким. В хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов складируются до сотен и десятков тысяч тонн тех руд, процентное содержание добываемых элементов в которых ниже промышленного. Концентрация рудных и примесных элементов зачастую превышает их содержание в природных месторождениях. Измельченный и технологически переработанный материал активно преобразуется при окислении кислородом воздуха и воды, в результате чего увеличивается подвижность химических элементов, в том числе тяжелых металлов, и их миграция с водными и воздушными потоками на десятки километров от хранилища [7, 10]. Как следствие, в районе складированных отходов образуются зоны геохимических аномалий, где регистрируются превышения содержаний элементов над фоновыми и предельно допустимыми значениями.

В настоящей статье приводится анализ химического состава и содержания полезных компонентов в золошлаковых смесях медеплавильного завода и отвалов и хвостохранилищ некоторых горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) Южного Урала. Кроме того, предпринимается попытка показать степень загрязнения почвы и воды на примере отработанного медно колчеданного месторождения. Цель работы – показать остроту проблемы и затронутых выше вопросов экологии и ресурсосбережения для южноуральского региона.

Для выполнения поставленной задачи нами отобраны и проанализированы пробы шлака в районе старого Сибайского медеплавильного завода, образцы из отвалов и хвостохранилищ Учалинского, Гайского и Бурибаевского ГОКов и пробы почвы и воды, взятых в районе отработанного медно колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау. Содержание породообразующих элементов в пробах, а также содержание редких элементов определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре VRA-30 (фирма «Карл Цейсс», г. Йена, Германия) в ИГ УНЦ РАН (г. Уфа) с использованием рентгеновских трубок с Cr и Rh-анодами (30–40 кВ, 30–40 mA). Истертые пробы весом 5 г со связующим (5 капель ПВС-8) прессовались при давлении 25–27 т на подложке из борной кислоты. Предел обнаружения при измерении SiO_2, Al_2O_3, MgO составлял 0,1%; TiO_2, Fe_2O_3, MnO, CaO, K_2O, P_2O_5, $S_{общ}$ – 0,01%; Na_2O – 0,5%; Sc, Nb – 0,0005%; Cl, V, Co, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Pb – 0,001%.

Значительные запасы меди – почти 20 млн т – заключены в многочисленных месторождениях Южного и Среднего Урала, большая часть которых относится к медно-колчеданному типу [6]. При этом за последние 50 лет содержание основных ценных компонентов в добываемой руде на медно-колчеданных месторождениях Южного Урала значительно снизилось. Содержание меди снизилось в 2,6, а цинка, в 3,1 раза. В настоящее время содержание меди в добываемых рудах колеблется на уровне 1,5–1,8%, цинка – 0,5–0,7% [11]. Доля труднообогатимых руд возросла с 15 до 40% общей массы перерабатываемого сырья, и эта картина является типичной для горнодобывающих предприятий, осуществляющих разработку месторождений многокомпонентных руд.

При этом в Уральском регионе широко распространены техногенные месторождения, представляющие собой отходы горного, обогатительного, металлургического и других производств и пригодные по количеству и качеству для промышленного использования [3, 9]. Например, пиритные концентраты и огарки представляют собой ценные виды техногенных минерально-химических ресурсов, складируемых горно-обогатительными комбинатами при обогащении сульфидного медно- и свинцово-цинкового сырья. Оба вида ресурсов обогащены железом и серой, цветными (Cu, Zn, Pb, Co, Sb и др.), благородными (Au, Ag) и рассеянными редкими металлами (Se,

Te, Bi, Cd, Tl и др.). Меднорудными ГОКами Урала в хвостах обогащения уже накоплено 50 млн тонн пирита [5]. При этом содержание пирита в рудах – 60–80 %, в хвостах – 90–95 %. Пиритные огарки как отходы бывших сернокислотных производств в настоящее время сосредоточены в четырех наиболее крупных хранилищах объемом более 1 млн т каждое: ОАО «Аммофос» (г. Череповец) – 12 млн т, Мелеузский завод минеральных удобрений – 2,5 млн т, разведанное Кировоградское месторождение – 7 млн т, ОАО «ППГХО» (г. Краснокаменск) – 4,5 млн т, то есть в сумме – 26 млн т. Потребителем пиритных огарков в настоящее время является только цементная промышленность, где железо пирита используется для формирования вяжущего алюмоферрита кальция. Задача использования пиритного сырья в качестве комплексного источника металлопродукции поставлена с конца 1930-х гг. прошлого столетия. Согласно исследованиям [5, 8], пиритные огарки содержат 1,1–2,1 г/т золота, 20–30 г/т серебра, 0,3–0,4 % меди, 0,7–1,0 % цинка и 40–50 % железа, а с их поставками на цементные заводы ежегодно утрачивается 0,5 т золота. В частности, за 50 лет на новороссийские цементные заводы в составе пиритных огарков отправлено до 10 т золота [8]. В целом по данным [14] потери золота при обогащении колчеданных руд России составляют 50–60 %, при этом значительная часть потерь золота приходится на пирит, содержащий золото.

Таблица 1

Химический состав образцов из отвалов и хвостохранилищ Гайского, Бурибаевского и Учалинского ГОКов и содержание в них цветных металлов и редких элементов (в %)

компонент	1	2	3	4	5	6
SiO_2	63,04	53,28	43,33	33,28	31,58	28,29
TiO_2	0,25	0,20	0,57	0,42	0,23	0,23
Al_2O_3	9,34	8,51	15,31	11,81	8,40	5,46
$Fe_{общ}$	12,50	15,56	10,07	8,05	23,86	25,15
MnO	0,04	0,03	0,25	0,13	0,08	0,05
MgO	< 0,1	< 0,1	3,84	4,93	6,36	6,39
CaO	1,72	1,85	0,25	0,27	3,42	2,76
Na_2O	< 0,5	< 0,5	1,92	1,84	–	–
K_2O	0,64	0,49	1,65	0,94	0,61	0,49
P_2O_5	0,06	0,05	0,05	0,05	0,14	0,11
$S_{общ}$	13,36	20,70	1,79	6,33	18,08	18,87
Cl	–	–	0,0036	0,046	–	–
ППП	–	–	15,10	27,45	–	–
Sc	0,0011	0,0013	0,0025	0,0017	0,0013	0,0006
V	0,0074	0,0074	0,0282	0,0172	0,0081	0,0064
Cr	0,0023	0,0031	–	–	0,0015	0,0007
Co	0,0044	0,0058	0,0042	0,0047	0,0030	0,0027
Ni	0,0018	< 0,001	0,0034	0,0039	0,0105	0,00104
Cu	0,1563	0,1664	0,0515	0,0689	0,1551	0,0930
Zn	0,0978	0,2163	0,0325	0,0471	0,3664	0,3020
Rb	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	–	–
Sr	0,0028	0,0019	< 0,001	0,0023	0,0143	0,0104
Y	0,0010	0,0009	0,0008	0,0021	0,0010	< 0,001
Zr	0,0027	0,0018	0,0038	0,0027	0,0043	0,0033
Nb	0,0007	0,0006	0,0007	0,0006	< 0,0005	< 0,0005
Ba	0,1589	0,1382	0,0174	0,0101	0,0236	0,0279
Pb	0,0052	0,0035	< 0,001	0,0013	–	–

Примечание. 1–2 – отвалы Гайского ГОКа; 3–4 – отвалы Бурибаевского ГОКа. 5–6 – отвалы Учалинского ГОКа. Прочерк – нет данных.

Отходы горно-обогатительных предприятий (так называемые «хвосты») содержат в меньших концентрациях те же полезные элементы, что и исходная руда. В проанализированных нами образцах отвалов и хвостохранилищ Гайского, Бурибаевского и Учалинского ГОКов установлено содержание Cu на уровне 0,05–0,17%, Zn – 0,05–0,37% (табл. 1). Расчетное по $S_{общ}$ содержание в них пирита составляет 4–40%. При этом наибольшие содержания цинка 0,3–0,37% из отвалов и хвостохранилищ Учалинского ГОКа сравнимы с таковыми в добываемых рудах. Как отмечено выше, на сегодняшний день доля цинка в них составляет 0,5–0,7% [11]. Кроме того, следует отметить, что по данным атомно-абсорбционного анализа, выполненного в ИГ УНЦ РАН на спектрофотометре Спектр-5 (аналитик Н.Г. Христофорова) в пиритном концентрате, выделенного из образцов отвалов и хвостохранилищ Гайского ГОКа, нами установлены содержания золота на уровне 0,8–1,2 г/т. Это хорошо согласуется с проведенными ранее исследованиями. Как установлено в работах Е.Л. Чантурия [13 и др.], в руде Гайского месторождения присутствуют различные генерации пирита, отличающиеся габитусом и разным содержанием золота от < 0,5 до более 9 г/т и других примесей.

По мере совершенствования технологий обогащения эти отходы могут подвергаться вторичной переработке с выделением полезных рудных элементов, а оставшаяся порода может использоваться для производства строительных материалов либо возвращаться в места добычи руды.

Полученные нами результаты согласуются с литературными данными, по которым в хвостах обогатительных фабрик Урала содержится 0,3–0,4% цинка, 0,2–0,3% меди, 20–35% серы, более 35% железа [9]. Количество образующихся хвостов в результате обогатительного производства ежегодно составляет 5–7 млн т. Суммарная ценность металлов, накопленных в горнопромышленных отходах России и извлекаемых технологически, по оценкам специалистов, в 4 раза превышает стоимость известных запасов их в недрах, которые пока не используются. По общим запасам хвостохранилища уральских предприятий существенно превосходят многие месторождения [9]. Кроме того, использование (в промышленных масштабах) отходов добычи и переработки полезных ископаемых обеспечит экологическую реабилитацию территорий, подверженных негативному воздействию объектов хозяйственной деятельности.

Техногенное сырье – конкурентоспособный, перспективный минеральный ресурс, использование которого по инновационным технологиям обеспечивает не только значительный технико-экономический эффект, но и достигаемый попутно экологический эффект как естественное следствие нового уровня требований современного производства [3, 9, 11]. При этом следует отметить, что в настоящее время в области переработки отходов горно-обогатительных предприятий ведутся исследования по созданию новых технологий извлечения ценных компонентов из отходов переработки руд, комбинированию физико-химических способов обогащения (флотация, электрохимия и т.д.) с химико-металлургическими методами (пиро- и гидрометаллургия, автоклавное выщелачивание, биологическое окисление) [1, 2, 4, 11, 13, 14].

Таблица 2

Химический состав шлаков старого Сибайского медеплавильного завода и содержание в них цветных металлов и редких элементов (в%)

компонент	1	2	3	4
SiO_2	28,54	27,78	25,93	26,61
TiO_2	0,10	0,09	0,09	0,09
Al_2O_3	2,08	1,93	1,71	1,76
$Fe_2O_{3общ}$	44,49	44,06	44,38	43,92
MnO	0,05	0,05	0,03	0,05
MgO	0,49	0,21	0,51	0,88
CaO	5,62	5,61	5,54	5,54
K_2O	0,35	0,31	0,29	0,30
P_2O_5	0,07	0,07	0,09	0,07
$S_{общ}$	3,00	2,97	2,94	2,83
Zn	2,062	1,932	2,257	2,120
Cu	0,178	0,160	0,142	0,162
Ni	0,0013	0,0015	0,0022	0,0020
Sc	0,0015	0,0012	0,0015	0,0016
Pb	0,0050	0,0039	0,0023	0,0011

В качестве техногенного сырья, из которого могут быть получены в промышленных масштабах полезные продукты, могут рассматриваться следующие виды промышленных и бытовых отходов: отходы добычи и сжигания углей – шахтные отвалы и золошлаковые отходы; отходы горно-обогатительных предприятий; металлургические шлаки; нефтесодержащие отходы и буровые шламы; попутный нефтяной газ; промывные и сточные воды предприятий; твердые бытовые отходы городов

и агломераций. Так, в составе металлургических шлаков старого Сибайского медеплавильного завода нами установлены повышенные концентрации Cu на уровне 0,14–0,18 % и очень высокие «рудные» содержания Zn, составляющие 1,9–2,3 % (табл. 2).

Таблица 3

Химический состав почвы и сухого остатка воды в районе отработанного медно колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау

компонент	1	2	3
SiO_2	53,11	38,34	0,82
TiO_2	0,48	0,51	0,06
Al_2O_3	11,42	10,26	1,74
$Fe_{общ}$	6,08	8,87	10,96
MnO	0,03	0,03	0,06
MgO	1,14	1,13	1,17
CaO	1,36	0,59	0,21
Na_2O	1,78	2,12	0,61
K_2O	1,22	1,21	< 0,01
P_2O_5	0,13	0,12	0,16
$S_{общ}$	3,17	5,06	14,29
Cl	0,0074	0,0050	< 0,001
ППП	16,07	27,72	65,77
Sc	0,0013	0,0009	0,0007
V	0,0071	< 0,001	0,0049
Co	0,0015	0,0049	0,0133
Ni	0,0036	0,0015	0,0042
Cu	0,0175	0,0191	0,0234
Zn	0,0044	0,0040	0,0083
Rb	0,0052	0,0043	< 0,001
Sr	0,0145	0,0157	0,0024
Y	0,0010	0,0014	0,0011
Zr	0,0091	0,0092	< 0,001
Nb	0,0010	0,0008	0,0007
Ba	0,0205	0,0284	< 0,01
Pb	0,0030	0,0016	0,0012

Примечание. 1–2 – почва; 3 – сухой остаток после выпаривания воды. Прочерк – нет данных.

В результате природных геохимических процессов на месторождениях руд цветных металлов и функционирования горно-обогатительных и металлургических предприятий, в частности процессов бактериального и автоклавного выщелачивания, гальванических и травильных производств, образуются сернокислые сточные воды (ССВ), содержащие ионы металлов [7, 10]. Природные и техногенные ССВ, содержащие токсичные ионы металлов, образуют озера, пруды рядом с месторождениями, отвалами, хвостохранилищами и предприятиями, поступают в водные источники и загрязняют гидросферу и литосферу.

Нами проанализированы образцы воды из старого карьера и почвы в районе медно-колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау. Анализировался сухой остаток после выпаривания воды, в котором установлены очень высокие содержания S, Fe, Co, Cu, Zn, Pb и др. (табл. 3). В образцах почвы зафиксированы повышенные концентрации тех же элементов, свидетельствующие о сильном загрязнении земли и воды в районе этого месторождения.

Для нейтрализации ССВ требуется большое количество химических реагентов, чаще применяется известь, при этом образуется значительный объем осадка, из которых металлы не извлекаются, при разложении осадка происходит также загрязнение окружающей среды. Зоны дистанционного техногенного поражения, создающиеся вокруг техногенных массивов, в десятки и сотни раз превышают площади самих предприятий [7, 10]. Отходы оказывают отрицательное воздействие на водный и воздушный бассейны, землю, недра, растительный и животный мир. Вблизи отвалов и хвостохранилищ ухудшается жизнь людей. Большинство рудных элементов токсичны и вызывают у людей тяжелые онкологические, аллергические заболевания, болезни сердца, желудка, печени, нервной системы.

Таким образом, проведенное изучение показывает, что отвалы и хвостохранилища меднорудных ГОКов и шлаки старых медеплавильных заводов Южного Урала содержат повышенные концентрации золота, меди и цинка. Содержания последнего металла сравнимы с его процентным содержанием в добываемых в настоящее время рудах. С учетом того, что сегодня эксплуатируются глубокозалегающие месторождения меди и цинка с высоким уровнем экономических затрат переработка старых отходов горно-рудных комбинатов может быть решением этой проблемы. Их использование приобретает дополнительную актуальность в связи с очевидной необходимостью снижения издержек производства, обусловленных залеганием руд на глубинах до 1–1,5 км. При этом должна учитываться ведущая роль не только золота в извлекаемой ценности пирита как минерально-химического сырья, но и содержащихся в нем

наиболее ценных рассеянных редких металлов. С точки зрения экологической безопасности следует отметить повышенные концентрации S, Fe, Co, Cu, Zn в земле и воде в районе старых отработанных месторождений, свидетельствующие о сильном загрязнении гидросферы и литосферы.

Список литературы

1. Агафонова Г.С., Бочаров В.А., Пуговкина В.И., Лапшина Г.А., Серебрянников Б.Л., Карбовская А.В., Морозов Б.А. Способ флотации сульфидных медно-цинковых руд, содержащих благородные металлы // Патент России № 2060056. 1996.

2. Воробьев С.А. Исследование закономерностей изменения электрофизических свойств пиритов различного генезиса для оптимизации условий сульфидной флотации: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Москва, 2009. – 17 с.

3. Белан Л.Н., Никонов В.Н. Геоэкологическая и промышленная характеристика хвостохранилища Семеновской золотоизвлекательной фабрики//Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала, и сопредельных территорий: материалы X Межрегиональной научно-практической конф. (Уфа, 17–19 мая 2016 г.). – Уфа, 2016. – С. 208–211.

4. Бочаров В.А., Чантурия Е.Л., Игнаткина В.А. Особенности комплексной переработки сульфидных медно-цинковых руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. URL: http://www. cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-kompleksnoy-pererabotki-sulfidnyh-mednotsinkovyh-rud (дата обращения 12.12.2016).

5. Вдовина О.К., Лаврусевич А.А, Мелентьев Г.Б, Ефграфова И.М., Наумов К.А. Химический состав фракций обломочного материала горнопородных отвалов и хвостохранилищ как основа оценки геоэкологической опасности районов деятельности горнорудных предприятий // Вестник МГСУ. –2014. – № 2. – С. 152–161.

6. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2014 г. // URL: http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1257 (дата обращения 25.11.2016).

7. Елохина С.Н., Кононученко А.И. Геохимические аспекты формирования рудничного стока при «мокрой» ликвидации шахтных полей на колчеданных месторождениях Урала // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала, и сопредельных территорий: материалы X Межрегиональной научно-практической конференции (Уфа, 13–15 мая 2014 г.). – Уфа, 2014. – С. 225–227.

8. Заболоцкий А.И. Практика и перспектива извлечения металлов из отходов сернокислотных производств – пиритных огарков // Проблемы рационального использования отходов горнодобывающих производств: материалы Всерос. конф. (Москва, 25–26 апреля 2013 г.). – Москва, 2013. – С. 424–426.

9. Макаров А.Б. Техногенные месторождения минерального сырья // Соровский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6, № 8. – С. 76–80.

10. Парфенова Л.П. Геоэкологические проблемы эксплуатации хвостохранилищ меднорудных обогатительных фабрик Урала // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала, и сопредельных территорий: материалы X Межрегиональной научно-практической конф. (Уфа, 13–15 мая 2014 г.). – Уфа, 2014. – С. 231–233.

11. Пешков А.М. Обоснование требований к качеству руд и техногенного сырья при комплексном освоении медно-колчеданных месторождений Урала: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Москва, 2014. – 20 с.

12. Утилизация отходов – проблемы, пути, решения. Аналитический обзор ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2015. URL: http://www. extech.ru/files/anr_2015/anr_5.pdf (дата обращения 14.12.2016).

13. Чантурия Е.Л. Развитие теории и методов модификации технологических свойств минералов в разделительных процессах обогащения труднообогатимых руд цветных и редких металлов: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Москва, 2006. – 47 с.

14. Чантурия Е.Л., Вишкова А.А., Лапшина Г.А., Амплиева Е.Е. К вопросу о взаимосвязи электрохимических и флотационных свойств пирита золотосодержащих колчеданных руд с его составом и внутренней структурой // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – Т. 14, № 12. – С. 215–228.

УДК 550.72

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЙ КАРТЫ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ УНИКАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ

[1]Журлов О.С., [2]Грудинин Д.А.

[1]Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург, e-mail: jurlov1968@mail.ru;
[2]Институт степи УрО РАН, Оренбург

Изучение микробных сообществ уникальных ландшафтов, формирующихся в результате термоэрозии грунтов, затруднено отсутствием методических приемов исследования динамики их качественных изменений. Эмпирический выбор точек отбора проб не позволяет осуществлять хронологический мониторинг качественных изменений микробных сообществ формирующихся уникальных ландшафтов. Сравнительный метагеномный анализ ДНК, выделенной из воды ручья и лужи Батагайского провала, показал схожесть основных таксонов, представленных в сообществах микроорганизмов. Вместе с тем микробные сообщества отличались качественным составом менее представленных таксонов. Метагеномный анализ воды из ручья и лужи Батагайского провала выявил высокий процент неидентифицируемых ридов и низкое содержание архей. На основании полученных данных нами предложен способ картирования филогенетического разнообразия микробных сообществ на основе современных методов метагеномного секвенирования в сочетание с GPS-позиционированием на местности. Способ филогенетического картирования микробных сообществ даст возможность провести таксономическое профилирование микробных сообществ и мониторинг их изменений в процессе формирования ландшафта Батагайского провала.

Ключевые слова: метагеномный анализ, микробная экология, филогенетическая карта

TEORETICAL APPROACH TO THE CREATION OF PHYLOGENETIC MAP MICROBIOME UNIQUE LANDSCAPE

[1]Zhurlov O.S., [2]Grudinin D.A.

[1]Institute Cellular and Intracellular Symbiosis Ural Branch of RAS, Orenburg, e-mail: jurlov1968@mail.ru;
[2]Steppe Institute Ural Branch of RAS, Orenburg

The study of microbial communities unique landscapes formed as a result of thermal erosion of soils complicated by the lack of instructional techniques study the dynamics of qualitative changes. Empirical choice of sampling points does not allow chronological monitoring qualitative changes of microbial communities formed of unique landscapes. Comparative analyses of metagenomic DNA extracted of water from creek and puddle the Batagayskiy failure showed similarity major taxa represented in the microbial communities. However, the microbial communities different to qualitative composition with low percentage of taxa. Metagenomic analysis of water from creek and puddle the Batagayskyi failure revealed a high percentage of unidentified reed and low archaea. Based on these data we have provided a method for mapping the phylogenetic diversity of microbial communities based on modern methods of metagenomic sequencing in combination with a GPS-positioning on the ground. The method of phylogenetic mapping of microbial communities will make it possible to conduct the taxonomic profiling of microbial communities and monitoring their changes during the formation of landscape the Batagayskiy failure.

Keywords: metagenomic analysis, microbial ecology, phylogenetic map

Исследование микробных сообществ термокарстовых ландшафтов Северо-Восточной Сибири является малоизученной проблемой микробной экологии. Образование уникальных ландшафтов связано с изменением климата и является результатом таяния вечной мерзлоты [4]. Природные сообщества, образующиеся на дне термокарстовых провалов, отличаются от сообществ, окружающих ландшафтов как своим видовым составом, так и разнообразием представленных в них видов. Кроме того, в процессе достаточно стремительного переотложения толщ вечной мерзлоты, на поверхность грунтов выходит ранее заключенная в ней органика, сохранившаяся в результате криоконсервации в условиях низкой микробиологической активности. Это приводит к загрязнению органическими веществами водоемов, насыщению органикой формирующихся экосистем и включению ее в круговорот веществ [4, 6].

Батагайский провал – термокарстовое образование, расположенное в Верхоянском районе Якутии (Республика Саха) в окрестностях поселка Батагай, вдоль безымянного притока ручья Батагайка, впадающего в р. Яна. Образование термокарста берет начало с 1969 г., когда на его месте наблюдалась провальная форма рельефа, но более активное развитие процессы термоденудации получили с рубежа 1980–1990-х гг. [4]. Высота провала составляет 40 метров, а протяженность более 2 км. В результате интенсивной оттайки вечной мерзлоты в июле-августе происходят обвалы из верхних слоев

грунта вместе с растительностью, растущей на поверхности вдоль кромки термокастра и палеопочв с включениями ископаемой фауны из вскрытых термокастом толщ [5]. Рост отдельных участков провала достигает 7–15 м в год. В отличие от термокарстовых озер, способствующих выполаживанию дна и более равномерному распределению в пределах термокарстовых образований вещества, вносимого в результате термоденудации, Батагайский провал дренируется, что приводит к образованию на его дне пересеченного рельефа и постепенно формируются экосистемы внутри провала. Сукцессионные изменения растительного покрова дна провала наблюдаются от термоэрозионной промоины в центре провала к его кромке. Микробиологические сообщества провала, их динамика и распределение изучены слабо и представляют интерес в качестве микроиндикаторов процессов современного ландшафтообразования [3].

До появления метагеномных методов анализа изучение почвенных микробных сообществ было основано на выделении культур микроорганизмов и изучении их биологических свойств. Однако в результате исследований почвенного микробиома молекулярно-генетическими методами было обнаружено, что доля культивируемых бактерий может составлять менее 1 % [24] состава микробных сообществ. С помощью метагеномных методов анализа были исследованы большие территории земной поверхности [10, 15, 16]. Однако в ряде случаев интерпретация результатов метагеномного анализа вызывает немало вопросов у исследователей [18, 23].

С появлением метагеномных методов исследования большинство ученых восприняло столь большое биоразнообразие микроорганизмов в достаточно бедных и экстремальных средах как существование «редкой биосферы» [21]. Ранее считалось, что объединение ридов в ОТЕ (оперативная таксономическая единица) является объединением ошибок ПЦР-амплификации и приводит к необъективным результатам секвенирования [20] и значительному завышению биоразнообразия микробных сообществ [9]. ПЦР-амплификация является и сегодня одним из слабых мест метагеномного анализа.

На этапе биоинформационного анализа фильтрация ошибок секвенирования имеет важное значение для интерпретации результатов, так как они могут быть связаны с контаминацией проб при подготовке к ПЦР-амплификации, подготовке библиотек или неточностями секвенирования. Зачастую это приводит к формированию большого количества химерных последовательностей, которые могут повлиять на распределение таксонов при секвенировании [8] или повышение количества неидентифицируемых ридов, особенно при анализе микробных сообществ малоизвестных территорий. Построение анализа, на основе гомологии с известными последовательностями нуклеотидов, из баз данных, существенно сдвигает результат исследования в сторону более известных таксонов. Это не только увеличивает количество неидентифицируемых ридов, но и затрудняет сопоставимость образцов.

В последнее время активно развивается новое направление молекулярно-генетических исследований – сравнительная метагеномика [15], изучающая экологическую обусловленность существования и взаимодействия сообществ микроорганизмов, расположенных на отдельных участках ландшафта. Делаются попытки с помощью методов сравнительной метагеномики разобраться в особенностях функционирования микробных сообществ, находящихся в разных экологических условиях [14]. Появляются новые, мощные инструменты для сравнительного метагеномного анализа микробных сообществ [17], на основе которого возможно построение моделей межмикробных взаимодействий в микробиоценозах.

Однако изучение влияния экологических факторов на микробное сообщество, зачастую ограничивается несколькими учитываемыми факторами, что приводит к отличиям результатов метагеномного анализа, полученных разными исследователями при анализе одних и тех же образцов грунта и воды.

Поэтому, несомненно, что для получения воспроизводимых результатов необходимо учитывать все (или большинство) экологические факторы, влияющие на качественный состав микробных сообществ. Кроме того, точки отбора проб планируются эмпирически и в большей степени носят характер зондирования территории [1, 2]. При этом они никак не связаны между собой и могут находиться на участках с различными физико-химическими условиями (химический состав почвы, pH грунта, микроклимат). Поэтому в каждом отдельном случае нельзя не учитывать особенности образования микробных сообществ ландшафтов (неравномерность распределения

pH, влажность почвы, распределение растительного покрова), приводящих к формированию «биогеографических узоров» [14] и биотических ядер экосистемы, являющихся источниками распространения микробных сообществ и ограничивающихся влиянием биотических и абиотических факторов окружающей среды. Зачастую результаты метагеномных исследований малоизученных территорий содержат значительное количество неидентифицируемых ридов, отсутствующих в базах данных.

Кроме того, наиболее популярными показателями, которые часто используются для сравнительного анализа микробных сообществ, полученных с помощью метагеномного секвенирования, являются индекс Шеннона, Чао и Симпсона [11]. Статистическая оценка биоразнообразия микробных сообществ, основанная на результате метагеномного анализа, адекватно отражает реальное соотношение микроорганизмов в сообществе лишь при учете всех таксонов, входящих в микробное сообщество. Учитывая большое количество неидентифицируемых ридов и значительное число некультивируемых в лабораторных условиях микроорганизмов, содержащихся в пробах воды и грунта, отобранных эмпирически, без учета топографического распределения микробных сообществ ландшафтов, результаты метагеномного анализа не могут в полной мере отражать реальную картину биоразнообразия микробных сообществ уникальных ландшафтов.

В связи с этим целью нашего исследования явилась разработка методических приемов отбора проб воды и грунта при исследовании уникальных ландшафтов Батагайского провала.

Материалы и методы исследования

В этой работе был проведен сравнительный метагеномный анализ воды отобранной из ручья и лужи Батагайского провала. Пробы воды отбирали из двух точек, находящихся на расстоянии 9 метров друг от друга, из ручья с частицами грунта, протекающего по дну Батагайского провала и лужи с элементами оттаивающей органики.

Пробы были отобраны в летне-осенний период 2014 года. После отбора пробы помещались в термоконтейнер и хранились там при температуре – 5 °C. Для GPS-позиционирования использовали модель GPS-навигатора Garmin Oregon 650 (GPS + Glonass). Дальнейшие исследования проводили в ЦКП «Персистенция микроорганизмов» ИКВС УрО РАН. Пробы воды из ручья и лужи Батагайского провала, в объеме 300 мл, фильтровали через мембранные фильтры с диаметром пор 0,22 мкм («Millipore», США). Фильтры оставляли в рефрижераторе (– 20 °C) до проведения 16S метагеномного анализа.

ДНК из проб воды выделяли методом химической экстракции [19], в модификации Бельковой и соавт. [7]. Каждый образец инкубировали в 300 мкл стерильного буфера для лизиса (20 ммоль/л ЭДТА, 14000 ммоль/л NaCl, 100 ммоль/л ТРИС HCl, pH 7.5) с добавлением 50 мкл лизоцима (100 мг/мл) и додецилсульфата натрия до 1 %. Смесь инкубировали в течение 30 минут при 60 °C. Экстрагировали смесью фенол-хлороформ-изоамиловый спирт (25:24:1) и смесью хлороформ-изоамиловый спирт (24:1). ДНК в водной фазе осаждали ацетатом аммония (10 моль/л) и трехкратным объемом безводного этанола в течение ночи при 20 °C. После центрифугирования и двукратной промывки 80 %-ным этанолом ДНК высушивали и растворяли в ТЕ-буфере. Чистоту ДНК проверяли электрофорезом в 1,5 % агарозном геле. Концентрацию ДНК оценивали на флуорометре Qubit 2.0 (Life Technologies).

Подготовку библиотек ДНК и 16S секвенирование проводили в ЦКП «Персистенция микроорганизмов» ИКВС УрО РАН (Оренбург). 16S библиотеки ДНК получали в соответствии с руководством Illumina (http://support.illumina.com/documents/ documentation/ chemistry documentation/16s/16s-metagenomic-library-prep-guide-15044223-b.pdf), с использованием праймеров, ограничивающих V_3 и V_4 области гена SSU рибосомальной РНК (рРНК). Высокопроизводительное секвенирование (NGS) проводили на секвенаторе MiSeq (Illumina, USA) в центре коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов». Биоинформатическую обработку и анализ данных проводили с помощью программы USEARCH v8.0.1623 _win32. [12]. В результате дерепликации и кластеризации последовательностей нуклеотидов их объединяли в OTE (оперативные таксономические единицы) с уровнем филогенетического сходства 97 %. Для обнаружения и удаления химер использовали программу UCHIME [12].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате метагеномного анализа пробы воды из ручья (Проба № 1), протекающего на дне Батагайского провала, было получено 139565 ридов. В зависимости от их принадлежности к определенной таксономической группе риды распределились следующим образом: на филогенетическом уровне – 131580 (94,3 %) ридов, на уровне классов – 127790 (91,6 %), порядков – 122688 (87,9 %), семейств – 110885 (79,5 %), родов – 104836 (75,1 %) и видов – 41650 (29,8 %). В основном большинство ридов 139305 (99,8 %) относилось к прокариотам, лишь 8 (0,01 %) к археям и 252 (0,18 %) к неизвестным таксонам.

На филогенетическом уровне все риды были собраны в 25 уникальных OTE, 7 из которых представлены в таблице. Наибольший процент всех идентифицированных таксонов составляли филы Proteobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes и Planctomycetes. Это соответствует основным широко распространенным таксонам встречающихся в почвах северных территорий. На уровне семейства все риды были

собраны в 211 ОТЕ, среди семи уникальных ОТЕ доминировали – Rhodocyclaceae, Rhodospirillaceae, Hyphomicrobiaceae и Legionellaceae. На видовом уровне идентифицировано 711 таксонов, 7 из них представлены в таблице. При этом на всех таксономических уровнях отмечался значительный рост относительного количества неидентифицируемых ридов. Так на филогенетическом уровне доля неидентифицированных ридов составляла 10,7%, семейств – 25,3%, а на видовом уровне количество неидентифицируемых ридов значительно выросло и составило более 70%. В дальнейшем, с помощью биоинформационного анализа, были удалены 489 химерных последовательностей и ридов содержащих менее 415 bp. В результате было собраны 16 уникальных ОТЕ, из них лишь 6 ОТЕ принадлежали к культивируемым бактериям и 10 ОТЕ к некультивируемым прокариотам (с достоверностью – 97%).

Пробу воды (Проба № 2) из лужи, с оттаивающей органикой, отбирали на расстоянии 9 метров от первой точки. При сравнении с первой пробой, общее количество идентифицированных прочтений было значительно ниже (128611 ридов). Однако различия в общем количестве прочтений не коснулись их таксономических соотношений. Все идентифицированные риды были распределены в соответствии с их таксономическими группами: филы – 121394 (94,4%), классы – 119698 (93,1%), порядки – 115451 (89,8%), семейства – 101678 (79,1%), роды – 97848 (76,1%) и виды – 52821 (41,1%). Большинство идентифицируемых прочтений нуклеотидов относилось к прокариотам 128477 (99,9%), лишь 2 рида к археям и 132 (0,1%) к неклассифицируемым таксонам.

На филогенетическом уровне доминировали Proteobacteria, Chlamydiae, Firmicutes и Planctomycetes (таблица) и минорные филы (Tenericutes, Actinobacteria), а доля неклассифицируемых таксонов составила 10,5%. На уровне семейства мажорные таксоны были представлены – Rhabdochlamydiaceae, Hyphomicrobiaceae и Comamonadaceae, а количество не классифицируемых прочтений возросло до 25,6%, в сравнении с Пробой № 1. На уровне вида количество идентифицированных таксонов составляло всего лишь 12,5%. Среди них с наибольшей частотой встречались Candidatus Rhabdochlamydia crassificans, Phyllobacterium catacumbae и Desulfonatronum thiosulfatophilum, а неклассифицируемые риды составляли более 60%. С помощью биоинформационного анализа из 128611 ридов было собрано 918 ОТЕ и 667 химерных последовательностей (2,8%), из оставшихся удалены ОТЕ, содержащие менее 40 нуклеотидов. Риды, содержащие более 400 последовательностей нуклеотидов, объединены в 16 ОТЕ. Из них лишь 5 ОТЕ были идентифицированы как культивируемые бактерии, а 11 ОТЕ как некультивируемые (с достоверностью 97%).

Сравнительный анализ проб воды из ручья и лужи Батагайского провала

Таксоны	Проба № 1	Проба № 2
Филы	1. Proteobacteria (66%) 2. Bacteroidetes (9,3%) 3. Firmicutes (6,1%) 4. Chlamydiae (1,7%) 5. Planctomycetes (1,5%) 6. Verrucomicrobia (2,8%) 7. Nitrospirae (1,7%)	1. Proteobacteria (54,2%) 2. Bacteroidetes (4,1%) 3. Firmicutes (9,1%) 4. Chlamydiae (14,0%) 5. Planctomycetes (1,9%) 6. Actinobacteria (3,1%) 7. Tenericutes (3,1%)
Семейства	1. Rhodocyclaceae (17,1%) 2. Legionellaceae (4,1%) 3. Hyphomicrobiaceae (4,9%) 4. Rhodospirillaceae (7,2%) 5. Sphingobacteriaceae (2,6%) 6. Chitinophagaceae (2,5%) 7. Thermoanaerobacteraceae (2,4%)	1. Rhodocyclaceae (2,7%) 2. Legionellaceae (2,7%) 3. Hyphomicrobiaceae (5,9%) 4. Rhabdochlamydiaceae (12,8%) 5. Comamonadaceae (5,9%) 6. Bacillaceae (4,7%) 7. Phyllobacteriaceae (2,9%)
Виды	1. Legionella pneumophila (2,5%) 2. Candidatus Rhabdochlamydia crassificans (1,4%) 3. Desulfonatronum thiosulfatophilum (1,4%) 4. Thermoanaerobacter inferii (1,8%) 5. Rhodothermus clarus (1,6%) 6. Pedobacter коreensis (1,2%) 7. Oleomonas sagaranensis (1,2%)	1. Legionella rowbothamii (0,8%) 2. Candidatus Rhabdochlamydia crassificans (12%) 3. Desulfonatronum thiosulfatophilum (2,2%) 4. Rhodoferax ferrireducens (0,7%) 5. Phyllobacterium catacumbae (2,7%) 6. Arthrospira fusiformis (1,1%) 7. Rhodoplanes roseus (0,9%)

На основании анализа полученных данных, содержащих большое количество неидентифицируемых ридов и различий в филогенетическом составе микробных сообществ, полученных из близлежащих точек, нами был предложен способ отбора проб (воды и грунта) для проведения метагеномного анализа микробных сообществ уникальных ландшафтов.

На первом этапе исследования формируется карта-схема географического объекта (Батагайский провал), в зависимости от площади с сеткой (ячейка – 9 м^2) и равноудаленными точками (узлы сетки). Пробы грунта отбирают из равноудаленных точек (9, 18, 27 метров), в пределах окружности с центром в точке GPS-позиционирования и диаметром 1 метр (радиус 50 см), разделенной на 8 секторов с углом 45°. Отбор проб грунта производится стеклянными стерильными цилиндрами 2×10 см, на глубину 5 см. После отбора грунта лунка выемки грунта засыпается грунтом с краев лунки отбора. Контаминация проб бактериями с обуви исследователя в дальнейшем вносится в качестве негативного контроля. Систематизация данных метагеномного анализа с GPS-позиционированием позволит не только охарактеризовать микробные сообщества, находящиеся в равноудаленных точках, но и определить границы сообществ и осуществлять их хронологический мониторинг. Появление новых грунтов с увеличением площади провала за счет разрушения стен лёсса не нарушит систему GPS-позиционирования точек отбора проб и позволит отбирать пробы в той же точке, но уже изменившегося ландшафта.

Сравнительный филогенетический анализ двух проб воды, из ручья и лужи Батагайского провала, показал, что основными таксонами, образующими микробные сообщества Батагайского провала, являются представители фил Proteobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, Planctomycetes и Chlamydiae. Отличия филогенетического состава сообществ микроорганизмов были связаны с менее представленными филами (Verrucomicrobia, Nitrospirae, Tenericutes, Actinobacteria). Это свидетельствует об особенностях формирования качественного состава микробных сообществ на разных участках Батагайского провала.

Как неоднократно было показано, с помощью методов метагеномного анализа, биоразнообразие микробных сообществ почв представлено ограниченным числом мажорных таксонов, имеющих повсеместное распространение, однако отличия характерны для качественного состава минорных таксонов и их топографического распределения. В этой связи несомненный интерес представляет изменение состава менее представленных таксонов при изменяющихся климатических условиях.

В последнее время активно развиваются методы биосенсорики территорий [22], т.е. использование природных бактериальных сообществ в качестве экологических датчиков (индикаторов), изменяющихся при загрязнении окружающей среды. Использование предложенного нами способа филогенетического картирования уникальных ландшафтов будет способствовать выявлению биосенсоров качественных изменений микробных сообществ, происходящих под действием биотических и абиотических факторов внешней среды.

Способ отбора проб грунта из равноудаленных точек будет способствовать анализу топографического распределения микробных сообществ уникальных ландшафтов Батагайского провала, а в сочетании с физико-химическим анализом позволит оценить влияние химического состава почв и воды на качественный состав микробных сообществ. Точная локация при отборе проб позволит выявить биологические ядра экосистемы уникальных ландшафтов и проводить мониторинг их изменений. В перспективе исследований, на основании полученных данных, можно будет составить геоинформационную систему «Микробные сообщества Батагайского провала», отражающую качественный состав микробных сообществ Батагайского провала, а снижение стоимости секвенирования приведет к доступности этого метода анализа [13].

Работа проведена в рамках проекта «Ландшафтно-экологическое обоснование организации национального природного парка на Новосибирских островах» программы фундаментальных исследований РАН 44П «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации».

Работа была выполнена на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов» ИКВС УрО РАН.

Список литературы

1. Андронов Е.Е., Пинаев А.Г., Першина Е.В., Чижевская Е.П. Выделение ДНК из образцов почвы (методические указания). – СПб: ВНИИСХМ РАСХН, 2011. – 27 с.

2. ГОСТ 17.4.3.01-83. (СТ СЭВ 3847-82). Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ.

с 01.07.84 по 01.01.89. – Москва: Изд-во стандартов, 1983. – 2 с.

3. Журлов О.С., Грудинин Д.А., Яковлев И.Г. Филогенетический 16S метагеномный анализ и антибиотикорезистентность психротолерантных бактерий, выделенных из грунтов Батагайского провала // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 11. – С. 648–651.

4. Куницкий В.В., Сыромятников И.И., Ширрмейстер Л. и др. Льдистые породы и термоденудация в районе поселка Батагай (Янское плоскогорье, Восточная Сибирь)/ Криосфера Земли. – 2013. – Т. XVII. – № 1. – С. 56–68.

5. Лазарев П.А, Григорьев С.Е., Плотников В.В., Саввинов Г.Н. Находки уникальных останков туш лошади и бизона в Верхоянском районе Якутии / Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 4. – С. 13–19.

6. Томирдиаро С.В. Вечная мерзлота и освоение горных стран и низменностей. – Магадан: Магаданское книжное издательство, 1972. – 173 с.

7. Belkova N.L., Dzyuba E.V., Sukhanova E.V., Khanaeva T.A. Adaptation of molecular genetic methods to study microorganisms associated with fish. Inland Water Biol. – 2008. – № 1(2). – P. 192–195.

8. Brodin J., Mild M., Hedskog C., et al. PCR-induced transitions are the major source of error in cleaned ultra-deep pyrosequencing data. PLoS One. 2013;8(7):e70388–e70388.

9. Brown S.P., Veach A.M., Rigdon-Huss A.R., Grond K., Lothamer K.L., Lickteig S.K. Scraping the bottom of the barrel: are rare high throughput sequences artifacts? Fungal Ecol. – 2014. – № 13. – P. 6–10.

10. Bryant J.A., Lamanna C., Morlon H. et al. Microbes on mountain sides: Contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 5. – P. 1505–11511.

11. Colwell R.K. Biodiversity: concepts, patterns, and measurement. In: Levin SA, ed. The Princeton Guide to Ecology. Princeton University Press, Princeton, N.J. – 2009. – P. 257–63.

12. Edgar RC Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. Bioinformatics. – 2010. – № 26(19). – P. 460–2461.

13. Eisen J.A. Environmental shotgun sequencing: its potential and challenges for studying the hidden world of microbes. PLoS Biol. – 2007. – № 5(3): e82.

14. Fierer N., Morse J.L., Berthrong S.T. et al. Environmental controls on the landscape-scale biogeography of stream bacterial communities. Ecology. – 2007. – Vol. 88. – P. 2162–2173.

15. Fierer N, Jackson R.B. The diversity and biogeography of soil bacterial communities. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 2006. – Vol. 103. – P. 626–631.

16. Horner-Devine MC, Bohannan B.J.M. Phylogenetic clustering and over dispersion in bacterial communities. Ecology. – 2006. – Vol. 87. – P. 100–108.

17. Kuntal B.K., Ghosh T.S., Mande S.S. Community-analyzer: a platform for visualizing and comparing microbial community structure across microbiomes. Genomics. – 2013. – Vol. 102. – Issue 4. – P. 409-18.

18. Lavire C., Normand, P., Alekhina, I., Bulat, S. et al. Presence of Hydrogenophilus thermoluteolus DNA in accretion ice in the subglacial Lake Vostok, Antarctica, assessed using rrs, cbb and hox. Environmental Microbiology. – 2006. – Vol. 8. – P. 2106–2114.

19. Liu Y., Yao T., Jiao N, Kang S, Xu B, Zeng Y., Huang S., Liu X. Bacterial diversity in the snow over Tibetan Plateau Glaciers. Extremophiles. – 2009. – № 13. – P. 411–423.

20. Rosen M.J., Callahan B.J., Fisher D.S., Holmes S.P. Denoising PCR-amplified metagenome data. BMC Bioinformatics. – 2012. – № 13(1). – P. 283.

21. Sogin M.L., Morrison H.G., Huber J.A., et al. Microbial diversity in the deep sea and the underexplored «rare biosphere». Proc Natl Acad Sci USA. – 2006. – № 103(32). – P. 12115–20.

22. Smith M.B, Rocha A.M, Smillie C.S. et al. Natural bacterial communities serve as quantitative geochemical biosensors. mBio. – 2015. – № 6(3): e00326-15.

23. Shtarkman Y.M., Kocer Z.A., Edgar R. et al. Subglacial Lake Vostok (Antarctica) Accretion Ice Contains a Diverse Set of Sequences from Aquatic, Marine and Sediment-Inhabiting Bacteria and Eukarya. PLoS ONE. – 2013. – № 8(7): e67221.

24. Tyson G.W., Banfield J.F. Cultivating the uncultivated: a community genomics perspective. Trends Microbiol. – 2005. – № 13. – P. 411–415.

УДК 504.03

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ В СПЕЦИАЛИСТАХ-ЭКОЛОГАХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Караганова Н.Г., Миронов А.А., Гаврилов О.Е., Михайлова М.Ю.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: amazonka1@rambler.ru, since5@rambler.ru, gavrilov-o@mail.ru, masha.mikhaylova.96@mail.ru

Трудоустройство выпускников является не только одним из целевых показателей мониторинга эффективности образования, но и важным показателем при аккредитации направления подготовки. В статье рассматриваются проблемные моменты при трудоустройстве на предприятия промышленности квалифицированных специалистов-экологов в условиях обучения по направлению подготовки «Экология и природопользование» уровня системы образования «бакалавриат». Исследование проводилось путем проведения социологического опроса среди внешних потребителей (работодателей) для улучшения учебного процесса и в целях совершенствования подготовки специалистов-экологов с высшим образованием. Проводится поиск различных путей усовершенствования процесса подготовки профессиональных навыков будущих экологов. Результаты, полученные в работе, могут использоваться при решении вопросов, связанных с трудоустройством, повышением трудоустройства выпускников, престижности направления подготовки, а также дальнейшем совершенствованием профориентационной работы и увеличением количества абитуриентов.

Ключевые слова: оценка потребности в специалистах-экологах, трудоустройство, проблема экологического образования, предприятия-работодатели, сотрудничество с работодателем, социологический опрос, эколог, профессиональная подготовка

NEEDS ASSESSMENT SPECIALIST – ECOLOGY, INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE CHUVASH REPUBLIC

Karaganova N.G., Mironov A.A., Gavrilov O.E., Mikhaylova M.Yu.

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: amazonka1@rambler.ru, since5@rambler.ru, gavrilov-o@mail.ru, masha.mikhaylova.96@mail.ru

Employment of graduates is not only one of the targets for monitoring the effectiveness of education, but also an important indicator of the accreditation of training areas. The article deals with the problem points in employment in the industrial enterprises of qualified environmental specialists in the conditions of training in the direction of preparation «Ecology and Nature» level of education «Bachelor». The study was conducted through a poll among external customers (employers) to improve the educational process and to improve the training of environmental specialists with higher education. The search for different ways to improve the process of training of professional skills of future ecologists. The results obtained in this work can be used when dealing with issues related to employment, increasing employability of graduates, the prestige of the direction of training and further improve career guidance and an increase in the number of entrants.

Keywords: assessing the need for environmental specialists, employment, environmental education, businesses, employers, co-operation with employers, public opinion poll, environmentalist, professional training

Проблемы состояния окружающей среды стали настолько серьезными, что не обращать на них внимание уже просто нельзя [2]. В настоящее время Россия переходит на мировую Систему стандартов и сертификации продукции, технологий и производств. Отсюда возникла острая потребность в подготовке специалистов соответствующего профиля, спрос на которых неуклонно растет.

Современные условия деятельности предприятий характеризуются постоянно растущей сложностью задач и предъявляют к специалистам, работающим в реальном секторе производства, значительно более высокие требования [5]. Любое предприятие испытывает острую потребность в персонале, умеющем адаптироваться к реальным условиям организации в соответствии с особенностями ее производственной деятельности, корпоративной культуры, способном к самостоятельному и грамотному решению производственных задач, в том числе касающихся вопросов развития предприятий, территорий [4]. Данная проблема особо обостряется в условиях экономического кризиса, когда возможность компании успешно бороться с кризисными условиями зависит от наличия в компании кадров высокого профессионального уровня, способных принимать точные, быстрые решения.

Целью данного исследования является анализ роли и требований предприятий-работодателей в системе профессиональной подготовки к будущим специалистам-экологам. Статья является логическим продолжением исследования оценки удовлетворенности и потребностей внутренних

потребителей (студентов), обучающихся по направлению подготовки «Экология и природопользование» на 1–3 курсах очной и очно-заочной форм обучения [3]. В работе применялся метод анкетирования на 10 крупных предприятиях Чувашской Республики (ООО «Коммунальные технологии», ОАО «АБС ЗЭиМ Автоматизация», ОАО «ВНИИР», ИЦ «Бреслер», ОАО «Перкарбонат», ОАО «Промтрактор», ООО «Хевел», ОАО «Специализированное автохозяйство», ОАО «ЧПО им. В.И. Чапаева» и ОАО «Элара»).

Предприятия-респонденты относятся к категории машиностроительных, химических, жилищно-коммунальных предприятий многопрофильного направления, занимающегося производством широкого ассортимента продукции военного и гражданского назначения. В соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов, предприятия относится к II–IV классу. Численность работающих на всех предприятиях составляет свыше 100 человек. Должность эколога есть на всех опрошенных предприятиях.

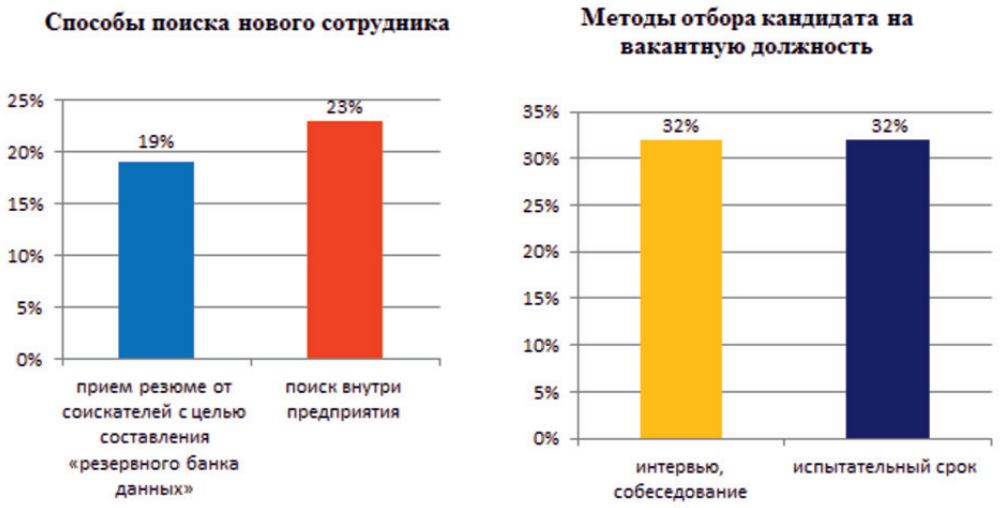


Рис. 1. Способы поиска нового сотрудника и методы отбора кандидата на вакантную должность

Рис. 2. Причины отказа кандидатам

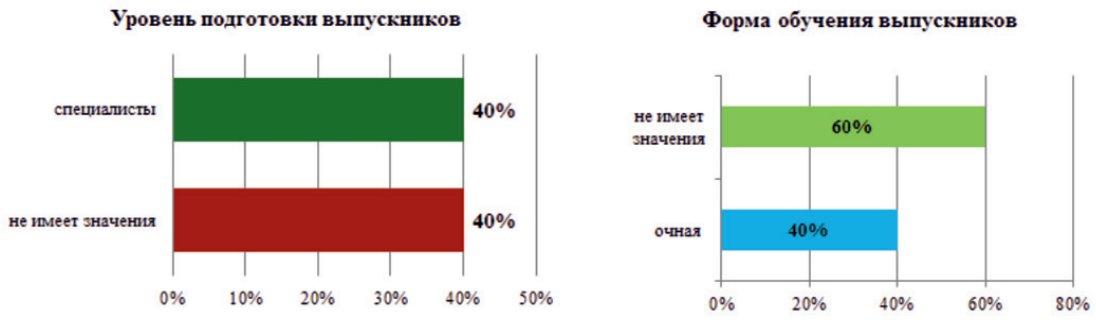


Рис. 3. Уровень подготовки и форма обучения выпускников

С течением времени предприятия периодически нуждаются в новых сотрудниках и специалистах. Как показал анализ, такая потребность появляется 1 раз в несколько лет. При поиске нового сотрудника предприятия чаще всего используют следующие способы поиска работников: прием резюме от соискателей с целью составления «резервного банка данных» (19%), поиск внутри предприятия, в том числе из числа имеющихся сотрудников или их знакомых, родственников (23%), ярмарки вакансий (58%). При приеме на работу часто употребляемыми методами отбора кандидата на вакантную должность являются интервью, собеседование (32%) и испытательный срок (32%) (рис. 1).

Основной причиной отказа кандидатам при приеме на работу является нехватка знаний по специальности (40%) и отсутствия интереса к должности (30%) (рис. 2).

На вопрос: «Выпускники какого уровня подготовки для Вас предпочтительны при приеме на работу?» работодатели отдали равное количество голосов в предпочтении выпускников-специалистов (40%) и неважности уровню образования (40%). Форма обучения молодых специалистов не имела значения для 60% работодателей и 40% выбрали бы выпускников очной формы обучения (рис. 3).

Ответы на вопрос «Обязательно ли выпускник вуза должен иметь опыт практической работы, прежде чем он придет устраиваться на работу в Вашу компанию?» показали, что для половины опрошенных работодателей не важно наличие опыта работы, а достаточно прохождения на их предприятии производственной и преддипломной практик. Критериями, которыми руководствуются предприятия при приеме выпускников конкретного вуза, – это уровень профессиональной подготовки (60%) и подготовка специалистов требуемого профиля (33%) [1]. Для определения степени готовности соискателя к работе на предприятии при трудоустройстве молодого сотрудника работодатель предъявляет ряд требований, по которым он определяет степень подготовки. Абсолютно важными требованиями респонденты считают: проявление ответственности за выполняемую работу (29%), коммуникабельность и умение договариваться с людьми (35%), навыки работы с компьютерными программами (29%), знание оргтехники (69%) (рис. 4).

Анализируя ответы на вопрос «Насколько быстро выпускники вузов приступили к работе на Вашем предприятии?» необходимо отметить, что выпускники всех специальностей подготовки нуждались в дополнительном обучении на рабочем месте (50%). Работодатели указали, что не полностью удовлетворены профессиональной подготовкой молодых специалистов после вуза и оценивают их уровень теоретических знаний по пятибалльной системе в среднем на «хорошо», а практических – на «удовлетворительно». В связи с сокращением периода обучения и переходом с пятилетнего обучения на четырехлетнее ситуация не улучшится. Улучшить подготовку выпускников можно за счет полного образования, окончив магистратуру, где подготовка должна проводиться с максимально тесной связью с профильными организациями и предприятиями.

Чтобы устранить данную проблему и повысить качество подготовки специалиста, работодатели предлагают проводить следующие мероприятия:

– приведение образовательных программ в соответствие с новыми технологиями,

– привлечение практикующих специалистов к проведению практических занятий.

Рис. 4. Требования работодателей

На 60 % опрошенных предприятий руководство готово за свой счет переобучать и/или повышать квалификацию молодых сотрудников (ОАО «Элара», ООО «Коммунальные технологии», ОАО «Перкарбонат», ООО «Хевел», ОАО «Специализированное автохозяйство», ОАО «ЧПО им. В.И. Чапаева»). Среди выпускников факультета, работающих на указанных предприятиях, повышение квалификации работников проводится ежегодно, что является чрезвычайно актуальным в связи с постоянными изменениями в законодательстве.

Значительным навыком для будущих выпускников является прохождение производственной и преддипломной практик на предприятиях. При подготовке бакалавров ЧГУ им. И.Н. Ульянова заключило договоры на прохождение производственных практик более чем с 800 предприятиями и организациями, в том числе, связанны с подготовкой по направлению «Экология и природопользование» со всеми администрациями районов Чувашской Республики. При прохождении производственных практик студенты имеют право выбора предприятий и предпочитают следующие: Чувашский ЦГМС – филиал ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС», ФГУ ГПЗ «Присурский», ОАО «Научно-производственный комплекс «Элара» имени Г.А. Ильенко», ООО «Водоканал», МБУ «Управление экологии города Чебоксары», Министерство природных ресурсов и экологии Чувашской Республики, Филиал ФГБУ «Федеральная кадастровая палата Росреестра по ЧР», Филиал ОАО «РусГидро» – «Чебоксарская ГЭС», ООО «НПК Меркурий», Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Чувашской Республике.

Первый выпуск бакалавров заочной формы обучения по направлению подготовки «Экология и природопользование» проведен в 2014 г., а очной формы – в 2016 г. До 2014 г. осуществлялась подготовка по экологическому направлению на кафедре в рамках выпуска специалистов по специальности «География» со специализацией «Природопользование и геоэкология». Несмотря на небольшой срок подготовки экологов, выпускники трудоустраиваются и эффективно работают по получаемой специальности на следующие предприятия: ОАО «Чебоксарский агрегатный завод», Филиал ООО «Волготрансгаз» – «Заволжское ЛПУМГ», Филиал ОАО «РусГидро» – «Чебоксарская ГЭС», ООО «Институт проектирования технологического развития и инноваций, БУ ЧР «Городской клинический центр» Министерства здравоохранения ЧР, МБУ «Управление экологии города Чебоксары», ОАО «ЧПО им. В.И. Чапаева».

Количество выпускников в большей степени зависит от количества бюджетных мест. Несмотря на необходимость решения природоохранных задач и повышения экологической грамотности населения ежегодно происходит сокращение бюджетных мест по специальности «Эко-

логия и природопользование». Ежегодно предоставляется 10–12 бюджетных мест соответственно по очной форме обучения, однако в 2016 г. было дополнительно предоставлено 15 бюджетных мест по очно-заочной форме, а по заочной форме обучения впервые было предоставлено 15 бюджетных мест только разово в 2011 г.

Количество обучающихся студентов на очном отделении на платной основе невелико, т.к. должностные оклады экологов на предприятиях невелики, однако, имеются возможности получать более высокие заработки, работая по данной специальности в государственных учреждениях, организациях, занимающихся разработкой проектной, нормативной и другой разрешительной документации, а также в регионах Крайнего Севера.

Студентов, обучающихся на контрактной основе не более одного на каждом курсе очного отделения, однако, они имеются на очно-заочной и заочной форме обучения. Специальность пользуется спросом у иностранцев, так, на каждом курсе имеется по одному студенту-иностранцу (Туркменистан). По итогам работы приемных комиссий всегда осуществлялось формирование полноценных студенческих групп с полным заполнением бюджетных мест, а также набором на платной основе, что показывает востребованность выпускников по данному направлению подготовки. Как показывает анализ трудоустройства, непосредственно по специальности трудоустраивается не менее 30%, профессиям около специальности 20%, 40% продолжают учебу в магистратуре и 10% становятся самозанятыми.

Предприятия Чувашской Республики периодически испытывают потребности в специалистах-экологах. Тем не менее важными являются не только теоретические знания, но и, по мнению работодателей немаловажно наличие практических навыков, которых, как правило, не хватает. Выходом из данной проблемы является приведение образовательных программ в соответствие с новыми технологиями и привлечение практикующих специалистов к образовательной деятельности. Возникает необходимость более тесного сотрудничества между учебным заведением и предприятием-работодателем. ЧГУ им. И.Н. Ульянова имеет такой опыт подготовки специалистов, только по другим направлениям подготовки. Одним из вариантов решения проблемы является увеличение часов нагрузки производственных практик, проведение практических занятий на территории предприятий, создание кафедр на предприятиях и, в том числе, проведение на этих территориях непосредственно занятий по расписанию. На сегодняшний день между кафедрой природопользования и геоэкологии и с работодателями складываются конструктивные дальновидные взаимоотношения, направленные на сотрудничество. Специалисты-производственники периодически привлекаются к подготовке будущих специалистов не только в качестве руководителей практик, но и в качестве преподавателей теоретических курсов. Организуются постоянные обзорные экскурсии на предприятиях-партнерах с целью ознакомления с используемыми технологиями на производстве и практическим решением задач в области охраны окружающей среды.

В современных условиях для работы экологом уже недостаточно окончить специализированный вуз и получить диплом о высшем профессиональном образовании, необходимо закончить магистратуру, аспирантуру или докторантуру, а для получения высокооплачиваемой работы необходимо иметь образование, полученное в рамках международных программ. Зачастую для обеспечения эффективной работы предприятия в области обращения с отходами необходимо иметь и юридическое образование. Современное экологическое образование в ЧГУ им. И.Н. Ульянова основывается на принципах партнерства с другими кафедрами и факультетами университета, ведущими образовательными учреждениями России, а экологическое образование обеспечивается научно-педагогическим составом на довольно высоком уровне.

Большинство работающих экологов предприятий имеют техническое или естественнонаучное образованием. Решение вопросов охраны окружающей среды довольно полно и продуктивно могут осуществлять специалисты, обладающие системой знаний не только в области химии, физики, экологии, биологии, но и демографии, экономики, картографии (ГИС), географии, управления, юриспруденции и способные наиболее комплексно «видеть» проблемы и находить решения, которые отвечали бы не только экологическим нормам, но и повышали бы экономи-

ческую эффективность предприятия и его социальную ответственность.

Список литературы

1. Гаврилов О.Е., Караганова Н.Г., Миронов А.А., Михайлова М.Ю. Подготовка специалистов в рамках направления подготовки «экология и природопользование» на базе Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. В сборнике: университетское образование в полиэтничных регионах Поволжья: к 50-летию Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова (VI Арсентьевские чтения) Сборник статей. – 2015. – С. 319–328.

2. Ильин В.Н., Никонорова И.В. Оптимизация взаимодействия природных и антропогенных геосистем Чувашской Республики // Вестник Чувашского университета. – 2011. – № 3. – С. 235–241.

3. Караганова Н.Г., Михайлова М.Ю., Гаврилов О.Е., Миронов А.А. Проблемы качества экологического образования в рамках направления подготовки «Экология и природопользование» на базе Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова (опыт социологического исследования) // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: www.science-education.ru/121-18814.

4. Карягин Ф.А. Экологическое образование в социальном вузе // Актуальные проблемы охраны природы, окружающей природной среды и рационального природопользования. Материалы I Международной научно-практической конференции. – 2010. – С. 240–247.

5. Карягин Ф.А., Корнилов А.Г. Экологические аспекты устойчивого развития Чувашской Республики // Экологический вестник Чувашской Республики. – 1995. – № 5. – С. 39–41.

УДК 622.276

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Коротенко В.А., Грачев С.И., Кушакова Н.П., Сабитов Р.Р.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: grachevsi@tsogu.ru

С целью увеличения темпа отбора нефти из пласта и повышения ее нефтеотдачи проводят нагнетание жидкости для создания напорного режима, который имеет большую конечную нефтеотдачу по сравнению с естественным режимом. В большинстве случаев (для месторождений РФ более 80%) используется система поддержания пластового давления (ПДД) путем закачки воды в пласт. В данной работе рассмотрены процессы трансформации фильтрационных потоков при одновременной закачке воды и эксплуатации добывающей скважины. Для различных краевых условий получены соотношения, определяющие трансформацию плоскорадиальной фильтрации в прямолинейно-параллельную для коллекторов, подчиняющихся обобщенному и классическому законам Дарси. Установлена связь между относительными фазовыми проницаемостями и текущими коэффициентами компенсации и обводненности. Предложенную методику трансформации фильтрационных потоков, используя принцип интерференции скважин, можно обобщить и применить для большего количества скважин с выбранной системой разработки.

Ключевые слова: плоскорадиальная и прямолинейно-параллельная фильтрации, краевые условия, вязкопластичная нефть, начальный градиент давления

TRANSFORMATION OF FILTRATION PROCESSES IN THE DEVELOPMENT OF HYDROCARBON DEPOSITS

Korotenko V.A., Grachev S.I., Kushakova N.P., Sabitov R.R.

Federal Budget Educational Institution of Higher Education Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: grachevsi@tsogu.ru

In order to increase the production rate of oil from the reservoir and to enhance its oil injection is performed to create fluid pressure regime which has a greater ultimate recovery as compared with the natural mode. In most cases (for RF fields above 80%) used the system to maintain reservoir pressure by water injection. This paper discusses the transformation processes of filtration flows with simultaneous water injection and production well operation. For different boundary conditions to derive relationships that specify the transformation of a plane radial filtration in a straight line parallel to manifolds, obeying the generalized and the classical laws of Darcy. The relationship between relative permeability and the current ratio of compensation and watering. The proposed methodology for the transformation of filtration flows, using the principle of interference of wells, can be generalized to apply to more wells with the selected development system.

Keywords: plane radial and rectilinear parallel filtering, boundary conditions, visco-plastic oil, the initial pressure gradient, the radius of the drainage area, the water cut rates and compensation, relative permeability

Основной технологией используемой для увеличения нефтеотдачи является применение системы поддержания пластового давления (ППД). Одной из основных функций системы ППД является вытеснение нефти к забоям добывающих скважин. Расчет технологических показателей разработки, учитывающей особенности вытеснения нефти водой и изменения характера фильтрационных процессов в пласте, разработан Ю.П. Борисовым (методики ВНИИ-1, ВНИИ-2) [2]. В данной работе рассматриваются нестационарные фильтрационные потоки, зависящие от выбранных краевых условий, которые авторы назвали трансформацией фильтрации.

На первой стадии разработки, пока система ППД не сформирована, падение давления в зонах работы добывающих скважин в плоскости XY подчиняется законам плоскорадиальной фильтрации. На второй стадии разработки характер распределения пластового давления в залежи начинает изменяться, в зависимости от сроков ввода в эксплуатацию нагнетательных скважин и их размещения по отношения к добывающим скважинам.

С течением времени при одновременной эксплуатации скважин радиус фронта вытеснения R_{nag} увеличивается и превысит расстояния между скважинами. Аналогичная картина должна происходить и с радиусом контура питания добывающей скважины. Поскольку давления в окрестности нагнетательной скважины превышают начальное пластовое и забойные давления добывающих скважин $P_{nag} > P_0 > P_c$, то большая часть потока закачиваемой воды устремляется к добывающим скважинам. Плоскорадиальная фильтрация изменяется, трансформируется, и в пласте возникают области, зоны прямолинейной-параллельной (линейной) фильтрации.

Таким образом, процесс фильтрации флюидов происходит в три стадии:

1-я стадия. Плоскорадиальная фильтрация имеет место до того момента времени, при котором сумма радиусов вытеснения и питания равна расстоянию между скважинами.

2-я стадия. Начинает формироваться линейная фильтрация по линии между добывающей и нагнетательной скважинами – области *A* и *B*;

3-я стадия. На третьей стадии возникают перетоки флюидов между линейными областями *A* и *B* и окружающими зонами 1 и 2, вообще говоря, неравных, с давлениями в зонах 1 и 2 – P_1 и P_2 соответственно. Причем перетоки со скоростями V_1, V_2 происходят не сразу, запаздывают. Из области пласта *A* происходит переток закачиваемой воды в зону 1 окружающую область, а из зоны 2 приток пластовой воды и нефти в область линейной фильтрации *B*. Таким образом, некоторый объем закачиваемой в пласт воды не участвует в вытеснении нефти. Вода, поступившая в зону 1, увеличивает обводненность и уменьшает подвижность содержащейся в ней нефти. Следовательно, в пласте существует сечение GG_1с давлением равным начальному пластовому P_0.

Эпюры скоростей фильтрации и распределения давления в линейной области приведены на рис. 3.

Отметим, что наличие в пласте существования сечения GG_1 с давлением равным начальному, пластовому отмечено Ю.П. Желтовым в [5]. Формирование областей и зон линейной фильтрации подтверждается многочисленными трассерными исследованиями, проведенными на месторождениях Западной Сибири [10].

Время трансформации зависит от ФЕС пласта, свойств флюидов и технологических показателей. Для однородного пласта широко используется формула

$$t = \frac{R^2}{A\chi}. \qquad (1)$$

Для слоистого пласта, состоящего из m пропластков (прослоев разной проницаемости) с одинаковыми или близкими коэффициентами упругоемкостями, для однородного флюида из (1) получим соотношение

$$t_1 k_1 = t_2 k_2 = \ldots = t_m k_m. \qquad (2)$$

В формулах (1), (2):

1) не учитываются перетоки между пластом и областью линейной фильтрации;

2) отсутствует зависимость от технологических показателей разработки.

Процессы фильтрации и вытеснения нефти водой зависят от заданных краевых условий. В данной статье рассматриваются граничные условия с известными постоянными дебитом и приемистостью.

Рассмотрим отдельно каждую стадию.

1-я стадия. Переход от плоскорадиальной фильтрации к линейной.

Рассмотрим элемент эксплуатационного объекта, состоящего из двух скважин: добывающей и нагнетательной. Для простоты пласт будем считать однородным, изотропным.

Начало координат совместим с забоем добывающей скважины. Рассмотрим два случая:

1) аномальные коллекторы, к которым относятся залежи, насыщенные высоковязкой нефтью ипласты с низкими фильтрационными свойствами. Фильтрация описывается обобщенным законом Дарси с начальным градиентом давления;

2) коллекторы, в которых выполняется классический закон Дарси.

1. Аномальные коллекторы.

Уравнение пьезопроводности для аномальных коллекторов имеет вид

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\chi}{r}\left(\frac{\partial}{\partial r} r\left(\frac{\partial p}{\partial r} - g\right)\right). \qquad (3)$$

Краевые условия:

$$p(r,0) = p_0, \ \left.\frac{\partial p}{\partial r}\right|_{r=\rho(t)} = g,$$

$$r_c \left.\frac{\partial p}{\partial r}\right|_{r=r_c} = q + g r_c. \qquad (4)$$

Согласно методу интегральных соотношений [1] решение (3) ищем в виде

$$p = a(t) + a_o(t)\ln\frac{r}{\rho(t)} + a_\alpha \frac{r^\alpha}{\rho^\alpha(t)}, \qquad (5)$$

коэффициенты *a* определяются из краевых условий (4). Параметр $\alpha \geq 1$ и подбирается из соответствия фактических и расчетных значений.

Обозначим

$$f_0(\alpha,\rho) = \frac{1}{1 - \frac{r_c^\alpha}{\rho^\alpha}}, \ f_1 = 1 - \frac{r_c^{\alpha-1}}{\rho^{\alpha-1}}, \ f = 1 - \frac{r_c}{\rho}.$$

Тогда коэффициенты a_i равны

$$a_\alpha = -\frac{1}{\alpha} f_0\left[q - g\rho f\right], \ a_0 = f_0\left(q + g r_c f_1\right),$$

$$a = p_0 - a_\alpha. \qquad (6)$$

Для определения зависимости $\rho(t)$ проинтегрируем (3) по r в пределах от r_c до $\rho(t)$. В результате получим кубическое уравнение относительно $\rho(t)$

$$2g\,f\,f_0\rho^3 + f_0\left[q\alpha + gr_c(\alpha+2)f_1\right]\rho^2 = 4(\alpha+2)\chi tq\,.$$

Приближенное решение, которого имеет вид

$$\rho = \sqrt[3]{Ct} - A,\;\; C = \frac{2(\alpha+2)\chi q}{gff_0},$$

$$A = \frac{q\alpha + gr_c(\alpha+2)f_1}{6gff_0}. \qquad (7)$$

Из (7) следует, что для аномальных коллекторов, фильтрация, в которых не подчиняется классическому Дарси, радиус текущего контура питания пропорционален корню кубическому от времени. Зависит от физических свойств нефти, коллектора и дебита скважины – технологического показателя.

Для нагнетательной скважины уравнение пьезопроводности имеет вид

$$\frac{\partial p_b}{\partial t} = \frac{\chi_b}{r}\left(\frac{\partial}{\partial r}r\left(\frac{\partial p_b}{\partial r} + g\right)\right). \qquad (8)$$

Если начало координат совместить с забоем нагнетательной скважины, то краевые условия примут вид

$$p_b(\rho_b(t)) = p_0\,,\;\; \frac{\partial p_b}{\partial r}\Big|_{r=\rho_b(t)} = -g,$$

$$r_c\frac{\partial p_b}{\partial r}\Big|_{r=r_c} = -q_b - gr_c. \qquad (9)$$

Индекс b относится к воде. Градиент давления в зоне нагнетания отрицателен, поэтому в правой части (8) взят знак «+». Решение (8) ищем в виде (5). После преобразований получим кубическое уравнение и приближенную формулу аналогичную (7) для определения радиуса контура вытеснения

$$\rho_b = \sqrt[3]{C_b t} - A_b,\;\; C_b = \frac{2(\alpha+2)\chi_b q_b}{gff_0},$$

$$A_b = \frac{q_b\alpha + gr_c(\alpha+2)f_1}{6gff_0}. \qquad (10)$$

Время начала формирования линейной фильтрации t_0^* между нагнетательной и добывающей скважинами определяется из условия

$$\rho(t_0^*) + \rho_b(t_0^*) = R, \qquad (11)$$

где R – расстояние между скважинами. Подставляя (7) и (10) в (11), получим

$$t_0^* = \left[\frac{R + A + A_b}{\sqrt[3]{C} + \sqrt[3]{C_b}}\right]^3. \qquad (12)$$

Для оценки полученного выражения, учитывая, что A и A_b много меньше R, рассмотрим приближенное значение (12)

$$t_0^* = \left[\frac{R}{\sqrt[3]{C} + \sqrt[3]{C_b}}\right]^3 = \frac{R^3}{C_b\left(1 + \sqrt[3]{\frac{C}{C_b}}\right)^3} =$$

$$= \frac{\pi R^3 g\varepsilon_b}{(\alpha+2)Q_b\chi_b\left(1 + \sqrt[3]{\frac{Q\chi\varepsilon_b}{Q_b\chi_b\varepsilon}}\right)^3}. \qquad (13)$$

Откуда следует, что с ростом начального градиента g время начала трансформации увеличивается. Это обусловлено низкими скоростями фильтрации в аномальных коллекторах.

Пример 1. Рассмотрим высокопроницаемый коллектор, насыщенный вязкопластичной нефтью (ВПН). Расчеты показали, что при r_c = 0,1 м, для α в интервале от 1,0001 до 3 и ρ в интервале от 1 м до 200 м, функции $f(\alpha)$ и $f_0(\alpha)$ практически равны 1. Дано:

R = 400 м, h = 10 м, μ_n = 300 мПас,
μ_b = 1 мПас, $\beta_b = 2*10^{-4}$/МПа$^{-1}$,
g = 0,1 МПа/м, $\beta_n = 12*10^{-4}$/МПа$^{-1}$,
$\beta_c = 1*10^{-4}$/МПа$^{-1}$, m_0 = 0,2,
$k_b = 1*10^{-13}$м^2, $k_n = 2*10^{-13}$м^2, Q = 10м^3/сут,
Q_b = 40 м^3/сут, r_c = 0,1 м, f_1 = 0,8.

С увеличением параметра α время уменьшается, но радиусы практически не изменяются. С увеличением приемистости Q_b время и ρ уменьшаются, ρ_b возрастает и смещается в сторону добывающей скважины. Так при Q_b = 40 м^3/сут и α = 1,01 значения ρ = 125 м, ρ_b = 275 м, t_0^* = 77 сут. С ростом приемистости размеры областей и время изменяются, другой вопрос – будет ли пласт, насыщенный ВПН, принимать такое количество воды без нарушения структуры и разрушения призабойной зоны пласта нагнетательной скважины. Коллекторы, содержащие ВПН, как правило, слабосцементированы, наблюдается значительный вынос механических примесей. Большое значение имеет величина начального градиента давления, которая, по данным обработки результатов гидродинамических исследований скважин Русского месторождения, изменяется в пределах от 0,02 до 0,437 МПа/м [7].

Таким образом, время начала трансформации плоскорадиальной фильтрации для аномальных месторождений зависит от технологических параметров, физических свойств коллектора и флюидов.

2. Коллекторы, в которых выполняется закон Дарси.

Для плоскорадиальной фильтрации, подчиняющейся классическому закону Дарси, в уравнениях пьезопроводности (3) и (8) и в краевых условиях (4) и (9) следует положить $g = 0$. Соответственно изменятся коэффициенты (6), и в результате для определения радиусов контура питания и фронта вытеснения получим квадратные уравнения, откуда

$$\rho = \sqrt{\frac{4(\alpha+2)\chi t}{\alpha}}, \quad \rho_b = \sqrt{\frac{4(\alpha+2)\chi_b t}{\alpha}}. \quad (14)$$

В отличие от (13) зависимость времени трансформации от расстояния между скважинами квадратичная, от технологических показателей разработки не зависит. Радиусы зависят только от физических свойств коллектора и флюидов.

Время начала формирования линейной фильтрации t_{00}^* равно

$$t_{00}^* = \frac{\alpha R^2}{4(\alpha+2)\chi_b\left(1+\sqrt{\frac{\chi}{\chi_b}}\right)^2}. \quad (15)$$

При подстановке (15) в (14) получим, что радиусы равны $\rho = 133$м, $\rho_b = 267$ м и от параметра α не зависят. Сечение GG_1 расположено на расстоянии 133 м от забоя добывающей скважины.

Если для определения времени начала трансформации использовать формулу (1) и условие (11), то время начало трансформации t_0 равно

$$t_0 = \frac{R^2}{A\chi_b\left(1+\sqrt{\frac{\chi}{\chi_b}}\right)^2}. \quad (16)$$

Ниже приведен расчет времени начала трансформации плоскорадиальной фильтрации.

Пример 2. $R = 400$ м, $h = 10$ м, $\mu_n = 3$ мПас, $\mu_b = 1$ мПас, $\beta_b = 2*10^{-4}$/МПа$^{-1}$, $\beta_n = 12*10^{-4}$/МПа$^{-1}$, $\beta_c = 1*10^{-4}$/МПа$^{-1}$, $m_0 = 0{,}2$, $k_b = 1*10^{-13}$ м^2, $k_n = 2*10^{-13}$ м^2.

С ростом числового параметра α время начала трансформации $t_{00}*$ возрастает. С увеличением А время t_0 убывает, при $A = 12$ и $\alpha = 1 - 1{,}01$ $t_{00}* = t_0$.

Заметим, что $A = 12$ соответствует радиусу контура питания, подсчитанному методом Баренблатта. Для заданных параметров значения радиусов контура питания и вытеснения равны $\rho = 133$м, $\rho_b = 267$м. От параметров α и A не зависят. Результаты расчетов соответствуют одновременному введению в эксплуатацию добывающей и нагнетательной скважины. Если нагнетательная скважина введена в работу позже начала эксплуатации добывающей скважины, что обычно и бывает, то следует изменить первое краевое условие (9) для расчета давления в окрестности нагнетательной скважины.

2-я стадия. Линейная фильтрация в областях A и B.

Рассмотрим формирование линейной области фильтрации между добывающей и нагнетательной скважинами. Переток флюидов между областями и зонами отсутствует. В дальнейшем будем рассматривать фильтрацию соответствующую классическому закону Дарси.

Уравнение пьезопроводности для добывающей скважины имеет вид

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi\frac{\partial^2 p}{\partial t^2}. \quad (17)$$

Выбор краевых условий, как отмечалось в других работах авторов данной статьи, существенно влияет на процессы фильтрации, расчетные технологические показатели разработки и в конечном счете на нефтедобычу. Поэтому рассмотрим два случая задания краевых условий.

2.1. Зададим краевые условия в виде

$$\left.\frac{\partial p}{\partial x}\right|_{x=x_c} = \frac{Q}{2\pi\varepsilon x_c} = q_x,$$

$$\left.\frac{\partial p}{\partial x}\right|_{x=l(t)} = 0, \quad p(l(t)) = p_0, \quad x_c = r_c. \quad (18)$$

Для решения (17) с краевыми условиями (18) воспользуемся методом интегральных соотношений, в результате получим

$$p(x,t) = p_0 - a\left(\frac{m-1}{m} - \frac{x}{l(t)} + \frac{1}{m}\frac{x^m}{l(t)^m}\right),$$

$$a = -q_x l(t), \quad m > 1. \quad (19)$$

Линейный размер области возмущения B равен

$$l(t) = \sqrt{\frac{2(m+1)}{m-1}\chi t}. \quad (20)$$

Распределение давления в области A и линейный размер $l_b(t)$, характеризующий работу нагнетательной скважины, определим аналогично с заменой дебита на приемистость

$$l_b(t) = \sqrt{\frac{2(m+1)}{m-1}\chi_b t}\,. \qquad (21)$$

Время окончания 2.1 стадии t_2^*определим из условия (11)

Откуда

$$t_2^* = \frac{(m-1)R^2}{2(m+1)\chi_b\left(1+\sqrt{\frac{\chi}{\chi_b}}\right)^2}. \qquad (22)$$

Если формально положить $m = \alpha + 1$, то получим, что $t_2^* = 2t_{00}^*$. Таким образом, время установления линейной фильтрации в два раза больше времени начала трансформации – перехода плоскорадиальной фильтрации в линейную фильтрацию для коллекторов, насыщенных маловязкими нефтями. Соответственно, формулы (20) и (21) примут вид

$$l(t_2^*) = \sqrt{\frac{2(\alpha+2)}{\alpha}\chi t_2^*} = \sqrt{\frac{4(\alpha+2)}{\alpha}\chi t_{00}^*} = \rho(t_{00}^*),$$

$$l_b(t_2^*) = \sqrt{\frac{2(\alpha+2)}{\alpha}\chi_b t_2^*} = \sqrt{\frac{4(\alpha+2)}{\alpha}\chi_b t_{00}^*} = \rho_b(t_{00}^*). \qquad (23)$$

Следовательно, в этом случае, сечение GG_1 не изменяет своего положения в пространстве. Время установления линейной фильтрации t_2^*, $l(t_2^*)$ и $l_b(t_2^*)$ для разных α можно определить.

Вообще говоря, параметры α и m не равны, поскольку характеризуют различные процессы фильтрации: плоскорадиальную и прямолинейно-параллельную. Подбор параметров следует осуществлять посредством сравнения промысловых и расчетных данных. Следует отметить, что третье краевое условие (18) $p(l(t)) = p_0$ соответствует невозмущенному состоянию в залежи. Далее рассмотрим краевые условия, учитывающие связь давлений на первой и второй стадиях.

2.2. В отличие от пункта 2.1 запишем третье краевое условие (18) в соответствии пластовому давлению на момент окончания плоскорадиальной фильтрации:

$$p(0,x) = p_0^*(x) = p_0 - q\left(1 - \ln\frac{x}{\rho^*} + \frac{1}{\alpha}\frac{x^\alpha}{\rho^{*\alpha}}\right),$$

$$\rho^* = \rho(t_{00}^*),\ x = r. \qquad (24)$$

Применяя метод интегральных соотношений, получим

$$p(x,t) = p_0^*(x) - \frac{q}{m}\left(1 - \frac{x^m}{l^m(t)}\right)\left(1 - \frac{l(t)}{\rho^*}\right),$$

$$x_c \le x \le l(t). \qquad (25)$$

Дифференциальное уравнение для определения l(t) примет вид

$$\frac{d}{dt}\left[l(t)\left(1 - \frac{l^\alpha(t)}{\rho^{*\alpha}}\right)\right] = -A_1,\ A_1 = \frac{\chi(m+1)}{r_c m},$$

$$\frac{dy}{dt} = A_1, \quad y = l(t)\left(1 - \frac{l^\alpha(t)}{\rho^{*\alpha}}\right), \qquad (26)$$

После интегрирования получим трансцендентное уравнение относительно $l(t)$

$$l^{\alpha+1}(t) - \rho^{*\alpha} l(t) = A_1 \rho^{*\alpha} t.$$

Положим $m = \alpha$ и рассмотрим, какие значения может принимать l(t).

Для $x = l(t)$ давление равно

$$p(l,t) = p_0^*(l) = p_0 - q\left(1 - \ln\frac{l(t)}{\rho^*} + \frac{1}{\alpha}\frac{l(t)^\alpha}{\rho^{*\alpha}}\right).$$

Из (25) следует, что при $l(t) = \rho^*$ $p(l(t)) = p_0$, а при $l(t) > \rho^*$, $p(l) > p_0$, что не имеет физического смысла, следовательно, $l(t) \le \rho^*$. Таким образом, при трансформации плоскорадиальной фильтрации в линейную фильтрацию граница GG_1 не перемещается. Тот же самый результат получим, если рассмотреть эксплуатацию нагнетательной скважины. Следовательно, задание начального условия (24) является определяющим для величин давления в областях линейной фильтрации и определения положения границы начального пластового давления GG_1.

Время установления линейной фильтрации t_2^* для различных α равно t_{00}^* поскольку отсчет времени t_2^*начинается от 0. В отличие от пункта 2.1 граничное условие (24) осуществляет связь между окончанием плоскорадиальной фильтрации и началом линейной фильтрации. Хотя выбор третьего граничного условия не изменяет положения сечения GG_1, но является более строгим и точнее отражает физические процессы, имеющие место при эксплуатации скважин.

Отметим, что значения времен значительно меньше времени эксплуатации скважин.

3-я стадия. Линейная фильтрация в областях *A* и B с перетоками между областями и зонами.

Процесс перетоков флюидов между областями и зонами начинается с запаздыванием, зависит от распределения давлений на границах между областями и зонами ФЕС коллектора.

Рассмотрим прямолинейно параллельную (линейную) фильтрацию в областях *A* и B с учетом перетока воды из *A* в зону 1 и притока жидкости из зоны 2 в область *B*.

Уравнение пьезопроводности в области *B* имеет вид [3, 6]

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - 2\frac{\chi}{\varepsilon} V, \qquad (27)$$

где V – скорость перетока из зоны 2 в область *B*. Точное значение скорости перетока приведено в [6], приближенное – имеет вид:

$$V = 2\lambda_{22}\left(p_{20} - p_2\right)\exp\left(-3\lambda_2(t - t_2)\right), \qquad (28)$$

где λ_2, λ_{22} параметры, характеризующие фильтрационные свойства зоны 2, t_2 – время достижения границы зоны 2, при $t \le t_2$ экспонента равна 1, p_{20} – давление на границе зоны 2 и области *B*. Отметим, что наибольшие значения скорость перетока принимает при $t < t_2$. При $t \to \infty$ скорость перетока стремится к нулю, массобмен между зонами и областями прекращается. Давление в области соответствует стационарной фильтрации.

Давление p_{20} на границе области *B* и зоны 2 получим из выражения (25) при $l(t^*_2) = \rho^*$, которое соответствует условию (24).

$$p_{20} = p_0^*(x) = p_0 - q\left(1 - \ln\frac{x}{\rho^*} + \frac{1}{\alpha}\frac{x^\alpha}{\rho^{*\alpha}}\right).$$

Применяя метод интегральных соотношений, получим выражение для определения давления

$$p(x,t) = p_0^*(x) - \frac{q}{m}\left(1 - \frac{x^m}{l^m(t)}\right)\left(1 - \frac{l(t)}{\rho^*}\right),$$

$$x_c \le x \le l(t). \qquad (29)$$

Выражение (29) аналогично ранее полученному выражению (25). По аналогии с пунктом 2.2 имеем, что граница (сечение) GG_1 не смещается.

Таким образом, на рассмотренном примере элементарного участка эксплуатационного объекта, состоящего из нагнетательной и добывающей скважины, изменяются фильтрационные потоки. Плоскорадиальная фильтрация трансформируется в линейную, что существенно влияет как на распределение давления, так и на нефтеотдачу. Граница GG_1 при заданных краевых условиях, соответствующих постоянному дебиту и постоянной приемистости, не изменяет своего положения в пространстве. Согласно вышеизложенному при выбранном α время формирования плоскорадиальной фильтрации t_{00}^*, время формирования линейной фильтрации t_2^* и время запаздывания (формирования) перетоков равны между собой t_n. Общее время трансформации будет равно $t^* = 3t_{00}^*$, и для различных значений параметра α будет изменяться в пределах от 7 до 12,5 ч, что, конечно, мало по сравнению со временем эксплуатации скважин, но возникновение и продолжительность перетоков между областями и зонами изменяет в них коэффициенты насыщенности. А значит, безусловно, скажется на прогнозировании результатов применения методов увеличения нефтеотдачи (МУН). Проблемы извлечения остаточной нефти подробно рассмотрены в [8]. Применение физико-химических и гидродинамических МУН тесно связано с фильтрационными процессами, поэтому трансформация потоков флюидов будет влиять на текущую нефтеотдачу. Действительно, использование закачки водных растворов химических реагентов приведет к тому, что часть из них перетекает в зону 1 и непосредственно в увеличении добычи нефти не участвует. На наш взгляд, наиболее успешно совместное применение физико-химических методов с циклическим заводнением и изменением фильтрационных потоков. Для этого необходимо знать количества (объемы) жидкостей, перетекающих между областями и зонами.

Основным условием, характеризующим количество закачиваемого, добываемого и перетекающих флюидов, является закон сохранения масс, учитывающий изменение остаточной нефти и воды в областях, охваченных разработкой. Количество остаточных флюидов зависит от физических свойств коллектора, гидрофильности и гидрофобности отдельных участков пласта, от изменения коэффициентов насыщенности и коэффициентов фазовых проницаемостей.

Если завимостями плотностей от давления и температуры пренебречь, то в первом приближении уравнение баланса масс для закачиваемой воды примет вид

$$W_{zak} = W_A + W_1. \qquad (30)$$

Для добывающей скважины объем добытой жидкости W_{dob} зависит от объемов жидкостей W_B в области B и объема W_2, притекающего из зоны 2.

$$W_{dob} = W_B + W_2. \quad (31)$$

Коэффициент компенсации определяется соотношением

$$K_k = \frac{W_{zak}}{W_{dob}}. \quad (32)$$

С течением времени скорости перетоков падают, текущие (но не накопленные) объемы W_1, W_2 стремятся к нулю, следовательно, текущий коэффициент компенсации будет равен

$$K_k = \frac{W_A}{W_B}. \quad (33)$$

То есть будет определяться объемами флюидов в областях A и B, по которым осуществляется линейная фильтрация. Для коллекторов, в которых выполняется классический закон Дарси, из (7.42) для постоянных площадей фильтрации, коэффициента пористости и формул (7.14) получается следующее соотношение

$$K_k = \sqrt{\frac{\chi_u}{\chi}} = \sqrt{\frac{k_b^* \beta^*}{k^* \mu_0 \beta_b^*}}, \ \mu_0 = \frac{\mu_b}{\mu}. \quad (34)$$

Из (34) по известному из промысловых данных коэффициенту компенсации можно определить фильтрационные параметры пласта. Если пренебречь изменением коэффициентов вязкости и упругоемкости от давления, то из (34) можно определить изменение отношения относительных фазовых проницаемостей. Заметим, что накопленные объемы флюидов в зонах стремятся к постоянным величинам, которые определяются ФЕС пласта и выбранной системой разработки.

В работе авторов [4] рассмотрены фильтрационные процессы в гидрофильных и гидрофобных коллекторах, учитывающие капиллярное давление и начальный градиент. Доля движущейся воды в пласте описывается обобщенной функцией Бакли-Леверетта. Если начальным градиентом и изменением капиллярного давления пренебречь, то на забое добывающей скважины функция Бакли-Леверетта равна коэффициенту обводненности [5]

$$\nu = \frac{k_b^*}{k_b^* + \mu_0 k^*}. \quad (35)$$

Таким образом, контролируя два технологических показателя – определить изменение каждого коэффициента относительной фазовой проницаемости в процессе разработки.

Для аномальных коллекторов, в которых выполняется обобщенный закон Дарси, и доля движущейся воды в пласте описывается обобщенной функцией Бакли-Леверетта [4]. На забое добывающей скважины $r = r_c$ коэффициент обводненности равен

$$f_2(r_c) = \nu = \frac{k_b^*}{k_b^* + \mu_0 D_2 k},$$

$$D_2 = 1 + \frac{\dfrac{\partial p_k}{\partial r}}{\dfrac{\partial p_b}{\partial r} + g}, \quad (36)$$

где

$$\frac{\partial p_k}{\partial r} = \frac{\alpha_f}{\cos\theta}\sqrt{\frac{m}{k}}\frac{\partial J(\sigma)}{\partial r}, \quad \frac{\partial J(\sigma)}{\partial r} = \frac{\partial J(\sigma)}{\partial \sigma}\frac{\partial \sigma}{\partial r}.$$

Из решения уравнения (8) получим, что производная текущего давления p_b при $r = r_c$ равна

$$\frac{\partial p_b}{\partial r} = -\frac{1}{r_c}(q_b + g r_c).$$

Параметр D_2 примет вид

$$D_2 = 1 - \frac{2\pi\varepsilon_b r_c}{Q_b}\frac{\partial p_k}{\partial r}\bigg|_{r=r_c}. \quad (37)$$

На забое нагнетательной скважины при предельном водонасыщении $\sigma^* = 0{,}6 - 0{,}8$ производная функции Леверетта ≈ 0, следовательно, $D_2 \approx 1$. После подстановки в (36) получим, что коэффициент обводненности соответствует соотношению (35), но $\mu_0 = \dfrac{\mu_b}{\mu}$ мало.

Для определения коэффициента компенсации в данном случае используем формулы (33), (7) и (10)

$$K_k = \frac{\sqrt[3]{C_b t} - A_b}{\sqrt[3]{Ct} - A} \approx \frac{\sqrt[3]{C_b}}{\sqrt[3]{C}} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{Q_b \beta^*}{Q \beta_b^*}} = \sqrt[3]{\frac{k_b^* \mu \beta^*}{k^* \mu_b \beta_b^*}\left(\frac{\dfrac{\partial p_b}{\partial r}}{\dfrac{\partial p}{\partial r}}\right)_{r=r_c}}. \quad (38)$$

Если градиенты давлений имеют один порядок, (а корень кубический), то прибли-

женное значение коэффициента компенсации можно представить в виде

$$K_k = \sqrt[3]{\frac{k_b^* \beta^*}{k^* \mu_0 \beta_b^*}}. \qquad (39)$$

Таким образом, для маловязких нефтей для определения коэффициентов относительных проницаемостей по технологическим показателям имеем два соотношения (34) и (35):

$$K_k = \sqrt{\frac{\chi_u}{\chi}} = \sqrt{\frac{k_b^* \beta^*}{k^* \mu_0 \beta_b^*}}, \quad \nu = \frac{k_b^*}{k_b^* + \mu_0 k^*}.$$

Для аномальных коллекторов следует использовать соотношения (35) и (39):

$$K_k = \sqrt[3]{\frac{k_b^* \beta^*}{k^* \mu_0 \beta_b^*}}, \quad \nu = \frac{k_b^*}{k_b^* + \mu_0 k^*}.$$

Для расчета скоростей перетока флюидов между областями и зонами можно воспользоваться методами, разработанными в монографии [9], в которой рассматривается приток (расход) жидкости к вертикальной трещине. В качестве вертикальной трещины следует рассматривать области *A* и *B*. Заметим, что в [9] учитывается несовершенство вскрытия и анизотропия коллектора.

Выводы

1. При разработке нефтяных месторождений в пласте между добывающей и нагнетательной скважинами существует сечение GG_1, с давлением равным начальному пластовому. Плоскорадиальная фильтрация трансформируется в прямолинейно-параллельную. В окрестностях скважин возникают зоны перетока флюидов в окружающее пространство.

2. Получены формулы и приведены примеры по определению положения и времени образования сечения GG_1 в зависимости от выбранных краевых условий для залежей смаловязкимии высоковязкими нефтями. Показано, как влияет выбор граничных условий на формирование фильтрационных потоков.

3. Разработана методика расчета относительных фазовых проницаемостей по известным технологическим показателям – коэффициентам обводненности и компенсации.

4. Если на забоях скважин задать постоянные давления отбора и нагнетания, то граница GG_1 не совпадет с ранее рассмотренным случаем. В процессе эксплуатации скважин режимы работы изменяются, необходимо учитывать интерференцию, взаимовлияние, по крайней мере, близ расположенных скважин, ну, конечно, систему разработки – размещение скважин, которая также может меняться. По картам изобар, построенных для различных времен эксплуатации объекта, можно приближенно определить, как смещается граница GG_1 при изменении режимов работы скважин.

5. При выводе полученных формул граничным условием являлись постоянный дебит добывающей скважины и приемистость нагнетательной скважины. Если известны законы их изменения во времени, то приведенные выше распределения давлений и формулы изменятся, но трансформация процесса фильтрации останется. Если на забоях добывающей и нагнетательных скважин задать забойные давления – вместо дебита и расхода, то и в этом случае нетрудно (но утомительно) записать соответствующие формулы и соотношения.

6. Предложенную методику трансформации фильтрационных потоков, используя принцип интерференции скважин, можно обобщить и применить для большего количества скважин с выбранной системой разработки. Отметим, что карты изобар и текущей нефтенасыщенности, построенные с учетом трансформации фильтрационных потоков, не будут совпадать с картами, построенными по общепринятой методике.

Надеемся, что все вышеизложенное послужит для дальнейшего совершенствования гидродинамических моделей разработки месторождений углеводородов.

Список литературы

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. – Москва: Недра, 1984.

2. Борисов Ю.П., Рябинина З.К., Воинов В.В. Особенности проектирования разработки нефтяных месторождений с учетом их неоднородностей. – Москва: Недра, 1976.

3. Бузинов С.Н., Умрихин И.Д. Гидродинамические исследования скважин и пластов. – Москва: Недра, 1973.

4. Грачев С.И., Коротенко В.А., Зотова О.П. К вопросу о двухфазной фильтрации в пористой среде. Бурение и нефть. – М., 2016. – № 5. – С. 50–54.

5. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений: Учеб. для вузов, 2-е изд. – Москва: Недра, 1998.

6. Коротенко В.А., Стасюк М.Е. Определение фильтрационных параметров и оптимального дебита сложнпостроенной залежи нефти. Сб. науч. трудов «Новые технологии для ТЭК Западной Сибири». – Тюмень, 2005. – С. 178–183.

7. Коротенко В.А., Ягафаров А.К., Сумин А.Н., Шлеин Г.А. Гидродинамические исследования скважин, в залежах с высоковязкой нефтью. Известия вузов: Нефть и газ. – ТюмГНГУ, 2012. – № 2. – С. 55–59.

8. Михайлов Н.Н. Остаточное нефтенасыщение разрабатываемых пластов. – Москва: Недра, 1992.

9. Телков А.П., Грачев С.И. Гидродинамика пласта применительно к нефтегазопромысловым задачам разработки месторождений наклонно-направленными и горизонтальными стволами. – Санкт-Петербург: Наука, 2012.

10. Трофимов А.С., Кривова Н.Р., Бердников С.В., Алпатов А.А., Давиташвили Г.И., Гарипов О.М. Обобщение индикаторных (трассерных) исследований на месторождениях Западной Сибири, Тез. докл. Междунар. Технологич. Симпозиума «Новые ресурсосберегающие технологии недропользования и повышения нефтеотдачи». – Москва, 2006. – С. 378–384.

УДК 528.9

ФОРМИРОВАНИЕ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Косиков А.Г., Ушакова Л.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, e-mail: anatolygk@gmail.com, la.ushakova@mail.ru

В статье рассматриваются методы формирования, анализа и визуального воспроизведения многомерных пространственно-временных (3D растровых) моделей окружающей среды, а также структуры представления данных в этих моделях. Рассмотрены основы воспроизведения многомерных географических моделей в форме статических и динамических виртуальных геоизображений, в том числе на базе аппаратных средств объёмного воспроизведения. В качестве иллюстраций приведены примеры виртуальных геоизображений многомерных экспериментальных моделей Земли, Арктики и Антарктики высокого пространственного разрешения. Выделены основные подходы к организации пользовательского интерфейса с многомерными пространственно-временными моделями окружающей среды, обеспечивающие различные степени свободы и широту возможностей для исследователя в управлении отображением формируемых на базе этих моделей виртуальных геоизображений и интерактивному взаимодействию с этими моделями.

Ключевые слова: многомерные пространственно-временные модели окружающей среды, тематические признаковые пространства, виртуальные геоизображения, виртуальное моделирование

FORMATION AND REPRODUCTION OF MULTIDIMENTIONAL SPACE-TIME MODELS

Kosikov A.G., Ushakova L.A.

Moscow State University n.a. M.V. Lomonosov, Moscow, e-mail: anatolygk@gmail.com, la.ushakova@mail.ru

The article discusses methods of formation, analysis and visual playback of multi-dimensional space-time (3D raster) model of the environment, as well as the data presentation structure of these models. Considered the foundation reproduction of multidimensional geographical models in the form of static and dynamic virtual geoimages, including hardware-based volumetric playback. As illustrations are examples of virtual geoimages of multidimensional experimental models of the Earth, Arctic and Antarctic of high spatial resolution. Highlighted the main approaches to the organization of the user interface with multi-dimensional space-time models of the environment, providing different degrees of freedom and the breadth of opportunities for researchers in the management of the virtual geoimages display, formed on the basis of these models, and interact with these models.

Keywords: multi-dimensional space-time models of the environment, thematic feature spaces, virtual geoimages, virtual modelling

Методы формирования, анализа и визуального воспроизведения той или иной цифровой модели опираются в первую очередь на структуру данных модели. Многомерные пространственно-временные модели представляющие информацию, привязанную к объёмным ячейкам пространства-времени, позволяют, в общем случае, поддерживать произвольную структуру и разные категории данных, включая: *номинальные данные*, являющиеся категоризированными или поименованными значениями, в которых фактическое значение, используемое для каждой категории, не имеет собственной, присущей ему значимости, а означает просто значение класса; *порядковые данные*, которые аналогичны номинальным, за исключением того, что значения файла упорядочивают классы в определенную систему, т.е. нумерованных и поименованных классов, представляющих, например, порядковую систему данных; *интервальные данные*, организованные в определенном порядке, для которых интервалы между значениями являются значимыми, но для которых необязательно иметь абсолютный нуль; *соотносительные данные*, которые измеряют условие, которое имеет естественный нуль, как-то: электромагнитное излучение, осадки или наклон местности. Среди этих категорий *номинальные и порядковые* определяются как *категориальные или тематические*, в то время как интервальные и соотносительные данные представляют непрерывные градации и определяются как *непрерывные*. В структуре данных моделей категориальные данные служат также ссылками на записи внешних баз данных, отдельные массивы данных и метаданные.

Содержание многомерных пространственно-временных ячеистых моделей, в своих элементарных ячейках, включающих описания состояний заданного элементарного объёма реального пространства в определённые, избранные моменты времени, формируется посредством про-

ецирования пространственно-координированных временных данных в логически объёмное, трёхмерное пространство модели [3]. Группа методов, ответственная за формирование и наполнение моделей, включает методы проецирования и геометрического преобразования различных видов географических данных в многомерном, логически объёмном пространстве моделей. Исходные географические данные, которые могут быть интегрированы в модель, включают: цифровые модели различных поверхностей многих типов; многие виды данных дистанционного зондирования, в том числе: панхроматические и мультиспектральные космические снимки, гиперспектральные данные, аэроснимки, радиолокационные (радарные) данные, данные лидарной съёмки и др.; базы пространственных данных; временные геоданные; векторные и растровые тематические карты и прочие цифровые геоизображения. Данные проецируются в пространство цифровой модели с заданной системой либо условных трехмерных координат, либо конкретной системой небесных сферических координат, с заданным пространственным экстентом и разрешением.

Методы построения и визуализации 3D растровых, воксельных моделей [7], которых можно считать в определенной мере прообразами многомерных пространственно-временных моделей, к настоящему времени широко применяются в медицине, кинопроизводстве и компьютерных играх, но лишь немногие из современных геоинформационных систем используют подобные методы. Так, геоинформационная система *GRASS* (GRASS Development Team, GNU General Public License) реализует отдельные возможности построения и визуализации 3D растровых моделей в рамках собственного графического интерфейса [8], а ряд программных пакетов 3D-компьютерной графики общего назначения, как, например, *Paraview*, предоставляют инструменты визуализации воксельных моделей, построенных в том числе по географическим данным [5]. Ряд технологий, например технология Voxel Assisted Layered Earth Modeling (VALEM, Geosoft Inc., Canada), позволяют генерировать 3D-воксельные геофизические модели на основе надземных и поверхностных данных гравитационного и магнитного поля Земли для детализации представлений о геологических особенностях отдельных регионов [9]. Используется гибридный подход, который позволяет совмещать гриды, географические поверхности и 3D-растровые воксельные модели в едином виртуальном геоизображении. Выразительные результаты доказывают перспективность исследований в области разработки гибридного подхода в технологиях виртуального моделирования для различных направлений пространственных исследований.

Воспроизведение многомерной модели может быть одномоментным процессом и иметь результатом визуализацию одиночного статичного цифрового геоизображения, но может быть и длительным, в том числе интерактивным, процессом управляемого воспроизведения последовательностей двумерных геоизображений в окне визуализации 2D-дисплея, или управляемой 3D-сцены или голограммы с использованием устройств объёмного воспроизведения. Цифровые пространственные модели, вне зависимости от типа реализации конкретной модели, визуализируются в образной графической форме в огромном числе вариантов электронных геоизображений [2], которые могут быть представлены: плоскими или двумерными геоизображениями (карты, планы, аэро- и космические снимки, фотокарты, космофотокарты, анаморфозы и др.); объёмными или трёхмерными геоизображениями (3D-карты, стереомодели, панорамы, анаглифы, голограммы и др.); динамическими объёмными трёхмерными и четырёхмерными геоизображениями (анимации, фильмы, атласы и *виртуальные геоизображения*). Дизайн виртуальных геоизображений, которые наследуют свойства практически всех перечисленных выше классов, основан на синтезе графических средств создания плоских карт, объёмных моделей, фотоизображений, анимаций, внешних эффектов окружающей среды и звуковых эффектов [1]. Виртуальные геоизображения можно рассматривать как наиболее удачную и универсальную форму воспроизведения цифровых пространственно-временных моделей, что актуализирует разработку методов визуализации и свойств дизайна [4] реальных и абстрактных виртуальных геоизображений для их зрительной интерпретации и интерактивного визуально-инструментального анализа.

Появление 3D-дисплеев, способных отображать информацию не на плоскости, а в реальном трехмерном пространстве, определяет новые требования к наглядности и информативности представления географических данных при воспроизведении

многомерных пространственно-временных моделей. Наиболее перспективные модели этих устройств, которые воспроизводят воспринимаемое объемным изображение без использования дополнительных приспособлений, только начинают появляться [4]. Значительная часть технологий данных устройств зафиксирована пока только в виде отдельных патентов и описаний, и лишь немногие из них реализованы в виде серийных аппаратов. Серийно выпускаемые в настоящее время, как на базе LCD-панелей, так и на базе плазменных панелей, *стереоскопические дисплеи* воспроизводят два ракурса объемной сцены, которые формируют только иллюзию объемного – стереоскопическое изображение. В анонсах и обзорных статьях, содержащих описания экспериментальных образцов, описываются *многовидовые 3D-дисплеи*, которые отображают несколько последовательных ракурсов объемной сцены, из которых каждые два составляют стереопару и воспроизводят широкую зону стереоэффекта, обеспечивая большую глубину объема воспроизведения. *Волюметрические дисплеи* визуализируют изображение в виде вокселов в некотором фиксированном объеме воспроизведения, обеспечивая создание реального объемного изображения и возможность его наблюдения под большими углами зрения. Наиболее перспективными в ряду данных устройств можно признать *голографические дисплеи*, воспроизводящие подобие традиционной голограммы. Они отображают световое поле реальной объемной сцены через множество воспроизводимых ракурсов и обеспечивают максимально реалистичное 3D-изображение, обладающее всеми оптическими свойствами отображаемых реальных объектов. Так, *технология создания голографических изображений* ZScape (Zebra Imaging Inc., USA) [10] позволяет строить объемные географические карты, переносить 3D-объекты на плоскость и визуализировать их в виде высокого качества голограмм.

При визуализации многомерных моделей в виде статичных геоизображений, как и при воспроизведении динамических виртуальных геоизображений модели, необходимо параллельное отображение ориентирующих и управляющих элементов пользовательского графического интерфейса устройства или системы, определяющие пространственную, в том числе географическую, привязку, ориентацию и масштаб геоизображения, а также временной отчёт, и позволяющих изменять параметры и настройки отображения 2D, 3D и 4D электронных геоизображений.

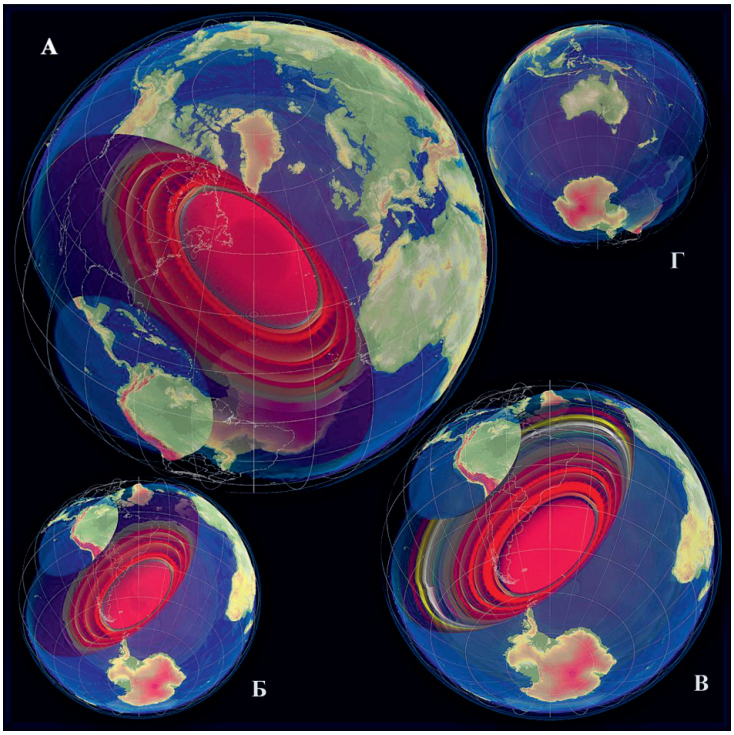


Рис. 1. Варианты визуализации экспериментальной отладочной модели Земли

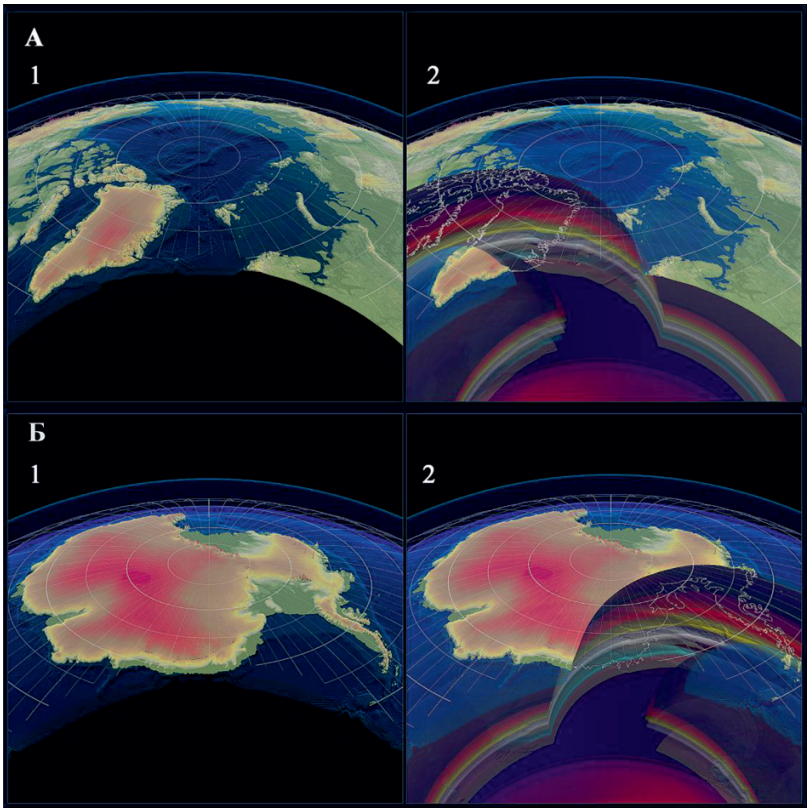


Рис. 2. Варианты визуализации экспериментальных моделей Арктики и Антарктики

Одиночное двумерное виртуальное геоизображение многомерной пространственно-временной модели, например отдельная виртуальная сцена или снимок модели, снятые с заданного ракурса, может быть получено в результате выполнения условного атрибутивного запроса, которым должно определяться, будет ли отображаться та или иная ячейка 3D растра в итоговой сцене, какое из значений свойств будет принимать участие в формировании изображения и каким образом это значение будет отображаться в итоговом изображении. На основе полученной по запросу выборки, с учётом заданных параметров визуализации, а также условий общей освещённости сцены и дополнительных эффектов может быть выполнена операция перебора всех выбранных ячеек, находящихся на линии взгляда условного наблюдателя с заданного выбранным ракурсом сцены местоположения в логическом 3D-пространстве модели для формирования итогового значения цвета элемента растра итогового двумерного изображения. Таким образом, итоговое изображение формируется посредством как бы «просвечивания» логического пространства многомерной модели [6].

На рис. 1 показаны варианты визуализации экспериментальной отладочной модели Земли, содержащей 16 777 216 000 ячеек, с фигурным срезом заданной формы (А – вид со стороны Северного полюса, Б, В, Г – вид со стороны Южного полюса, где визуализируемая модель Земли включает различные условные слои внутреннего строения и отображена с различных ракурсов 3D-сцены; поверхности суши и дна океана отображены оттенками гипсометрической и батиметрической шкал; условные слои внутреннего строения Земли показаны в заданных цветах).

Посредством выполнения пространственно-атрибутивных запросов к многомерной модели могут быть получены 3D изображения фрагментов модели задаваемой формы, 3D изображения со срезами модели задаваемой формы, 3D и 2D изображения задаваемых поверхностей, 2D изображения срезов, 2D карты, снимки и другие варианты двумерных и трехмерных

геоизображений модели. В гибридном подходе, при воспроизведении многомерной пространственно-временной модели, помимо её собственных данных, могут также использоваться векторные и растровые геоданные иных источников пространственной информации. В процессе воспроизведения формируется совмещённое, гибридное геоизображение, в создании которого участвуют 2D и 3D растры и поверхности; 2D и 3D площадные, линейные и точечные векторные покрытия; временные данные; цифровые космические снимки и аэроснимки. Изображение этих данных генерируется одновременно с изображением данных многомерной модели в единой системе либо условных трехмерных координат, либо небесных сферических координат итоговой 3D виртуальной сцены, с заданным пространственным экстентом и разрешением. Использование цвета, прозрачности, вспомогательных эффектов и прочих элементов картографического и художественного дизайна при отображении всех указанных компонентов 3D виртуальной сцены должно обеспечивать читаемость и наглядность сложного, комбинированного изображения.

На рис. 2 показаны варианты визуализации экспериментальных моделей Арктики и Антарктики, каждая из которых содержит по 32 768 000 000 ячеек, где поверхности суши и дна океана отображены оттенками гипсометрической и батиметрической шкал и представлены: А – модель Арктики (1 – вид модели с произвольно заданного ракурса сцены, 2 – с фигурным срезом заданной формы, с отображением условных слоёв внутреннего строения Земли в заданных цветах); Б – модель Антарктики (1 – вид модели с произвольно заданного ракурса сцены, 2 – с фигурным срезом заданной формы).

Более сложным представляется воспроизведение многомерных пространственно-временных моделей в виде динамических виртуальных геоизображений, которое может осуществляться посредством особого интерфейса в программно-управляемой среде, в формируемых виртуальных сценах которой обеспечивается интерактивное взаимодействие пользователя с моделируемым пространством и его отдельными объектами, их зрительное, слуховое и осязательное восприятие [5]; а также, с применением виртуальных аудио-видео переменных графических, анимационных, объёмных, звуковых и прочих эффектов, реализуется управление свойствами отображения моделируемых объектов. Этот интерфейс может включать и инструменты интерактивного редактирования моделей. Динамические виртуальные геоизображения могут отображать различные временные состояния отобранных свойств пространственно-временной модели и быть реализованы в подобие видеофильма или анимации. Наиболее перспективный вариант воспроизведения свойств модели в рамках программно-управляемой среде, предоставляющий исследователю возможность взаимодействия с самой моделью, предусматривает возможность визуализации модели в режиме реального времени, что требует от компьютерных систем наличия значительных объёмов оперативной памяти и высочайшего быстродействия. Возможно создание предварительной записи 3D-сцен модели, снятых с множественных ракурсов для отображения в заданных условных знаках отобранных свойств модели, что даёт при просмотре во вьюере возможность быстрого, управляемого пользователем перемещения между 3D виртуальными сценами, но ограничивает возможности перемещения внутри виртуальной модели числом отснятых 3D сцен и исходными условиями их формирования. Подход, состоящий в формировании и сохранении дочерней, упрощённой по свойствам, пространственному и/или временному охвату, и/или пространственному разрешению от исходной пространственно-временной модели, при визуализации в соответствующей программно-управляемой среде, предусматривает формирование 3D-сцен модели на лету, а следовательно, обеспечивает возможность перемещения наблюдателя между любого ракурса виртуальными 3D-сценами в произвольном порядке по любой выбранной траектории и настройку *виртуальных аудио-видео переменных* и параметров воспроизведения виртуальной 3D сцены в реальном времени. Вариант, предполагающий воспроизведение виртуальных геоизображений на базе исходной, полной пространственно-временной модели в реальном времени в программно-управляемой среде, даёт исследователю максимальную свободу и возможности управления свойствами и *виртуальными аудио-видео переменными* отображения модели, обеспечивает возможность прямого редактирования и обработки модели и/или её, задаваемых пространственными и/или временными границами, областей.

Список литературы

1. Берлянт А.М. Виртуальные геоизображения. – М.: Научный мир, 2001. – 54 с.

2. Берлянт А.М. Теория геоизображений. – М.: ГЕОС, 2006. – 261 с.

3. Косиков А. Идеальные модели реальности для географических исследований // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 5. – С. 81–87. http://journal.miigaik.ru/arhiv_zhurnalov/2014/.

4. Ушакова Л., Косиков А. Картографический дизайн многомерных географических моделей // Геодезия и картография. – 2014. – № 12. – С. 29–37. http://journal.cgkipd.ru/archive/2014-december.

5. Косиков А., Ушакова Л. Виртуальное моделирование и многомерные географические модели // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 2. – С. 164–169.

6. Косиков А., Ушакова Л. Виртуальные геоизображения пространственно-временных моделей окружающей среды // Геодезия и картография. – 2016. – № 5. – С. 43–51. http://journal.cgkipd.ru/archive/2016-may.

7. Volume Graphics / A. Kaufman, D. Cohen, R. Yagel// IEEE Computer. – July 1993. – Vol. 26, № 7. – P. 51–64.

8. GRASS – 3D raster data in GRASS GIS // [Электронный ресурс]: URL: https://grass.osgeo.org/grass71/manuals/raster3dintro.html (дата обращения: 10.11.2015).

9. G. Chandler. A hybrid solution worth its salt // Earth Explorer. – March 25, 2015. [Электронный ресурс]: URL: http://www.earthexplorer.com/2015/A_Hybrid_Solution_Worth_its_Salt.asp (дата обращения: 10.11.2015).

10. Zebra Imaging // [Электронный ресурс]: URL: http: // www.zebraimagingstore.com/default.asp (дата обращения: 10.08.2014).

УДК 552.11

НОВЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОМ ВОДОРАЗДЕЛЕ (ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

Костин А.В.

ФГБУН «Институт геологии алмаза и благородных металлов» Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН), Якутск, e-mail: kostin@diamond.ysn.ru

При изучении теневого рельефа Якутии на площади Лено-Вилюйского района была обнаружена ранее не известная магматогенная структура, при заверке оказавшаяся вулканическим аппаратом, состоящим из конуса дацитовых лав и покрова андезитов, залегающего на нижне-верхнемеловых редуцированных отложениях (104–93,5 млн лет). Соответственно, возраст вулканизма – не древнее верхнего мела. Площадь развития вулканических пород занимает до 1000 км^2 и характеризуется сейсмическими событиями слабой и умеренной интенсивности. Установлены два типа вулканических аппаратов. Андезитовый тип представлен вулканическим пирокластическим конусом и кольцевыми валами вокруг конуса, дацитовый тип – вулканическим конусом и несколькими лавовыми потоками. Рудная специализация вулканизма проявлена в бариевом метасоматозе с наложенной медно-серебряной минерализацией халькопирита, галенита, аргентита, имитерита, миаргирита и самородного серебра. Ксенолиты в лавах представлены породами ультраосновного состава.

Ключевые слова: ГИС, вулканизм, рудный узел, андезиты, дациты, Лено-Вилюйский водораздел, Якутия

A NEW GEOLOGICAL FEATURE OF VOLCANIC ORIGIN IN THE LENA-VILYUI WATERSHED (EAST OF SIBERIAN PLATFORM)

Kostin A.V.

Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: kostin@diamond.ysn.ru

In the study of the shadow relief of Yakutia on the area of the Lena-Vilyuy district was discovered previously unknown magmatic structure, with the certification of trapped volcanic unit, consisting of a cone dacite lavas and andesites cover lying on the lower-upper Cretaceous sediments reduced (104–93,5 million years). Accordingly, the age of volcanism is not older than upper Cretaceous. The area of development of volcanic rocks is up to 1000 km^2 and is characterized by seismic events of mild to moderate intensity. There are two types of volcanic edifices. Andesitic type is represented with volcanic pyroclastic cone and annular ramparts around the cone, dacite type of volcanic cone and several lava flows. Ore specialization of volcanism is manifested in the barium metasomatism with superimposed copper-silver mineralization of chalcopyrite, galena, argentite, imiterite, miargyrite and native silver Xenoliths in lavas are represented by the ultrabasic rocks.

Keywords: GIS, volcanism, ore cluster, andesites, dacites, Leno-Vilyui watershed, Yakutia

Проявление позднеюрского – раннемелового вулканизма в Вилюйской синеклизе и ее обрамлении в виде прослоев вулканических туфов мощностью до 10 м отмечалось многими исследователями [9, 10]. При этом за все годы не было обнаружено ни одной вулканической структуры, с которой можно было бы увязать продукты вулканической деятельности этой территории. Работами ИГАБМ СО РАН на Лено-Вилюйском водоразделе в 2014 году [5] впервые был установлен ранее не известный вулканический конус, сложенный дацитовыми туфами, лавами и лавобрекчиями. Позднее, на космоснимках, были найдены и заверены полевыми работами обширные поля красных грубозернистых туфов андезитов, которые являются хорошим поисковым признаком вулканической активности этого региона [7]. Обнаруженным новым геологическим образованиям были даны названия: вулканическая структура – «Тень-01», вулканическое поле – «Тюгенинское» [4–6]. Районы развития вулканизма всегда сопровождаются рудными месторождениями Au, Ag, Cu, Pb, Zn и др., поэтому целью данного исследования является выяснение особенностей геологического строения вулканического поля и характера сопровождающей рудной минерализации.

Метод выявления вулканических структур

Выявление структуры магматогенного происхождения осуществлялось с использованием цифровой модели рельефа с разными углами подсветки (теневой рельеф). При вертикальном положении источника света теневой рельеф контрастно проявляет малые интрузивные тела [4], что позволило обнаружить потенциальный объект вероятного магматического происхождения, а в 2014–

2016 годах полевыми работами подтвердить его вулканогенную природу. Интегрирование в ГИС проект космических снимков среднего и высокого разрешений (Landsat-8 и Microsoft – BingMaps) позволило с высокой детальностью установить контуры вулканической структуры, отдешифрировать взаимоотношения и границы лавовых потоков.

Результаты исследования и их обсуждение

Вулканические постройки Тюгенинского вулканического поля протягиваются в С–С-З направлении и сложены андезитовыми и дацитовыми лавами, включая лавы жерловой фации, кластолавы, лавобрекчии, туфолавы, пемзы и красные туфы (рис. 1 и 2). На севере преобладают вулканиты андезитового, а на юге – дацитового состава. Андезиты лежат на отложениях батылыхской свиты (K_1bt – 145,8–124,5 млн лет), редуцированных в аграфеновское ($K_{1-2}ag$ – 104–93,5 млн лет) и чиримыйское (K_2cr – 93,5–86,6 млн лет) время, а конус дацитов прорывает эти отложения. На сегодняшний день уверенно диагностированы два различных по морфологии типа вулканических аппаратов. Первый связан с полями андезитовых лав, второй – с дацитовыми и описанный ранее как вулкан «Тень-01» [5–7].

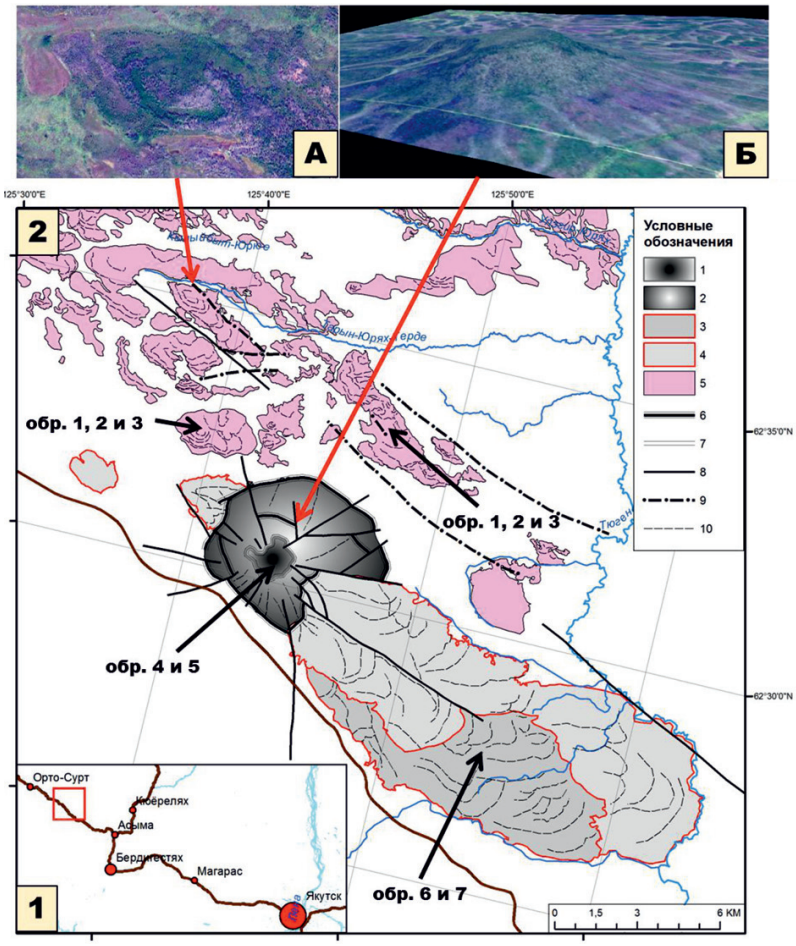


Рис. 1. Вулканическая постройка Лено-Вилюйского водораздела: 1 – Схема расположения вулканической постройки на Лено-Вилюйском водоразделе; 2 – Вулканическая постройка «Тень-01» по результатам дешифрирования космических снимков картографического сервиса Microsoft – BingMaps и заверки полевыми работами (1 – жерло вулкана «Тень-01»; 2 – конус вулкана; 3 – первый лавовый поток; 4 – второй лавовый поток; 5 – андезиты; 6 – граница вулканического конуса; 7 – граница жерла вулкана; 8 – радиальные разломы вулканического конуса; 9 – сдвиги левосторонние; 10 – лавовые потоки); А – Вулканический пирокластический конус андезитового типа и валы – внешний 1280 м, внутренний – 680 м.; Б – Вулканический конус «Тень-01»: 3D композит цифрового рельефа и снимка картографического сервиса Microsoft BingMap. Номера образцов соответствуют типам вулканических пород на рис. 2

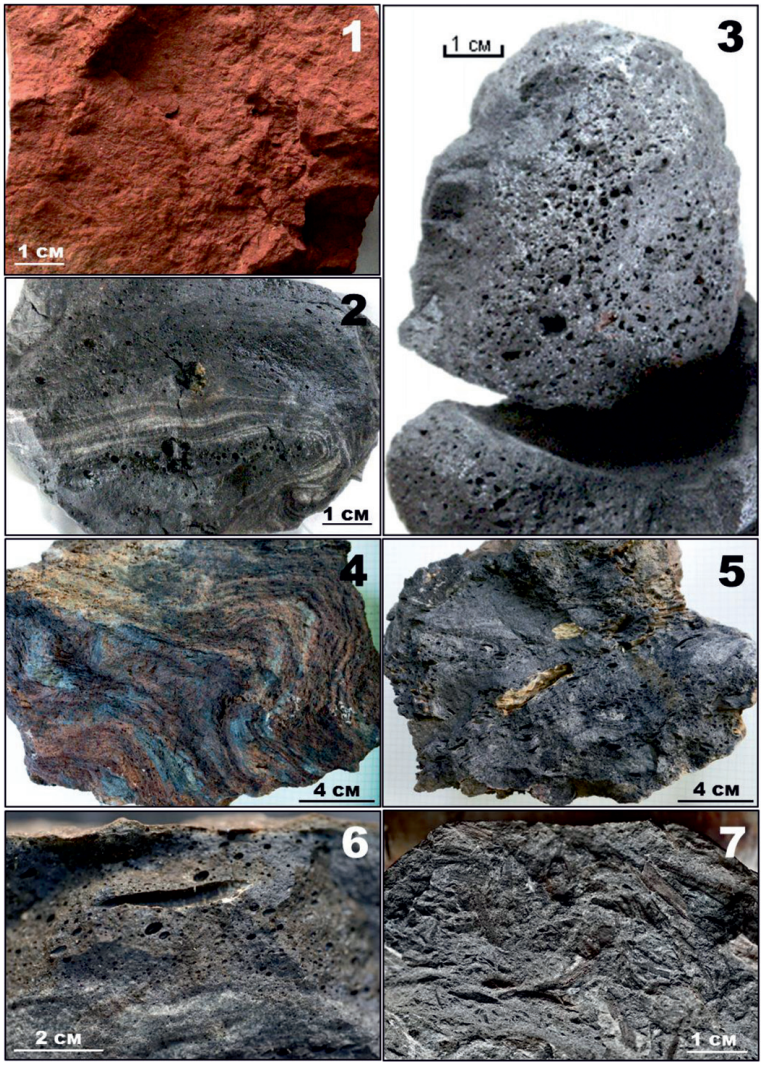


Рис. 2. Образцы вулканических пород (с привязкой к рис. 1). 1 – Красные туфы (обр. 1006-6); 2 – Полосчатая и волнистая лава андезитов (темное) с прослойками и линзовидными обособлениями дацитов (светлое) и обсидиана (черное) (обр. 1006-1); 3 – Вулканическая пемза с шаровой отдельностью (обр. 1006-3); 4 – Полосчатая и волнистая лава дацитов (обр. 10107); 5 – Вулканическая лава и пемза с вытянутыми пузырями (обр. 10102); 6 – Вытянутая форма пузырей в лавовом потоке дацитов (обр. 1029-1); 7 – Лавы и туфолавы дацитов с остатками несгоревшей флоры папоротников (обр. 1029-2)

Андезитовый тип представлен вулканическим пирокластическим конусом и кольцевыми валами вокруг конуса, сложенными красными туфами. Андезиты и андезибазальты массивные и миндалекаменные, с редкими порфировидными выделениями и гломеровыми скоплениями удлиненных табличек неотчетливо зонального, полисинтетически сдвойникованных андезина [$Ab_{52}An_{45}Or_3$] и лабрадора [$Ab_{47,5}An_{51}Or_{1,5}$] в вулканическом стекле преимущественно санидинового [$Ab_{42,5}Or_{57,5}$] состава.

Вулканическое сооружение, сложенное андезитовыми лавами, представлено кольцевой долиной (депрессией) в кальдере, окруженной серией валов (рис. 1, А) вулканических пород. Излияния, вероятно, носили трещинный характер, так как практически все приурочены к С-З разломам левосдвиговой кинематики.

Дацитовый тип представлен вулканическим конусом (рис. 1, Б) и несколькими потоками лав. Конус имеет правильную форму с пологими склонами, усеченный приблизительно на одну треть и возвы-

шающийся на 70 метров над окружающей местностью. Основание конуса является почти правильным кругом, диаметром 2,5 км. Усеченная поверхность конуса ровная, пологая, наклонена к востоку, имеет неправильную округлую форму диаметром около 800 метров и покрыта растительным покровом. Объем вулканического конуса, вычислен по цифровому рельефу программным комплексом MicroDem и составляет 133,3 млн м^3. Это позволяет косвенно оценить возможный объем вулканического материала. Коренные обнажения дацитов наблюдаются по краям кратера и на склонах конуса. Дациты флюидально-такситовые со стекловатой основной массой полевошпат-кварцевого состава и микролитами ортоклаза, олигоклаза и санидина, реже – андезина и лабрадора. Среди разновидностей пород отмечены дациты жерловой фации, волнистые и полосчатые лавы, лавобрекчии, туфолавы. Вулканический конус и лавовые потоки на космических снимках диагностируются отчетливо. Более молодые потоки выглядят серыми, более старые – покрыты зеленой растительностью. Лавовые валы можно увидеть по краям молодых потоков. Они формируются, когда лава остывает и затвердевает по краям и в верхней части потока, в то время как центральный поток по-прежнему продолжает продвигаться вперед. В туфолавах удаленной части потока (рис. 1, обр. 6 и 7) сохранились остатки флоры папоротников.

Ксенолиты магматогенной природы постоянно присутствуют в лавах вулкана «Тень-01», представлены раскристаллизованными породами высокой плотности (более 3 гр/см^3) темно-зеленых оттенков, могут быть отнесены к субвулканической фации глубинности и характеризовать глубокозалегающие породы магматического очага. По соотношению суммы щелочей к кремнезему (TAS-диаграмма, рис. 3), ксенолиты относятся к пикритам, ультраосновным и основным пикробазальтам.

В целом породы вулканической постройки относятся к группе кислых, нормально-щелочной и низко-щелочной серий. Эволюция составов вулканитов Тюгенинского вулканического поля, с учетом составов ксенолитов, в общем, имеет гомодромную направленность, выраженную в проявлении на начальной стадии пикритовых расплавов, а на последующих – пикробазальтовых, андезитовых, дацитовых и риодацитовых типов пород. Риолиты в пределах вулканического поля отсутствуют (рис. 3).

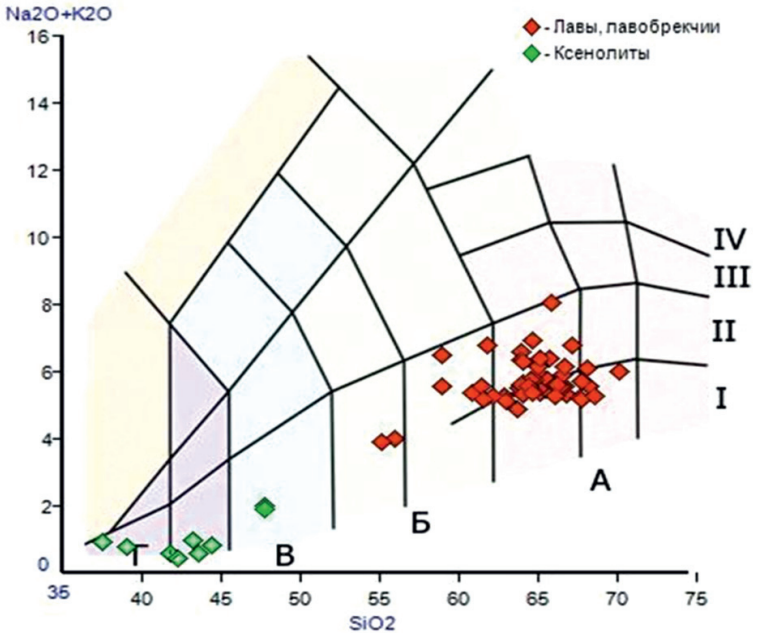


Рис. 3. TAS-диаграмма сумма щелочей – кремнезем для классификации вулканических пород [13, 14]: Серии: I – Низко-щелочная; II – Нормально-щелочная; III – Умеренно-щелочная; IV – Щелочная. Группы: А – Кислые; Б – Средние; В – Основные; Г – Ультраосновные

Таблица 1

Состав монацита

Образец	P_2O_5	CaO	La_2O_3	Ce_2O_3	Nd_2O_3	ThO_2	Сумма
10102	29,63	2,18	10,06	27,80	16,91	11,97	98,6
10102	30,82	2,52	14,58	30,06	8,91	11,94	98,84
10102	33,64	2,70	13,57	30,74	6,59	10,85	98,09
10102	32,79	2,56	13,08	27,65	9,29	12,62	97,99
10102	34,42	2,00	14,90	30,37	9,49	9,27	100,45
10102	33,33	2,49	13,22	26,15	10,95	13,93	100,07

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480 LV, аналитик С.К. Попова.

Таблица 2

Химический состав клиноэнстатита в лавах и вычисленное по содержанию Al_2O_3 давление (P, кбар)

MgO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	TiO_2	FeO	Сумма	P, кбар
26,53	3,99	54,47	–	–	15,37	100,36	7,23
23,74	5,22	52,79	–	–	16,94	98,69	8,42
24,69	7,13	50,17	0,69	–	15,62	97,61	9,34
24,27	6,35	51,25	–	0,11	15,63	101,64	9,03
24,5	5,26	54,26	–	–	17,62	101,64	8,45

Примечание. Клиноэнстатит подтвержден на дифрактометре D2 PHASER Bruker, картотека PDF-2, близка карточка 00-035-0610, самые сильные отражения для клиноэнстатита d(I) – 2,874(100); 2,976 (69), аналитик Н.В. Заякина.

Типоморфные минералы вулканического комплекса разнообразны, но наибольший интерес представляют минералы переменного состава (монацит), ксеногенные минералы в лавах, самородные металлы и наложенная рудная минерализация в лавах.

Монацит (LREE)PO_4 – моноклинный ортофосфат легких РЗЭ. В лавах вулкана Тень-01 встречается повсеместно и относится к акцессорным минералам. Микрозондовые исследования (табл. 1) показали, что монацит относится к **Ce**-разновидности с небольшим содержанием **Ca**. Его отличительной особенностью является высокая концентрация **Th**, что в целом характерно для кислого – среднего вулканизма [12].

Из **ксеногенных минералов** в дацитах установлены циркон, самородное железо, магнетит, титаномагнетит и шпинелиды (хромшпинелид, магнезиоферрит и ульвошпинель). К ксеногенным минералам андезитов относится циркон, магнезиоферрит, ильменит, гранат [$Pyr_{75-82}Alm_{18-25}$]. По содержанию MgO (2,87–3,88 %) ильменит может быть отнесен к низко магнезиальному типу [8]. На зернах ильменита присутствует магнезиоферритовая реакционная кайма, шириной до 20 nm, содержащая 0,7–1,22 % Cr_2O_3. Al-содержащий клиноэнститит (табл. 2) является индикатором высокобарических условий минералообразования. По данным Л.Л. Перчука [11] при увеличении давления растет содержание Al_2O_3 в Орх, характер зависимости описывается уравнением

$$\mathbf{y}\ (P, \text{кбар}) = 0{,}0323\mathbf{x}^3 - 0{,}6841\mathbf{x}^2 + 5{,}2039\mathbf{x} - 4{,}6906,$$

где x – содержание Al_2O_3 в пироксене.

Большая часть ксеногенных минералов имеет округлые формы со следами растворения по краям зерен.

Самородные металлы относятся к редким и обычно представлены обособленными изометричными, реже удлиненными частичками с неровными краями размером в первые десятки nm. Установлены медь (преобладает), алюминий, серебро, железо и олово. Характерной особенностью минералов являются их примеси: Al (до 8,44 %), Sn (до 16,06 %) и Mn (до 2,23 %) в самородной меди; Cu в самородных алюминии (до 2,11 %) и серебре (до 9,2 %); Mn (до 1,31 %)

в самородном железе. Самородное олово химически чистое.

Рудные минералы в вулканитах представлены наложенным Ba-Ag-Cu минеральным парагенезисом. Из минералов **Ba** установлены барит, цельзиан и гиалофан. С ними ассоциируют кварц, халькопирит, галенит и ряд минералов серебра (табл. 3): аргентит, имитерит, миаргирит и самородные серебро и медь [6, 7].

Таблица 3

Минералы серебра бариевых метасоматитов

S	Ag	Hg	Sb	Сумма
Серебро самородное				
–	97,43	–	–	97,43
–	96,43	–	–	96,43
Аргентит				
12,72	84,17	–	–	96,89
13,73	85,08	–	–	98,81
Имитерит				
11,68	50,85	35,7	–	98,23
10,87	52,17	36,84	–	99,88
11,44	52,36	35,83	–	99,63
Миаргирит				
20,61	39,59	–	39,72	99,92
19,4	38,31	–	36,82	94,53
20,54	38,88	–	39,9	99,32
20,0	41,67	–	38,13	99,8

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480 LV, аналитик С.К. Попова.

Выводы

На Лено-Вилюйском водоразделе впервые обнаружена структура вулканогенной природы мелового возраста, с которой связаны излияния андезитовых и дацитовых лав. Эта находка объясняет происхождение описанных начиная с 1960-х гг. многочисленных проявлений вулканических туфов в обнажениях притоков р. Вилюй [1, 2, 3]. Металлогеническая специализация вулканических образований серебро-медная. Однако многочисленные проявления россыпного золота в регионе позволяют предполагать наличие и золотоносных руд, которые еще пока не обнаружены. Значительный интерес в понимании полноты вулканического процесса может оказать изучение ксенолитов магматогенной природы в лавах. Собранный на сегодняшний день материал свидетельствует о разнообразии поднимаемых лавами с глубин ксенолитов, что представляет большой научный интерес и требует пристального изучения.

Исследования выполнены по плану НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2016-0004.

Список литературы

1. Гольбрайх Г.И., Тодоровская В.Н. О находке туфогенных пород в нижнемеловых отложениях бассейна р. Ситте // Геология и нефтегазоносность Западной Якутии. – Ленинград: Недра. Труды ВНИГРИ. – 1966. Вып. 249. – С. 182–185.

2. Коссовская А.Г., Шутов В.Д., Муравьев В.П. Мезозойские и верхнепалеозойские отложения Западного Верхоянья и Вилюйской впадины // Труды Геол. ин-та АН СССР. – 1960. – № 34. – 276 с.

3. Коссовская А.Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилюйской впадины и западного Верхоянья. (О формировании минерального состава терригенных пород) // Труды ГИН: вып. 63. – 1962. – 232 с.

4. Костин А.В. Моделирование карты теневого рельефа Якутии средствами ГИС для прогнозирования потенциальных рудно-магматических систем // Наука и образование. – 2010. – № 1. – С.63–70.

5. Костин А.В., Гриненко В.С., Олейников О.Б. и др. Первые данные о проявлении верхнемелового вулканизма зоны перехода «Сибирская платформа – Верхояно-Колымская складчатая область» // Наука и образование. – 2015. – № 1(77). – С. 30–36.

6. Костин А.В. Минеральные парагенезисы анортозитовых ксенолитов и потенциальная рудоносность верхнемелового вулкана Тень-01 (Лено-Вилюйский район, восток Сибирской платформы) // Наука и образование. – 2015. – № 2(78). – С. 35–41.

7. Костин А.В., Гриненко В.С., Трунилина В.А. и др., Тюгенинское вулканическое поле – новый геологический объект востока Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 6–8 апреля 2016 г. – Якутск: Издательский дом СВФУ. – 2016. – С. 380–383.

8. Костровицкий С.И., Яковлев Д.А., Суворова Л.Ф. Эволюция состава пикроильменита из кимберлитовых трубок Якутии // Всероссийское совещание (с участием иностранных ученых) «Современные проблемы геохимии», посвященное 95-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона. – Иркутск, 2012. – Т. 2. – С. 90–93.

9. Маслов В.К. Золото в юрских отложениях Вилюйской синеклизы // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36. – № 1. – С. 81–87.

10. Михайлов В.А., Гаврильев Н.Н. Роль орогенных комплексов Вилюйской синеклизы в золотоносности ее платформенного чехла. – М.: Известия АН СССР. Сер. Геол. – 1976. – С. 110–118.

11. Перчук Л.Л. Термодинамический режим глубинного петрогенеза. – М.: Наука. – 1973. – С. 318.

12. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. – Недра, Ленингр. отд-ние, 1974.

13. Шарпенок Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. TAS-диаграмма сумма щелочей-кремнезем для химической классификации и диагностики плутонических пород // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 56. – С. 40–50.

14. Le Bas M.J. et al. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram //Journal of petrology. – 1986. – V. 27. – № 3. – P. 745–750.

УДК 502/504:631.423.1

КОНЦЕНТРАЦИИ NI, CR И ZN В ПОЧВАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Кошелева Ю.А.

ФАНО ФГБУН «Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения Российской академии наук» (БПИ ДВО РАН), Владивосток, e-mail: yuliyashoo@yandex.ru

В работе проведен сравнительный анализ валовых и «псевдоваловых» форм тяжелых металлов в буроземах Сихотэ-Алинского, Лазовского и Уссурийского заповедников. Раскрывается вопрос важности выбора критерия для оценки содержания тяжелых металлов в почве. Проанализирован элементный состав почв заповедников Приморского края с целью возможности использования этих территорий как фоновых. Полученные результаты подтверждают, что для целей почвенно-экологического мониторинга наиболее подходящим является определение «псевдоваловых» форм тяжелых металлов и сравнение их с установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Сравнение содержания валовых форм тяжелых металлов должно проводиться с кларком, однако эти значения не могут быть использованы для установления уровня загрязнения, поскольку, в процессах миграции участвует лишь часть элементов из валового объема и лишь часть элементов находится в доступной для растений форме.

Ключевые слова: геохимия, элементный состав почв, экология почв, кларки, валовые формы элементов, тяжелые металлы, предельно допустимые концентрации

CONCENTRATION OF NI, CR AND ZN IN THE NATURE RESERVE SOILS OF PRIMORSKY REGION

Kosheleva Yu.A.

Institute of biology & soil science Far Eastern branch of Russian academy of sciences (IBSS FEB RAS), Vladivostok, e-mail: yuliyashoo@yandex.ru

The comparative analysis of two forms of heavy metal in soils of the Primorsky Krai Nature Reserves in the article. Reveals the importance of choice the assess criteria of heavy metals the content in the soil. Analysis the elemental composition of the Nature Reserves soils for the possibility of using these areas as a background was held in this research. The obtained results confirm that, for the purpose of soil-ecological monitoring is the most appropriate definition of «pseudo gross» forms of heavy metals and their comparison with the established maximum permissible concentrations (MPC). The content of total forms of heavy metals should be compared to the clark value, however, these values cannot be used to establish the level of contamination, because in the process of migration involved only part of the elements of the gross and only part of the elements to be in plant-available form.

Keywords: geochemistry, elemental composition of soils, soil ecology, clarkie, gross forms of elements, heavy metals, maximum permissible concentration

В связи с увеличением темпов индустриализации все чаще возникает проблема ухудшения качества окружающей среды и ее загрязнения. За последние несколько десятилетий исследование элементного состава почв стало неотъемлемой составляющей в системе экологического контроля. Почва является важнейшим компонентом биосферы, исполняя роль буферной системы, она препятствует попаданию повышенных концентраций тяжелых металлов и других загрязнителей через растения в организм человека.

Для получения достоверных статистических данных о содержании тяжелых металлов в почвенном покрове того или иного региона важно выделить фоновые, ненарушенные почвы. Однако в связи с активным увеличением числа новых жилых и промышленных объектов на территории Приморского края площади участков незатронутых антропогенной деятельностью стремительно сокращаются. На сегодняшний день полностью ненарушенные почвы, с минимальным техногенным воздействием, сохранились только на территориях заповедников.

Кроме того, большинство данных по содержанию загрязняющих веществ в почве к настоящему моменту устарели и предлагаемые для расчета фоновые показатели утратили свою актуальность, вследствие все более нарастающего антропогенного пресса. Выбор критерия для сравнения также является важнейшим этапом при почвенно-экологическом мониторинге. В большинстве случаев в качестве критерия для оценки качества почв используются установленные уровни предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК), однако это не всегда актуально. Поскольку зачастую выявляется

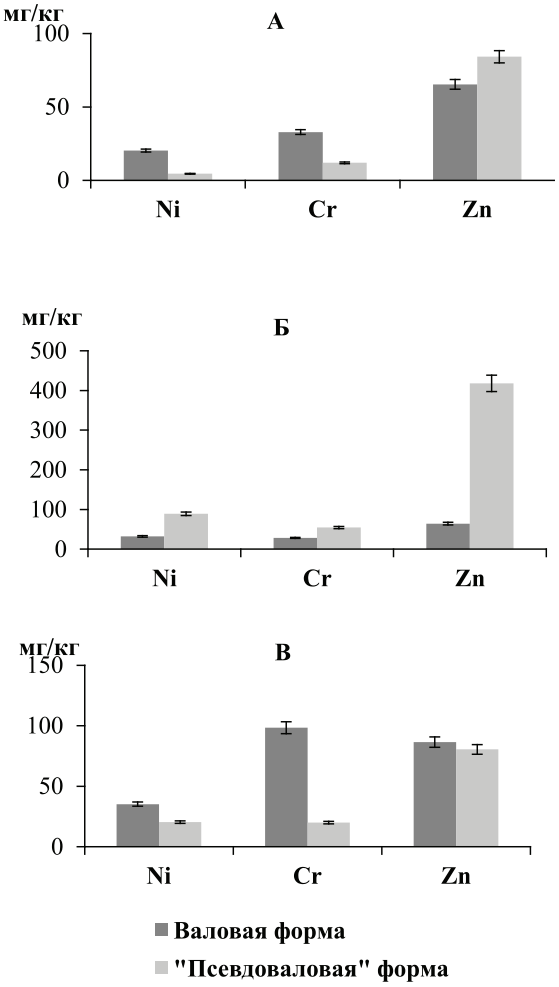
несоответствие между используемыми исследователями методиками извлечения металлов из почв и методами, рекомендованными разработчиками ПДК и ОДК. Чаще всего в почвах определяется содержание валовых форм элементов [1, 10]. Но определение содержания только валовых форм элементов не позволяет дать полную оценку экологического состояния почв, поскольку токсическое действие поллютантов зависит от степени их окисления, от формы их нахождения в почвах, а кроме того, характера и направленности почвообразовательного процесса.

Выбор критерия для оценки качества почв по содержанию тяжелых металлов должен зависеть от извлекаемой формы исследуемого элемента. Наиболее подробно эта проблема описана в статье О.В. Нестеровой и др., в которой авторы предлагают называть валовое содержание элементов, о котором идет речь в нормативных документах – «псевдоваловым» [7]. Традиционно под валовым содержанием элемента в почве принято считать его общее содержание, независимо от форм соединений [9]. В такой форме содержание элемента можно получить в случае полного разложения навески почвы до раствора, либо физическими методами. А формы тяжелых металлов, приведенные в нормативных документах, рекомендуется извлекать из почв экстракцией пятимолярной азотной кислотой, чего недостаточно для извлечения валовых форм элементов.

Целью нашей работы была оценка содержания Ni, Cr и Zn в буроземах трех заповедников Приморского края и установление возможности использования данных почв как фоновых.

В качестве объектов исследования были выбраны буроземы типичные, сформированные на территориях Сихотэ-Алинского государственного природного биосферного заповедника им. К.Г. Абрамова, Лазовского государственного природного заповедника им. Л.Г. Капланова и Уссурийского государственного природного заповедника им. ак. В.Л. Комарова. Буроземы являются зональным типом почв для всей территории края. Климат исследуемых заповедников носит ярко выраженный муссонный характер, проявляющийся в резко противоположной смене направления ветра зимой и летом, с сухой, холодной, малоснежной зимой и жарким, влажным, дождливым летом [5].

Анализ элементного состава почвенных образцов проводили методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа в формате количественного анализа в вакуумной среде с использованием государственных стандартных образцов сравнения, а также методом атомно-абсорбционной спектрометрии [6, 11]. Содержания элементов в опытных образцах, извлеченных пяти молярным раствором азотной кислоты сравнивались с установленными уровнями ПДК и ОДК, данные, полученные методом рентгенофлуоресцентного анализа с установленными кларками [2–4].



Содержание валовых и «псевдоваловых» форм тяжелых металлов в почвах Сихотэ-Алинского (А), Лазовского (Б) и Уссурийского (В) заповедников

Состав коренных горных пород может быть одной из основных причин возникновения повышенных концентраций тяжелых металлов в ненарушенных почвах. Территории Лазовского и Сихотэ-Алинского заповедников располагаются в зонах природных геохимических аномалий, с по-

вышенным содержанием Zn и Fe [8]. Природных геохимических аномалий с повышенным содержанием элементов в горных породах на территории Уссурийского заповедника не отмечено. Подробное геохимическое описание, а также состав коренных горных пород представлены в предыдущих работах [12, 13].

По величине среднего содержания в почвах Сихотэ-Алинского заповедника валовые и «псевдоваловые» формы располагаются в следующем убывающем ряду: Zn > Cr > Ni. В почвах Лазовского заповедника распределение элементов по величине среднего содержания всех исследуемых форм тяжелых металлов, имеет следующий вид: Zn > Ni > Cr. Убывающие ряды среднего содержания тяжелых металлов в почвах Уссурийского заповедника различаются в зависимости от формы нахождения элемента, валовые формы: Cr > Zn > Ni; «псевдоваловые» формы: Zn > Ni > Cr (рисунок).

Профильное распределение исследуемых элементов указывает на накопление их «псевдоваловых» форм в верхней и средней частях почвенного профиля, в Лазовском заповеднике. В почвах Сихотэ-Алинского заповедника накопление «псевдоваловых» форм Cr и Zn приурочено к верхней и средней частям почвенного профиля, а максимальная концентрация Ni обнаружена в нижней части почвенного профиля. Максимальные концентрации Ni и Zn в почвах Уссурийского заповедника отмечаются в верхней и нижней частях почвенного профиля, в то время как максимальное содержание Cr приурочено к нижней части почвенного профиля. Максимальные концентрации элементов, обнаруженные в верхнем и среднем горизонтах, могут быть связаны с несколькими факторами: направленностью процесса буроземообразования, процессами взаимодействия элементов с органической частью почв, а также возможным поступлением этих элементов в составе техногенных потоков (таблица).

Превышения установленных значений ПДК и ОДК в почвах Лазовского и Сихотэ-Алинского заповедников были характерны и ожидаемы для исследуемых территорий, поскольку концентрации Zn, Cr и Ni повышены в горных породах, что подтверждается картографическими данными о природных геохимических аномалиях на данных [8]. На территории Уссурийского заповедника зон с природными геохимическими аномалиями исследователи не выделяют, однако в исследованных почвах наблюдается превышение концентрации Cr установленной ПДК по всему профилю, а также превышение ПДК Ni в верхнем горизонте почвенного профиля.

Содержание валовых и «псевдоваловых» форм тяжелых металлов в почвах заповедников Приморского края (мг/кг)

Тип почв, заповедник	Горизонт	Ni		Cr		Zn	
		валовые формы	«псевдо-валовые» формы	валовые формы	«псевдо-валовые» формы	валовые формы	«псевдо-валовые» формы
Сихотэ-Алинский заповедник	AY	25,90	3,64	89,40	6,02	64,10	232,04
	AYBM	21,51	3,02	90,30	2,19	71,51	33,76
	BM1	19,62	4,16	90,51	3,11	50,32	45,52
	BM2	18,73	4,21	91,23	2,73	49,78	37,56
Лазовский заповедник	AY	16,21	116,90	91,20	73,10	72,13	313,50
	AYBM	21,00	102,60	95,80	74,30	52,32	471,20
	BM1	32,32	172,20	80,51	105,90	69,71	558,70
	BM2	24,50	79,00	95,91	50,20	39,00	385,70
Уссурийский заповедник	AY	21,00	7,89	100,10	11,95	74,10	103,02
	AYBM	41,40	27,61	100,40	10,63	102,60	66,42
	BM1	24,20	19,03	99,20	9,37	77,00	36,47
	BM2	30,40	20,55	97,80	20,02	92,20	80,49
ПДК			4,00		6,00		
ОДК			40,00				110,00
Кларк по А.П. Виноградову, 1957		40,00		90,00		50,00	

Уссурийский заповедник расположен в 50 км от ближайшего населенного пункта, г. Уссурийска. Несколько лет назад, через территорию заповедника проходила грунтовая автомобильная дорога, эти факторы могут оказывать непосредственное влияние на повышенные концентрации элементов в почвенном профиле.

Общая тенденция внутрипрофильного распределения валовых форм элементов в почвах Сихотэ-Алинского заповедника указывает на их накопление в верхней и средней частях почвенного профиля, за исключением Cr, максимальное содержание которого отмечается в средней и нижней частях почвенного профиля (таблица). В почвах Лазовского заповедника внутрипрофильное распределение валовых форм указывает на их накопление в верхней и средней частях почвенного профиля, а максимальная концентрация Ni приурочена к средней и нижней части почвенного профиля.

Кларковый уровень превышен по содержанию Zn до 2 раз и Cr до 1,2 раза во всех исследованных почвах. Повышенная по сравнению со значением кларка концентрация Ni отмечена в почвах Уссурийского заповедника, где наблюдаются наибольшие превышения кларковых значений по всем исследуемым элементам (таблица). Как уже отмечалось, повышенные концентрации элементов в нижней части почвенного профиля определяются составом подстилающих пород и направленностью процесса буроземообразования. А возможной причиной возникновения повышенных концентраций элементов в верхних горизонтах может быть их техногенный привнос.

Повышенный уровень концентрации тяжелых металлов по сравнению со значением кларка не может быть использован для установления уровня загрязнения, поскольку меньшая доля элементов из валового объема способна участвовать в миграционных процессах и быть доступной для растений.

Результаты исследований подтвердили, что для целей почвенно-экологического мониторинга наиболее подходящим является определение «псевдоваловых» форм тяжелых металлов. Исходя из особенностей элементного состава исследованных почв, буроземы типичные Сихотэ-Алинского заповедника подходят в качестве фоновых почв при мониторинге содержания Ni и Cr. Почвы Уссурийского заповедника подходят в качестве фоновых для мониторинга содержания Ni и Zn. Буроземы типичные Лазовского заповедника не могут быть использованы в качестве фоновых при мониторинге содержания Ni, Zn и Cr, поскольку находятся в зоне концентрации нескольких природных геохимических аномалий с повышенным содержанием этих элементов. В этом случае необходимо разрабатывать региональную шкалу, учитывающую эти особенности территории.

Список литературы

1. Большаков В.А., Краснова Н.М., Борисочкина Т.И., Сорокин С.Е., Граковский В.Г. Аэрогенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1993. – 90 с.

2. Виноградов А.П. Геохимия редких рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АНСССР, 1957. – 238 с.

3. ГН 2.1.7.2511-09. «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы». – М., 2006. – 15 с.

4. ГН 2.1.7.2041.-06 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы». – М., 2006. – 15 с.

5. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. – М.: Изд-во Наука, 1976. – 200 с. РД 52.18.191-89.

6. М-02-0604-2007 «Методика выполнения измерений массовой доли кремния, кальция, титана, ванадия, хрома, бария, марганца, железа, никеля, меди, цинка, мышьяка, стронция, свинца, циркония, молибдена, в порошковых пробах почв и донных отложений рентгеноспектральным методом с применением энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных спектрометров типа EDX фирмы Shimadzu». http://csl.isc.irk.ru/BD/Books/почвы%20дал%20востока.pdf.

7. Нестерова О.В., Трегубова В.Г., Семаль В.А. Использование нормативных документов для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами // Почвоведение. – 2014. – № 11. – С. 1375-1380.

8. Олейников А.В., Сясько А.А. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Партизанской, Киевки, Черной и Милоградовки // Отчет Партизанского участка Сергеевской партии о результатах геологического доизучения. – Масштаб 1:200000. 1991–1998 г.

9. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во Моск ун-та, 1985. – 376 с.

10. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высшая школа, 2002. – 334 с.

11. РД 52.18.191-89 «Методика измерений доли кислорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом». http://docs.cntd.ru/document/1200048597.

12. Шутова Ю.А. Содержание тяжелых металлов и редких рассеянных элементов в почвах Сихотэ-Алиньского и Лазовского заповедников // Почвы Дальнего Востока России: генезис, география, картография, плодородие, рациональное использование и экологическое состояние (к 90-летию Г.И. Иванова): сб. докл. всерос. конф. с междунар. уч-м (Владивосток, 26–29 августа 2014 г.). – Владивосток, 2014. – С. 228–232.

13. Шутова Ю.А. Редкие рассеянные элементы в почвах заповедников Приморского края // Современные исследования в естественных науках: матер. II междунар. науч. конф. (Владивосток, 26–28 августа 2015 г.). – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2015. – С. 257–259.

УДК 551.89

РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ ПОЛУОСТРОВА МУРАВЬЕВА-АМУРСКОГО В СРЕДНЕМ-ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПОБЕРЕЖЬЯ БУХТЫ МУРАВЬИНАЯ (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)

[1]Лящевская М.С., [1]Макарова Т.Р., [1]Разжигаева Н.Г., [1]Ганзей Л.А., [1]Кудрявцева Е.П., [1]Паничев А.М., [2]Арсланов Х.А., [2]Максимов Ф.Е., [2]Петров А.Ю.

[1]ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: lyshevskay@mail.ru;

[2]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: arslanovkh@mail.ru

На основе комплексного изучения (палинологический и диатомовый анализы, радиоуглеродное датирование) разреза разнофациальных отложений на побережье бухты Муравьиная восстановлены изменения ландшафтов п-ова Муравьева-Амурского за последние 5950 кал. лет. Установлена реакция биотических компонентов ландшафтов на изменения климата в среднем-позднем голоцене. Смена обстановок осадконакопления на побережье во многом контролировалась ходом колебаний уровня Японского моря. Восстановлена эволюция озера Черепашье, образовавшегося около 2 тыс. кал. л.н. на месте лагуны, которая прошла несколько стадий развития и была в разной степени связана с открытым морем. Полученные данные позволили восстановить природную среду в период возникновения и существования на побережье бухты Муравьиная поселений янковской культуры (2,8–2,0 тыс. кал. л.н.). Стоянка возникла, когда климатические условия были теплее современных, уровень моря был выше современного, на побережье были развиты полидоминантные широколиственные леса с участием кедра корейского. Во время существования поселения произошли климатические изменения в сторону похолодания, сопровождавшиеся падением уровня моря, это ухудшило условия для проживания здесь людей, и, возможно, привело к полному прекращению существования поселения. Роль хвойных, особенно кедра корейского, в составе растительности полуострова резко увеличилась в XVII–XIX вв. Вторичные дубовые леса широкое распространение получили в XX веке.

Ключевые слова: палеоландшафты, климатические изменения, колебания уровня моря, средний-поздний голоцен, ранний железный век, Южное Приморье

DEVELOPMENT OF MURAVYOV-AMURSKY PENINSULA LANDSCAPES DURING MIDDLE-LATE HOLOCENE BASED ON RESEARCH OF COAST MURAVYINAYA BAY SEDIMENTS DATA

[1]Lyaschevskaya M.S., [1]Makarova T.R., [1]Razzhigaeva N.G., [1]Ganzey L.A., [1]Kudryavtseva E.P., [1]Panichev A.M., [2]Arslanov Kh.A., [2]Maksimov F.E., [2]Petrov A.Yu.

[1]Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: lyshevskay@mail.ru;

[2]St. Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: arslanovkh@mail.ru

The landscapes changes of Muravyov-Amursky Peninsula have restored for the last 5.95 cal. ka BP based on a multiproxy study (pollen and diatom analysis, radiocarbon dating) of different facies deposits of the coast of Muravyinaya Bay. Biotic landscape components reaction have installed on climate change in the middle-late Holocene. Changes of sedimentary environments on the coast were considerably controlled by the Sea of Japan level fluctuations. Cherepashye Lake evolution have restored. It was formed about 2 cal. ka BP in the place of the lagoon, which has gone through several stages of development and has been linked with the sea to varying degrees. The data allowed restoring the environment in the period of the advent and existence of Yankovskaya culture settlements on the coast of Muravyinaya Bay (2,8–2,0 cal. ka BP). The settlement sprang up when climatic conditions were warmer than at present, the sea level was higher, polydominant deciduous forests with Pinus koraiensis developed on the coast. During the existence of the settlement climatic changes occurred during progressive cooling, accompanied by a fall of sea level. It worsened the living conditions of people here and perhaps it have led to a complete cessation of settlement. The role of conifers, especially Pinus koraiensis as part of peninsula's vegetation has sharply increased in the XVII–XIX centuries. The secondary oak forests became widespread in the XX century.

Keywords: paleolandscapes, climate changes, sea level fluctuations, middle-late Holocene, the early Iron Age, Southern Primorye

Полуостров Муравьева-Амурского является одним из наиболее освоенных участков Приморского края и целиком входит в границы агломерации «Большой Владивосток». Еще 150 лет назад, до начала интенсивного освоения территории, в окрестностях Владивостока «росли смешанные леса», в которых «чаще преобладали дуб, клен, ясень, липа, пихта и редко кедр» [1]. Соотношение хвойных и лиственных менялось в зависимости от местоположения – лиственные преобладали на низменных местах и приморских склонах, а хвойные – на более высоких элементах рельефа. Главный хребет полуострова был полностью покрыт лесом с преобладанием хвойных, наи-

более широко была распространена пихта цельнолистная [1]. Об этом свидетельствуют и исследования лесов, проведенные в 1886 г. Для лесов западного побережья полуострова и в центральной части полуострова отмечалось доминирование пихты над кедром [9]. В пределах России чернопихтово-широколиственные леса развиты только на крайнем юге Приморского края, где проходит северо-восточная граница их ареала в Восточной Азии. Основной ареал находится за пределами России – на сопредельных территориях северо-восточной части Китая и Корейского полуострова. Леса этой формации характеризуются высокими показателями видового богатства и совершенно справедливо включены в список редких растительных сообществ Приморского края [8]. Несмотря на длительное и разнообразное влияние человека на леса полуострова, чернопихтово-широколиственные леса здесь характеризуются сложной вертикальной структурой, большой степенью горизонтальной неоднородности и высокой видовой насыщенностью.

сохранились участки грабово-широколиственно-кедровых лесов с цельнолистной пихтой и чернопихтово-широколиственные леса [5]. Луга и болота занимают менее 5% площади. По геоботаническому районированию Дальнего Востока [6] рассматриваемая территория относится к Восточно-Азиатской хвойно-широколиственной области.

История развития ландшафтов этой территории представляет большой интерес с точки зрения развития коренных растительных сообществ при разнонаправленных короткопериодных изменениях климата, и выяснения соотношения природных и антропогенных факторов в их преобразовании.

Полуостров Муравьева-Амурского входит в климатическую область муссонов умеренных широт, которая характеризуется контрастной сменой сезонной циркуляции воздушных масс и гидротермических параметров. По количеству осадков территория относится к зоне достаточного увлажнения. Среднегодовое количество осадков – 700–800 мм, из них до 80% выпадает в теплый период года (апрель – сентябрь).

Рис. 1. Схема района работ

Растительность на полуострове за последние полтора столетия претерпела наиболее значительные изменения, а на застроенных участках полностью уничтожена. Широколиственные и хвойно-широколиственные леса сохранились лишь в северной и восточной частях полуострова. Здесь выделяются условно-коренные и производные сообщества, формирующиеся на месте коренных лесов [15]. В настоящее время на полуострове широко распространены вторичные дубовые леса, широколиственные леса с грабом, липами, кленами и дубом монгольским; на хребте Богатая Грива

Среднегодовые температуры составляют 3–6 °C, сумма активных температур 2800–2900 °C, продолжительность вегетационного периода до 190 дней.

Для палеоландшафтных реконструкций была выбрана бухта Муравьиная, расположенная в кутовой части Уссурийского залива (рис. 1). В бухту впадают реки Шкотовка, Артёмовка, в устьях которых расположены эстуарии, и более мелкие речки и ручьи. Вода в бухте опреснена, глубины невелики (2–5 м). Берега бухты преимущественно аккумулятивные, низменные и заболоченные, на западном берегу хорошо выражена

морская терраса (высота 2–2,5 м). На западном берегу расположено озеро Черепашье (420x500 м), в него впадает безымянный ручей, нижняя часть долины которого, как и берега озера, сильно заболочена. Окружающий рельеф преимущественно низкогорный (200–400 м над уровнем моря), сильно расчлененный с относительными превышениями до 100–150 м; крутизна склонов колеблется от 2° до 30°. В 3 км к юго-западу от озера Черепашье находится г. Пионерская (абс. высота 255 м), в 10 км к западу – самая высокая на полуострове вершина с абс. высотой 474 м.

Современная растительность прилегающих к озеру склонов представлена вторичными, преимущественно дубовыми лесами из дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) при участии лип амурской и маньчжурской (*Tilia amurensis* Rupr., *T. mandshurica* Rupr.), березы даурской (*Betula davurica* Pall.), ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica* Maxim.), кленов маньчжурского и мелколистного (*Acer mandshuricum* Maxim., *A. mono* Maxim.) при обилии в подчиненных ярусах граба сердцелистного (*Carpinus cordata* Blume), клена ложнозибольдова (*A. pseudosieboldianum* (Pax) Kom.). Единичные хвойные сохранились преимущественно в трудно доступных верхних частях склонов, преимущественно это пихта цельнолистная (*Abies holophylla* Maxim.), реже – кедр корейский (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.). Пихта белокорая (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) на полуострове большая редкость. В нижнем течении ручья, впадающего в озеро Черепашье, представлены сырые ольховые леса из ольхи волосистой (*Alnus hirsuta* (Spach) Fisch. ex Rupr.). Морская терраса занята приморскими лугами на дерново-луговых почвах.

На аккумулятивной форме, отделяющей северный берег озера от акватории бухты, расположен археологический памятник раннего железного века – янковская культура (2,8–2,0 тыс. л.н.) (устное сообщение с.н.с. ООО «НПЦ ИКЭ» С.С. Малкова). Мыс Черепаха защищает от ветра этот участок берега, что создает благоприятный микроклимат. В ходе археологических раскопок 2015 г. здесь были обнаружены котлованы жилищ, хозяйственные ямы, раковинные кучи и несколько человеческих захоронений.

Целью работы является восстановление природных условий п-ова Муравьев-Амурский в течение среднего-позднего голоцена, в том числе и во время возникновения и существования на побережье бухты Муравьиная поселения янковской культуры.

Материалы и методы исследования

На низинном тростниковом болоте, где доминирует тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) при участии тростника высочайшего (*P. altissimus* (Benth.) Nabille), в 70 м от западного берега озера Черепашье (630 м от уреза моря, абс. высота около 1 м) с помощью ручного бура была взята колонка разнофациальных отложений (мощность 2,2 м). Образцы на спорово-пыльцевой и диатомовый анализы были отобраны с шагом 5 см и обработаны по стандартным методикам. Возрастная привязка палеоландшафтных смен сделана на основе радиоуглеродного датирования, выполненного в СПбГУ (таблица). Образцы торфа были предварительно очищены от карбонатов и посторонних гуминовых кислот путем последовательной обработки образцов 2% растворами HCl и NaOH. Возраст отложений из нижней части разреза определен с помощью AMS-датирования в лаборатории «DirectAMS», г. Ботелл (Bothell), США. Калибровка радиоуглеродных дат в календарные сделана с помощью программы OxCal 4.2 (https://c14.arch.ox.ac.uk). При описании диатомовых комплексов и палинозон приведены календарные возраста, полученные с применением возрастной модели по программе Bacon 2 и с программной оболочкой R [17]. Рассчитанный радиоуглеродный возраст приведен в соответствие с полученными по модели калиброванными датировками [20]. Для терригенных отложений возраст определялся с допущением одинаковых скоростей осадконакопления на основе датирования раковин моллюсков, залегающих в основании лагунных отложений. Поскольку скорости осадконакопления могли быть непостоянными, хронологические данные, полученные для этой части разреза, рассматриваются как приблизительные.

Во время раскопок в 2015 г. археологического памятника Черепаха-13 на спорово-пыльцевой анализ были отобраны пробы из заполнения хозяйственных построек, развалов сосудов и мест погребений.

Результаты исследования и их обсуждение

В основании изученного разреза (2,05–2,20 м) залегает голубовато-серый ил с обломками и единичными целыми раковинами устриц (*Crassostrea gigas*); выше он переходит в оливковый алевро-пелитовый ил (1,20–2,05 м), в нижней части включающий примесь разнозернистого песка. Накопление илов началось в конце атлантического периода голоцена (таблица) – с учетом эффекта резервуара, равном 400 лет [18], около 5150 ^{14}C л.н. (5950 кал л.н.). Верхнюю часть разреза слагает темно-коричневый умеренно и плохо разложившийся травяной торф (0–1,20 м), образование которого началось в конце суббореального периода. Датировка ЛУ-8026 из нижней части торфяника рассматривается как омоложенная. По скоростям торфонакопления возраст торфяни-

ка оценивается около 2750 ^{14}C лет (2490 кал. л.н.). В торфянике на глубине 0,83 м обнаружено гнездо вулканического пепла B-Tm извержения влк. Байтоушань в 969 г. ^{14}C-дата ЛУ-8023 из вышележащего торфа показывает, что это гнездо было «затянуто» в нижележащие слои по вертикально ориентированным корням болотных растений. На начальном этапе скорости торфонакопления были низкими (0,26 мм/год), в малый оптимум голоцена они возросли (до 1 мм/год) и несколько снизились в малый ледниковый период (0,66 мм/год) (рис. 2).

Диатомовый анализ. В отложениях разреза обнаружено 116 видов и разновидностей пресноводных и 11 видов солоноватоводных и морских диатомовых водорослей. Изменение содержания видов диатомей по разрезу позволило выделить 5 комплексов, отражающих смену обстановок осадконакопления (рис. 3).

Комплекс 1 (инт. 1,90–2,20 м, 5150–4360 ^{14}C л.н., 5950–4910 кал. л.н.). В составе диатомей преобладают пресноводные виды обрастания: *Pseudostaurosira elliptica, Fragilaria construens, Staurosira construens* var. *binodis, Pseudostaurosira subsalina, Staurosirella pinnata* (в сумме до 89,4 %), характерные для стоячих вод. Здесь же отмечено высокое содержание бентосных морских и солоноватоводных, наиболее часто встречаются *Pinnunavis jarrensis* (до 22,8 %), *Diploneis interrupta, Amphora commutata,* присутствует морской вид *Terpsinoe americana*, характерный для хорошо прогреваемых вод. По отношению к pH доминируют алкалифилы, по отношению к солености – индифференты и галофилы. В целом комплекс свидетельствует о существовании на побережье бух. Муравьиная в конце атлантического периода сильно распресненной мелководной лагуны, имеющей хорошую связь с морем.

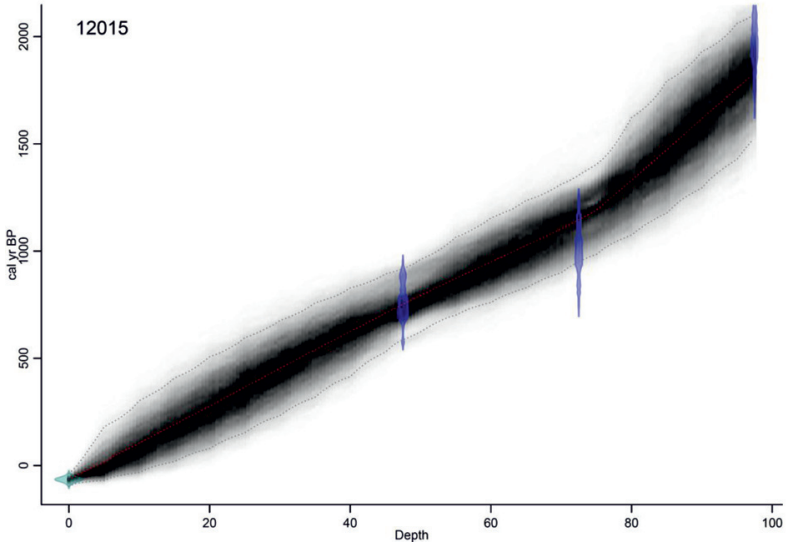


Рис. 2. Возрастная модель накопления отложений на берегу оз. Черепашье в среднем-позднем голоцене

Список радиоуглеродных дат из разреза голоценовых отложений на побережье бух. Муравьиная

Лаб. номер	Номер образца	Интервал, м	Материал	Радиоуглеродный возраст, лет	Календарный возраст cal BP, лет
ЛУ-8024	1/12015	0,45–0,50	торф	820 ± 80	760 ± 80
ЛУ-8023	2/12015	0,70–0,75	торф	1080 ± 90	1010 ± 110
ЛУ-8025	3/12015	0,95–1,00	торф	2010 ± 90	1980 ± 120
ЛУ-8026	4/12015	1,15–1,20	торф	1610 ± 80	1500 ± 90
D-AMS 16826	44/12015	2,15–2,20	раковины	5550 ± 21	6346 ± 32

Примечание: значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы «OxCal 4.2», калибровочная кривая «IntCal 13» (https://c14.arch.ox.ac.uk).

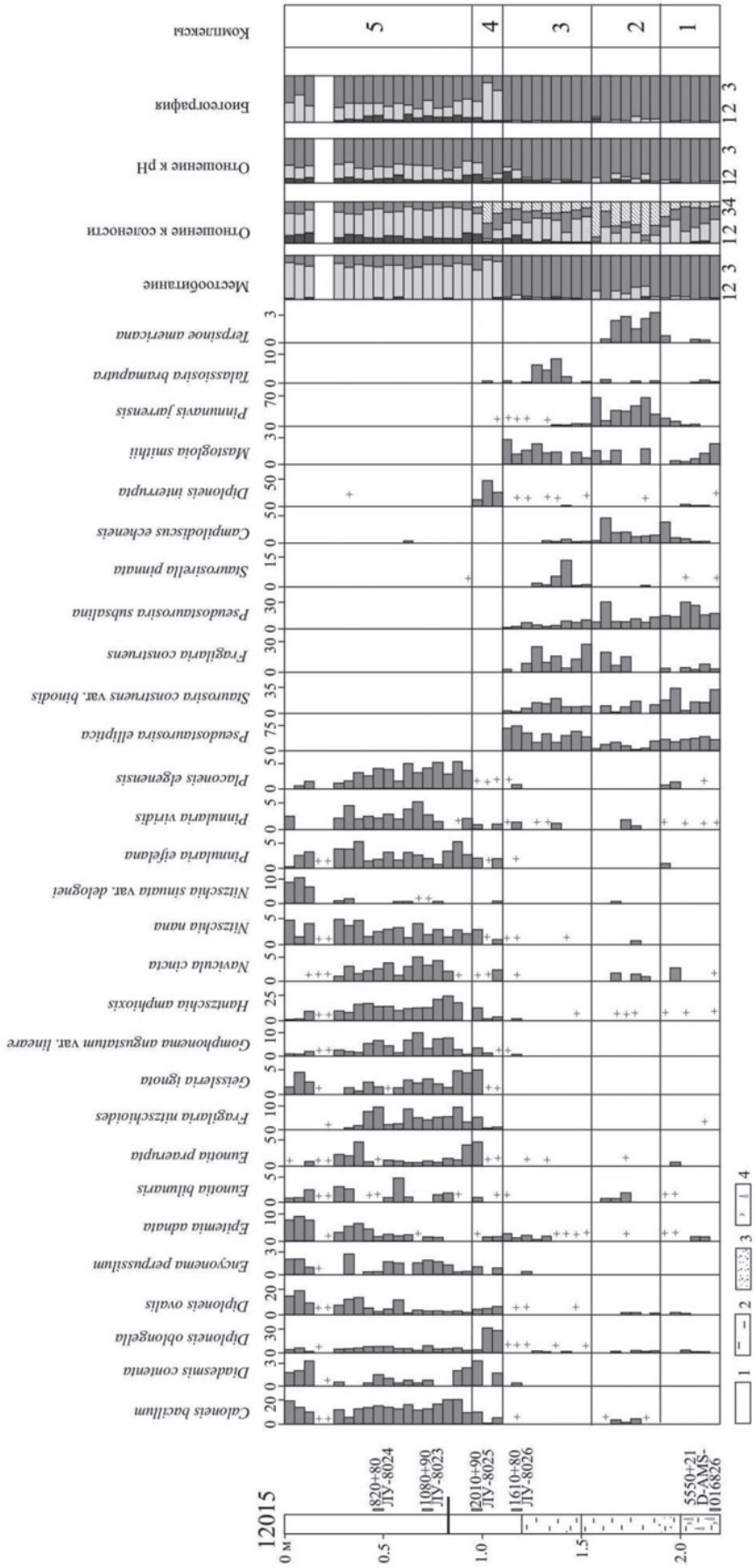


Рис. 3. Распределение диатомей в отложениях разреза 12015 на берегу оз. Черепашье, бух. Муравьиная. Экологическая характеристика диатомей – место обитания: 1 – планктон, 2 – донные, 3 – обрастания; соленость: 1 – галофобы, 2 – индифференты, 3 – галофилы, 4 – мезогалобы; pH: 1 – ацидофилы, 2 – циркумнейтральные, 3 – алкалифилы; биогеография: 1 – арктические, 2 – бореальные, 3 – космополиты. 1 – торф, 2 – алевро-пелитовые отложения, 3 – песок, 4 – раковины и их обломки

Комплекс 2 (инт. 1,55–1,90 м, 4360–3480 ^{14}C л.н., 4910–3700 кал. л.н.) характеризуется резким увеличением количества морских и солоноватоводных видов диатомей (до 74,6%). Доминирует солоноватоводный *Pinnunavis jarrensis*, субдоминантами являются *Campylodiscus echeneis и Terpsinoe americana* (до 3,3%). Заметно сокращается количество видов обрастания (до 55%), что может свидетельствовать о разрушении сообществ водной растительности из–за увеличения площади и глубины лагуны. Все вместе это говорит о некотором повышении уровня моря в условиях потепления.

Комплекс 3 (инт. 1,10–1,55 м, 3480–2230 ^{14}C л.н., 3700–2200 кал. л.н.) в целом близок комплексу 1. Содержание морских и солоноватоводных видов снижается до 12–16%, лагуна становится более закрытой и более распресненной. Здесь преобладают виды обрастания (до 90,5%): *Pseudostaurosira elliptica, Fragilaria construens, Staurosira construens* var. *binodis, Pseudostaurosira subsalina, Staurosirella pinnata*, характерные для стоячих вод. По отношению к солености преобладают индифференты, по отношению к pH – алкалифилы. Количество морских и солоноватоводных видов сокращается до 19,5%, возможно, уменьшается связь с морем. Комплекс свидетельствует о существовании мелководной лагуны с заболоченными берегами.

Комплекс 4 (инт. 0,95–1,10 м, 2230–1820 ^{14}C л.н., 2200–1760 кал. л.н.). Сокращается число видов-обрастателей, совсем исчезают виды рода *Staurosira*, увеличивается число донных видов (до 61%). Доминируют солоноватоводный бентосный *Diploneis interrupta,* и характерные для пресных и слегка солоноватых водоемов *D. oblongella, D. ovalis,* из пресноводных – *Hantzschia amphioxis, Caloneis bacillum,* также резко увеличивается количество видов рода *Eunotia,* что свидетельствует о сокращении площади озера-лагуны и развитии болотных обстановок по его обрамлению, что, скорее всего, связано с регрессией в начале субатлантика (^{14}C-дата 2010 ± 90 л., 1980 ± 120 кал. л., ЛУ-8025). Значительно возрастает количество бореальных диатомей – условия стали менее тепловодными.

Комплекс 5 (инт. 0–0,95 м, последние 1820 ^{14}C лет, 1760 кал. л.н.). Присутствуют только пресноводные диатомеи, доминируют донные виды (до 82%): *Diploneis ovalis, D. oblongella, Hantzschia amphioxis*, *Caloneis bacillum*, появляются виды родов *Navicula, Nitzschia, Pinnularia.* Из обрастателей появляются *Eunotia glacialis, E. praerupta,* характерные для болотных обстановок, и *Fragilaria nitzschioides*. Увеличение доли таких видов, как *Navicula radiosa, Nitzschia sinuata* var. *delognei* в инт. 0–0,15 м, могут показывать усиление влияния вод ручья последние 200 лет. Исчезновение морских и солоноватоводных видов свидетельствует о прекращении связи водоема с морем. В целом в этой части разреза увеличивается число арктобореальных видов (до 10,5%), в то же время в интервале 0,50–0,60 м количество арктобореальных видов резко уменьшается (1,4–4,7%). В целом комплекс отвечает развитию болотных обстановок по обрамлению мелководного пресного водоема в последние 2 тыс. лет. В торфянике в отдельных пробах найдены морские сублиторальные бентосные диатомеи *Tryblionella granulata, Campylodiscus echeneis и* солоноватоводный *Diploneis interrupta.*

Спорово-пыльцевой анализ. В нижней части разреза в лагунных илах в составе палиноспектров преобладает пыльца древесных, что отвечает развитию сомкнутых лесов на окружающих склонах, количество пыльцы травянистых не превышает 34,6% (рис. 4). В нижней части органогенных отложений увеличивается количество пыльцы трав и кустарничков (до 43,9%), в верхней части разреза резко увеличивается количество спор (до 89,1%), а в кровле разреза – пыльцы трав (до 61,2%), что отвечает развитию кустарниковых группировок и лугов на барьерных формах и существованию заболоченных участков около лагуны. Распределение пыльцы и спор по разрезу позволяет выделить 7 палинозон.

Палинозона 1 (2,0–2,2 м, 5150–4480 ^{14}C л.н., 5950–5250 кал. л.н.) отвечает распространению на побережье и окружающих склонах кедрово-дубовых лесов с участием граба, липы, берез. В подлеске были распространены лещина (*Corylus*), виноград (*Vitis*), сирень (*Syringa*), на осветленных участках – аралия (*Aralia*). Ильм (*Ulmus*), орех, ясень (*Fraxinus*) и кедр корейский могли расти по долинам водотоков и в нижних частях склонов. Пыльца темнохвойных пород и *Pinus* s/g *Diploxylon* встречена в небольших количествах. В это время пихта цельнолистная уже принимала участие в лесной растительности полуострова. Пыльца ели (*Picea*), скорее всего, занесена с удаленных горных хребтов. Пыльца сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) также могла быть занесена ветром. Аккумулятивные формы были покрыты полынно-разнотравными сообществами. В обрамлении лагуны были распространены осоковые ассоциации, заросли рогоза (*Typha)*.

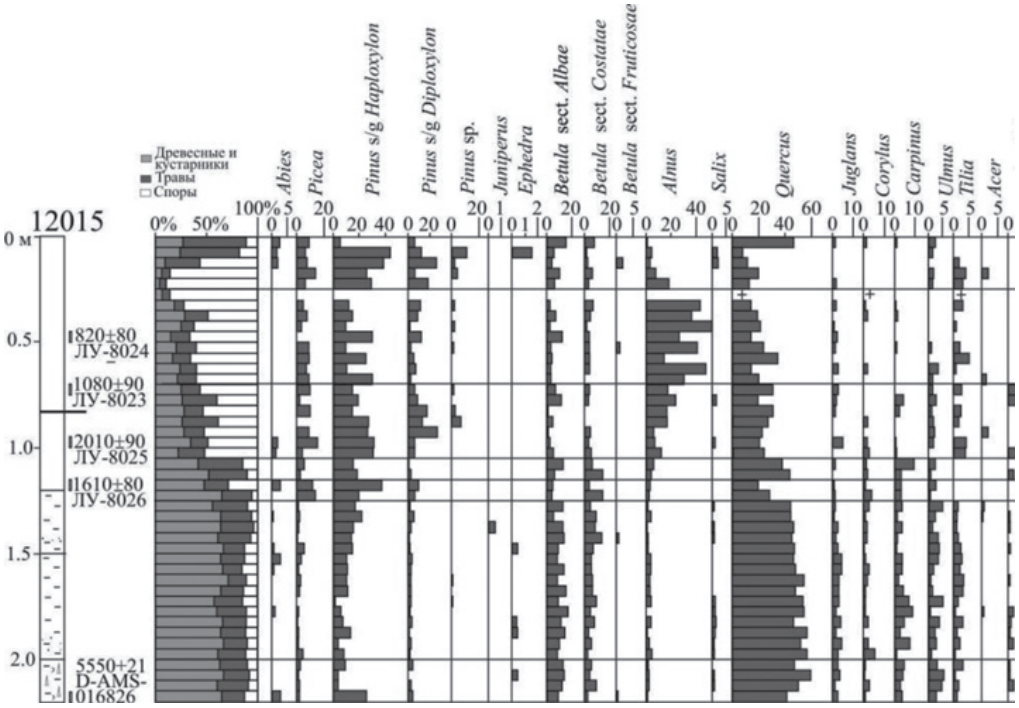


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза 12015 на берегу оз. Черепашье, бух. Муравьиная (начало)

Палинозона 2 (1,25–2,0 м, 4480–2460 ^{14}C л.н., 5250–2660 кал. л.н.) характеризуется большим содержанием пыльцы широколиственных и увеличением их разнообразия. В палиноспектрах зафиксировано максимальное содержание пыльцы широколиственных, в том числе граба (до 9 %). На склонах в обрамлении бухты существовали полидоминантные широколиственные леса с участием дуба, граба, ильма, ореха, диморфанта (*Kalopanax*), ясеня, бархата (*Phellodendron*), клена, липы, березы, кедра корейского. В подлеске участвовали лещина, на осветленных участках – аралия и калина (*Viburnum*). Выше по склонам были распространены кедрово-широколиственные леса. Количество пыльцы кедра вверх по разрезу увеличивается, что свидетельствует о постепенном увеличении его роли в лесной растительности полуострова. Присутствие пыльцы можжевельника (*Juniperus)* свидетельствует, что отдельные куртины можжевельника, возможно, были на скальных участках мысов. Среди трав на аккумулятивных формах были широко представлены полынь (*Artemisia*) и разнотравье, на низменных берегах лагуны существовали заболоченные участки с осоковыми и вейниковыми группировками. В верхней части интервала резко увеличивается содержание пыльцы рогоза.

Палинозона 3 (1,15–1,25 м, 2460–2320 ^{14}C л.н., 2660–2340 кал. л.н.) отличается увеличением содержания пыльцы хвойных (*Pinus* s/g *Haploxylon* – до 37 %, *Picea* – до 14 %, *Abies* – 2,7 %) и сокращением количества и разнообразия пыльцы широколиственных (до 27 %). По обрамлению бух. Муравьиной были распространены широколиственно-кедровые леса, на вершинах появились небольшие массивы кедрово-елово-широколиственных лесов, насыщенных неморальными элементами. В настоящее время такие леса известны в Уссурийском заповеднике, где занимают высотный интервал от 400–500 до 600–650 м. В составе этих лесов присутствуют ель аянская (*Picea ajanensis* (Lind. et Gord.) Fisch. ex Carr.), кедр корейский, пихта белокорая, единично пихта цельнолистная, липы (амурская и Таке) (*Tilia amurensis*, *T. taquetii* C.K. Schneid.), клен мелколистный, диморфант), береза желтая (*B. costata* Trautv.) [16]. Среди трав резко сократилось содержание пыльцы полыни.

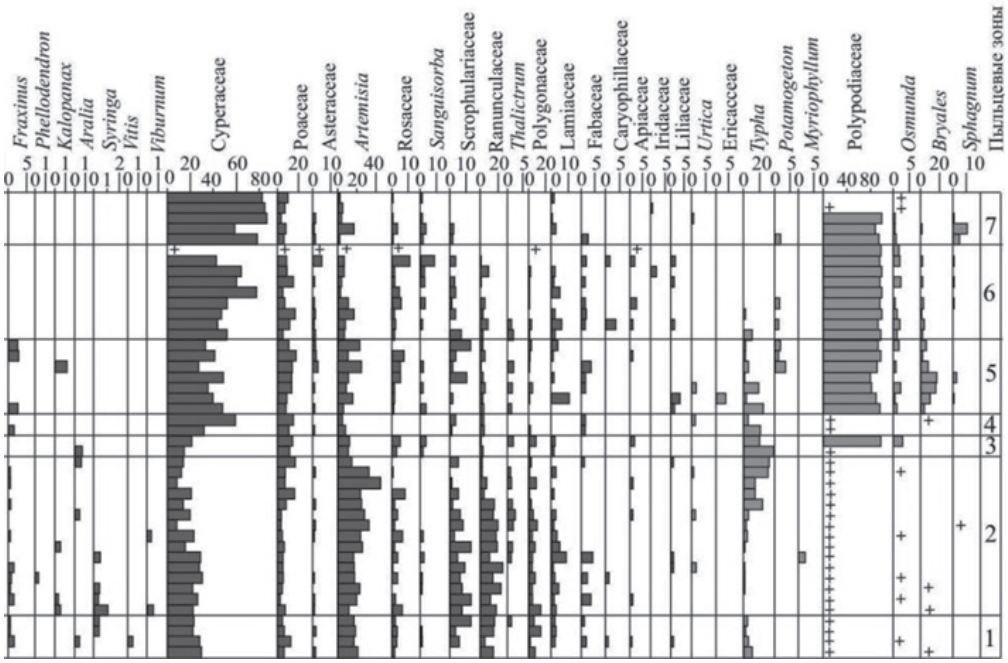


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза 12015 на берегу оз. Черепашье, бух. Муравьиная (окончание)

Палинозона 4 (1,05–1,15 м, 2320–2090 ^{14}C л.н., 2340–2050 кал. л.н.) характеризуется увеличением содержания пыльцы широколиственных: количество пыльцы дуба достигает 44%, пыльцы других широколиственных – 15%. Содержание пыльцы кедра корейского падает до 15%, а ели – до 3%. Палиноспектры отражают широкое развитие на побережье бухты и в ее обрамлении кедрово–дубовых лесов со значительной примесью граба (*Carpinus* – до 10%) и берез (в сумме до 21%). Увеличение содержания пыльцы трав, представленных главным образом осоками (*Carex*), отражает активное заболачивание берегов лагуны и нижней части долин водотоков.

Палинозона 5 (0,70–1,05 м, 2090–1050 ^{14}C л.н., 2050–1100 кал. л.н.) характеризуется сокращением содержания пыльцы широколиственных пород (до 27%) и увеличением хвойных (*Pinus* s/g *Haploxylon* до 31%, *Pinus* s/g *Diploxylon* до 31%, *Picea* до 15%). В обрамлении бухты росли широколиственно-кедровые леса, на высоких уровнях рельефа расширились площади кедрово-елово-широколиственных лесов, возможно, отдельные скалистые участки на полуострове и берегу моря занимали небольшие рощи из сосны густоцветковой. Увеличение содержания пыльцы ольхи говорит о том, что на побережье и в долине ручья стали распространяться ольховые леса с папоротниковым покровом. Среди пыльцы трав доминируют осоки. Вверх по разрезу сокращается количество пыльцы рогоза. Появляется пыльца рдеста (*Potamogeton*), характерного для мелководий стоячих и слабо проточных водоемов. В палиноспектрах увеличивается доля спор, представленных в основном папоротниками. В напочвенном покрове в ближайшем окружении лагуны были широко распространены зеленые мхи.

Палинозона 6 (0,25–0,70 м, 1050–320 ^{14}C л.н., 1100–370 кал. л.н.) характеризуется резким увеличением содержания пыльцы ольхи (до 57%). Вокруг озера расширялись ассоциации с ольхой и осоками. На склонах были распространены кедрово-широколиственные леса, разнообразие широколиственных таксонов сокращается. Вероятно, сократились участки, занятые соснами *Pinus* s/g *Diploxylon*.

Палинозона 7 (0,00–0,25 м, последние 320 ^{14}C л.н., 370 кал. л.н.). В общем составе спектров наблюдается уменьшение доли древесной пыльцы (< 4%) и пыльцы трав,

увеличивается количество спор, представленных в основном папоротниками. Это может свидетельствовать об увеличении открытых участков на склонах, возможно, за счет пожаров. Среди древесных возрастает роль кедра корейского (44 % в группе древесной пыльцы), роль широколиственных сокращалась. В составе болотной растительности по берегам озера увеличивается участие осок и сфагновых мхов. Присутствие пыльцы хвойника (*Ephedra)* можно объяснить ее заносом с песчаных аккумулятивных форм, распространенных в кутовой части Уссурийского залива. В кровле торфяника содержание пыльцы дуба составляет 46 %, появляется пыльца граба, увеличивается доля пыльцы березы, резко сокращается содержание пыльцы хвойных. Такие изменения могли быть связаны с антропогенной трансформацией растительности и в какой-то мере с потеплением после малого ледникового периода.

Спорово-пыльцевые данные для археологического памятника Черепаха-13. Спорово-пыльцевые спектры характеризуются преобладанием пыльцы трав (до 91 %), что отвечает локальной растительности на аккумулятивных формах, где было расположено поселение (рис. 5). Доминирует пыльца полыни (до 70 %) и других астровых (Asteraceae) (до 14 %), маревых (Chenopodiaceae) (до 24 %), лютиковых (Ranunculaceae) (до 24 %), злаковых (Poaceae) (до 9 %), присутствует пыльца осоковых (Cyperaceae), зонтичных (Apiaceae), розовых (Rosaceae) (репяшок мелкобороздчатый *Agrimonia striata* Michx. и кровохлебка *Sanguisorba*), валериановых (Valerianaceae), бобовых (Fabaceae), спорышовых (Polygonaceae), норичниковых (Scrophulariaceae), гвоздиковых (Caryophyllaceae), яснотковых (Lamiaceae), капустовых (Brassicaceae), крапивы (*Urtica*) и подмаренника (*Galium*). Особенно много пыльцы полыни (92 %) обнаружено в образце с пола жилища. В одной из хозяйственных ям была найдена пыльца культурных злаков (3 %), скорее всего проса. В двух образцах среди пыльцы древесных отмечена пыльца ели. Из непыльцевых палиноморф найдены споры гриба *Gelasinospora* – индикатора пожаров (мог поселиться на месте старого очага), и споры гриба *Glomus* – индикатора почвенной эрозии. Встречены зеленые водоросли *Zygnema*-type, характерные для стоячих вод, которые могли быть занесены сюда древним человеком. В жилищах встречены створки морских диатомовых водорослей (*Arachnoidiscus ehrenbergii*), которые могли быть принесены с грунтом или продуктами моря. Также были обнаружены яйца тихоходок рода *Macrobiotus*, которые обычно многочисленны на мхах, яйца коловраток (*Rotaria*), обитающих как в морских, так и в пресноводных условиях и на влажных почвах. В могильниках присутствуют споры грибов *Glomus* и *Meliola*, зеленые пресноводные водоросли *Spyrogyra,* фрагменты вислокрылок или ручейников. Из древесных таксонов в погребениях встречена только пыльца березы.

Комплексное изучение разреза разнофациальных отложений на побережье бух. Муравьиной позволяет восстановить ход развития ландшафтов п-ова Муравьева-Амурского за последние 5150 ^{14}C лет, 5946 кал. лет (рис. 6). Неморальные леса существуют здесь как минимум с оптимума голоцена. В завершающую фазу атлантика были распространены полидоминантные широколиственные леса с преобладанием дуба. Участие сосны корейской в составе лесной растительности было незначительным. Аналогичные леса занимали весь полуостров и о. Русский [10] и тянулись полосой вдоль побережья Уссурийского залива [3]. Пихта цельнолистная принимала участие в лесной растительности полуострова в конце атлантика, а возможно, появилась ранее, как и на западном побережье Амурского залива [11].

На пике голоценовой трансгрессии (около 6000 ^{14}C л.н.), когда уровень моря был выше современного на 2–3 м [7], на месте озера Черепашье существовала мелководная распресненная лагуна с устричным рифом. Оптимальные условия для обитания *Crassostrea gigas* – глубина до 3–5 м, температура в летний период – не менее 18 °C, соленость воды – около 25–28 ‰ [14], но устрицы могут жить в распресненных условиях и кратковременно выдерживают понижение солености до 5 ‰ [19]. Устричники в заливе Петра Великого были широко распространены в оптимальную фазу голоцена [14]. В изученном разрезе, скорее всего, вскрыты морские отложения, которые накапливались в завершающую стадию трансгрессии. Климатические условия были близки к современным. В регрессию на границе атлантик – суббореал осадконакопление в лагуне не прерывалось, в осадке появляется примесь разнозернистого песка.

В суббореальный максимум в составе лесной растительности полуострова уве-

личивалось участие термофилов, в первую очередь граба. Это говорит о теплых климатических условиях со среднегодовой температурой свыше + 6 °С и с количеством осадков до 1000–1200 мм [7]. Ограниченные площади занимали чернопихтово-широколиственные леса. Это потепление ярко проявилось и на о. Русский [10], где были распространены широколиственные леса с преобладанием дуба и граба. Полидоминантные широколиственные леса были распространены вплоть до Шкотовского плато [13]. Такие ландшафты на побережье бух. Муравьиная были достаточно стабильными длительное время – 4480–2460 ^{14}С л.н. (5250–2660 кал. л.н.), малоамплитудная климатическая ритмика, оказавшая влияние на развитие ландшафтов более открытого побережья (о. Русский) и в горных районах Приморья, здесь не проявилась. Постепенно в течение 860 лет (3290–2460 ^{14}С л.н., 3520–2660 кал. л.н.) в лесной растительности увеличивалось участие сосны корейской. Резкое увеличение в палиноспектрах содержания пыльцы полыни может свидетельствовать о ее распространении на аккумулятивной форме и прибрежных скалах около 3000–2700 ^{14}С л.н., 3180–2830 кал. л.н.

На пике суббореальной трансгрессии лагуна имела хорошую связь с морем, увеличивалась глубина и соленость водоема. При снижении уровня моря во второй половине суббореала лагуна стала более закрытой и распресненной. В конце этой стадии на западном берегу лагуны происходит смена терригенного осадконакопления на биогенное. По-видимому, около 2440 ^{14}С л.н., 2490 кал. л.н. началось активное заболачивание и торфонакопление.

Предположительно именно в это время на побережье бух. Муравьиная появляются поселения раннего железного века, связанные с использованием морских ресурсов. Палиноспектры из образцов с археологической стоянки характеризуются доминированием пыльцы трав, что отвечает развитию приморских лугов вблизи поселения. Значительное количество спор гриба *Glomus* говорит о распространении почвенной эрозии, также в результате хозяйственной деятельности человека. Об активном использовании древними людьми морских ресурсов свидетельствуют находки зеленых *Zygnema*-type и диатомовых водорослей. Находки пыльцы культурных злаков в хозяйственной яме указывают на их употребление в пищу, а не на культивирование.

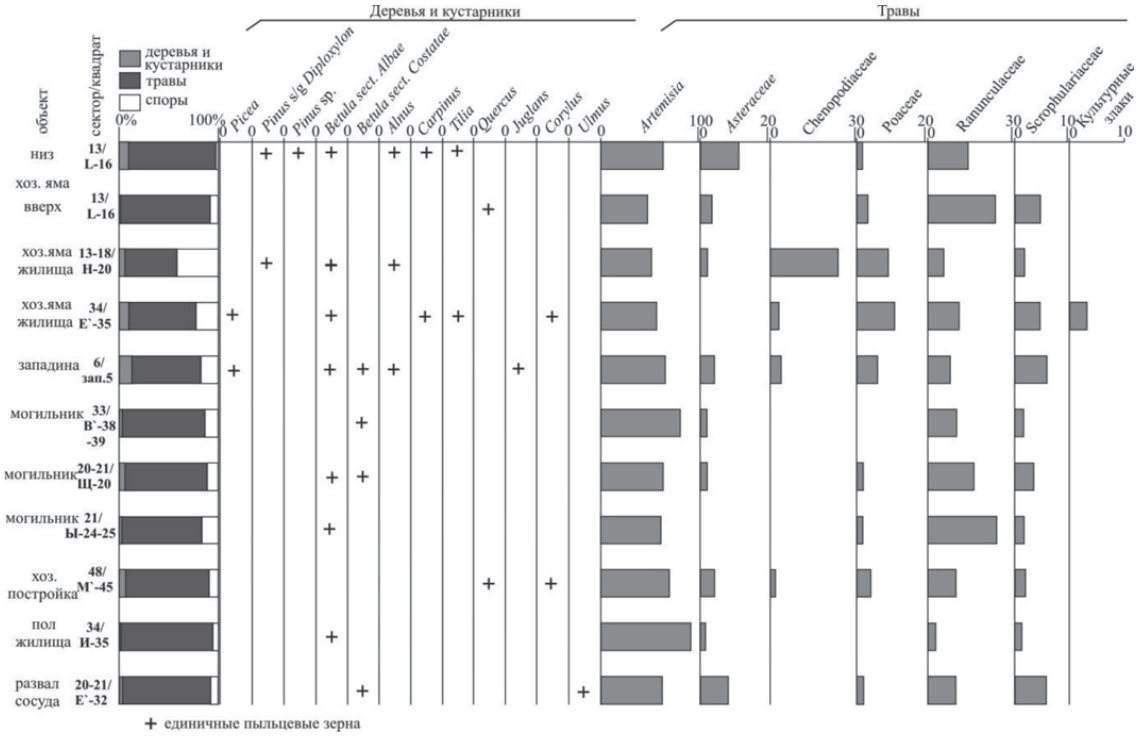


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма культурного слоя археологического памятника Черепаха-13

Рис. 6. Реконструкция смены обстановок осадконакопления на побережье бух. Муравьиная и изменения ландшафтов п-ова Муравьева-Амурского в среднем-позднем голоцене

Похолодание на границе суббореал – субатлантик, имевшее глобальный характер [7], проявилось на побережье бух. Муравьиная около 2460–2320 ^{14}C л.н., 2660–2340 кал. л.н. и вызвало существенные изменения в растительности окружающих склонов. На полуострове распространились широколиственно-кедровые леса, в привершинных участках хребтов появились кедрово-елово-широколиственные леса с неморальными элементами. В это время произошла экспансия темнохвойных лесов на Шкотовском плато, краевые части которого также занимали широколиственно-кедровые леса [13].

В палиноспектрах из основания торфяника хорошо фиксируется раннесубатлантическое потепление (около 2320–2090 ^{14}C л.н., 2340–2050 кал. л.н.), когда на побережье бухты получили распространение кедрово-дубовые леса с участием граба и березы (*Betula* sect. *Costatae*). Это потепление проявилось и на других участках побережья Южного Приморья; климатические условия были близки к современным или были несколько прохладнее [11].

Широколиственно-кедровые леса в горном обрамлении бух. Муравьиная были достаточно стабильными длительный промежуток времени (2090–1050 ^{14}C л.н., 2050–1100 кал. л.н.). Роль кедра корейского увеличилась в более прохладных условиях. Присутствие большого количества пыльцы *Pinus* s/g *Diploxylon* свидетельствует, что сосна густоцветковая, скорее всего, участвовала в растительности побережья и крутых каменистых склонах. В настоящее время небольшие участки, занятые сосняками, сохранились в долине р. Артемовка. На полуострове единичные экземпляры сосны густоцветковой сохранились на водоразделах рек Пионерская (Седанка) и Богатая [15].

Снижение уровня моря в первой половине субатлантика [7] привело к закрытию лагуны и превращению ее в пресноводное озеро около 1820 ^{14}C л.н., 1760 кал. л.н. Именно с этого времени, когда, по-видимому, произошло уменьшению площади озера и осушение поверхности его берегов, вокруг озера и в нижней части долины ручья расширились площади ольховников с папоротниковым покровом. Более дробная климатическая ритмика, выделенная на открытом побережье Южного Приморья [11], на изученном участке берега не была выявлена.

Еще более широкое распространение вокруг озера ольховые леса получили в ма-

лый оптимум голоцена и первую половину малого ледникового периода. Начиная с малого оптимума в обрамлении бухты стали доминировать кедрово-широколиственные леса более бедного состава по сравнению с ранее существовавшей лесной растительностью. Потепление не было ярко проявлено, но «теплый сигнал» выделяется по увеличению количества пыльцы дуба, липы и снижению содержания арктобореальных видов диатомей около 950–790 кал. л.н. Возможно, в изученном разрезе фиксируется потепление конца XII века, которое ярко проявилось в Китае [4].

Снижение температуры и ухудшение климатических условий во вторую половину малого ледникового периода (XVI–XIX вв.) привело к существенным ландшафтным изменениям. На побережье увеличилась площадь безлесных участков, а в горах в лесной растительности увеличилась роль кедра корейского. В составе широколиственно-кедровых лесов уменьшалось участие неморальных элементов. Возможно, расширились участки неморальных ельников на верхних уровнях рельефа. Вероятно, на побережье могли существовать рощи сосны густоцветковой. Вокруг озера преобладали сфагново-осоковые ассоциации. О холодных условиях свидетельствует увеличение содержания арктобореальных видов диатомей. Преобладание хвойно-широколиственных лесов с кедром корейским и сосной густоцветковой в малый ледниковый период отмечается также и по данным спорово-пыльцевого анализа почвенных профилей на восточном побережье п-ова Муравьева-Амурского [12]. Похолодание малого ледникового периода также зафиксировано и в отложениях на о. Русский [10]. Роль дуба в XX веке значительно увеличилась в связи с антропогенным влиянием. Палиноспектры свидетельствуют о значительной трансформации коренной растительности, обеднении ее состава, резком уменьшении роли хвойных.

Находки морских диатомей в торфе, который формировался на берегу пресного озера, по-видимому, могут являться свидетельством прохождения цунами. Возраст этих событий оценивается около 1170, 1000, 500 кал. л.н. Следы близких по возрасту сильных цунами обнаружены на побережье Восточного Приморья [2].

Выводы

Развитие ландшафтов в обрамлении бух. Муравьиной в среднем-позднем голоцене достаточно четко коррелируется с изменениями климата и колебаниями уровня моря. Трансгрессии и регрессии среднего-позднего голоцена существенно меняли ситуацию на побережье и были основными факторами, определяющими формирование аккумулятивных форм и эволюцию лагуны, прошедшую пять стадий развития от водоема в разной степени связанного с морем до пресноводного озера.

Полидоминантные широколиственные леса, которые были распространены на п-ове Муравьева-Амурского в оптимум голоцена, в начале позднего голоцена постепенно заместились кедрово-широколиственными. Роль хвойных сильно возросла во время похолодания на границе суббореал – субатлантик. Биотические компоненты ландшафтов быстро отреагировали на раннесубатлантическое потепление, когда в лесной растительности возросла роль неморальных элементов. Широколиственно-кедровые леса в горном обрамлении бух. Муравьиная были стабильными длительный промежуток времени и еще существовали в начале малого оптимума голоцена. Это потепление не было ярко проявлено, но со второй половины малого оптимума в обрамлении бухты стали распространены кедрово-широколиственные леса более бедного состава по сравнению с ранее существовавшей лесной растительностью. Широкое развитие ольховников на побережье связано со снижением уровня моря в первую половину субатлантика. Существенные ландшафтные изменения произошли во второй половине малого ледникового периода: в лесной растительности увеличилась роль хвойных, на побережье увеличилась площадь безлесных участков. Значительная антропогенная трансформация лесной растительности с образованием вторичных дубняков произошла в XX веке.

Полученные данные позволили также восстановить природную среду в период возникновения и существования на побережье бухты Муравьиная поселений янковской культуры (2,8–2,0 тыс. кал. л.н.). Стоянка возникла, когда климатические условия были теплее современных, уровень моря был выше современного, на побережье были развиты полидоминантные широколиственные леса с участием кедра корейского. Во время существования поселения произошли климатические изменения в сторону похолодания, сопровождавшиеся падением уровня моря, это ухудшило условия для проживания здесь людей и, возможно, при-

вело к полному прекращению существования поселения.

Работа выполнена по грантам РФФИ 15-05-00171, 15-05-00179.

Список литературы

1. Будищев А.В. Описание лесов южной части Приморской области. – Хабаровск, 1898. – 488 с.

2. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Гребенникова Т.А., Кайстренко В.М., Горбунов А.О., Арсланов Х.А., Чернов С.Б., Наумов Ю.А. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья // Тихоокеанская геология. – 2015. – № 1. – С. 79–95.

3. Гвоздева И.Г., Горбаренко С.А., Раков В.А., Лутаенко К.А., Шорников Е.И., Микишин Ю.А. Палеосреда Приморья в среднем и позднем голоцене по комплексным данным разреза Шкотово. – Владивосток: ДВО РАН, 1997. – 32 с.

4. Клименко В.В. Климат: непрочитанная глава истории. – М.: Изд. Дом МЭИ, 2009. – 408 с.

5. Колесников Б.П. Природное районирование Приморского края // Вопросы сельского и лесного хозяйства Дальнего Востока. Вып. 1. – Владивосток, 1956. – С. 5–16.

6. Колесников Б.П. Растительность // Южная часть Дальнего Востока. – М.: Наука, 1969. – С. 206–250.

7. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С., Разжигаева Н.Г., Волков В.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене // Вестник ДВО РАН. – 1997. – № 3. – С. 121–143.

8. Крестов П.В., Верхолат В.П. 2003. Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. – Владивосток: ДВО РАН. – 200 с.

9. Манько Ю.И., Гладкова Г.А., Сибирина Л.А. Леса на полуострове Муравьева-Амурского 150 лет назад // Вестник ДВО РАН. – 2016. – № 1. – С. 5–14.

10. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Палеосреда острова Русский (Южное Приморье) в среднем-позднем голоцене // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3. – С. 516–522.

11. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г., Попов А.Н., Кузьмин Я.В., Раков В.А., Горбаренко С.А. Голоцен побережья Юго-Западного Приморья // Научное обозрение. – 2008. – № 1. – С. 8–27.

12. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф., Лящевская М.С., Зубахо Е.Г., Ханапин Е.В. Полигенетичные буроземы полуострова Муравьев-Амурский: строение, свойства, генезис // Вестник ДВО РАН. – 2012. – № 2. – С. 25–34.

13. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Известия РАН. Серия географическая. – 2016. – № 3. – С. 65–80.

14. Раков В.А. Распространение и экология устричных рифов в северной части Амурского залива // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. – М.: ГЕОС, 2008. – С. 278–291.

15. Урусов В.М., Варченко Л.И. Растительность района Владивостока. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 152 с.

16. Флора и растительность Уссурийского заповедника. – М.: Наука, 1978. – 271 с.

17. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an 601 autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. – 2011. – V. 6. – P. 457–474.

18. Kuzmin Y.V., Razjigaeva N.G., Burr G.S., Gormunov S.V., Rakov V.A. A tale of two seas: reservoir age correction values (r, δr) for the Sakhalin Island (Sea of Japan and Okhotsk Sea) // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2007. – V. 259. – № 1. – P. 460–462.

19. Shatkin G., Shumway S.E., Hawes R. Considerations regarding the possible introduction of the Pacific oyster (Crassostrea gigas) to the Gulf of Maine: A review of global experience // Journal of Shellfish Research. – 1997. – V. 16. – P. 463–477.

20. Stuiver M., Reimer P.J., Braziunas T.F. High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples // Radiocarbon. – 1998. – V.40. – № 3. – P. 1127–1151.

УДК 550.834.042

КОМБИНИРОВАННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФРОНТОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ДЛЯ АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД НА ПРИМЕРЕ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ

[1]Мельникова Н.А., [2]Немирович-Данченко М.М., [2]Ислямова А.А., [2]Кпата Мак Э.Р.Э.

[1]Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, Северск, e-mail: natmeln100@mail.ru;
[2]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, e-mail: shatsaa@mail.ru

В статье приводится методология вычисления фронтов сейсмических волн для анизотропных сред, обладающих трансверсальной изотропией упругих свойств. Описано получение компонент тензора Кристоффеля в двумерном случае гексагональной сингонии, для некоторых гексагональных монокристаллов приведены значения плотности, четырех независимых компонент тензора модулей упругости и двух безразмерных коэффициентов анизотропии. Построены индикатрисы лучевых скоростей для характерных случаев гексагональной сингонии при совпадении оси нагружения с главной осью анизотропии. При несовпадении оси нагружения с главной осью анизотропии волновые фронты получены с помощью конечно-разностного моделирования. Изложенная методология может быть использована при анализе лабораторных данных и натурных наблюдений в геофизике, особенно в сейсморазведке – при построении временны̀х сейсмических разрезов и при изучении особенностей распространения сейсмических волн в горизонтально-слоистой среде.

Ключевые слова: сейсмика, волновые поверхности, гексагональная симметрия, трансверсальная изотропия, тензор Кристоффеля, упругие модули, поворот оси симметрии, численное моделирование

THE COMBINED CALCULATION METHODOLOGY OF SEISMIC-WAVE FRONTS FOR THE ANISOTROPIC MEDIA BY THE EXAMPLE OF HEXAGONAL CRYSTALS

[1]Melnikova N.A., [2]Nemirovich-Danchenko M.M., [2]Islyamova A.A., [2]Kpata Mc E.R.E.

[1]STI, National Research Nuclear University «MEPhI», Seversk, e-mail: natmeln100@mail.ru;
[2]National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: shatsaa@mail.ru

The calculation methodology of seismic-wave fronts for the anisotropic media having elastic transversal isotropy is presented in the article. The obtaining of Christoffel's tensor components in 2D hexagonal syngony is described. The values of density, four independent tensor components of elastic constants and two dimensionless anisotropy coefficients are given for some hexagonal monocrystals. Radial velocity indicatrixes are plotted for typical cases of hexagonal syngony when the loading axis matches the main anisotropy axis. When the loading axis doesn't match the main anisotropy axis, waves fronts are obtained by finite and incremental modelling. The preceding methodology may be used for the analysis of laboratory data and full-scale experiments in geophysics, especially in seismic i.e. in case of plotting time seismic cuts and studying features of seismic waves distribution in the horizontally stratified medium.

Keywords: seismic, wave fronts, hexagonal symmetry, transversal isotropy, Christoffel's tensor, elastic constants, symmetry axis rotation, numerical modelling

Естественной трансверсальной изотропией упругих свойств обладают кристаллы гексагональной сингонии. Кроме того, однородные изотропные тела с плоскопараллельной системой трещин, а также неоднородные слоистые геологические среды при выполнении ряда условий заменяют так называемыми эффективными анизотропными моделями. В контактных задачах для деформируемых анизотропных сред нужно оценивать особенности волновых фронтов. В целом задача построения фронтов является тривиальной лишь для изотропных однородных сред. В случае же реальных сред (например, геосред) построение фронтов сопряжено с рядом вычислительных особенностей.

Фундаментальные основы для решения задач кристаллоакустики заложены во второй половине нашего столетия Ф.И. Федоровым [1]. Удается получать и исследовать общее решение уравнений эластодинамики для широкого класса практических случаев. Эти результаты находят свое применение в физической акустике, дефектоскопии, пьезотехнике, сейсморазведке. При этом для многих задач возможно лишь численное решение, но для правильной интерпретации результатов расчетов необходимо опираться на некие общие аналитические зависимости. Авторами ниже рассмотрены несколько характерных случаев гексагональной сингонии и построены индикатрисы лучевых скоростей. При несовпадении оси нагружения с главной осью анизотропии результат получен конечно-разностным моделированием.

Тензор Кристоффеля. В трансверсально изотропных средах наибольшая анизотропия упругих свойств наблюдается в плоскости (010). Распространение упругих волн будем рассматривать в этой плоскости. Совместим орты кристаллографической системы координат с осями X, Z. Будем считать, что среда находится в условиях плоской деформации. Запишем уравнения движения в перемещениях

$$\rho \ddot{u}_i = c_{ijkl} \frac{\partial^2 u_l}{\partial x_j \partial x_k}. \qquad (1)$$

Уравнения (1) являются линейными однородными дифференциальными уравнениями второго порядка относительно вектора смещения [2].

Решение уравнений (1) представляет собой семейство плоских волн

$$\vec{u}(\vec{r},\ t) = A\vec{p}\, e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}. \qquad (2)$$

Здесь $\vec{r}$ – радиус-вектор частицы среды, A – амплитуда волн, $\vec{p}$ – вектор поляризации, $\vec{k}$ – волновой вектор (вектор пространственных частот), $\omega = 2\pi f$ – круговая частота, где f – частота (число полных колебаний вектора смещения за одну секунду). Единичный вектор волновой нормали $\vec{n}$, такой, что $\vec{k} = (2\pi/\lambda)\ \vec{n}$, где λ – длина волны, в оптике называется вектором рефракции (медленность или обратная скорость). Возмущение частоты f в среде пробегает путь λ за время $T = 1/f$, а величину $\upsilon = \lambda f = \frac{\omega}{k}$ называют фазовой скоростью, где k – длина вектора $\vec{k}$.

Выражение (2) для вектора смещения плоской упругой волны является комплексным, тогда как реальные смещения должны выражаться вещественными величинами. Разрешение этого противоречия заключается в том, что уравнения (1) являются линейными однородными уравнениями, причем все операции, производимые над неизвестным вектором, не содержат мнимых выражений [2].

Учитывая вышесказанное, равенство (2) запишем в виде

$$\vec{u}(\vec{r},\ t) = A\vec{p}\, e^{\frac{2\pi}{\lambda} i(\vec{n}\vec{r} - \upsilon t)}, \qquad (3)$$

подставляя (3) в уравнения (1), получим

$$\rho\, \upsilon^2\, p_i = c_{ijkl}\, n_j\, n_k\, p_l. \qquad (4)$$

Здесь n_j, n_k – направляющие косинусы вектора волновой нормали, а свертка $c_{ijkl}\, n_j\, n_k$ есть тензор второго ранга – тензор Кристоффеля Γ_{il}. Введем вместо тензора c_{ijkl} тензор $\gamma_{ijkl} = \frac{1}{\rho} c_{ijkl}$, который называется приведенным тензором модулей упругости. Тогда свертка $\gamma_{ijkl}\, n_j\, n_k$ есть приведенный тензор Кристоффеля Λ_{il}. Перепишем уравнение (4) в виде

$$\left(\Lambda_{il} - \upsilon^2\right)\vec{u} = 0. \qquad (5)$$

Векторное уравнение (5) есть уравнение Кристоффеля. Оно является основным для всей теории упругих волн в кристаллах. Собственными значениями приведенного тензора Кристоффеля Λ_{il} являются квадраты фазовых скоростей, а его собственным вектором – вектор поляризации $\vec{p}$. При вычислении компонент тензора Кристоффеля нужно учитывать, что, например, $c_{2323} = c_{2332} = c_{3232} = c_{3223} = c_{44}$.

В плоскости (010) матрица приведенного тензора Кристоффеля будет иметь вид

$$\Lambda_{il} = \begin{pmatrix} \gamma_{11} n_x^{\ 2} + \gamma_{44} n_z^{\ 2} & (\gamma_{13} + \gamma_{44}) n_x n_z \\ (\gamma_{13} + \gamma_{44}) n_x n_z & \gamma_{44} n_x^{\ 2} + \gamma_{33} n_z^{\ 2} \end{pmatrix},$$

где индекс 4 соответствует сочетаниям индексов (13) и (31).

Характеристическое уравнение матрицы тензора Кристоффеля

$$\begin{vmatrix} \Lambda_{11} - \upsilon^2 & \Lambda_{13} \\ \Lambda_{13} & \Lambda_{33} - \upsilon^2 \end{vmatrix} = 0$$

имеет корни

$$\upsilon_{1,2} = \sqrt{\frac{\Lambda_{11} + \Lambda_{33} \pm \sqrt{(\Lambda_{11} - \Lambda_{33})^2 + 4\Lambda_{13}^2}}{2}}. \qquad (6)$$

Трансверсально изотропная среда (в частности, гексагональные кристаллы) является единственным примером анизотропной среды, для которой уравнение Кристоффеля при любом направлении волновой нормали распадается на линейное и квадратное уравнения и поэтому допускает сравнительно простое решение [2]. Поскольку такие среды в отношении упругих свойств обладают симметрией вращения вокруг оси 6-го порядка, то все волновые поверхности будут поверхностями вращения. Чтобы их получить, достаточно найти вид соответствующей кривой в меридиональной плоскости (плоскости симметрии, проходящей через ось 6-го порядка), после чего вращение кривой вокруг оси 6-го порядка даст искомую поверхность.

Результаты исследования и их обсуждение

Индикатрисы фазовых скоростей $\upsilon_{1,2}$ и медленностей $1/\upsilon_{1,2}$ легко строятся непосредственно по формулам (6). Для построения волновых (лучевых) поверхностей нами использован геометрический метод Postma [8]. Для иллюстрации характера этих кривых выберем гексагональные кристаллы с различной степенью анизотропии.

В таблице приведены константы для ряда гексагональных кристаллов (компоненты c_{ij} даны в ГПа, плотность – в кг/м^3). Данные расположены по возрастанию плотности монокристаллов от разновидности Ih пресного льда до карбида вольфрама WC. Даны ссылки на работы, из которых были взяты константы. Далее, кроме обычно используемых упругих модулей и плотности в таблице приводятся так называемые безразмерные эффективные параметры анизотропии [9]:

$K_P = \left(C_{11} / C_{33}\right)^{1/2}$ – характеризует анизотропию по скорости квази-P–волн;

$K_{SV} = \left(\left(C_{11} + C_{33} - 2C_{13}\right) / 4C_{44}\right)^{1/2}$ – характеризует анизотропию по скорости квази-SV-волн.

Эти параметры удобны при моделировании в плоскости (010), так как для изотропной среды $K_P = K_{SV} \equiv 1$.

Из таблицы выбраны три характерных среды: 1 – стабильная разновидность пресного льда Ih, 2 – цинк (Zn), 3 – стабильный графит (α–C).

На рис. 1 построены кривые фазовых скоростей (а), обратных скоростей (б) и лучевых скоростей (в) для льда, на рис. 2, а, б, в – для цинка, и на рис. 3, а, б, в – для графита, одного из предельных случаев анизотропии. В изотропной среде кривые (индикатрисы) для всех скоростей были бы концентрическими окружностями, а поверхности фазовых скоростей, медленностей и лучевых скоростей в пространственном случае – сферами.

Показанные на рисунках кривые есть сечения поверхностей – поверхности медленностей (слева), фазовых скоростей (в центре) и поверхности лучевых скоростей (справа). Последние поверхности есть не что иное, как фронты распространяющихся волн, ибо энергия в волне переносится по лучам. Участки вогнутости поверхностей медленностей определяют области неоднозначности на фронтах. В *изотропной* среде лучевые и фазовые скорости совпадают – фронты (волновые поверхности) представляют собой сферы, и нормаль в любой точке фронта коллинеарна лучу, проведенному к этой точке из места излучения.

По индикатрисам льда заметна слабая анизотропия, и областей неоднозначности не видно. Зато для монокристалла цинка хорошо видна выраженная анизотропия по продольной скорости (латеральная вытянутость, квази-эллиптичность внешней кривой рис. 2, в). Внутренняя кривая, соответствующая индикатрисе квазипоперечной скорости, обладает характерными признаками сильной анизотропии – зонами рефракции, так называемыми «петлями» на лучах ± π/2.

Монокристалл графита является граничным случаем анизотропии в том смысле, что для него, во-первых, характерны максимальные отклонения луча от волновой нормали (ромбовидный фронт), и, во-вторых, для широкого диапазона лучей скорость одной из ветвей квазипоперечной волны практически равна скорости квазипродольной волны – индикатрисы касаются друг друга.

Для случая несовпадения главной оси анизотропии и оси нагружения было решено использовать численный метод расчета полного волнового поля, основанный на конечно-разностном моделировании [1]. Приведем для сравнения волновую картину в задаче Лэмба для монокристалла цинка конечных размеров в случае, когда ось нагружения коллинеарна оси C (рис. 4) и для случая, когда угол между ними составляет 30° (рис. 5).

Упругие модули, плотности и параметры анизотропии гексагональных кристаллов

Вещество	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{33}	C_{44}	ρ	K_p	K_{sv}
Лёд Ih [6]	13,84	7,06	5,81	14,99	3,19	919	0,96	1,16
Be [3]	292,3	26,7	14	336,4	162,5	1848	0,932	0,96
α–C [5]	1109	139	0	38,7	4,95	2267	5,35	7,61
Апатит [4]	167	13,1	66	140	66,3	3200	1,09	0,81
Ti [3]	162,4	92	69	180,7	46,7	4506	0,95	1,05
Zn [3]	165	34,2	50,1	62	39,6	7100	1,63	0,89
Co [3]	307	165	103	358	75,5	8900	0,93	1,23
WC [7]	720	254	267	972	328	15770	0,86	0,94

Рис. 1. Индикатрисы медленностей (а), фазовых скоростей (б) и лучевых скоростей (в) монокристалла пресного льда Ih. Черная линия – квазипродольная волна, серая – квазипоперечная волна

Рис. 2. Индикатрисы медленностей (а), фазовых скоростей (б) и лучевых скоростей (в) монокристалла цинка. Черная линия – квазипродольная волна, серая – квазипоперечная волна

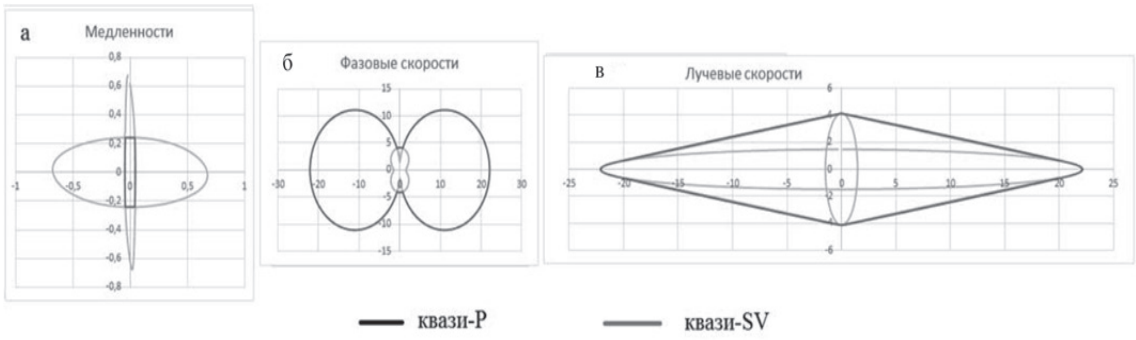


Рис. 3. Индикатрисы медленностей (а), фазовых скоростей (б) и лучевых скоростей (в) монокристалла графита. Черная линия – квазипродольная волна, серая – квазипоперечная волна

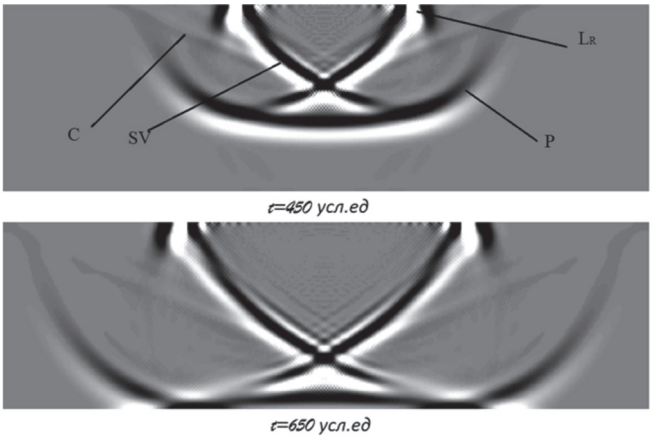


Рис. 4. Волновые фронты в монокристалле цинка в случае коллинеарности осей анизотропии и нагружения для двух моментов времени. Буквами обозначены: P – квазипродольная волна, SV – квазипоперечная волна, LR – волна Рэлея, C – коническая волна

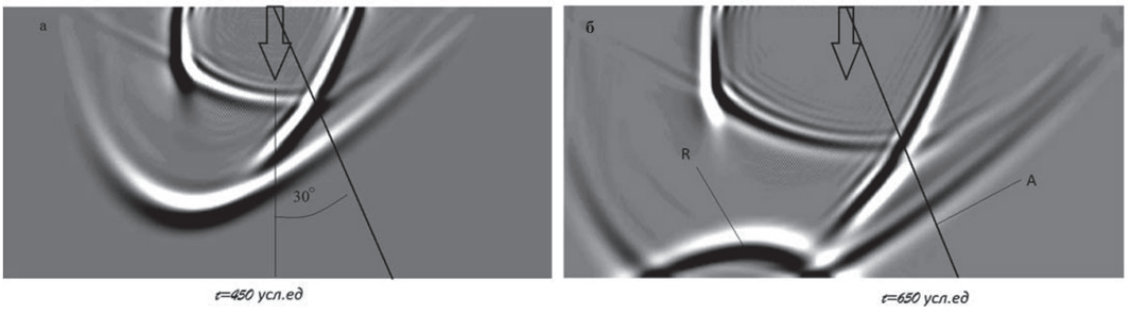


Рис. 5. Волновые фронты в монокристалле цинка для случая угла 30 градусов между осью нагружения (черная стрелка) и осью анизотропии (линия). Буквой R обозначена отраженная от свободной поверхности продольная волна

Каждая из волновых картин на рис. 4–5 представляет собой мгновенные снимки (скриншоты) волнового поля для двух моментов времени. Вид фронта продольной и поперечной волн на рис. 4 соответствует индикатрисам рис. 2, в. Хорошо различимы петли для квази-SV волн, на скриншоте они воспринимаются как отдельные ветви фронта. Для более раннего момента фронт продольной волны еще не достиг нижней грани, для более позднего начинается отражение. Это показано на рис. 5, б: фронт продольной волны, достигнув нижней грани (на ней задано условие свободной поверхности), начинает отражаться от неё, фронт отраженной волны отмечен буквой R.

Выводы

Изложенная методология может быть использована в сейсморазведке при построении временны̀х сейсмических разрезов и при оценке особенностей распространения сейсмических волн в горизонтально-слоистой среде. Кроме того, методы построения волновых фронтов могут применяться на стадии планирования и обработки результатов лабораторного моделирования в материаловедении, кристаллофизике и дефектоскопии.

Список литературы

1. Мельникова Н.А., Немирович-Данченко М.М. Методика расчета упругих волновых полей для мезообъема, содержащего несколько разноориентированных кристаллов с различными свойствами // Физ. мезомех. – 2006. – Т. 9, № 1. – С. 103–110.

2. Федоров Ф.И. Теория упругих волн в кристаллах. – М.: Наука, 1965. – 388 с.

3. Шульце Г. Металлофизика. – М.: Мир, 1971. – 504 с.

4. Bhimasenachar J. Elastic constants of apatite // Proc. Indian Acad. Sci. – 1945. – A22. – P. 209–214.

5. Bosak A. et al. Elasticity of single-crystalline graphite: Inelastic x-ray scattering study // Physical review. B, Condensed matter 75(15), 153408 (April 2007).

6. Jona F., Scherrer P. Die elastischen Konstanten von Eis Einkristallen // Helv. Phys. Acta. – 1952. – № 25. – P. 35–54.

7. Lee M., Gilmore R.S. Single crystal elastic constants of tungsten monocarbide // J. Mater. Science. –1982. –V. 17, № 9. – P. 2657–2660.

8. Postma G.W. Wave propagation in a stratified medium // Geophysics. – 1955. – V. 20, № 4. – P. 780–806.

9. Thomsen L. Weak elastic anisotropy // Geophysics. – 1986. – V. 51, № 10. – P. 1954–1966.

УДК 502/504:631.46

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ В СИСТЕМЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Напрасникова Е.В., Лопатина Д.Н.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: napev@irigs.irk.ru

Проведено комплексное изучение характерных особенностей почв Верхнего Приангарья в условиях Восточной Сибири. В настоящее время основные массивы этих почв находятся под пашнями и пастбищами. На исследуемой территории выделено 3 ствола, 9 отделов, 27 типов и 46 подтипов почв. Показатели щелочно-кислотных условий варьируют от нейтральных до сильнощелочных, независимо от сельскохозяйственного использования. Определение биологической активности почв позволило отнести их к среднеактивным и высокоактивным. Оценка уровня фитотоксичности методом биотестирования выявила, что под растительностью почвы не проявляют ингибирующие свойства. Для исследуемой территории установлено содержание тяжелых металлов (Pb, Cr, Ni, Co, Mn, Cu, S, V, Ba), которое показало в основном допустимое и реже близкое к первому уровню загрязнения почв. Полученные результаты по содержанию химических элементов сопоставимы со значениями щелочно-кислотных условий почв.

Ключевые слова: Верхнее Приангарье, почвы, биологическая активность, тяжелые металлы, фитотоксичность

ECOLOGICAL FEATURES OF SOILS IN THE UPPER ANGARA REGION IN THE NATURE MANAGEMENT SYSTEM

Naprasnikova E.V., Lopatina D.N.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: napev@irigs.irk.ru

A comprehensive study into the characteristic features of the soils of the Upper Angara region in conditions of Eastern Siberia has been carried out. At present the main massifs of these soils are occupied by arable lands and pastures. On the study territory e identified three trunks, nine orders, 27 types, and 46 subtypes of soils. The indicators of acid-alkaline conditions vary from neutral to strongly alkaline, irrespective of agricultural use. According to the biological activity of soils as determined in this study, we assigned them to moderately active and highly active soils. An assessment of the level of phytotoxicity by the biotesting method revealed that the soils under vegetation do not show any inhibiting properties. For the study territory we determined the content levels of heavy metals (Pb, Cr, Ni, Co, Mn, Cu, S, V, and Ba), showing mainly an allowable pollution level of soils and, more rarely, pollution approaching the first level. Results the contents of chemical elements have been correlated with the values of acid-alkaline conditions of soils.

Keywords: Upper Angara region, soils, biological activity, heavy metals, phytotoxicity

Известно, что почв, не измененных человеком, на земном шаре осталось не более 5%. Трансформация их свойств, независимо от характера использования, неизбежна. Отсюда понятно, что комплексное изучение экологических характеристик почв в системе природопользования является актуальной задачей современности.

В этой связи проведена работа, целью которой явилось комплексное изучение экологического состояния почв в условиях Восточной Сибири на примере Осинского района Верхнего Приангарья.

Материалы и методы исследования

Исследуемая территория располагается в пределах Сибирской платформы на Лено-Ангарском плато. Характерной особенностью рельефа является ступенчатость. Ступени четко выражены от долины реки Ангары на северо-восток, к верховьям рек Обусы, Кахи, Куды. Климат района является резко континентальным с холодной продолжительной зимой, относительно теплым и влажным летом. Большая расчлененность Лено-Ангарского плато способствует развитию температурных инверсий. Возвышенные участки оказываются теплее понижений. На повышениях рельефа и в долинах крупных рек безморозный период значительно продолжительнее. Такие места могут быть благоприятны по тепловым условиям для выращивания более теплолюбивых культур. Распределение осадков по времени и по территории неравномерно вследствие различий в синоптических условиях, высоте местности, расчлененности рельефа и экспозиции склонов. Наименьшее количество осадков получает лесостепная часть Приангарья (320–400 мм в год). С высотой местности и в залесенном обрамлении островных лесостепей количество осадков увеличивается (400–450 мм в год).

Объектом детального исследования служил почвенный покров территории, который сравнительно разнообразен, что обусловлено особенностями геологического строения, рельефа, климата, растительности и антропогенного воздействия.

Совокупность факторов почвообразования создает предпосылки для формирования особых типов почв, не вписывающихся в традиционные представления зональных типов таежно-лесной зоны – черноземов, темногумусовых и других под степной растительностью. В табл. 1 представлена характеристика исследуемых почв и тип их использования.

Растительный покров исследуемой территории представлен сочетанием леса, зарослей кустарника, степи, луга, болота. По геоботаническому районированию территорию относят к Ольхонско-Приан-

гарскому сосново-лесостепному геоботаническому округу [2, 5].

Валовое содержание макро- и микроэлементов в почвах установлено количественным спектральным методом на спектрографе ДФС-8 и атомно-эмиссионным методом на приборе Optima 2000 DV (фирмы Perkin Elmer) в сертифицированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. Показатели pH почв определены потенциометрическим методом. Для определения биологической активности почв был использован экспресс-метод Т.В. Аристовской, М.В. Чугуновой [1], который является доступным и весьма информативным. Сущность метода состоит в определении скорости (в часах) изменения pH от выделяемого аммиака при разложении карбамида, как суммарный результат биохимической деятельности почвенной микрофлоры и отчасти растительности (чем меньше количество часов, регистрирующих скорость реакции, тем выше биологическая активность почв). Фитотоксичность почв определена биодиагностическим методом по ингибированию прорастания семян высших растений. В качестве тест-объекта служили семена редьки согласно ГОСТ-2009 [4].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований выявлено, что на значительной части (более 40%) освоенной территории размещаются бывшие агрогенные аналоги темногумусовых, черноземов и серых почв на суглинистых отложениях пологих склонов с бугристо-западинным микрорельефом. В настоящее время основные массивы этих почв находятся под пашнями. Проградированные почвы, по сравнению с серыми лесными, имеют более мощный гумусовый горизонт. На исследуемой территории в соответствии с классификацией и диагностикой почв России выделено 3 ствола, 9 отделов, 27 типов и 46 подтипов почв [6].

Таблица 1

Характеристика объектов исследования Верхнего Приангарья

№ п/п	№ ключевой площадки	Горизонт	Тип почвы	Использование
1	61	PBca	Агроабразем типичный	Залежь 1 год
2	82	PBca		Залежь 1 год
3	71	Pca	Агрозем темный	Залежь 1–2 года
4	76	Pca		Залежь 1 год
5	78	P		Залежь, 1 год
6	72	W	Агросерая типичная	Зарастающая лесом залежь, 15–20 лет
7	74	Pca		Пашня
8	53	Wca	Агросерогумусовая типичная	Залежь 15–20 лет, пастбище
9	69	Wca		Залежь 15–20 лет
10	52	P	Агротемногумусовая типичная	Пашня
11	68	P		Залежь 1 год
12	54	Pca	Агрочернозем гидрометаморфизованный	Пашня
13	63	Wca		Залежь 5–10 лет
14	67	Pca		Пашня
15	73	W		Залежь 20 лет, пастбище
16	79	Wca		Залежь 10–15 лет
17	57	Pca	Агрочернозем типичный	Пашня
18	58	Pca		Пашня
19	62	Pca		Пашня
20	80	P		Пашня
21	59	P		Пашня
22	70	Pca		Пашня
23	64	AYca	Серая типичная	Пастбище
24	65	AY		Фон
25	55	AY	Чернозем гидрометаморфизованный	Пастбище
26	66	AYca		Пастбище
27	77	AY		Пастбище
28	81	AY		Пастбище
29	60	AY	Чернозем маломощный	Пастбище

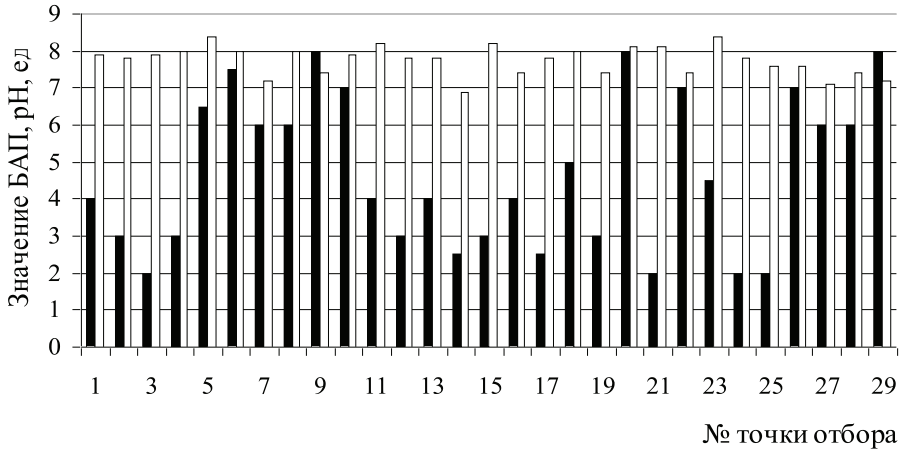


Рис. 1. Биологическая активность почв Осинского района и их pH.
Примечание: ■ – значения БАП; □ – значения pH

Почвенно-биологические процессы представляют собой полифункциональную характеристику и подвержены влиянию многих экологических факторов. Однако в числе приоритетных выделяются влажность почв, температура и щелочно-кислотные условия.

Исследованные почвы характеризуются нейтральной и щелочной реакцией среды, что в значительной степени отличает их от аналогичных почв Европейской части, которые имеют слабокислую и кислую реакцию. Показатели pH изучаемых почв варьируют от нейтральных (6,9) до сильнощелочных (8,4 ед.) независимо от типа и их сельскохозяйственного использования. На этом фоне протекают все процессы трансформации органических соединений.

Известно, что биологическая активность почв является информативным показателем её функциональных возможностей на текущий момент времени и контролируется экологическими факторами. Такой биоиндикационный подход широко апробирован нами на различных естественных и антропогенных почвах Сибири [7, 8].

Результаты определения биологической активности почв (БАП) и pH в разных местоположениях приведены на рис. 1.

Значения БАП колеблются от 2 до 8 часов (далее единиц), на основании чего их можно отнести к высокоактивным и частично к среднеактивным. Анализ данных показывает, что максимальная активность почв чаще проявляется на пашнях и пастбищах (2–3 ед.). На залежных участках наблюдается относительно меньший уровень БАП, который колеблется от 3 до 8 единиц.

Отметим, что значение активности естественной серой бескарбонатной почвы (фоновой), которая может служить условным контролем, достигает 4-х единиц. Эта цифра, в общей совокупности полученных данных, очень близкая к статистически среднему значению БАП (4,7 ± 0,6).

Определение зависимости биологической активности естественных и агрогенно-преобразованных почв Осинского района от показателей pH выявило статистически не существенное значение ($r < 0,3$ по шкале Чеддока). Полученные результаты имеют сходство с нашими данными на других территориях, где земли находятся под сельскохозяйственным использованием.

Известно, что наряду с природными токсическими продуктами в окружающую среду индустриальных районов поступают разные по составу и свойствам техногенные загрязнители. Трудности диагностики не позволяют четко дифференцировать эти вещества и определять степень их влияния на среду. В связи с проблемами их прямого определения в познании активаторно-ингибиторной функции почвы полезно использовать косвенные методы. Речь идет об оценке уровня фитотоксичности почв методом биотестирования.

Результаты определений в лабораторных условиях позволили выявить преобладающее количество почв, ингибирующих прорастание семян на 10–25 %, что не достигает порога токсичности. Лишь в единичных случаях фиксируем угнетение семян на 30–65 %. Отмечено, что в почвах, взятых под растительностью, степень угнетения прорастания семян гораздо меньше,

чем без растительности. Дополнительным токсикометрическим показателем явились данные по биомассе и длине проростков испытуемых семян. Биомасса проростков показала значения от 0,8 до 3,6 г (см. рис. 2). Среднее значение при этом равно 2,38 г. Контрольное значение на фоновой почве (рис. 2, т. 24) показало 3,1. Этим показателям значительно уступает только одна почва – чернозем маломощный на пастбище (рис. 2, т. 29).

Показатели средней длины проростков на исследуемых образцах почв уступают контрольным от 3 до 10 раз. Эти результаты не являются критическими, но позволяют считать некоторые исследуемые субстраты близкими к токсичным. Не исключаем влияние засушливого лета, которое могло повлиять на увеличение в почве токсичных компонентов.

Кроме эколого-биохимической характеристики почв выявлен количественный состав химических элементов, которые относятся к тяжелым металлам. В целях более компактного и наглядного представления результатов из общего массива полученных данных приводим табл. 2, где показаны минимальные, максимальные, а также средние значения содержания тяжелых металлов, относящихся к слабо-, умеренно- и сильноопасным загрязнителям. Валовое содержание этих элементов отражает общую загрязненность и потенциальную опасность загрязнения растительности.

Установлено, что содержание свинца во всех исследуемых почвах не превышает значение ПДК. Что касается хрома, незначительное увеличение зарегистрировано в агрочерноземе под пашней и в черноземе маломощном на пастбище. Относительно никеля, марганца, стронция почвы можно считать чистыми, т.к. превышение ПДК не наблюдается.

Содержание кобальта выше ПДК во всех почвах и достигает 2 и 3,8 ПДК под залежью и пашней соответственно. Содержание меди в редких случаях под залежью превышает ПДК в два раза, что близко ко второму (низкому) уровню загрязнения. Отметим, что содержание ванадия не превышает ПДК, за исключением одного случая (агрозем темный) под залежью. Содержание бария изменяется в узких пределах (см. табл. 2), и его показатели не превышают 400 мг/кг. Для бария ПДК отсутствует. В земной коре его кларк – 390 мг/кг. По данным Ю.Н. Водяницкого [3] в различных почвах планеты содержание бария колеблется в очень широких пределах (от 16 до 2370 мг/кг). Автор также указывает, что сведений о содержании бария и ванадия в почвах России недостаточно.

Содержание тяжелых металлов на исследуемой территории мы рассмотрели в соответствии с щелочно-кислотными условиями. Построением графиков, при допущении, что содержание тяжелых металлов – зависимая переменная от pH среды, мы преследовали одну цель: посмотреть характер их распределения в относительно узком диапазоне щелочно-кислотных условий изучаемых почв. Результаты показали, что свинец больше всего концентрируется в диапазоне – 7,5–8,4 ед. pH. Для кобальта, марганца, меди, стронция, бария характерен более узкий диапазон – 7,5–8,0 ед. Хром, никель, ванадий представляют равномерное распределение в пределах от 7 до 8,4 ед.

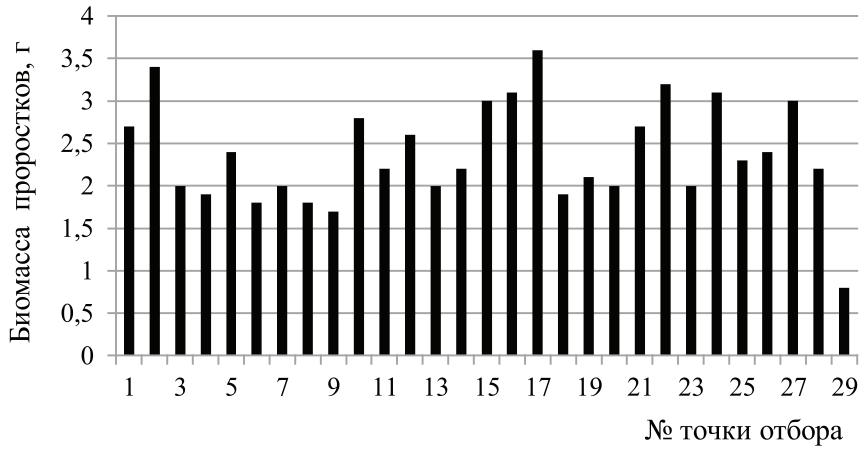


Рис. 2. Биомасса проростков испытуемых семян

Таблица 2

Содержание химических элементов в почвах Осинского района

Pb	Cr	Ni	Co	Mn	Cu	Sr	V	Ba
мг/кг								
3–33 7,8	34–155 98,5	27–72 49,8	9–19 12,8	398–953 584,7	22–118 44,4	77–412 213,0	24–171 76,1	114–354 235,1

Примечание. В числителе минимальные и максимальные, в знаменателе средние значения.

Заключение

Проведенные исследования на территории Верхнего Приангарья позволили охарактеризовать типы почв и их экологические особенности, ранее в этом аспекте не изучавшиеся. Установлено, что в реальном времени основные массивы земель находятся под пашнями и пастбищами.

На исследуемой территории впервые, в соответствии с классификацией и диагностикой почв России, выделено 3 ствола, 9 отделов, 27 типов и 46 подтипов почв.

Экспериментальные исследования показали, что почвы характеризуются нейтральной и щелочной реакцией среды. На этом фоне проявляется высокий потенциал биологической активности почв, как интегральный показатель их свойств, которые изменяются адекватно изменениям экологических условий.

Определение степени фитотоксичности методом биотестирования выявило, что большинство почв не достигают порога токсичности, так как не ингибируют семена высших растений. При этом выявлены некоторые почвы, которые по своим токсикометрическим показателям приближаются к критическим.

Должное внимание в работе было уделено количественному содержанию в почвах тяжелых металлов: высокоопасного (Pb), умеренно опасных (Cr, Ni, Co, Cu) и слабоопасных (Mn, Sr, V, Ba). Уровень загрязнения почв в основном первый, т.е. допустимый, реже – второй (низкий). Распределение химических элементов в почвах показало равномерное одних и неравномерное других, относительно диапазона щелочно-кислотных условий.

Таким образом, представленная работа является определенным вкладом в экспериментальную географию и дополняет наши знания о почвах Восточной Сибири в системе природопользования.

Список литературы

1. Аристовская Т.В. Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.

2. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. – М. – Иркутск, 2004. – С. 76–77.

3. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Почвоведение, 2012. – № 3. – С. 368–375.

4. ГОСТ РИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 20 с.

5. Грудинин Г.В. География Усть-Ордынского Бурятского автономного округа: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во Иркутского, гос. пед. ун-та, 1997. – 132 с.

6. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

7. Напрасникова Е.В. Уреазная активность и pH как показатели экологического состояния почв городов Восточной Сибири // Почвоведение. – 2005. – № 11. – С. 1345–1352.

8. Напрасникова Е.В., Белозерцева И.А. Экологическое состояние почв рекреационной зоны побережья озера Байкал. // Экология родного края: проблемы и пути решения. Мат. Всерос. научн. конф. – Киров, 2015. – С. 281–283.

УДК 911.6

МОРФОЛОГИЯ ДОЛИН И ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК ВЕРХНЕГО ПРИАНГАРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ КУДЫ)

[1]Опекунова М.Ю., [2]Тухта С.А.

[1]ФБГУ Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: opek@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск, e-mail: varitan@yandex.ru

Расположение бассейна р. Куды (правый приток р. Ангары) на стыке Сибирской платформы и переходной к Байкальской рифтовой зоне морфоструктурой Онотской возвышенности, а также интенсивное антропогенное воздействие в его пределах обусловило развитие здесь разнообразных типов речных долин. Анализ формирования различных типов речных долин и морфологиии пойменно-русловых комплексов в разнородных геодинамических и морфоклиматических обстановках позволяет выявить как специфику естественных условий и процессов, так и степень проявления и антропогенных факторов. В данной работе выявлены специфические черты морфологии и особенности развития речных долин, в частности пойменно-русловых комплексов бассейна р. Куды. Установлено, что в формировании долин рек низких порядков значительное участие принимают естественные и антропогенные нефлювиальные процессы в пределах Присаянского и Предбайкальского прогибов. Проведено предварительное районирование бассейна р. Куды по типам речных долин, выделены морфодинамические типы русла р. Куды.

Ключевые слова: бассейн р. Куды, флювиальное рельефообразование, речные долины, пойменно-русловые комплексы, районирование речного бассейна, морфодинамические типы русел, карст, термокарст, криогенные процессы, антропогенное воздействие

MORPHOLOGY OF THE VALLEY AND FLOODPLAIN-CHANNEL COMPLEXES OF RIVERS IN UPPER ANGARA REGION (BASIN OF RIVER KUDA)

[1]Opekunova M.Yu., [2]Tukhta S.A.

[1]V.B. Sochava Institute of Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: opek@mail.ru;

[2]Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: varitan@yandex.ru

Location basin. Kuda (the right tributary of the river. Angara) at the junction of the Siberian platform and the transition to the Baikal Rift Zone morphostructures Onot hill, as well as intensive antropogennogoe effects within it, led to the development of a variety of types are river valleys. Analysis of the formation of various types of river valleys and floodplain morphology-channel complexes in diverse geodynamic and environments, allows to reveal the specifics of natural conditions and processes, and the degree of manifestation and anthropogenic factors. In this study revealed the specific features of the morphology and characteristics of river valleys, particularly floodplain-channel complexes basin. Kuzia. It was found that the formation of river valleys of low-order significant participation take neflyuvialnye natural and anthropogenic processes within the Sayan and depressions of Baikal. The preliminary zoning basin. Kuzia by type of river valleys, isolated morphodynamic types of channel p. Kuda.

Keywords: basin of River Kuda, fluvial relief formation, river valleys, flood plain and river channels complexes, zoning of the river basin, morphodynamic types of channels, karst, thermokarst, cryogenic processes, anthropogenic impact

Изучение процессов флювиального рельефообразования, в частности формирования пойменно-русловых комплексов и речных долин в целом, остается актуальным на протяжении длительного времени [2, 5, 10–13]. Особый интерес представляют территории интенсивного освоения, подвергшиеся значительному антропогенному прессингу, такие как бассейны рек Верхнего Приангарья. В качестве объекта исследования выбран бассейн р. Куды, рельеф которого отображает историю развития зоны сочленения Сибирской платформы и Байкальской рифтовой зоны. Вследствие чего здесь помимо развития широкого спектра экзогенных процессов запечатлено влияние неотектонических колебаний, перестройки древней гидросети, что, несомненно, нашло отражение в современном облике рельефа бассейна.

Бассейн р. Куды (правый приток р. Ангары) вытянут с северо-востока на юго-запад, что соответствует простиранию главных морфоструктур Байкальской рифтовой зоны (рис. 1). Бассейн расположен в пределах юго-восточной области Среднесибирского плоскогорья, во внутренней подобласти хорошо развитых нетектонических структур [1].

Северо-западная часть бассейна до устья р. Ордынка принадлежит району Верхнеленскому [1] или Лено-Ангарскому высокому сводообразному плато с рельефом и высотами. Юго-восточная часть

бассейна, включая р. Мурин, его притоки и часть бассейна, относится к подрайону Предбайкальской впадины с равнинным и холмисто-увалистым рельефом, а и нижняя приустьевая часть бассейна р. Куды с ее правыми притоками лежит в пределах Иркутско-Черемховской равнины Присаянского прогиба. С юго-востока бассейн граничит с Онотским плоским поднятием или Онотской возвышенностью, относящимся к Саяно-Байкальской горной области, к району гор приуроченных к плечам Байкальского рифта. Онотская возвышенность характеризуется как переходная морфоструктура между Байкальской рифтовой зоной и платформой [6]. Таким образом, бассейн имеет форму желоба с поднятыми юго-восточной и северо-западными частями. Средние высоты в северо-западной части составляют здесь 700–800 м, снижаясь до 500–600 м в устьевой части. Длина реки Куды составляет 226 км, а площадь бассейна – 8030 км^2, что позволяет отнести ее к малым рекам. Крупные притоки р. Куды – Мурин, Куяда, Оек, Тамара, Харат.

Целью наших исследований стало выявление особенностей морфологии долин и пойменно-террасовых комплексов бассейна р. Куды. В рамках исследования ставились следующие задачи:

1) определение специфических черт развития морфологии речных долин, в частности пойменно-русловых комплексов бассейна р. Куды;

2) выделение морфодинамически однородных участков русла;

3) районирование бассейна р. Куды по типам речных долин.

Теоретической и методической основой данных исследований послужил ряд работ основателей и ведущих специалистов отечественной школы русловедения и морфодинамики речных систем [2, 5, 10–13].

Геологическое строение территории и рисунок речной сети. Бассейн Куды расположен на стыке полей распространения кембрийских песчаниково-алевролитовых карбонатных и известняково-доломитовых и юрских песчаниковых и песчаниково-галечниковых отложений. В средней и нижней части бассейна получили распространение неогеновые галечники и пески, глины манзурской, подтокской и баяндайской свит, выполняющие древние конусы и долины рек [3].

В пределах бассейна р. Куды выделяются два типа поверхностей выравнивания: мел-палеогеновая поверхность выравнивания, представленная среднегорным плосковершинным водораздельным останцовым рельефом с высотами 750–780 м и неогеновая придолинная поверхность выравнивания, которая лежит в широких гипсометрических пределах от 500 до 700 м и более. В процессе образования неогеновой поверхности выравнивания был сформирован среднегорный сильнорасчленённый и низкогорный средне- и слаборасчленённый увалисто-грядовый и увалисто-холмистый рельеф. В неогене был сформирован низкогорный рельеф с переходом к равнинному.

Рисунок речной сети в пределах бассейна р. Куды можно разделить на несколько типов, наиболее распространен древовидный тип речных бассейнов, он характерен для рек Лено-Ангарского плато, правобережной части бассейна в нижнем течении, рек, берущих свое начало на Онотской возвышенности. В пределах Предбайкальского прогиба и Иркутско-Черемховской равнины широко распространен перистый и параллельный типы речных бассейнов.

Гидрологический режим рек и климатические условия. Бассейн р. Куды относится к району с недостаточным увлажнением (индекс сухости более 1), умеренно суровой малоснежной зимой, умеренно теплым летом [1]. По гидрологическому районированию бассейн относится к Ангаро-Саянскому лесостепному маловодному частично закарстованному и заболоченному району со снеговым и дождевым питанием рек. Многолетний уровенный режим р. Куды в верховьях у с. Ахины составляет 0,87 м^3/с, а в устьевой части у с. Грановщина – 13, 9 м^3/с., а годовой модуль стока меняется от 3,11 л/ с км^2 до 1,77 л/ с км^2 . У основного притока р. Куды – р. Мурин показатели расхода воды варьируют от 0,45 м^3/с в верховьях до 0,56 м^3/с в устьевой части долины [3, 8].

Антропогенные факторы воздействия на пойменно-русловые комплексы территории исследования следующие: распашка земель, сведение лесов, мелиорация в речных долинах, выпас скота, рекреационное использование, прокладка коммуникаций. Согласно классификации А.В. Чернова [13] все эти факторы обладают прямым воздействием на пойму и косвенно – на русло реки, а по масштабу влияния имеют местное значение, за исключением распашки земель, сведения лесов, мелиорации в речных долинах, имеющих региональный масштаб воздействия. при этом он хорошо обжит и освоен человеком.

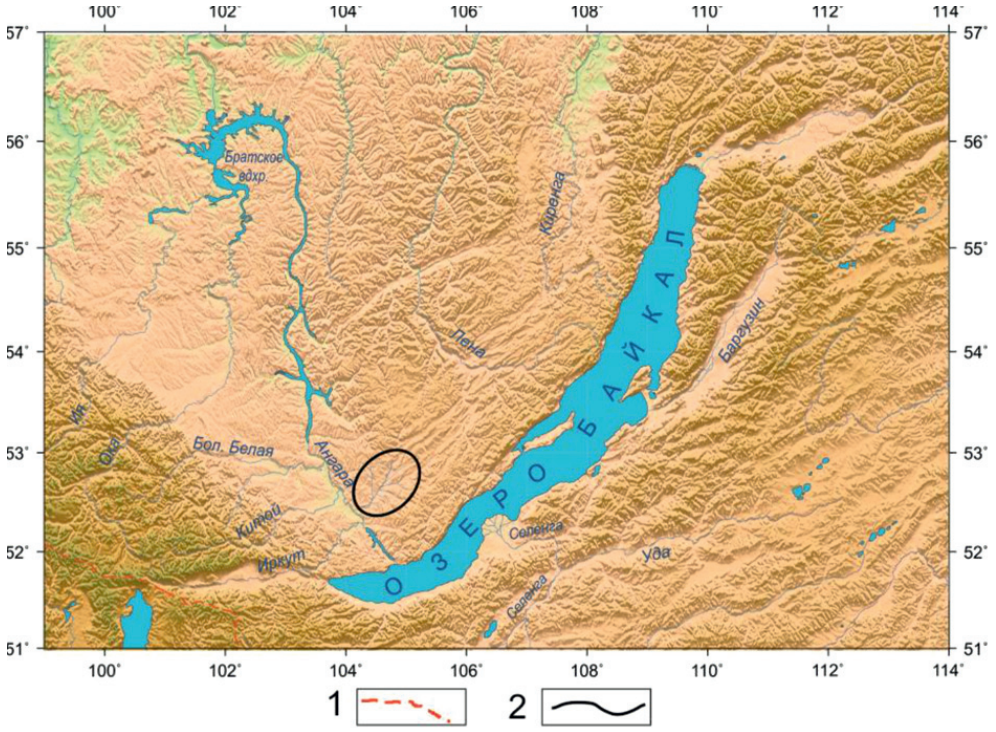


Рис. 1. Схема расположения территории исследования. 1 – государственная граница; 2 – бассейн р. Куды

Взаимодействие человека с природой в бассейне р. Куды имеет довольно длительную историю. Еще в палеолите человек начал осваивать степную и лесостепную части бассейна, о чем свидетельствуют выявленные археологами древние поселения в Хомутово, Оеке, Булусе. С течением времени степень воздействия человека на бассейн увеличивалась, но вплоть до XX в. освоение территории носило очаговый характер. Позднее начинает развиваться земледелие, которое в первую очередь оказало влияние на состояние растительного покрова. Распахивались степные участки, раскорчевывался и выжигался лес. Масштабы хозяйственного освоения территории ежегодно возрастали, по мере увеличения численности населения.

За последние сто лет компоненты ландшафтов бассейна р. Куды подверглись наиболее интенсивному и разнообразному многоэтапному антропогенному воздействию. От интенсивного освоения с начала XX века, через этап увеличения площади сельскохозяйственных земель и усиления животноводческой деятельности в 1920–1980-х годах, и до спада 1990-х годов производственной нагрузки на территорию и увеличения рекреационного и лесохозяйственных секторов экономики территории. Во второй этап (1960-е гг.) проведен ряд мелиоративных работ – произошло строительство системы водоосушительных и оросительных каналов в бассейнах р. Мурин, Куды в нижнем течении.

Пойменно-террасовый комплекс. В бассейне р. Куды хорошо развит комплекс поймы и низких аккумулятивных террас. Высота низкой поймы до 1,5 м, ширина ее варьируется от десятков до сотен метров, высота высокой поймы – до 2,5 м в средней и устьевых частях бассейна. Первая терраса (3–5 м) получила широкое развитие во всех долинах крупных водотоков. Вторая терраса (6–8 м) на левом берегу р. Куда образует полосу (0,5–2,5 км), протягивающуюся от д. Поздняково на север на расстояние до 25 км. Третья терраса высотой 9–13 м и четвертая (14–16 м) наиболее распространены в средней и устьевой частях бассейна, характеризуются небольшой шириной и уклоном в сторону русла. Поверхности более высоких террас (до 40 м) распространены фрагментарно, в основном в устьевой части бассейна. В целом и на формирование рельефа поверхностей пойменно-террасового ком-

плекса в четвертичное время повлияли карстовые, эоловые, криогенные, просадочные, гравитационные процессы и заболачивание.

Морфология речных долин бассейна р. Куды в пределах Лено-Ангарского плато. Реки бассейна р. Куды в пределах Лено-Ангарского плато (до устья р. Орда), сложенного красноцветными песчаниками, алевролитами, мергелями обладают ящикообразными заболоченными долинами, со склонами крутизной 8–20°. Глубина эрозионного вреза достигает 300 м, а в левобережной части бассейна – 350 м, высоты днищ долин варьируют от 870 м в верховьях до 600 м в районе п. Ахины, высоты окружающих водоразделов изменяются от 750 до 970 м (максимальная отметка – г. Тыпхей с высотной отметкой 1014 м в Божеханском хребте, отделяющем Предбайкальскую впадину от Лено-Ангарского плато). Так как поверхности Лено-Ангарского плато сложены карстующимися породами, то отличительной чертой долины р. Куды на этом участке стало чередование участков с сухим руслом, на которых происходит поглощение поверхностных вод в толщи сильно закарстованных мергелей, доломитов верхоленской свиты. Для пойменных поверхностей характерно обилие карстовых воронок, для коренных склонов – наличие выходов источников в зоне разгрузки карстовых вод. В районе впадения р. Мольта в ходе полевых наблюдений был обследован участок русла с водой и расположенный ниже участок сухого русла. Высота поймы обводненного участка составляет 1,5–1,6 м, ширина – 60 м, ширина русла – 6 м. Пойма имеет уклон в сторону коренного склона до 1,5–2°. В пределах участка высохшего русла ширина русла составляет 4,5–5 м. Дно русла представляет чередование воронок глубиной 1,3 м и длиной 13 м, уклоном 6° (уклон в сторону устья) и ровных участков. Высота поймы от дна таких воронок составляет 3–3,5 м. От предполагаемого уреза – высота – 1,5 м. Ниже по течению, в районе д. Московщина долина р. Куды расширяется, ширина обводненного русла составляет 7–8 м, высота поймы 1,7–2 м, а ширина – 40 м. Здесь же наблюдаются поверхности высотой 4 – 5 м и шириной 50 м (1-я терраса), 10–13 м шириной 125 м (3-я терраса) и 14–15 метровая поверхность 4-й террасы, переходящая в коренной склон. Ширина долин притоков достигает 100 м, падения русел варьирует от 10 до 25 м/км.

Морфология речных долин в пределах Лено-Ангарского плато полностью определена геологическим строением территории, роль в формировании определенного типа речных долин предопределена здесь литологическими свойствами пород, проявляется, в частности, распространением карста.

Морфология речных долин в пределах Предбайкальского прогиба (бассейн р. Мурин). В пределах этой структуры начиная от границы с Лено-Ангарским плато развита система линейных антиклинальных складок, северо-восточного простирания (Божеханская, Кудинская, Муринская и др.). Ширина гряд колеблется от 1 до 3 км. Сопряженные с грядами впадины имеют корытообразную форму с широкими (до 10 км) днищами. Для этого участка бассейна характерно широкое распространение древних долин, сохранившихся отдельными участками от пос. Сухокуядский до р. Булусы и от устья р. Ишин до устья р. Мурин. В левобережной части бассейна распространен специфический тип речных долин, связанный трещиноватостью, закарстованностью пород. В основном это реки, частично наследующие участки древних долин, резко меняют направление, пересекают гряды антиклинальных складок и попадают на другой участок древней долинной сети. Такие участки долин прорыва карстовых частей бассейна [7] характеризуется и специфическим стоком. Например, летом дебит р. Каменка в 200–300 м выше и ниже по течению от участка прорыва достигает 2,5 м^3/с, а на участке прорыва русло остается сухим [7].

Помимо структурных особенностей рельефа и древней речной сети на морфологию современных речных долин значительное влияние оказали процессы карстообразования, криогенеза, наличие многолетнемерзлых пород, которые способствовали формированию специфического облика малых речных долин.

Для русла р. Куды при пересечении хребтов антиклинальных складок характерно развитие пальцеобразных излучин (рис. 2), часто с врезанными в коренные породы вершинами, а также коленообразных изгибов. На этом участке развита в основном низкая пойма высотой до 1,5 м шириной до 1,5 км. На структуру бассейна в этой части значительное влияние также оказало развитие овражной сети, а также необводненных долин временных водотоков, конуса выносов, которые часто располагаются на поверхностях террас и поймы главной реки.

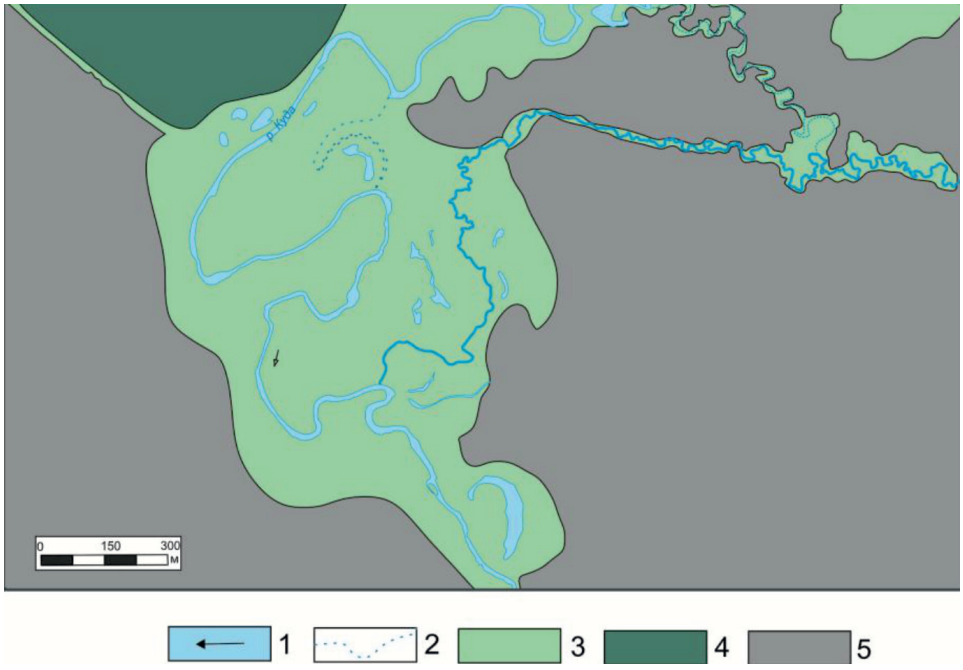


Рис. 2. Пойменно-террасовый комплекс у дер. Гаханы. 1 – русло р. Куды, направление течения; 2 –отмершие участки русла; 3 – пойма высотой 1,5 м от уреза реки; 4 – первая терраса; 5 – коренные породы

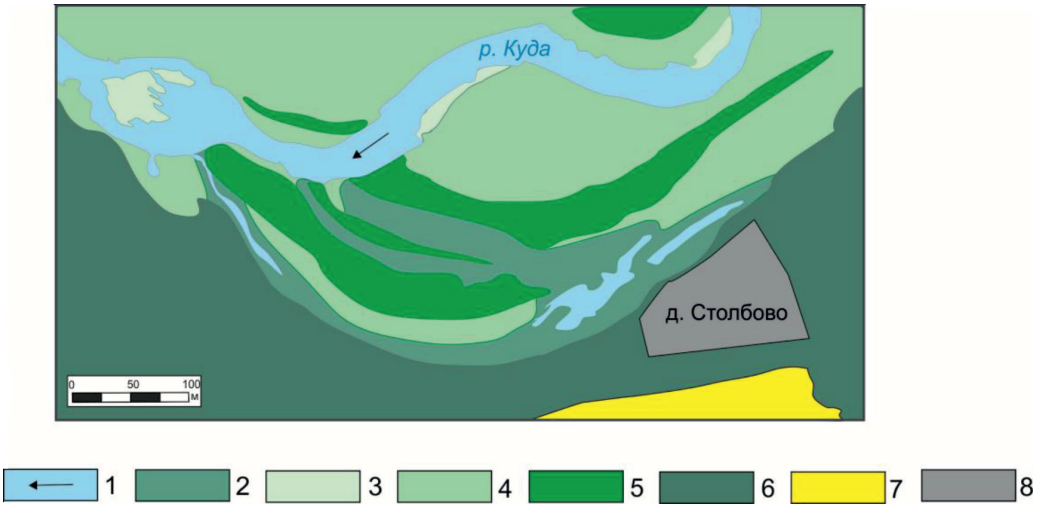


Рис. 3. Пойменно-террасовый комплекс р. Куды у дер. Столбово. 1 – русло р. Куды, направление течения; 2 – межгривные понижения; 3 – прирусловая отмель, намывные острова; 4 – пойма высотой 1,5 м от уреза реки; 5 – пойменные гривы; 6 – первая терраса; 7 – водоразделл; 8 – населенный пункт Столбово

Долины притоков р. Куды в этой части бассейна ящикообразные с заболоченными днищами, широким развитием карстовых и криогенных форм рельефа. Особенность этой территории для водотоков низких порядков в этой части бассейна – это значительное влияние нефлювиальных процессов на развитие долинного комплекса и бассейна в целом.

Морфология речных долин бассейна р. Куды в пределах Иркутско-Черемховской равнины (ниже устья р. Мурин). Территория

бассейна в пределах Иркутско-Черемховской равнины испытала наиболее интенсивный антропогенный прессинг. В морфологии долин это выразилось в прямом воздействии на русло (постройки дамб, плотин, с перегораживанием русла), однако наиболее видоизменились под воздействием человека поверхности пойм и террас. Нефлювиальные естественные процессы, протекающие на поверхности поймы, представлены заболачиванием, проявлением эолового, термокарстового и карстового рельефообразования. В этой части бассейна р. Куды формируется пойма сегментно-гривистого типа (рис. 3). Так, у д. Столбово пойменно-террасовый комплекс представлен следующими морфологическими элементами – галечниковая отмель шириной 15 м, отделенная 1,5-метровым уступом от поверхности низкой поймы шириной 30 м. Поверхность высокой (до 2,5 м) поймы представляет собой чередование возвышенных участков (превышения 0,5–1,5 м), покрытых ивой шириной 40–30 м и заболоченных старичных понижений шириной 20–40 м. Первая терраса (высота 3,5–5 м) наклонена на 2–3 градуса в сторону русла, ширина поверхности невелика – около 80–100 м, далее следует уступ 34–36 метровой водораздельной поверхности.

Морфология речных долин в пределах Онотской возвышенности. Основная часть левых притоков р. Куды берет свое начало с Онотской возвышенности, которая протянулась на 230 км вдоль Приморского хребта от истоков Ангары до верховьев р. Лены. К их числу относятся: Большой и Малый Кот, Куяда, Кукут, Харат, Тамара и др. Свое начало они берут из небольших болот и ключей, а затем свободно меандрируют по Онотской возвышенности.

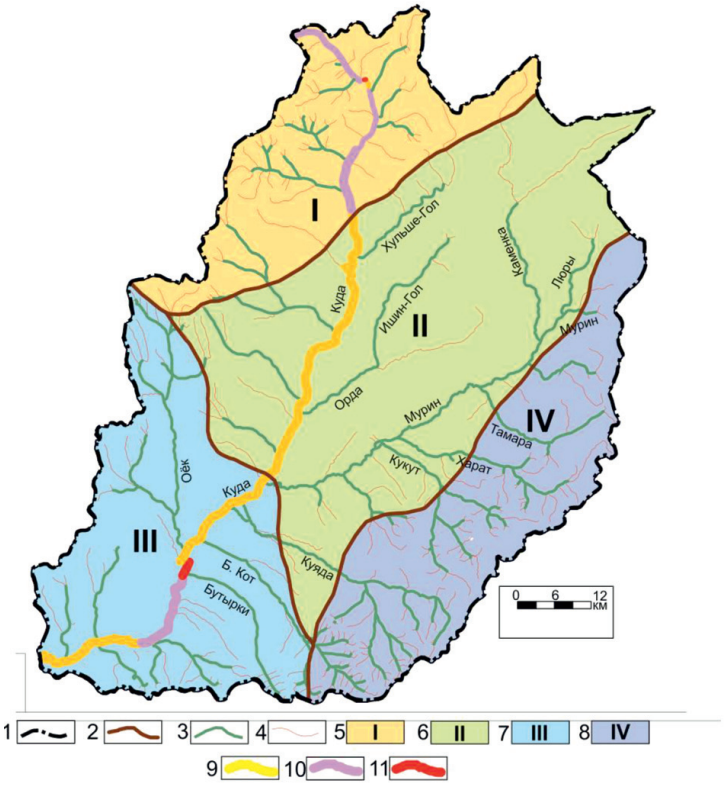


Рис. 4. Районирование бассейна р. Куды по типам речных долин и распространению речных русел различных морфодинамических типов. 1 – граница бассейна р. Куды; 2 – граница районов; 3 – долины рек третьего порядка и выше, морфология которых отображает специфику развития районов; 4 – долины малых рек первого, второго порядков, морфология которых отображает специфику развития нефлювиальных процессов. Районы: 5 – I район речных долин Лено-Ангарского плато; 6 – II район речных долин Предбайкальского прогиба; 7 – III район речных долин Иркутско-Черемховской равнины; 8 – IV район речных долин Онотской возвышенности. Морфодинамические типы русел: 9 – широкопойменные извилистые разветвленные; 10 – широкопойменные извилистые русла; 11 – широкопойменные относительно прямолинейные русла

Долины притоков в этом районе ящикообразные. Дно долин занимают реки с извилистым типом русла и широкими, заболоченными пойменными массивами. В среднем и нижнем течении русла частично видоизменены в результате хозяйственной деятельности человека. Данные изменения отражаются во внешнем облике речных долин. Наблюдаются искусственные каналы, отведенные от естественных русел, пруды и оросительные системы.

Заключение

Проведенный анализ особенностей морфологии речных долин позволил провести предварительное районирование бассейна р. Куды (рис. 4), а также выявить основные особенности флювиального рельефообразования этой территории. Особенности развития речных долин, формирование основных морфологических черт крупных рек (Куды, Мурин и их основных притоков) определены тектоническим и геологическим строением территории и интенсивностью неотектонических движений, благодаря чему бассейны этих рек отразили основные черты развития геоморфологических районов. В то же время в морфологии водотоков низких порядков наиболее ярко отражена деятельность нефлювиального рельефообразования, а также особенности гидрологического режима, что наиболее ярко иллюстрируется реками областей Предбайкальского и Присаянского прогибов. В целом важно отметить, что приведенные первые результаты исследований дают только общее представление о специфике флювиального рельефообразования на этой территории. Для дальнейшего анализа развития речных долин и протекающих в них процессов необходимо проведение полевых исследований, в частности комплексное изучение пойменно-русловых комплексов, а также исследования гидрологического режима рек.

Список литературы

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития / Ред. совет: В.В. Воробьев и др.; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, М-во транспорта РФ, Федеральное агентство геодезии и картографии. – М.; Иркутск: [б. и.], 2004. – 90 с.

2. Баженова О.И. Развитие излучин и современные геоморфологические процессы на средней Оби. [текст] / О.И. Баженова // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока, Новосибирск – 1976. – Вып. 50. – С. 64–71.

3. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды, Серия 3. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Реки и каналы. Т. 1 Вып. 13. Бассейн Ангары. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 290 с.

4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-48 – Иркутск. Объяснительная записка. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. – 574 с.

5. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне [текст] / Н.И. Маккавеев. – Москва: Географический факультет МГУ, 2003. – 355 с.

6. Перевозников Д.Д. Геоморфология зоны перехода от Байкальского рифта к Сибирской платформе. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геогр. наук. – Иркутск, 1999. – 121 с.

7. Природно-мелиоративные условия лесостепных районов Восточной Сибири [текст] / И.Н. Угланов, В.М. Бояркин, И.Н. Иванов, С.А. Филиппова. – Иркутск: Изд-во Иркутского Университета, 1990. – 152 с.

8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16, вып. 2. Бассейн Ангары. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987. – 208 с.

9. Угланов И.Н. Карстовый и мерзлотный рельеф Кудинско-Манзурского междуречья [текст] / И.Н. Угланов. Труды Иркутского государственного университета, том XXIV, серия географическая выпуск 1. – Иркутск: Изд-во Иркутского Университета, 1958. – С. 125–143.

10. Чалов Р.С. Общее и географическое русловедение [текст] / Р.С. Чалов. – Москва: Изд-во МГУ, 1997. – 112 с.

11. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел [текст] / Р.С. Чалов. – Москва: Издательство ЛКИ, 2008. – 608 с.

12. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2: Морфодинамика речных русел [текст] / Р.С. Чалов. – Москва: Издательство КРАСАНД, 2011. – 960 с.

13. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии [текст] / А.В. Чернов. – Москва: ООО «Крона», 2009. – 684 с.

УДК 51-73:550.34

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШУМА В РЯДАХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ГНСС-КООРДИНАТ, ПОЛУЧАЕМЫХ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

[1]Пупатенко В.В., [2,3]Шестаков Н.В.

[1]Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, e-mail: pvv2.dv@gmail.com;
[2]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: shestakov.nv@dvfu.ru;
[3]Институт прикладной математики ДВО РАН, Владивосток

В работе представлены результаты моделирования шума рядов координат, получаемых при обработке данных Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС-данных) методом Precise Point Positioning (PPP) в режиме реального времени. Метод PPP в настоящее время является основным при обработке записей сейсмических волн землетрясений, он позволяет получать мгновенные значения абсолютных координат без привязки к базовым станциям. В качестве исходных данных использован большой набор ГНСС-измерений продолжительностью 10–13 суток со 128 станций сетей IGS и CORS. Обработка методом PPP полностью имитировала режим реального времени. К полученным рядам координат применялась сидерическая фильтрация. Построены модели низкого (LRTGNM), медианного (MRTGNM) и высокого (HRTGNM) шума, проведено их сравнение с моделями сейсмического шума. Установлено, что на периодах до 300 с чувствительность и широкополосных сейсмометров, и высокоточных акселерометров выше, чем у ГНСС-приемника при данном способе обработки.

Ключевые слова: GPS, ГНСС, модели шума, Precise Point Positioning, режим реального времени

NOISE MODELING IN HIGH-RATE REALTIME GNSS TIMESERIES

[1]Pupatenko V.V., [2,3]Shestakov N.V.

[1]Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, RAS, Khabarovsk, e-mail: pvv2.dv@gmail.com;
[2]Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: shestakov.nv@dvfu.ru;
[3]Institute of Applied Mathematics, Far Eastern Branch, RAS, Vladivostok

In this paper the results of noise modeling in high-rate GNSS timeseries are presented. GNSS data processing was performed using Precise Point Positioning (PPP) approach in realtime mode. Initial data for noise modeling includes 10–13 days of 1 s observations from 128 global distributed continuous GNSS stations belong to IGS and CORS networks. Modified sidereal filtering was applied to coordinate timeseries for reducing multipath error. The LRTGNM (Low Real-Time GNSS Noise Models), MRTGNM (Median Real-Time GNSS Noise Models) and HRTGNM (High Real-Time GNSS Noise Models) was developed based on statistical distribution of GNSS timeseries noise. The models was compared with Peterson's seismic noise models NHNM (New High Noise Model) и NLNM (New Low Noise Model) as well as with high-quality accelerometers noise models AHNM (accelerometric high noise model) and ALNM (accelerometric low noise model). It is shown that for periods 300 s and less the both seismic instruments are more sensitive than the GNSS receiver.

Keywords: GPS, GNSS, noise models, Precise Point Positioning, real-time GNSS processing

Данные глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), в первую очередь американской системы GPS, уже более 25 лет успешно используются в геодинамических исследованиях, наблюдениях за вулканической активностью и в сейсмологии [14].

В результате так называемой кинематической обработки ГНСС-измерений можно формировать временные серии (ряды) координат геодезических пунктов с малым шагом дискретизации 1 с и менее [2, 4], т.е. практически мгновенных положений ГНСС-станций. С их помощью получают записи сейсмических волн, генерируемых сильными землетрясениями. Таким образом, ГНСС-оборудование может быть использовано в качестве сейсмометра [1].

Основные преимущества ГНСС-технологий перед классическими сейсмическими инструментами заключаются в возможности регистрации сколь угодно сильных колебаний земной поверхности любых периодов без искажения фазы и амплитуды [1], основной недостаток – высокий уровень шума, обусловленный сантиметровой точностью определения мгновенных координат [4, 8].

В координатных рядах, полученных обработкой ГНСС-измерений, можно выделить две составляющие. Одна из них – полезный сигнал – обусловлена перемещениями антенны вследствие, например, природных или техногенных подвижек земной поверхности или прохождения сейсмических волн. Другая составляющая – шум – совместное действие случайных, систематических и грубых ошибок на результаты определения координат.

Исследование характеристик шума временных рядов ГНСС-координат имеет большое практическое значение, так как может дать информацию о его причинах и позволяет судить о надежности и точности выделения «полезного сигнала» из исходного координатного ряда. Наиболее просто и удобно определять характеристики шума, используя ряды, которые полезного сигнала не содержат.

Обзор более 15 работ, посвященных моделированию шума в рядах координат, получаемых обработкой данных ГНСС-измерений, можно найти в [11]. Во всех этих работах обработка данных ГНСС-измерений выполнена методом относительного позиционирования, т.е. определялись взаимные перемещения пары спутниковых приемников, установленных в стабильной точке с известными координатами (база) и определяемой подвижной точке (ровер). Вектор, компонентами которого являются разности координат базы и ровера, называется базовой линией, а расстояние между базой и ровером, определяемое модулем этого вектора, называется длиной базовой линии.

В большинстве вышеупомянутых исследований использовались короткие базовые линии (до 10 км), в то время как на практике приходится обрабатывать векторы длинной в сотни километров. Относительное позиционирование обеспечивает высокую точность получения компонент базовой линии, однако любые изменения координат базовой станции приводят к соответствующим искажениям вычисляемых положений ровера. Подобная ситуация обычно возникает при получении волновых форм сейсмических колебаний, инициированных сильными землетрясениями. Поэтому возможности применения относительного метода в сейсмологии весьма ограничены.

В настоящей работе выполнено моделирование шума рядов координат, получаемых при обработке ГНСС-данных методом Precise Point Positioning (PPP) [15] в режиме реального времени. Этот метод позволяет получать мгновенные значения абсолютных координат без привязки к базовым станциям и является предпочтительным для получения волновых форм землетрясений и основным при обработке данных ГНСС-измерений в режиме реального времени [8]. Построенные модели шума рядов координат сопоставлены со стандартными моделями сейсмического шума [5, 13], что позволяет делать выводы о возможности применения ГНСС-аппаратуры для решения сейсмологических задач и/или совместного использования с сейсмическими инструментами.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных были использованы наблюдения с шагом дискретизации 1 с, полученные на 128 станциях (рис. 1) ГНСС-сетей IGS [10] и CORS [7]. Продолжительность записей составила от 10 до 13 суток. Данные измерений на всех станциях не содержат пропусков более 15 минут. В целом выбранные станции имеют достаточно равномерное пространственное распределение, со сгущением на территории США и с некоторым недостатком станций на Азиатском континенте и в Антарктиде (т.к. данные многих станций там содержали значительные пропуски или имели шаг дискретизации более 1 с). Данные ГНСС-измерений станций сетей IGS и CORS доступны на официальных сайтах [12, 7].

Для упрощения работы с данными реальных ГНСС-наблюдений, инструментальные данные за выбранный временной интервал и необходимая сопутствующая информация сначала накапливались в специальном архиве, после чего проводилась их обработка путем имитации вычислений в режиме реального времени. Обработка была осуществлена в известной программе BKG Ntrip Client [3] с использованием поправок часов и орбит спутников CLK91, предоставляемых сервисом BKG.

Для уменьшения влияния ошибок, связанных с переотражением спутникового сигнала от препятствий и подстилающей поверхности, к получаемым рядам координат применялась сидерическая фильтрация [6]. Фильтрованный сигнал (по каждой компоненте) рассчитывался по следующей формуле:

$$Y(t) = X(t) - 0.5 \cdot filt\left[X(t-T) + X(t-2\cdot T)\right],$$

где $X(t)$ – исходный сигнал; $Y(t)$ – фильтрованный сигнал; оператор $filt[\ ]$ обозначает линейную полосовую фильтрацию сигнала; T – период повторения взаимного расположения навигационных спутников и приемной антенны, установленной в определяемом пункте.

Длительность сигнала после применения сидерической фильтрации уменьшается на $2\cdot T$. Период T был определен автокорреляцией рядов координат и составил для большинства станций 86154 или 86155 с.

Границы частотного диапазона для фильтрации определялись вручную индивидуально для каждой станции, охватывая только тот диапазон периодов, в котором происходило уменьшение уровня шума. На нескольких станциях сидерическая фильтрация не приводила к понижению уровня шума и поэтому не применялась.

Методика определения спектральной плотности мощности (СПМ) основана на алгоритме Уэлча и была максимально приближена к той, которая использовалась в работе [5]. Весь ряд координат по каждой компоненте каждой станции разбивался на сегменты длиной 43200 отсчетов. Соседние сегменты были сдвинуты друг относительно друга на 8640 отсчетов (на 20%). Сегменты с более чем 120 пропущенными отсчетами отбрасывались, меньшие пропуски заполнялись линейной интерполяцией.

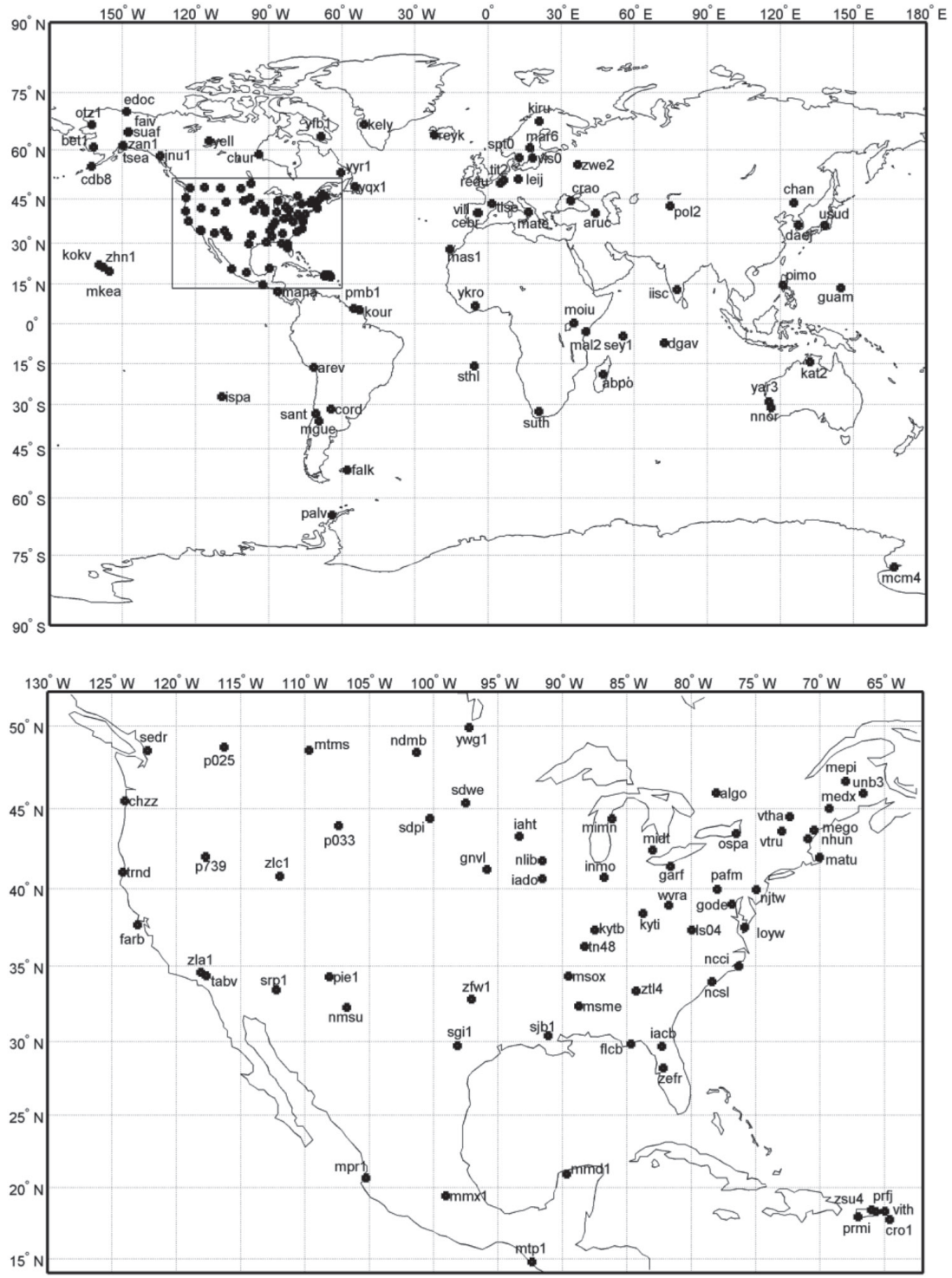


Рис. 1. ГНСС-станции, использованные для построения моделей шума

В каждом сегменте исключался линейный тренд и применялась оконная функция Ханна, после чего рассчитывалась СПМ. Полученные кривые СПМ усреднялись скользящим средним с шириной в одну октаву, т.е. для некоторого периода T усреднялись все значения СМП, попадающие в диапазон от $T{\cdot}2^{-1/2}$ до $T{\cdot}2^{1/2}$. В качестве итоговых значений были взяты восемь точек на октаву, т.е. периоды двух соседних точек отличались в $2^{1/8}$ раз. Максимальный период был ограничен значением 10000 с.

Таким образом, для каждого сегмента были определены 95 значений СПМ, соответствующие средним

значениям периодов от 2,83 до 10000 с. Общее количество полученных сегментов со всех станций составило 9059, таким образом, для каждого периода была получена выборка из 9059 значений СПМ. В этих выборках определялись значения СПМ, соответствующие уровням вероятности 5 %, 50 % и 95 %, аппроксимацией которых были построены следующие модели шума в рядах координат, полученных обработкой данных ГНСС-измерений в режиме реального времени методом PPP:

1. LRTGNM (Low Real-Time GNSS Noise Models) – модель низкого (5 %) шума.
2. MRTGNM (Median Real-Time GNSS Noise Models) – модель медианного (50 %) шума.
3. HRTGNM (High Real-Time GNSS Noise Models) – модель высокого (95 %) шума.

Каждая из указанных моделей построена отдельно для горизонтальных компонент (к названию добавляется нижний индекс NE, например, $MRTGNM_{NE}$) и отдельно для вертикальной компоненты (нижний индекс UD, например $MRTGNM_{UD}$).

Результаты исследования и их обсуждение

Построенные модели аналитически выражаются через набор опорных точек, для которых заданы значения периода и СПМ, приведенные в таблице.

Для произвольного периода T значение СПМ P может быть определено линейной интерполяцией при логарифмическом масштабе периодов:

$$P = P_i + \frac{1}{P_{i+1} - P_i} \cdot \frac{\lg\left(T/T_i\right)}{\lg\left(T_{i+1}/T_i\right)},$$

где T_i и T_{i+1} – периоды соседних опорных точек ($T_i \le T \le T_{i+1}$); P_i и P_{i+1} – соответствующие им значения СПМ.

При необходимости модели шума могут также задаваться в скоростях и ускорениях:

$$P_{vel} = P - 20 \cdot \lg\frac{T}{2\pi}, \quad P_{acc} = P - 40 \cdot \lg\frac{T}{2\pi}.$$

Полученные результаты моделирования шума рядов ГНСС-координат могут быть использованы для сравнения точности регистрации колебаний земной поверхности при помощи ГНСС и сейсмических приборов (широкополосными сейсмометрами и акселерометрами). На рис. 2 приведено сравнение построенных моделей шума с моделями сейсмического шума NHNM (New High Noise Model) и NLNM (New Low Noise Model) для широкополосных сейсмометров [13] и с моделями шума высокоточных акселерометров AHNM (accelerometric high noise model) и ALNM (accelerometric low noise model) [5].

В диапазоне периодов от 3 до 1000 с модели MRTGNM значительно выше моделей сейсмического шума NLNM и NHNM. При дальнейшем увеличении периода разница между ними уменьшается, т.е. чувствительность ГНСС-приемника и широкополосных сейсмометров становится сопоставимой. Модели шума для акселерометров ALNM и AHNM построены только для периодов до 150 с, они также значительно ниже моделей MRTGNM. Если провести экстраполяцию моделей ALNM и AHNM на более длинные периоды, то на периодах 300–2000 с эти модели были бы сопоставимы с моделями MRTGNM, а на периодах более 2000 с, по-видимому, чувствительность ГНСС-приемника значительно превосходит чувствительность высокоточных акселерометров.

Полученные модели низкого (LRTGNM), медианного (MRTGNM) и высокого (HRTGNM) шума

Период, с	Уровень шума, дБ относительно 1 м²/Гц					
	Горизонтальные компоненты			Вертикальная компонента		
	$LRTGNM_{NE}$	$MRTGNM_{NE}$	$HRTGNM_{NE}$	$LRTGNM_{UD}$	$MRTGNM_{UD}$	$HRTGNM_{UD}$
2,83	– 57	– 53,5	– 47,5	– 48,5	– 45,5	– 39
6	– 51,5	– 49	– 45	– 43,5	– 41,5	–
8	– 52	– 48,5	– 44,5	– 44	– 41	– 36,5
20	–	–	–	–	–	– 32
30	– 46	– 42,5	– 37,5	– 38	– 35,5	– 28,5
70	–	–	–	–	–	– 25
400	– 32,5	– 27,5	– 22	– 25	– 20	– 14,5
2000	–	–	–	– 17	– 11,5	– 4
3000	– 22	– 16	– 9	–	–	–
10000	– 13	– 4,5	2,5	– 5	4	11

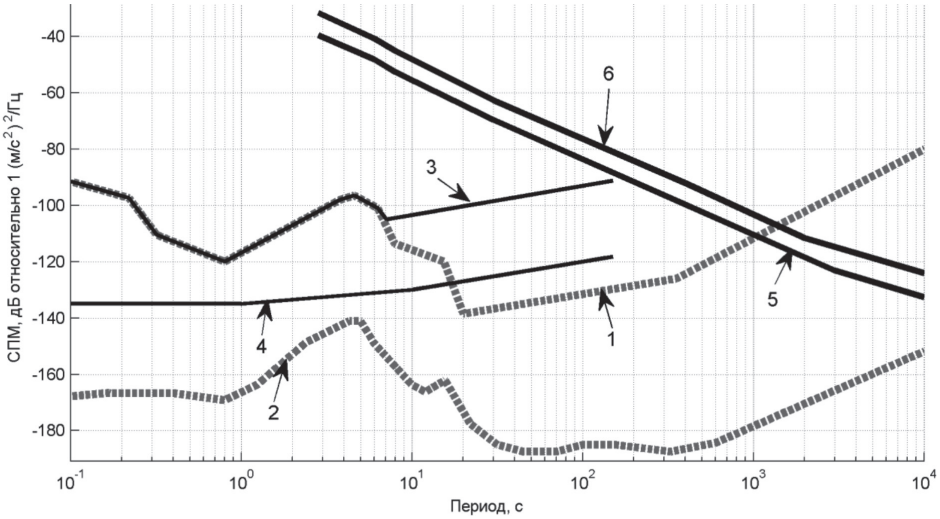


Рис. 2. Сравнение построенных моделей и моделей сейсмического шума: 1 и 2 – модели высокого (NHNM) и низкого (NLNM) сейсмического шума [13]; 3 и 4 – модели высокого (AHNM) и низкого (ALNM) шума высокоточных акселерометров [5]; 5 и 6 – построенные модели $MRTGNM_{NE}$ и $MRTGNM_{UD}$

Таким образом, полученные результаты доказывают нецелесообразность замены «стандартных» сейсмических приборов (широкополосных сейсмических станций и высокоточных акселерометров) ГНСС-приемниками, вопреки ожиданиям некоторых исследователей [9]. Однако для получения более полного спектра сейсмических колебаний объединение записей сейсмического и ГНСС-оборудования [8] вполне оправдано, т.к. только спутниковые приемники в состоянии зарегистрировать сейсмические волны с периодами выше тысячи секунд и статические смещения.

Построенные модели шума рядов ГНСС-координат также позволяют оценить применимость ГНСС для регистрации сейсмических колебаний в заданном районе от определенного типа землетрясений. Для этого необходимо рассчитать реальные или теоретические (прогнозные) спектры сейсмических колебаний и сравнить их с моделями шума.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН и при частичном финансировании РФФИ (проекты 16-05-00097а (Пупатенко В.В.), 17-55-53110 (Шестаков Н.В.), 17-55-50030 (Шестаков Н.В.).

Список литературы

1. Пупатенко В.В. Сравнительный анализ волновых форм землетрясения Тохоку 11 марта 2011 г., полученных сейсмологическим и геодезическим методами // Вестник ДВО РАН. – 2014. – № 5. – С. 132–138.

2. Avallone A. et al. Very high rate (10 Hz) GPS seismology for moderate-magnitude earthquakes: The case of the Mw 6.3 L'Aquila (central Italy) event //Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012). – 2011. – Vol. 116. – B02305.

3. BKG Ntrip Client (BNC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://igs.bkg.bund.de/ntrip/bnc (дата обращения: 26.02.17).

4. Cai C. et al. Precise point positioning with quad-constellations: GPS, BeiDou, GLONASS and Galileo // Advances in Space Research. – 2015. – Vol. 56. – № 1. – P. 133–143.

5. Cauzzi C., Clinton J. A high-and low-noise model for high-quality strong-motion accelerometer stations // Earthquake Spectra. – 2013. – Vol. 29. – № 1. – P. 85–102.

6. Choi K. et al. Modified sidereal filtering: Implications for high-rate GPS positioning // Geophysical research letters. – 2004. – Vol. 31. – L22608.

7. Continuously Operating Reference Station (CORS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ngs.noaa.gov/CORS/ (дата обращения: 26.02.17).

8. Geng J. et al. A new seismogeodetic approach applied to GPS and accelerometer observations of the 2012 Brawley seismic swarm: Implications for earthquake early warning // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. – 2013. – Vol. 14. – № 7. – P. 2124–2142.

9. Guo A.Z. et al. Rapid earthquake focal mechanism inversion using high-rate GPS velometers in sparse network // Science China Earth Sciences. – 2015. – Vol. 58. – № 11. – P. 1970–1981.

10. International GNSS Service. Network [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.igs.org/network (дата обращения: 26.02.17).

11. Moschas F., Stiros S. Noise characteristics of high-frequency, short-duration GPS records from analysis of identical, collocated instruments // Measurement. – 2013. – Vol. 46. – № 4. – P. 1488–1506.

12. NASA's Archive of Space Geodesy Data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/high-rate_data.html (дата обращения: 26.02.17).

13. Peterson J. Observations and modeling of seismic background noise. USGS Open-File Report 93-322 // Albuquerque: U.S. Geological Survey, 1993. – 94 p.

14. Segall P., Davis J. L. GPS applications for geodynamics and earthquake studies // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 1997. – Vol. 25. – № 1. – P. 301–336.

15. Zumberge J.F. et al. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks // Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012). – 1997. – Vol. 102. – № B3. – P. 5005–5017.

УДК 504.4.062.2

ВОДОХРАНИЛИЩА РАВНИННЫХ РЕК. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Семененко С.Я.

Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий (филиал ФНЦ агроэкологии РАН), Волгоград, e-mail: pniiemt@yandex.ru

Настоящая статья посвящена анализу современных проблем водохранилищ равнинных рек с длительным периодом эксплуатации, обоснованию способов защиты береговой линии и организации целесообразного и интенсивного использования отдельных участков акватории в соответствии с их природными особенностями. Учитывая современную, а в большей степени перспективную ситуацию с дефицитом водных ресурсов, предлагается комплекс мер по охране и эффективному использованию внутренних водоемов, фонд которых в России очень велик, а хозяйственный потенциал освоен недостаточно, и более того, в силу представленных проблем, неуклонно снижается. Предложенные разработки в виде адаптированных польдерных систем могут быть применены и к другим, аналогичным по условиям, водохранилищам, например Цимлянскому, Куйбышевскому и т.д.

Ключевые слова: водохранилище, экологические проблемы, активная защита, водный транспорт, размыв берегов, качество воды, польдер водохранилищный оросительный, грузовой причал, рекреационные зоны

RESERVOIR LOWLAND RIVERS. PROBLEMS AND SOLUTIONS

Semenenko S.Ya.

Volga research Institute of ecological technology (branch FNTS agroekology RAS), Volgograd, e-mail: pniiemt@yandex.ru

This article is devoted to modern problems of reservoirs, lowland rivers with audiobooks-ing a period of operation, the justification of the ways of protecting the coastline and the organization of appropriate and intensive use of individual sections of waters according to their natural features. Given the current, and to a greater extent promising situation with the shortage of water resources, proposed a set of measures for the protection and efficient use of internal in-daemon, the Foundation of which in Russia is very high, and the economic potential mastered enough, and moreover, because the presented problems, has been steadily declining. The proposed development, in the form adapted was of polder systems can be applied to other similar conditions, the reservoirs, for example Tsimlyanskii, Kuibyshev, etc.

Keywords: reservoir, environmental issues, active defense, water transport, Bank erosion, water quality, polder irrigation storage, cargo terminal, and recreation

Водохранилища, обладая большой акваторией и объёмом воды, комплексное использование которых позволяет решать многообразные экономические и социальные задачи, вносят в природу и хозяйство территорий, на которых они созданы, ряд побочных нежелательных изменений:

– происходит затопление и подтопление земель;

– обрушение берегов;

– возникает необходимость переселения жителей и переноса объектов народного хозяйства;

– нарушаются сложившиеся экономические, транспортные и другие связи;

– изменяются микроклиматические условия, санитарно-гигиеническая обстановка и т.п. [1, 4, 6].

Учитывая чрезвычайно важные, сложные и интересные для всестороннего изучения процессы в зоне действия водохранилищ, а также недооценённость проектировщиками некоторых негативных последствий, их продолжительный и незатухающий характер [8–10], возникла острая необходимость скорейшей разработки способов и технологий преодоления экологических и экономических вызовов, связанных с проблемами эксплуатации водохранилищ равнинных рек. Всё вышеизложенное и побудило исследователей к разработке предпроектных мероприятий, направленных на восстановление социальной, экологической и рекреационной значимости Волгоградского водохранилища.

Мощное развитие производственного потенциала г. Волгограда и области обусловило строительство Волжской ГЭС имени 22-го съезда КПСС.

Комплекс сооружений ГЭС, с длиной напорного фронта 4,9 км, послужил образованию крупного Волгоградского водохранилища.

Для осознания масштабности объекта необходимо обозначить следующие его характеристики:

– нормальный подпёртый уровень (НПУ) составляет 15,0 м;

– полный объём при НПУ – 31450 млн м^3;
– площадь зеркала при НПУ – 3117 км^2;
– уровень мёртвого объёма (УМО) – 12,0 м;
– площадь зеркала при УМО – 2426 км^2;
– протяжённость береговой линии – 1678 км;
– максимальная глубина – 41 м, средняя – 10 м;
– ширина от 3 до 10–13 км [2, 5].

В период наполнения чаши водохранилища было затоплено 276 тыс. га земель, в т.ч. сельскохозяйственных – 137 тыс. га. Из зоны действия водохранилища было переселено на надпойменные террасы, характеризующиеся степным и полупустынным климатом, более 50 тыс. человек.

С устройством водохранилища потерялись не только леса, ценные земли и рекреации большой ёмкости, потерялись моральные, исторические, этнические и культурные ценности.

В экономическом плане строительство ГЭС сыграло неоценимую роль в электроснабжении Нижневолжского региона и объединении крупных энергосистем Центрального, Поволжского и Южного регионов, что позволило создать условия для интенсификации развития народного хозяйства. Были решены основные задачи:

– устройство постоянных железнодорожных и автодорожных переходов через р. Волга;
– выработка дешёвой электроэнергии для населения и предприятий (в период проектирования и согласования населению, чьи домовладения попадали в зону затопления, было обещано бесплатное потребление электроэнергии);
– возможность орошения больших засушливых территорий Заволжья;
– обводнение некоторых территорий Калмыкии и Казахстана;
– созданы условия для развития водного транспорта с использованием судов класса «река – море» от Саратова до Астрахани и далее в Каспийское море.

Создание гидроузла породило и массу экологических проблем. Катастрофически ухудшились условия для воспроизведения рыб, регулируемое (зачастую не в пользу населения и окружающей среде) перераспределение стока нарушило естественный гидрологический режим, ухудшило условия (вплоть до опасного уровня) проживания населения в Волго-Ахтубинской пойме и опасность её существования как уникального природного образования.

Повторяемость расходов сброса в нижний бьеф (в низовья Волги) в 20–35 тыс.^{3}/с уменьшилась в 2,5 раза. На 40% уменьшилась продолжительность затопления поймы и на 20% дельты Волги, что существенно снизило продуктивность пойменных лесных угодий, сельского и рыбного хозяйства.

Создание Волго-Камского водного каскада изменило гидрологический режим реки. Если до его создания вода от Рыбинска до Волгограда доходила за 50 суток, то в настоящее время за 450–500 суток [5]. Это привело к накоплению биогенных соединений и аккумуляции до 97% твёрдого стока реки, что уменьшило в 4–8 раз сток взвесей [3].

После завершения процесса затопления водохранилища и образования водной поверхности при НПУ в 3117 км^2 и максимальной ширине около 10 км (в некоторых расширениях до 13 км) были созданы крайне благоприятные условия для размыва берегов гравитационным течением и в основном волновым волнением, образующимся в результате ветрового воздействия [7].

Целью исследования является разработка способов защиты левого берега акватории Волгоградского водохранилища с решением задачи интенсификации его использования для развития сельскохозяйственного производства прилегающих территорий, улучшения качества жизни населения и защиты прибрежных территорий.

Материалы и методы исследований представлены проектными разработками, результатами научных исследований автора и других научных коллективов и включают в себя традиционные и общепринятые методы инструментальных обследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Повышенная интенсивность переработки берегов Волгоградского водохранилища определяется в первую очередь его большими размерами, а также характером обширных безлесных пространств, примыкающих к водохранилищу. Оба этих фактора способствуют образованию высоких ветровых волн, которые резко повышают динамическое воздействие на берега. Как показали расчёты Е.Г. Качугина, энергия волнения на Волгоградском водохранилище, имеющем в среднем ширину 10 км и расположенном в степной зоне, достигает 800 тыс.т.-м, а на Рыбинском водохранилище, имеющем ширину 56 км, но расположенном в лесной зоне – не превышает 65 тыс.т.-м [12].

Размывы наибольшей интенсивности в основном наблюдаются в нижней, 300-ки-

лометровой зоне водохранилища, на участках расширения, где глубина 10 м, а ширина акватории ≥ 10 км. В этой зоне измеренные высоты ветровых волн составляют до 3,1 м, а теоретически возможные (при ветрах редкой повторяемости скорости, направления и продолжительности) могут достигать высоты до 5,0 м [11].

Результатом размыва берегов является потеря прибрежных территорий водохранилища, которая, по оценкам исследователей, к 2000 г. достигла 107,4 км^2, что составляет около 0,1 % территории Волгоградской области, при этом на участках левобережья размыв береговой линии идёт значительно быстрее, и при этом наибольшую опасность представляет собой неизменность скорости размыва во времени [11].

Предположительно можно отметить, что к 2020 г. площадь потерянных прибрежных территорий, за период после заполнения Волгоградского водохранилища, в границах Волгоградской области может составить более 110,0 км^2, или 11,0 тыс. га (что соответствует интенсивности в 183 га в год).

Учитывая испаряемость в зоне акватории Волгоградского водохранилища в 1000–1200 мм, ежегодные потери влаги с дополнительно образованной водной поверхности составляют 132 млн м^3, или 13,2 тыс. м^3 с 1 га. При средневзвешенной оросительной норме 3500 м^3, потерянной с 1 га водной поверхности влагой можно орошать 3,77 га земель, т.е. теряются почти четыре оросительные нормы. Эти данные говорят о высокой значимости переработки берегов в плане защиты и экономии водных ресурсов и необходимости выработки методики оценки опасности данного антропогенного явления.

К числу наиболее негативных экологических проявлений относится и ухудшение качества воды в водохранилище. Широкая (400–1000 м), мелководная, хорошо прогреваемая полоса левобережья, ослабленное течение, высокое содержание в воде органического вещества и поступление биогенных элементов с прибрежных территорий, являются прекрасными предвестниками развития сине-зелёных водорослей. При их биомассе 200–300 г/м^3 происходит нарушение процесса фотосинтеза, массовое отмирание и разложение водорослей, повышение потребления кислорода и выделение продуктов распада. В результате происходит вторичное биологическое загрязнение, ухудшается качество воды и санитарное состояние водохранилища. Эти процессы интенсифицируются в первую очередь размывом береговой линии.

При протяжённости левой береговой линии (в границах Волгоградской области) около 250 км, площади Волгоградского Заволжья более 25 % от площади области, отсутствии железнодорожного сообщения и наличии единственной автомобильной трассы, водный путь Волгоградского водохранилища обязан быть востребованным левобережными территориями. А фактически?

Ранее регулярное пассажирское сообщение по маршруту Волгоград – Саратов, выполняемое теплоходами класса «река – море» с заходом в Приморск, Быково, Кислово и Николаевск, в 1985–1990 гг. было прекращено ввиду не только экономической ситуации в стране, но и из-за невозможности безопасного подхода к причалам из-за мелководья, заиления и занесения устьев ранее судоходных притоков. А ведь в некоторых совхозах и колхозах даже имелись свои сухогрузы для доставки сельхозпродукции в Москву, Саратов, Ульяновск, а у с. Кислово располагался грузовой порт, обслуживающий четыре Заволжских района.

В настоящее время из-за переработки береговой линии и мелководья, население практически лишено возможности использования биоресурсов водохранилища, в том числе и его рекреационного потенциала. Экологическая ситуация в границах населённых пунктов крайне неудовлетворительная, а в местах размыва старых кладбищ (п. Приморск, севернее с. Кислово) – опасная. На склонах берегов и пляжах наблюдаются разрушенные гробы, останки человеческих тел. Береговая полоса и пляжи превращены в свалку мусора, бытовых и строительных отходов.

Для защиты берегов от абразии необходимо строительство дорогостоящих берегоукрепительных объектов.

Стоимость строительства 1 п.м. берегоукрепления конструкцией, представленной на рис. 1, составляет около 223 тыс. руб.

Стоимость строительства более надёжных капитальных сооружений, с устройством контрбанкета с берегоукрепительными конструкциями и системой дренажа, террасированием откосов и организацией отвода поверхностного стока, составляет не менее 100 млн руб. за 1 п.м., например конструкция укрепления правого берега р. Волга в Волгограде в районе стадиона «Волгоград Арена».

Такие затраты можно позволить только при защите особо ценных городских территорий или в местах расположения особо опасных объектов.

Современный отечественный и зарубежный опыт берегоукрепления свидетельствует о высокой экономической эффективности защитных конструкций в виде габионов, которые применяются на Цимлянском водохранилище и Северном Кавказе. Ориентировочная стоимость строительства таких конструкций составляет около 60 тыс. руб. за 1 п.м. [12].

На отдельных участках левобережья для защиты берегов от размыва применяются каменная наброска и габионные сооружения различной протяжённости с креплением откосов геосеткой (рис. 2).

Это элементы мероприятий так называемой «пассивной» защиты, т.е. не изменяющей режима водотока и не обладающей признаками окупаемости.

Длительные наблюдения за работой отдельно стоящих габионов показали их техническую и, как следствие, экономическую неэффективность.

Рис. 1. Участок берегоукрепления у г. Николаевска

Рис. 2. Материалы крепления берегов

Рис. 3. Воронка интенсивного размыва на границе сооружения

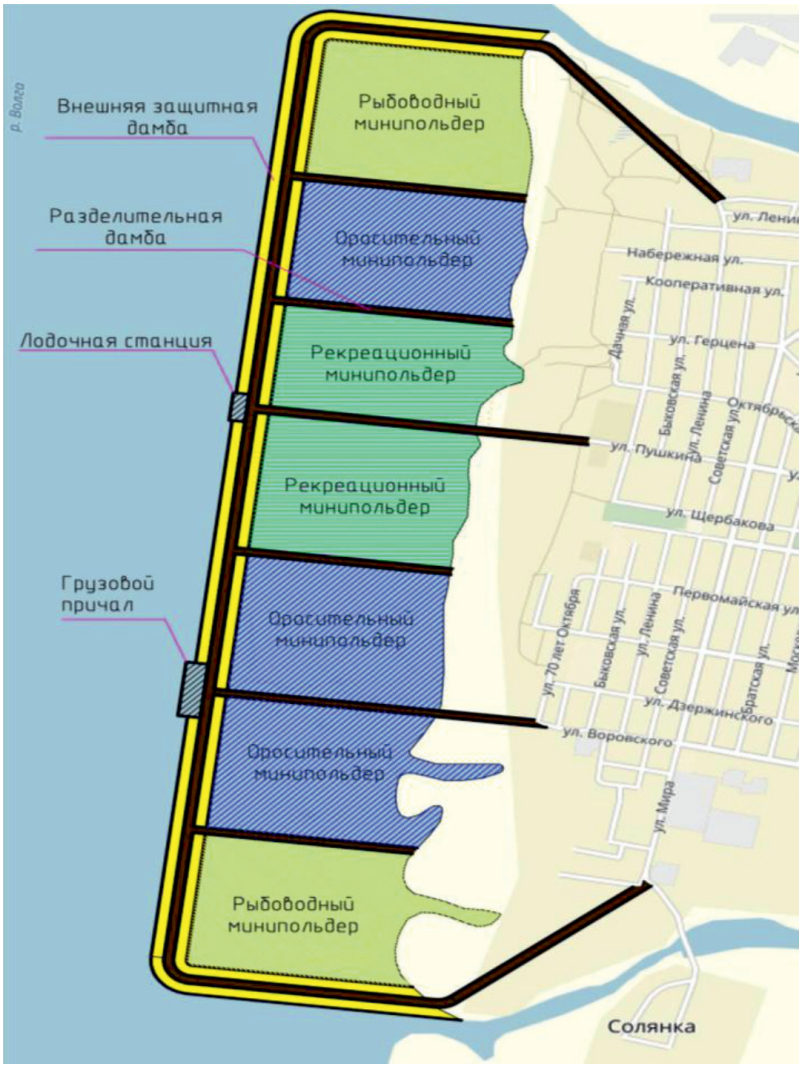


Рис. 4. Конструкция польдера водохранилищного оросительного у р.п. Быково

Ошибки в проектировании и выполнении монтажных работ не только не способствовали защите берегов, но и спровоцировали увеличении скорости размыва воронки на границах сооружения (рис. 3).

Это связано с увеличением времени контакта воды и насыпного грунта за габионом (что влечет увеличение влажности грунта и уменьшение его устойчивости размыву), увеличению уровня воды перед габионом при волновом воздействии с увеличением динамической энергии волнения. Скорость размыва воронки у исследуемых габионов интенсифицируется при северных и юго-западных ветрах.

Можно предположить, что существует возможность использования отдельно стоящих габионов, но с обязательным сопряжением их в береговую линию и укреплением примыкания каменной наброской, что, несомненно, увеличит стоимость сооружения, но обеспечит некоторое увеличение устойчивости сооружения. Защита такими сооружениями небольших по протяженности участков береговой линии не может решить вышеназванных экологических, экономических и транспортных проблем эксплуатации Волгоградского водохранилища.

Ученые Поволжского научно-исследовательского института эколого-мелиоративных технологий ФНЦ агроэкологии РАН, изучив опыт эксплуатации участков берегоукрепления левобережья Волгоградского водохранилища и придя к выводу об их неэффективной работе (если только не стоит задача «закрыть» бюджетные средства),

предлагают усовершенствованный способ «активной» (с изменением режима водотока и с возможностью самоокупаемости) защиты береговой линии с помощью видоизмененной классической польдерной системы.

По нашему определению, «Польдер водохранилищный оросительный» (ПВО) – это береговой мелководный участок акватории водохранилища равнинной реки, защищенный от затопления и служащий для целей сельскохозяйственного, рыбохозяйственного, рекреационного и транспортного использования.

Предлагаемая польдерная система состоит из внешней защитной дамбы со встроенными регулирующими гидротехническими сооружениями, внутренних разделительных дамб, образующих польдерные поля (мини польдеры), оросительной и сбросной сети, насосных станций, причальных стенок, лесозащитных насаждений и т.д. (рис. 4).

Начало и окончание внешней защитной дамбы должно быть в естественном овраге, сопряжено с берегом и закреплено каменной наброской, поперечное сечение дамбы, материал и ее конструкция зависят от многих факторов и определяются по результатам исследований, предпроектной проработкой и техническим заданием.

Ширина польдера (расстояние от берега до внешней защитной дамбы) зависит от необходимости создания благоприятных условий для подхода теплоходов и сухогрузов с определенной осадкой. При этом можно проектировать причал в теле дамбы, а можно выносной, вглубь водохранилища, для судов с большей осадкой. ПВО и польдерные поля могут проектироваться незатопляемые и затопляемые. Незатопляемые польдеры полностью защищаются дамбами от половодья и паводков. Затопляемые устраивают таким образом, что в период паводка они затапливаются, а в начале спада уровня воду искусственно удаляют за пределы защитных дамб, ускорив подготовку поверхности польдера к полевым работам или организуя увлажнение по типу лиманного орошения. В зависимости от назначения можно комбинировать конструкции мини-польдеров и технологии увлажнения полей.

Для орошения сельскохозяйственных культур на польдерных полях необходимо использовать поверхностные самотечные способы полива (затоплением, по полосам и бороздам) при высоком уровне воды в водохранилище или низконапорные способы дождевания, капельного и комбинированного орошения при низком уровне.

На территории польдеров должны выращиваться в первую очередь водоемкие культуры (рис, хлопок, овощи и т.д.), а основным экологическим требованием сельскохозяйственного производства в польдерах должно являться биологизированное земледелие.

Учитывая отсутствие гумусированного горизонта на поверхности польдера, необходим длительный период биологической рекультивации и сельскохозяйственного освоения, но рыбоводные польдеры довольно быстро могут быть запущены и позволят значительно уменьшить дисконтированный срок окупаемости.

Первоочередно устраивать ПВО необходимо у населенных пунктов для обеспечения их защиты, активного пользования созданными рекреациями, удобства использования населением аквaресурсов и доставки рабочей силы на польдерные поля.

Выводы

Устройство предлагаемой польдерной системы позволит:

а) исключить безвозвратные потери воды на испарение;

б) предотвратить перенос населенных пунктов;

в) ухудшить условия развития сине-зеленых водорослей;

г) создать дополнительное количество рабочих мест;

д) обеспечить доступность Заволжским территориям к водной транспортной артерии для организации реализации сельскохозяйственной продукции посредством использования водного транспорта;

е) гарантированно обеспечить водными ресурсами и практически исключить финансовые затраты на подачу воды в польдеры для орошения сельскохозяйственных культур, что делает выращенную продукцию конкурентоспособной;

ж) обеспечить жителей Заволжья рекреационными территориями и возможностью использования водных биоресурсов;

з) улучшить экономические условия воспроизводства и производства рыборазведения;

и) несколько увеличить скорость течения воды за счет стеснения потока русла реки.

к) при прогнозируемом изменении климата и повышении значимости мелиорации головные водозаборы оросительных систем можно разместить на внешней оградительной дамбе с гарантированным уровнем воды.

В дальнейшем такими сооружениями необходимо защитить всё левобережье Волгоградского водохранилища, что позволит также улучшить социально-экономическое положение сельского населения Заволжья.

Список литературы

1. Авакян А.Б. Водохранилища. / А.Б. Авакян, В.П. Салтанкин, В.В. Шаранов. – М.: Мысль. – 1987. – 325 с.

2. Азманов М.С. Волгоградское водохранилище / М.С. Азманов // Сб. работ Волгоградской ГМО. – 1970. – Вып. 1 – С. 82.

3. Болотов В.П. Оценка содержания и миграция тяжелых металлов в экосистемах волгоградского водохранилища: дисс. канд. биол. наук: 03.02.08 / Владимир Петрович Болотов. – Экология. – Москва, 2015. – С. 120.

4. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду / под ред. А.Б. Авакяна, Г.В. Воропаева. – М.: Наука. – 1986. – 368 с.

5. Волгоградское водохранилище. Серия: Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1976. – С. 84.

6. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2012 году». – М.: НИА-Природа. – 2013. – 370 с.

7. Зубенко Ф.С. Берега Волгоградского водохранилища // Материалы к изучению переформирования берегов Волгоградского водохранилища. – М.: Наука. – 1964. – С. 78–124.

8. Плотины и развитие. Новая методическая основа для принятия решений. Отчет Всемирной комиссии по плотинам. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF). – 2009. – 200 с.

9. Пудовкин А.Л. Гидрология суши: водохранилища. – Открытая платформа электронных публикаций SPUBLER. Дата публикации: 2015-07-26 – 224 с.

10. Рагозин А.Л. Региональный анализ абразионной опасности и риска на морях и водохранилищах России / А.Л. Рагозин, В.Н. Бурова // Современные проблемы изучения берегов. – СПб., 1995.

11. Филиппов О.В. Переформирование берегов Волгоградского водохранилища / О.В. Филиппов // Геоморфология. – 2012. – № 2. – С. 34а–43.

12. Шубин А.М. Экологическая безопасность прибрежных территорий и эффективность берегоукрепительных мероприятий / А.М. Шубин // Вестник Волг. гос. арх-стр. ун-та. – 2009. – № 14 (33). – С. 182–187.

УДК 622. 276

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКОГО СМЕСИТЕЛЯ (НЕФТЬ – ВОДА) ДЛЯ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ И ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ

[1]Сидоров Г.М., [2]Яхин Б.А., [1]Ахметов Р.Ф.

[1]ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, e-mail: kaskad@ufanet.ru;

[2]ООО «НТ-ЦЕНТР», Уфа

Наличие минеральных солей в нефти вызывает коррозию нефтепромыслового оборудования, повышает устойчивость эмульсий и затрудняет ее переработку. Отложение хлористых солей в трубопроводах уменьшает их проходное сечение, повышает гидравлическое сопротивление и снижает пропускную способность. Существующие конструкции смесителей в процессах обессоливания нефти имеют недостаточную эффективность перемешивания и требуют большого расхода промывочной воды. Увеличение глубины обессоливания нефти возможно в таких аппаратах, как статические смесители. Высокая степень диспергирования воды в нефти в статических смесителях достигается турбулизацией и смешением двух жидкостей за счет особой конструкции аппарата. Поэтому разработка эффективных смесителей нефти с промывной водой с использованием современных инженерных методов расчета является актуальной. В данной статье подводятся итоги моделирования работы статического смесителя с закручивающим устройством с использованием программного комплекса ANSYSCFX. На основе данных моделирования процесса с использованием пакета CFD анализа была разработана конструкция высокоэффективного статического смесителя нефти с водой для процесса обессоливания нефти, проведено опытно-промышленное испытание на установке подготовки нефти. В ходе проведения ОПИ струйный гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы даже в нестационарных режимных условиях.

Ключевые слова: нефть, статический смеситель, обессоливание, вода, эффективность, моделирование

MODELING PROCESS OF STATIC MIXERS (OIL-WATER) FOR DESALTING CRUDE OIL AND PILOT-INDUSTRIAL TESTING

[1]Sidorov G.M., [2]Yakhin B.A., [1]Akhmetov R.F.

[1]State Educational Institution of Higher Professional Education «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa, e-mail: kaskad@ufanet.ru;

[2]The society with limited liability «NT-CENTRE», Ufa

The presence of mineral salts in oil is corrosive of oilfield equipment, increases stability of emulsions and hinders its processing. Deposition of chloride salts in the piping reduces their orifice increases the hydraulic resistance and lowers throughput. The existing design of faucets in the processes of desalting crude oil have insufficient mixing efficiency and require a large wash water consumption. Increase depth desalting crude oil possible in such devices as static mixers. High degree of dispersion of water-in-oil in the static mixer is achieved turbulizaciej and mixing two liquids due to the special design of the machine. Therefore, the development of effective water rinsing oil faucets using modern engineering methods of calculation is relevant. In this article the results of conducted modeling work static mixer with simple twist device using the bundled software ANSYSCFX. On the basis of process modeling data using CFD analysis package design highly efficient static mixer oil with water for process desalting crude oil held experimental industrial oil preparation test. During the IRS Jet hydraulic mixer has showed a high efficiency of operation even in unsteady operating conditions.

Keywords: oil, static mixer, desalting, water, the effectiveness of the, modeling

Извлекаемая из нефтяных скважин жидкость представляет сложную смесь, состоящая из нефти, попутного нефтяного газа, воды и механических примесей. Наличие минеральных солей в нефти вызывает сильную коррозию нефтеперекачивающего и нефтеперерабатывающего оборудования, трубопроводов, повышает устойчивость эмульсий и затрудняет переработку нефти. Содержание солей в нефти обычно составляет 300–600 мг/л, но иногда достигает 2000–3000 мг/л, в отдельных случаях доходит до 0,4–0,3 %.

Отложение хлористых солей, как правило, происходит на внутренней поверхности трубопроводов и теплообменников, на контактных устройствах колонного оборудования. В змеевиках нагревательных печей и теплообменниках растворенные в воде соли выделяются в основном при испарении воды, при этом часть выкристаллизовавшихся солей прилипает к горячей поверхности, оседая на ней в виде прочной корки. В процессе работы эти соляные корки отламываются под воздействием потока нефти и воды, далее осаждаются в застойных зонах трубопровода, в емкостных и колонных аппаратах. Отложение солей в трубопроводах уменьшает их проходное сечение, повышает гидрав-

лическое сопротивление и снижает их пропускную способность.

Таким образом, подготовка нефти на промыслах необходима не только для обеспечения определенных показателей качества сырья для переработки на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях, но и для создания таких условий, при которых вредные компоненты в нефти не будут оказывать серьезного отрицательного влияния на срок службы емкостного и насосного оборудования нефтепромыслов, магистральных нефтепроводов [8, 9].

Подготовка нефти на промыслах занимает одно из важных положений среди процессов, связанных с добычей, сбором и транспортированием товарной нефти на нефтеперерабатывающие заводы или на экспорт. Эффективность и надежность работы магистральных трубопроводов, резервуарных парков и насосного оборудования также зависит от качества подготовленной нефти.

По литературным данным известно, что снижение содержания хлористых солей в нефти с 40–50 до 8–10 мг/л позволяет до 1,5 раза увеличить продолжительность работы установок подготовки, хранения и перекачки нефти, а также снизить требования к выбору материалов для изготовления аппаратуры.

Одним из способов увеличения глубины обессоливания нефти является интенсификация ее промывки с водой. Это возможно в таких аппаратах, как статические смесители. Высокая степень диспергирования воды в нефти в статических смесителях достигается турбулизацией и смешением двух жидкостей за счет особой конструкции аппарата.

Основная причина широкого распространения статических смесителей в процессах подготовки нефти заключается в их простоте конструкции, низкой стоимости, отсутствии движущихся частей и безопасности эксплуатации.

На сегодняшний день статические смесители представлены различными конструкциями. Широкое распространение для гомогенизации жидкостей получили статические смесители с насадочными устройствами, работа которых основана на особой геометрии смесительных элементов. Неоднородный поток, попадая на смесительные элементы, многократно рассеивается на отдельные струи, которые впоследствии рассеиваются. В качестве насадок используются кольца Рашига, фирменные насадки Sulzer и т.д.

Несмотря на высокую эффективность при различных значениях числа Рейнольдса, применение статических смесителей с насадкой нежелательно при смешении сырой нефти и воды из-за возможного загрязнения, высокого гидравлического сопротивления [6].

На рис. 1 приведены фотографии статического смесителя для обессоливания нефти, на которых видно засорение посторонними включениями. Существующие традиционные гидродинамические способы и устройства для диспергирования промывочной воды в нефть в процессах обессоливания нефти: смесительные клапаны, задвижки и др., плохо управляемы, образуют грубодисперсные эмульсии и требуют большого перепада давления между жидкостями, что приводит к низкой эффективности перемешивания и большому расходу промывочной воды.

В последнее время широкое распространение получили струйные гидродинамические смесители особой конструкции, где с целью повышения эффективности смешения осуществляют встречное контактирование воды и нефти [4, 5, 7].

Рис. 1. Фотографии статического смесителя

Бурное развитие вычислительных мощностей персональных компьютеров и разработка современных программных комплексов в последние десятилетия позволяет проводить исследования сложных химико-технологических процессов посредством математического моделирования. Для оптимизации работы статических смесителей исследователи широко применяют CFD-анализ. Современные пакеты CFD-анализа позволяют моделировать процесс с высокой точностью как однофазные, так и многофазные потоки при различных режимах течения [1–3]. Использование мощных вычислительных комплексов и программных средств позволяет существенно сократить время и материальные ресурсы на разработку современных высокоэффективных статических смесителей нефти с водой и другими реагентами для процесса подготовки нефти.

Поэтому в настоящее время задача создания эффективных смесителей нефти с промывной водой с использованием современных инженерных методов расчета является актуальной.

С этой целью проводилось моделирование работы статического смесителя с закручивающим устройством использованием программного комплекса ANSYSCFX. Двухфазное течение жидкости описывалось Эйлер-Эйлеровским методом (Eulerian-Eulerianmethod).

На рис. 2 приведена компьютерная модель смесителя и схемы движения потоков.

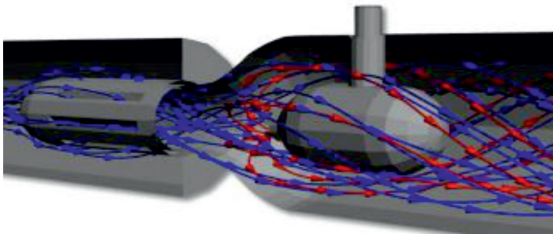


Рис. 2. Схема движения потоков нефти и воды в модели смесителя

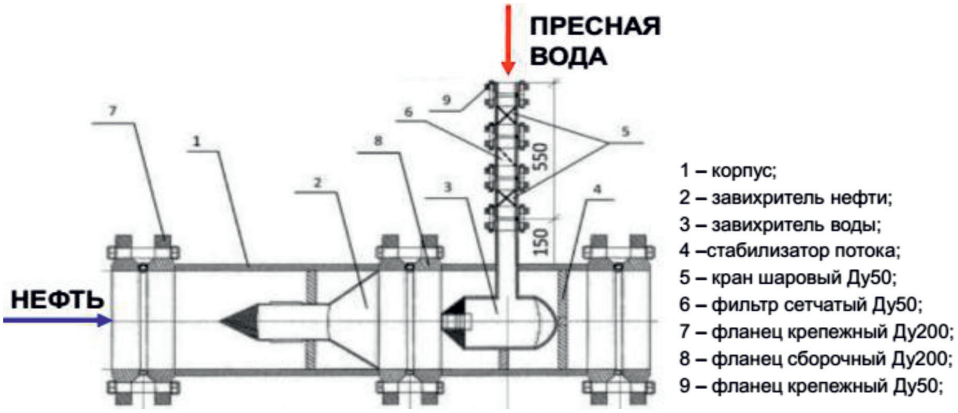


Рис. 3. Струйный гидродинамический смеситель с закручивающим устройством

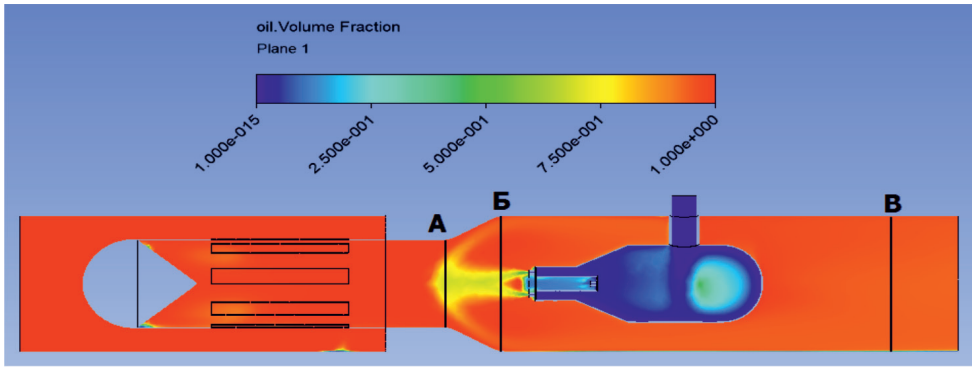


Рис. 4. Распределение объемной доли нефти в водонефтяном потоке в смесителе с закручивающим устройством

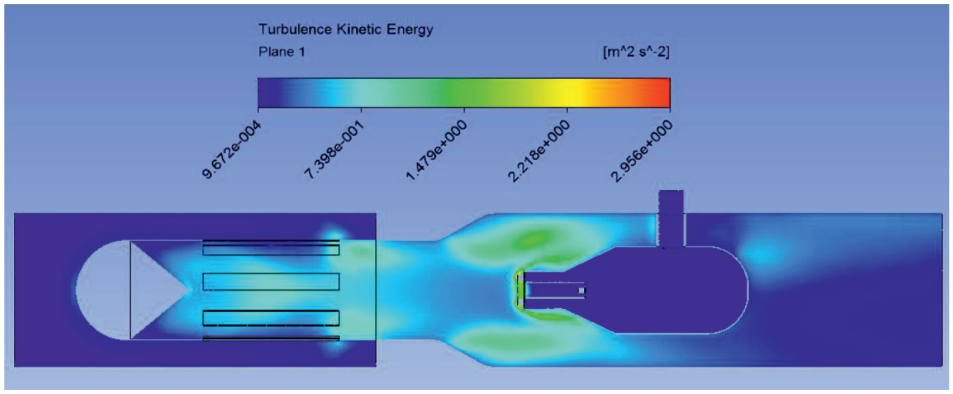


Рис. 5. Генерация турбулентной энергии в аппарате с закручивающим устройством

Встречное контактирование потоков нефти и воды реализовано как в струйном гидродинамическом смесителе, описанном в литературе [4, 5, 7]. Конструкция смесителя предусматривает дополнительную турбулизацию потока нефти в закручивающем устройстве (рис. 3).

Устройство работает следующим образом: нефть закручивается в закручивающем устройстве с тангенциальными соплами, закрученная струя расширяется в диффузоре и соударяется со струей пресной воды, подаваемой из распылительных сопел, расположенных соосно с закручивающим устройством. Встречное соударение закрученной струи нефти и струи пресной воды способствует хорошей диспергации воды в нефти.

По результатам моделирования были получены поля распределения объемной доли нефти в водонефтяном потоке и генерации турбулентной энергии.

Численный анализ устройства показал достаточно хорошее перемешивание потоков нефти и воды (рис. 4). Средняя генерация турбулентной энергии почти в 100 раз выше, чем в статических смесителях без закручивающего устройства, и равна 0,46 Дж/кг (рис. 5).

На основе данных моделирования процесса при различных режимах использованием пакета CFD-анализа была разработана конструкция высокоэффективного статического смесителя нефти с водой для процесса обессоливания нефти.

С целью определения эффективности работы струйного гидравлического смесителя (нефть – вода) и достижения интенсивного перемешивания нефти с промывочной водой для эффективного обессоливания нефти в рамках опытно-промышленного испытания (ОПИ) нами были изготовлены и смонтированы смесители на первой и второй ступенях обессоливания установки подготовки высокосернистой нефти, производительностью 3500 тонн в сутки. На установке перерабатывают нефть (смесь девон и карбон) из более 20 различных скважин. Схема установки смесителей приведена на рис. 6.

Необходимость проведения опытно-промышленных испытаний (ОПИ) вызвало недостаточное обессоливание нефти в процессе подготовки нефти по существующей технологии. Остаточное содержание солей в товарной нефти составляло более 100 мг/л, что превышало допустимую норму для первой группы нефти, при условии подачи промывной воды более 10 % на нефть.

Несмотря на постоянное изменение содержания солей в нефти в течение суток в несколько раз (от 350 до 4000 мг/л) за счет использования нового смесителя, достигнуто 15–40 кратное уменьшение содержания солей в товарной нефти.

В процессе проведения ОПИ было достигнуто содержание солей в нефти на выходе из электродегидратора второй ступени менее 50 мг/л при значении содержания солей в исходной нефти 350–2000 мг/л. При этом расход воды составил 5–7 % на нефть. Кроме этого, использование в смесителях закручивающих устройств для нефти и воды, эффективной диспергации смешиваемых потоков, за счет использования центробежной силы удалось достичь снижения остаточного содержания воды в товарной нефти с 0,20–0,35 до 0,09–0,15 %.

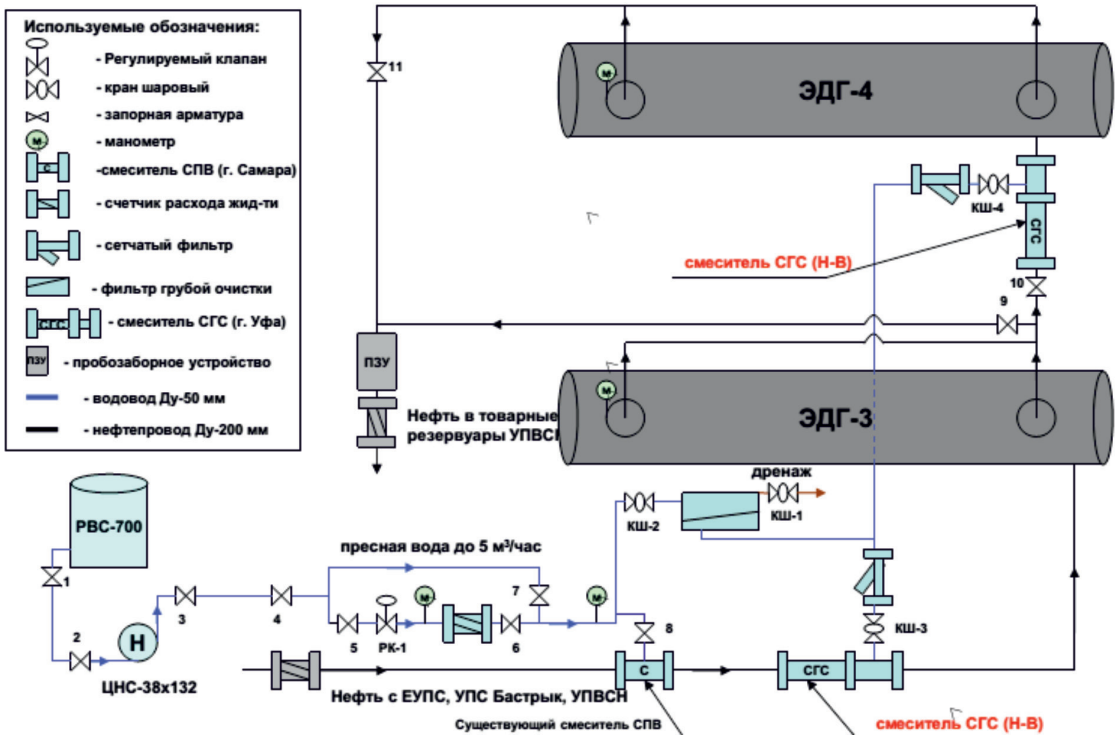


Рис. 6. Схема установки смесителя перед электродегидраторами

В ходе проведения ОПИ струйный гидравлический смеситель показал высокую эффективность работы по сравнению с существующими смесителями даже в нестационарных режимных условиях. Смеситель обеспечивает: интенсивное перемешивания нефти с промывочной водой и эффективное обессоливание нефти; снижение удельного расхода электроэнергии за счет уменьшения объема рециркуляции дренажей внутри установки; увеличение производительности установки подготовки нефти на 40–45 %.

Список литературы

1. Ахметов Р.Ф., Сидоров Г.М., Рахимов М.Н., Беркань В.О. Совершенствование конструкции винтового закручивающего устройства методом CFD-анализа // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11–4. – С. 647–653.

2. Ахметов Р.Ф., Зайцев Ю.Н., Сидоров Г.М., Ахметов А.Ф. Моделирование процесса смешения нефти и воды в статических смесителях методом CFD анализа // Нефтегазопереработка-2016: Международная научно-практическая конференция (Уфа, 24 мая 2016 г.): Материалы конференции. – Уфа: Издательство ГУП ИНХП РБ, 2016. – С. 177.

3. Ахметов Р.Ф., Сидоров Г.М. Влияние длины закрутки винтового закручивающего устройства на эффективность сепарации трехпоточной вихревой трубы // Актуальные проблемы науки и техники-2015. Материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых. Том I. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. – С. 370–373.

4. Жолобова Г.Н., Хисаева Е.М., Сулейманов А.А., Галиакбаров В.Ф. Теоретические основы движения жидкости в вихревых устройствах // Нефтегазовое дело. – 2010. – С. 1–6.

5. Жолобова Г.Н., Хисаева Е.М., Сулейманова А.А., Галиакбаров В.Ф. Анализ конструкций смесителей для обессоливания нефти // Нефтегазовое дело. – 2010. – С. 1–7.

6. Николаев Е.А. Статические и динамические смесители для компаундирования нефтепродуктов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2011. – № 3. – С. 29–35.

7. Пат. 2178449 Российская Федерация, МПК7, C10 G33/04,33/06. Состав для обезвоживания и обессоливания нефти и способ его применения в устройстве для разрушения водонефтяных эмульсий / Галиакбаров В.Ф., Галиакбаров М.Ф., Лопатин И.Ф., и др. (РФ) 2000121188/12; Заявлено 07.08.2000; Опубл. 20.01.2002.

8. Хафизов Н.Н. Разработка технологии обессоливания нефти на промыслах: дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Уфа: УГНТУ, 2009. – 143 с.

9. Хуторянский Ф.М. Современное состояние и варианты совершенствования установок подготовки нефти. Основные направления перспективных научно-исследовательских работ в области глубокого обессоливания нефти // Технологии нефти и газа. – 2010. – № 6. – С. 33–39.

УДК 553.078.2

МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА ЦЕНТРОВ РИОЛИТОВОГО ВУЛКАНИЗМА ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ЗОН БОЛЬШЕХИНГАНСКОГО ПОЯСА – ИНДИКАТОРЫ КРУПНЫХ F-MO-U РУДНЫХ УЗЛОВ

Хомич В.Г., Борискина Н.Г.

ФГБУН «Дальневосточный геологический институт» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: khomich79@mail.ru

Синтез данных, раскрывающих, с одной стороны, геолого-структурные особенности Дёсовского (Верхнее Приамурье), Тулукуевского (Юго-Восточное Забайкалье), Дорнотского (Восточная Монголия), Гуюань-Дуолунского (провинции Хэбэй и Внутренняя Монголия, КНР) вулкано-тектонических сооружений, принадлежащих периферическим зонам Большехинганского пояса, а с другой – поисково-оценочные критерии уранового оруденения, выявленного среди позднемезозойских центров риолитового вулканизма (палеожерловины, экструзивы, субвулканические тела, показал, что некоторые из перечисленных сооружений, остаются недостаточно изученными. Это относится к исследованности уровня распространения урановой минерализации в породах основания вулкано-тектонических впадин, а также оценке рудоносности пространственно сопряженных с центрами вулканизма блоков, где распространены стратифицированные эффузивно-пирокластические накопления значительной мощности. Изложенное позволяет рекомендовать недоизученные узлы к проведению поисково-разведочных работ для уточнения масштаба их рудоносности.

Ключевые слова: Восточная Азия, ураноносность, вулкано-тектонические сооружения, центры риолитового вулканизма

URANIUM DEPOSITS OF THE RHYOLITE VOLCANISM CENTERS IN THE PERIPHERAL ZONES OF GREAT XINGAN BELT – INDICATORS OF LARGE F-MO-U ORE NODES

Khomich V.G., Boriskina N.G.

Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: khomich79@mail.ru

The synthesis of the data, revealing, on the one hand, the geological-structural features of the Des (Upper Priamurye), Tulukuev (South-East Trans-Baikal region), Dornod (East Mongolia), Guyuan-Duolun (Hebei Province and Inner Mongolia, China) volcano-tectonic edifices, belonging to the peripheral zones of Great Xingan belt, and, on the other hand, the prospecting-valuation criteria of the uranium mineralization, discovered among the Late Mesozoic centers of the rhyolite volcanism (paleonecks, extrusions, subvolcanic bodies), showed that some of the listed above edifices remain inadequately studied. This is true for the investigation of the level of the uranium mineralization occurrence in the basement rocks of volcano-tectonic basins, as well as for the evaluation of ore content of the blocks, spatially conjugate with the volcanism centers, where common are the stratified effusive-pyroclastic accumulations of a significant thickness. The information given above allows the recommendation for the prospecting-valuation works to be carried out in the nodes, been imperfectly studied, to improve the scale of their ore content.

Keywords: East Asia, uranium mineralization, volcano-tectonic edifices, rhyolite volcanism centers

Российская практика поисково-оценочных и разведочных работ последних десятилетий свидетельствует о существовании устойчивого тренда наращивания минерально-сырьевой базы (МСБ) добывающих предприятий за счет вовлечения в доизучение известных еще с советского периода геологических и геолого-поисковых исследований проявлений того или иного типа оруденения. Интенсивная разведка таких проявлений обеспечивает относительно быстрый их перевод в категорию промышленно значимых месторождений с последующим созданием добывающих предприятий. В качестве примеров можно сослаться на вовлечение в отработку месторождений благородных металлов на территории Амурской, Иркутской, Камчатской, Магаданской, Сахалинской областей, Забайкальского, Хабаровского краев и Чукотки. В определенной мере существование подобного тренда характерно и для забайкальских и южноякутских эндогенных проявлений и месторождений урана, все активнее вовлекаемых в эксплуатацию. Однако значительная часть из таких с неясными перспективами объектов остается недоизученной. Это, по нашему мнению, в некоторой степени сдерживает экономическое развитие Дальнего Востока РФ, которому и в XXI веке уделяется самое пристальное внимание инвесторов и предпринимателей.

Цель нашей публикации – привлечь внимание геологоразведчиков и промышленников к доизучению и последующему освоению так называемых резервных урановорудных объектов, представляющих несомненный интерес в плане увеличения МСБ урана, а значит, и наращивания энергетических, а также иных возможностей региона.

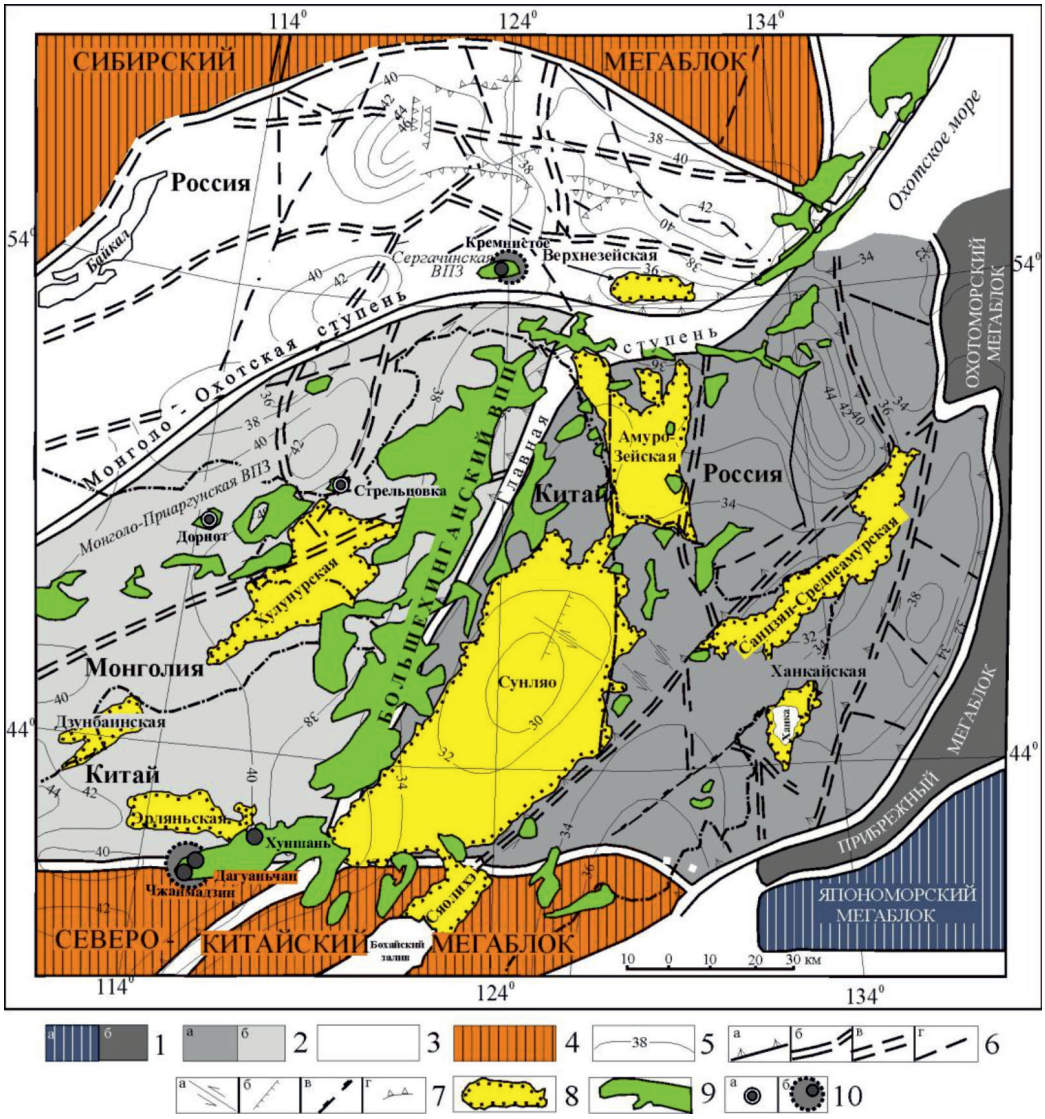


Рис. 1. Схема размещения Большехинганского вулкано-плутонического пояса и его периферических зон на карте глубинного строения Восточной Азии. По [4] с изменениями и дополнениями. 1–3 – типы земной коры мегаблоков, блоков I–II порядков и ее мощность, км: 1 – субокеанический, менее 20 км (а) и окраинно-континентальный, 26-30 км (b); 2 – континентальный деструктивный, 30–40 км (а) и континентальный переходный, 35–45 км (b); 3 – континентальный, 38–48 км; 4 – плитные комплексы Сибирского и Северо-Китайского континентальных мегаблоков; 5 – изолинии мощности земной коры по сейсмическим данным, км; 6 – гравитационные ступени и зоны нарушения поля силы тяжести разного масштаба: а – планетарные, б – глобальные, ограничивающие мегаблоки I порядка, в – региональные, разделяющие блоки II порядка, г – прочие зоны; 7 – некоторые крупные разломы и их кинематическая характеристика: а – сдвиги и сдвиговые зоны; б – сбросы, в – взбросы, г – фронтальные части надвигов; 8 – контуры крупных позднемезозойско-кайнозойских депрессий; 9 – позднемезозойские вулкано-плутонические пояса и зоны (I-K); 10 – известные крупные (а) и потенциально крупные (б) урановорудные узлы

Результаты исследования и их обсуждение

Формирование в позднем мезозое (I-K) Большехинганского вулкано-плутонического пояса (БВПП), иногда называемого Верхнеамурским [2], вместе с его Монголо-Приаргунской, Оловско-Могочинской, Сергачинской (Уруша-Ольдойской), Гуюань-Дуолунской (Guyuan-Duolun) и другими периферическими зонами предопределено геодинамическими процессами

на активной палеоконтинентальной окраине андийского типа [2, 3, 10]. В строении пояса и его вышепоименованных периферических зон участвуют осадочные аквальные и субаквальные юрские (I_{1-2}) и осадочно-вулканогенные субаквальные и субаэральные позднеюрско-меловые (I_{2-3}-K) отложения. Последние представлены андезибазальтовыми, дацит-андезитовыми, дацит-трахиандезитовыми, трахит-риолитовыми, трахиандезибазальт-дацит-риолитовыми толщами (шадоронская, приаргунская серии, дорнотский комплекс, зюльзиканская, укурайская, тургинская свиты, свиты baigi, zhanjiakou, dabeigou, huajiying и др.). Для фланговых частей БВПП на территории Верхнего Приамурья и Восточного Забайкалья (Россия), Восточной Монголии, провинций Хэбэй и Внутренняя Монголия Китая характерно наличие многих из перечисленных отложений, сосредоточенных в разобщенных депрессиях, впадинах и более сложных вулкано-тектонических сооружениях (ВТС). В части таких ВТС упомянутых регионов размещены широко известные [5–7, 11–15] фтор-молибден-урановорудные узлы: Стрельцовский (РФ), Дорнотский (Монголия) и Гуюань-Дуолунский (Guyuan-Duolun) (Китай) (рис. 1). Авторы относят к их числу и Хайктинский район (Верхнее Приамурье), где находится несколько проявлений урана и Кремнистое F-Mo-U месторождение [5, 8]. Приведем наиболее типичные признаки ураноносных ВТС. Для Стрельцовского узла характерна совмещенность с Тулукуевской впадиной, осадочно-вулканогенные отложения которой принадлежат приаргунской (I_{2-3pr}) серии и тургинской (K_{1tr}) свите. Согласно новейшим определениям возраста [7, 9] породы серии накапливались в период от 176–165 Ма (базальты) до 162 ± 2 Ма – 156 ± 2 Ма и 155 ± 1 Ма (трахидациты). Для тургинской свиты, несогласно перекрывающей приаргунские отложения, характерна неоднократная перемежаемость покровов плагиобазальтов и эффузивно-пирокластических пачек риолитового состава. Имеются доказательства [7, 9] двух-, а возможно, и трехэтапной эволюции тургинского магматизма со времени извержения микрофельзит-ингимбритовых лав (143–141 Ма) и формирования толщи морион-санидиновых риолитов (137–135 Ма), вмещающих экструзивы соответствующего состава. Отложения субплатформенного чехла на площади узла представлены угленосными толщами кутинской (K_{1kt}) свиты, незатронутыми гидротермально-метасоматическими преобразованиями [7]. Возраст урановой минерализации 135 ± 1 Ма [4, 7, 9].

Для структуры Тулукуевской вулкано-тектонической депрессии (ВТД) характерна явная определенность в размещении, с одной стороны, палеожерловин и экструзивов, а с другой – стратифицированных эффузивно-пирокластических накоплений. Центры риолитового и базальтового вулканизма тургинского времени сосредоточены в осевой части впадины на площади горстового выступа пород основания. Здесь между северным и южным бортами ВТД преимущественно распространены вулканиты жерловых фаций и экструзивные тела. В пределах Краснокаменского центра закартированы некки и экструзивы из флюидальных, сферолитовых, сферолоидных и брекчиевых тел риолитов, а также их крупно- и мелкопорфировых санидин-морионовых разностей. По обрамлению центра, в западной и преимущественно восточной частях ВТД, распространены стратифицированные эффузивно-пирокластические отложения. В целом глубина залегания пород фундамента на площади горстового выступа изменяется от 0 до 200 м, а на его крыльях, особенно в восточной депрессионной просадке (кальдере), она увеличивается до 1000 м.

Фтор-молибден-урановое оруденение узла редко достигает современной поверхности. Глубина его распространения превышает 2500 м [7]. При этом два наиболее крупных месторождения (Антей и Аргунское) залегают среди пород фундамента ВТД. Л.П. Ищукова с соавторами подчеркнула, что «оруденение, развитое в эффузивах жерловых фаций, характеризуется сложной морфологией и низким качеством» [7, с. 68].

На площади Дорнотского ВТС распространены стратифицированные и экструзивные образования одноименного (дорнотского) комплекса. Они во многом сопоставимы с толщами приаргунской серии, тургинской свиты Тулукуевской впадины и причисляются к субщелочной базальт-андезит-риолитовой формации. Среди вулканитов комплекса относительно широко распространены экструзивы и субвулканические тела, возраст которых укладывается в диапазон 160–144 Ма [1]. Нижнемеловые (K_1) угленосные отложения дзунбаинской серии принадлежат субплатформенному чехлу.

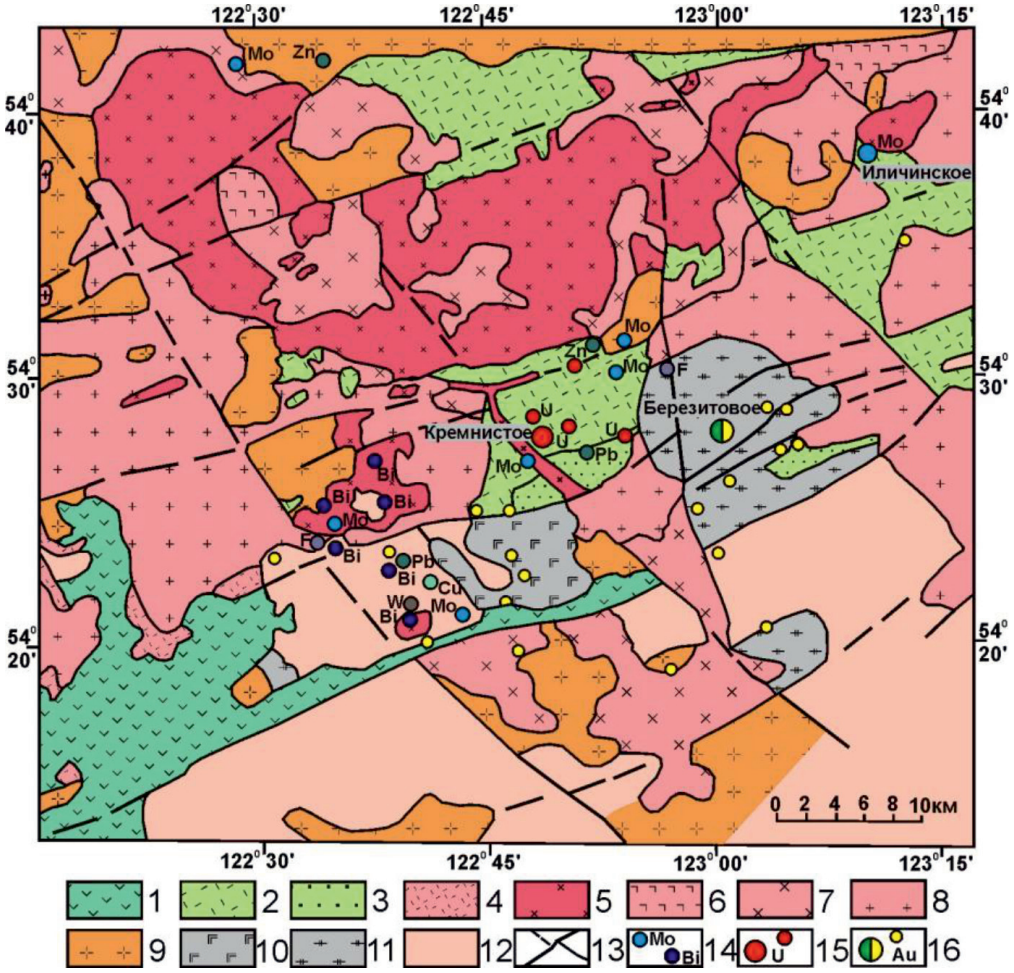


Рис. 2. Геолого-металлогеническая схема центральной части Сергачинской (Уруша-Олдойской) структурно-формационной зоны. По материалам геолого-съемочных работ ПГО «Таежгеология» и ФГУП «Амургеология» с изменениями. 1–3 – раннемеловые вулканогенно-осадочные отложения андезит-риолитового состава: 1 – нерасчлененные, 2 – преимущественно риолитовые, 3 – молассоидные; 4 – субвулканические тела умеренно-кислого и кислого состава, урушинский комплекс K_{1-2}; 5 – гипабиссальные гранитоиды, сергачинский комплекс, K_2; 6–9 – многофазный хайктинский комплекс, K_1: 6 – габбро-диорит-монцониты; 7 – диорит-гранодиориты; 8 – гранодиорит-граниты; 9 – гранит-граносиениты; 10–11 – палеозойские гранитоиды пиканского (хайктинско-орогжанского) комплекса: 10 – габбро-диориты, 11 – гранодиориты; 12 – протерозойские гранитизированные кристаллические сланцы, амфиболиты, гнейсы, кенгурак-сергачинский комплекс; 13 – крупные разломы; 14–16 – рудопроявления (14) и месторождения (15–16): 14 – разнометальные (W, Mo, Bi, Pb, Zn, F), 15 – Кремнистое (Mo-U), 16 – Березитовое (Au, Pb, Zn)

Для Дорнотской ВТС также свойственна определенная симметрия размещения стратифицированных эффузивно-пирокластических накоплений, относительно валообразного горстового поднятия пород фундамента, разделяющего ВТС на две депрессии: Уланскую на западе и Эрхтийнскую на востоке. Основное урановое оруденение (возраст 138–136 Ма) не имеет выхода на современную поверхность, залегая на глубинах от 30 до 700 м. Обычно верхняя граница распространения минерализации находится в 90–130 м от поверхности, а нижняя – на 400–500 м глубже [6]. Как и для Стрельцовского узла характерно наличие мелких месторождений урана, ассоциирующих с экструзивами риолит-дацитового состава.

Гуюань-Дуолунская (Guyuan-Duolun) вулкано-плутоническая зона (ВПЗ) называется китайскими геологами «вулканическим бассейном» [11, 15]. Она расположена на юго-западном (Yinshan-Liaohe) фланге БВПП. Породы основания «бассейна», как

и в других вышеупомянутых ВТД, представлены позднеархейскими и раннепротерозойскими метаморфическими образованиями (гранулиты, микрогнейсы, кварциты, мрамора, калишпатизированные мигматиты) и гранитоидами домезозойского возраста. «Бассейн» заполнен осадочно-вулканогенными отложениями (I_3-K_1) четырех свит: baiqi, zhanjiakou, dabekou и huajying. Они в целом сопоставимы по возрасту и составу с накоплениями, дорнотского комплекса и тургинской свиты [11, 13–15]. Самым крупным и наиболее изученным в районе является F-Mo-U месторождение Zhangmajing (№ 460). Оно приурочено к экструзиву риолит-порфиров крутого (на ССВ) падения серповидной (в плане) морфологии протяженностью более 0,5 км переменного (50–150 м) сечения. Тело риолитов-порфиров окружено агломератовой мантией и вмещает эксплозивные брекчии криптовзрыва. Возраст риолитов экструзии 121,9–125 Ма хорошо согласуется с данными о раннемеловом (133–135 и 143 Ма, U-Pb метод по циркону) времени формирования толщи трахитов и риолитов [11, 14]. О таком же раннемеловом возрасте рудовмещающих кварцевых порфиров (136,2 ± 2,9 Ма), риолитов (138,6 ± 1,4 Ма) и риолитовых порфиров (140,2 ± 1,6 Ма) свидетельствуют и новейшие данные [13]. Возраст U минерализации – 136 Ма [11, 13–15].

На территории Верхнего Приамурья в Сергачинской ВПЗ и одноименной металлогенической зоне (рис. 2) находится Хайктинский рудный район с месторождениями U (Кремнистое), Mo (Иличинское), золота и полиметаллов (Березитовое) [12]. Наиболее крупным представителем мезозойского магматизма ВПЗ является Хайктинский массив биотит-роговообманковых грубопорфировидных гранодиоритов и гранитов с весьма характерными для этих пород таблитчатыми выделениями розового полевого шпата. Магматические образования этого массива в последние годы рассматриваются в качестве самостоятельного раннемелового хайктинского комплекса [12], абсолютный возраст которых по данным Rb–Sr и K–Ar методов 132 ± 3 Ма, а по цирконометрии – 137,62 ± 0,67 Ма (U-Pb метод). Кремнистое F-Mo-U месторождение расположено на площади Десовской ВТД, в центральной части полигенной экструзии фельзит-порфиров (K_1), содержащей настуран-уранинит-молибденитовую минерализацию [5].

Изложенные фактические материалы позволяют констатировать, что периферические части БВПП характеризуются сосредоточением крупных и потенциально крупных урановорудных узлов. Среди гидротермальных F-Mo-U месторождений и полей вулканитового типа, преимущественно размещенных в ВТД периферических частей БВПП, индикаторами объектов промышленной значимости являются проявления U, сопряженные с экструзивами кислого состава повышенной щелочности. Для объективной оценки уранового оруденения и Дорнотского, и Гуюань-Дуолунского, и Десовского узлов очевидна необходимость возобновления их доизучения. Особенно блоков, окружающих палеожерловины и экструзивные центры риолитового вулканизма, где распространены стратифицированные отложения. Потребуется также проходка нескольких структурно-параметрических скважин, вскрывающих породы основания рудоносных ВТД.

Заключение

Определение тектонической и геологической позиции крупных F-Mo-U узлов, в которых часть месторождений сопряжена с вулканическими жерловинами, экструзивами, субвулканическими телами риолитового состава, а сопредельные с вулканическими центрами блоки остаются малоизученными, требует возобновления поисково-оценочных работ во многих из вышерассмотренных ураноносных площадей, в первую очередь на территории Верхнего Приамурья России.

Список литературы

1. Голубев В.Н., Троицкий В.А., Аракельянц М.М. Изотопная геохронология вулканизма и гидротермальных рудообразующих процессов в Дорнотской вулкано-тектонической структуре (Восточная Монголия) // Геология рудных месторождений. – 1994. – № 36. – С. 277–283.

2. Гордиенко И.В., Климук К.В., Кван Хень. Верхнеамурский вулкано-плутонический пояс Восточной Азии (строение, состав и геодинамические условия формирования) // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 12. – С. 1655–1669.

3. Гусев Г.С., Хаин В.Е. О соотношениях Байкало-Витимского, Алдано-Станового и Монголо-Охотского террейнов (юг центрпльной Сибири) // Геотектоника. – 1995. – № 5. – С. 68–82.

4. Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий / отв. ред. Г.А. Шатков, А.С. Вольский – СПб.: изд-во ВСЕГЕИ, 2004. – 190 с.

5. Уран российских недр / Г.А. Машковцев, А.К. Константинов, А.К. Мигута и др. – М.: ВИМС, 2010. – 850 с.

6. Урановые месторждения Монголии / Миронов Ю.Б., Афанасьев А.Б., Булычев А.Б. и др. – СПб.: изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 304 с.

7. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье. ФГУГП «Урангеологоразведка» / Л.П. Ищукова, И.С. Модников, И.В. Сычев и др. – Иркутск: Геологоразведка, типография Глазковская, 2007. – 160 с.

8. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Индикаторное значение месторождений урана вулканических палеожерловин внешней и периферической зон Большехинганского пояса // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: материалы четвертой Всерос. науч. конф. (Благовещенск, 5–7 окт., 2016 г.). – Благовещенск, 2016. – Т. 1. – С. 124–127.

9. Шатков Г.А., Бережная Н.Г., Лепехина Е.Н., Родионов Н.В., Падерин И.П., Сергеев С.А. U-Pb (SIMS SHRIMP-II) возраст вулканических образований Тулукуевской кальдеры (Стрельцовский урановорудный узел, Восточное Забайкалье) // ДАН. – 2010. – Т. 432, № 3. – P. 360–364.

10. Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. Geodynamic framework of large unique uranium ore belts in Southeast Russia and East Mongolia // Journal of Asian Earth Sciences. – 2016. – V. 119. – P. 145–166.

11. Li Yaosong. On evaluation of the U-Pb isotope system and uranium mineralization in Guyua volcanic basin // Geochimica. – 1990. – № 4. – P. 286–294 (in Chinese with English abstract).

12. Vakh A.S., Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. The Berezitovoe gold-polymetallic deposit (Upper Amur region, Russia): Structure, mineralogy and genetic aspects // Geoscience Frontiers. – 2016. – V. 7. – P. 483–494.

13. Wu Jianhu, Ding Hui, Niu Ziliang, Wu Rengui, Zhu Minqiang, Guo Guolin, Liu Shuai, Yu Dagan. SHRIMP zircon U-Pb dating of country rock in Zhangmajing U-Mo deposit in Guyuan, Hebei Province, and its geological significance // Mineral Deposit. – 2015. – № 4. – P. 757–768 (in Chinese with English abstract).

14. Xia Yuliang, Lin Jingrong, Zhu Jiechen, Zheng Maogong. Research on U-metallogenic conditions and isotopic geochronology of volcanic rocks and granitoid in Guyuan-Duolun basin // Uranium Geology. – 1998. – № 14. – P. 274–281 (in Chinese with English abstract).

15. Zhang Zhenqian. Geochimistry of Mesozoic uranium-bearing volcanic rocks in Guyuan-Duolung area, Hebei // Resources survey and environment. – 2007. – № 28. – P. 256–262 (in Chinese with English abstract).

УДК 622.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СООТНОШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА СРЕДСТВАМИ ВЕНТИЛЯЦИИ И ДЕГАЗАЦИИ ДОБЫЧНОГО УЧАСТКА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Цыганков Д.А.

ФГБУН «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, e-mail: gallantminer@gmail.com

Выделение метана в атмосферу подземных горных выработок происходит из угольных пластов, вмещающих горных пород и выработанных пространств недр. Это снижает эффективность и безопасность горного производства. Усложняющиеся горно-геологические условия подземной разработки угля в Кузнецком бассейне после применения предварительной дегазации требуют совместного использования проветривания и текущей дегазации добычных участков большинства шахт средней глубины. Общее извлечение газа зависит от эффективности совместной работы вентиляции и дегазации, которые характеризуются разными интенсивностями извлечения метана, находящимися в определённом соотношении, которое считается оптимальным и равняется 70% извлечения метана из добычного участка. Соблюдение существующих норм и правил позволит сохранить высокие нагрузки на очистные забои и повысить безопасность добычи угля в российских шахтах.

Ключевые слова: вентиляция, дегазация, метан, уголь, пласт, лава, участок, шахта, выработка

DEFINITION OF EFFECTIVE PARITY OF INTENSITIES OF EXTRACTION OF METHANE BY MEANS OF VENTILATION AND DEGASIFICATION OF COAL MINE EXTRACTION SITE

Tsygankov D.A.

N.A. Chinacal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: gallantminer@gmail.com

Methane emission into the atmosphere of an underground mine workings occurs from the coal seams, containing rocks and the goafs of the entrails. It reduces efficiency and safety of mining. Becoming complicated geological conditions of an underground extraction of coal in Kuznetsk basin after application of a preliminary methane drainage demand sharing of the ventilation and current degasification of extraction sites of the majority of mines of average depth. The general extraction of gas depends on efficiency of teamwork of ventilation and degasification which are characterized of different intensities of methane extraction, being in a certain parity. Observance of existing norms and rules will allow to keep high loadings on stopes and to raise safety of coal mining in the Russian mines.

Keywords: ventilation, degasification, methane, coal, seam, longwall, site, mine, development

Все подземные горные предприятия по добыче угля в результате своей производственно-технологической деятельности загрязняют окружающую среду выбросами метана. Основными источниками его поступления являются вентиляционные и дегазационные системы действующих шахт, непогашенные вскрывающие горные выработки закрытых предприятий, а также склады угля и породные отвалы. Выбросы метана российскими шахтами ежегодно растут примерно на 4%, составив в 2016 году более двух биллионов кубических метров. В случае оборудования всех шахт Кузнецкого бассейна дегазационными системами темпы извлечения метана в нём достигли бы 35–40%, а утилизация всего выбрасываемого в Российской Федерации метана приносила бы ежегодную прибыль в размере $ 130 млн [5].

Основными источниками выделений метана в подземные горные выработки являются разрабатываемые, сближенные подрабатываемые и надрабатываемые угольные пласты, газосодержащие породы, а также выработанные пространства недр. Основной причиной сдерживания применения дегазации на шахтах Кузнецкого бассейна, а также её низкой эффективности является недостаток инвестиций в современное оборудование и контрольно-измерительную аппаратуру [5].

Высокие концентрации метана в рудничной атмосфере могут привести к снижению нагрузки на очистной забой в 1,5–3 раза. Производственные мощности шахт, газообильность очистных забоев которых составляет 7–10 м^3/ т добытого угля, в 2–3 раза выше, чем шахт с газообильностью 20–60 м^3/ т [3].

Для проектирования извлечения газа на ряде шахт Великобритании используется подход, который разграничивает количества метана, отводимые средствами вентиляции

и дегазации добычного участка, с целью прогноза общей стоимости всего процесса газоотведения (см. рис. 1) [4].

На рис. 1 представлены результаты обобщения опыта проветривания и дегазации очистных забоев ряда глубоких шахт со средней нагрузкой на очистной забой на уровне 1500–2000 т/сутки. Значение оптимума – 70 % корректируется в зависимости от изменения величины этой нагрузки и фактических размеров панели. При этом безупречно работающее проветривание добычных участков может не обеспечивать безопасных концентраций метана в исходящих струях лав исключительно по причине низкой эффективности предварительной и текущей дегазации разрабатываемого угольного пласта, исчерпав пределы своих технологических возможностей.

В качестве объекта исследований соотношения интенсивностей участкового газоотведения средствами вентиляции и дегазации принимается лава, работающая по пласту угля мощностью 3,6 м, глубиной залегания 400–440 м, углом падения 0–7° и содержащему в средней части две прослойки аргиллита общей мощностью 0,25 м. Пласт склонен к самовозгоранию, опасен по взрыву угольной пыли и газа, а также является угрожаемым по горным ударам. Три вышележащих пласта мощностью 4 м, 2,5 м и 2 м – отработаны. При отработке запасов выемочного столба будут пересечены четыре разведочных и семь дегазационных скважин, при переходе которых возможны выбросы воды и газа. Природная газоносность пласта составляет 14–17 м^3/ т угля [1].

Проветривание лавы производится по комбинированной схеме с изолированным отводом метановоздушной смеси через выработанное пространство. Свежая струя поступает с вентиляционного бремсберга по конвейерному штреку. Исходящая струя выдаётся по вентиляционному штреку и сети горных выработок на поверхность. Часть отработавшей струи через выработанное пространство поступает на вентиляционный штрек и по сети горных выработок к скважине, оборудованной газоотсасывающей установкой [1].

Предварительная дегазация лавы осуществляется скважинами, пробуренными с поверхности. Текущая дегазация осуществляется тремя способами. Пластовая дегазация проводится путём бурения в отрабатываемый столб скважин диаметром 76 мм и 93 мм под углом 63–90° к штрекам буровым станком АБГ-300 (СБУ-300). Длина скважин находится в интервале 40–185 м при расстоянии между ними 15 м. Общий объём буровых работ составляет около 10000 м на добычной участок. Собираемый таким образом газ отводится по подземному трубопроводу за счёт депрессии, создаваемой вакуум-насосом, расположенным на поверхности [1].

Для дегазации выработанного пространства также используются скважины, пробуренные с поверхности в купол обрушения и отводящие газ посредством его самоистечения или применения вакуум-насоса [1].

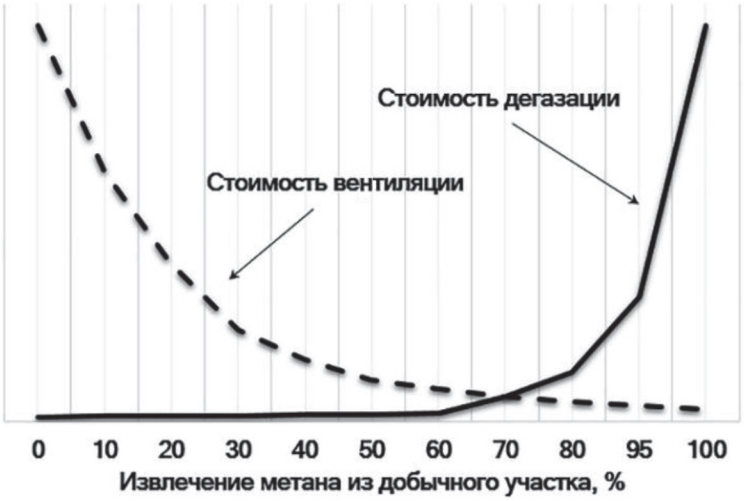


Рис. 1. Оптимальное соотношение стоимости работ по вентиляции и дегазации выемочного участка

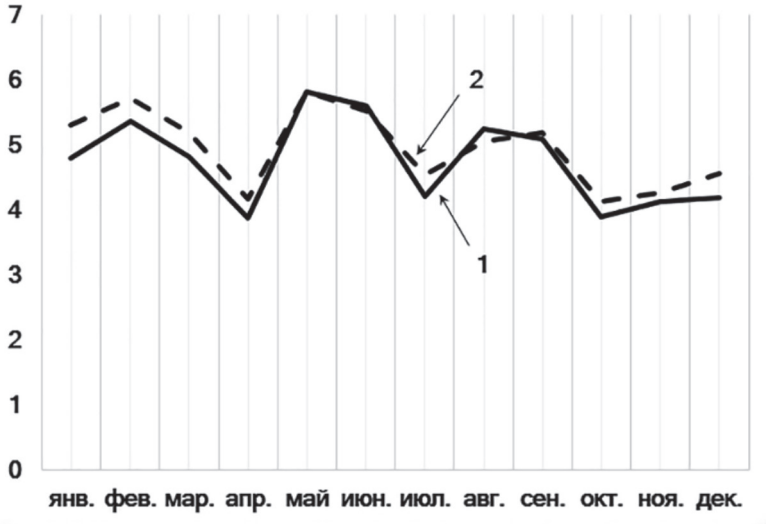


Рис. 2. Извлечение метана при проветривании добычного участка, м³/ мин:
1 – по данным измерений горных мастеров; 2 – по данным лабораторных исследований

В дополнение к этому применяется изолированный отвод метана из выработанного пространства с помощью передвижных установок, включающих в себя ротационные насосы, огнепреградители и фильтры тонкой очистки газа. Он осуществляется по конвейерному штреку, а также газодренажным скважинам диаметром 0,4 м и длиной 420 м. Заложение этих скважин осуществляется по всей длине выемочного столба с целью отвода метана на поверхность. После отработки выемочного столба выработанное пространство изолируется от действующих горных выработок взрывоустойчивыми перемычками, изготовленными из цементной смеси [1].

Для нагрузки на очистной забой 7000 т/ сутки, длины лавы 200 м, ширины захвата комбайна 0,8 м, а также средней вынимаемой мощности пласта 3,55 м произведён расчёт суммарного участкового газовыделения. Учитывая выделение метана из разрабатываемого пласта, стенок откаточного штрека, подрабатываемых и надрабатываемых пластов-спутников, вмещающих горных пород и выработанного пространства – оно составит 33,64 м³/ т (163,53 м³/ мин) [2].

Для контроля фактических параметров проветривания выемочный участок оборудуется системой аэрогазового контроля, которая обеспечивает непрерывное измерение и передачу получаемой информации на диспетчерский пункт, её регистрацию и выдачу команд для автоматического отключения электрооборудования.

Данные по газоотведению средствами вентиляции представлены на рис. 2.

При ведении горных работ предусматриваются мероприятия по безопасному пересечению скважин, пробуренных с поверхности и служивших средством предварительной дегазации отрабатываемого пласта. Для этой цели работы по выемке угля начинаются от границ опасной зоны и ведутся после бурения разведочных шпуров длиной не менее 5 м с целью определения мест их расположения. Величина постоянного опережения забоя разведочными шпурами должна быть не менее 2 м, а расстояние между ними – не более 100 мм. Разведочные шпуры должны буриться по всей ширине опасной зоны. После бурения опережающих шпуров необходимо осматривать кровлю и забой лавы с целью обнаружения признаков прорыва воды.

Данные по дегазации выработанного пространства скважинами, пробуренными с поверхности в купол обрушения, представлены на рис. 3.

Данные по изолированному отводу метана из выработанного пространства по газоотсасывающему трубопроводу приведены на рис. 4.

Данные по пластовой дегазации приведены на рис. 5.

Из анализа данных, представленных на рис. 2–5, следует, что с помощью вентиляции извлекается 3 %, дегазации через купол обрушения 4 %, изолированного отвода метана 18 %, а пластовой дегазации 75 % метана, выделяющегося на добычном участке

угольной шахты средней глубины разработки и типичных горно-геологических условий центрального Кузнецкого бассейна. При этом по результатам измерений горных мастеров участка вентиляции и данным лабораторных исследований концентрации метана в исходящей струе лавы не превышают допустимых значений [2].

Выводы

1. В настоящее время промышленное и бытовое использование шахтного метана в широких масштабах не представляется возможным. В этой связи основные усилия должны быть сосредоточены на его улавливании в местах выделения в подземных горных выработках.

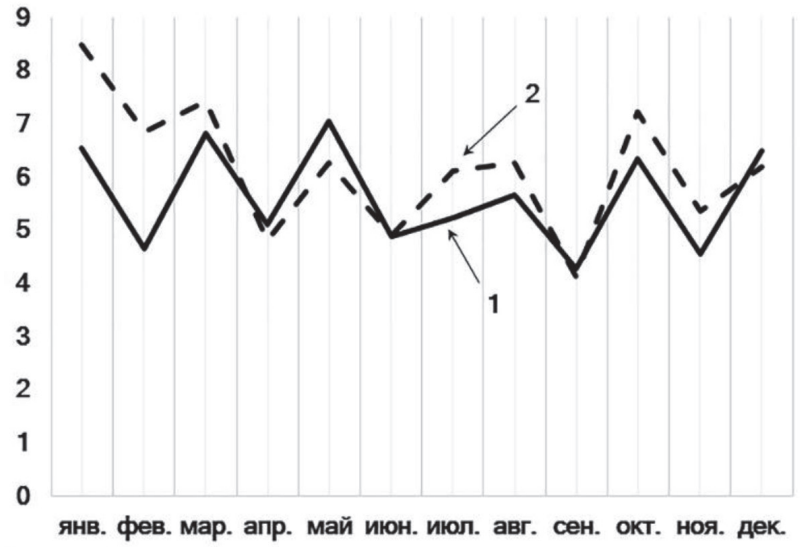


Рис. 3. Извлечение метана при дегазации выработанного пространства добычного участка скважинами, пробуренными с поверхности в купол обрушения, м³/ мин: 1 – по данным измерений горных мастеров; 2 – по данным лабораторных исследований

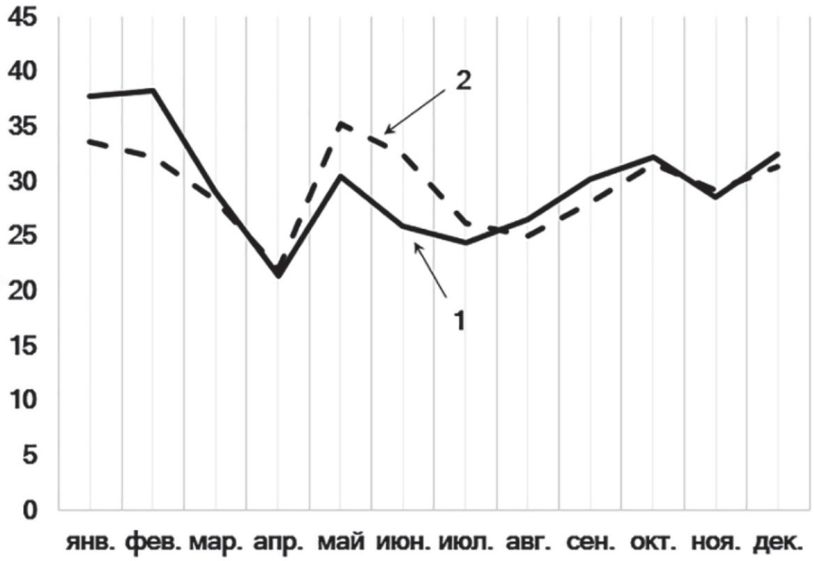


Рис. 4. Извлечение метана при дегазации выработанного пространства добычного участка по газоотсасывающему трубопроводу, м³/ мин: 1 – по данным измерений горных мастеров; 2 – по данным лабораторных исследований

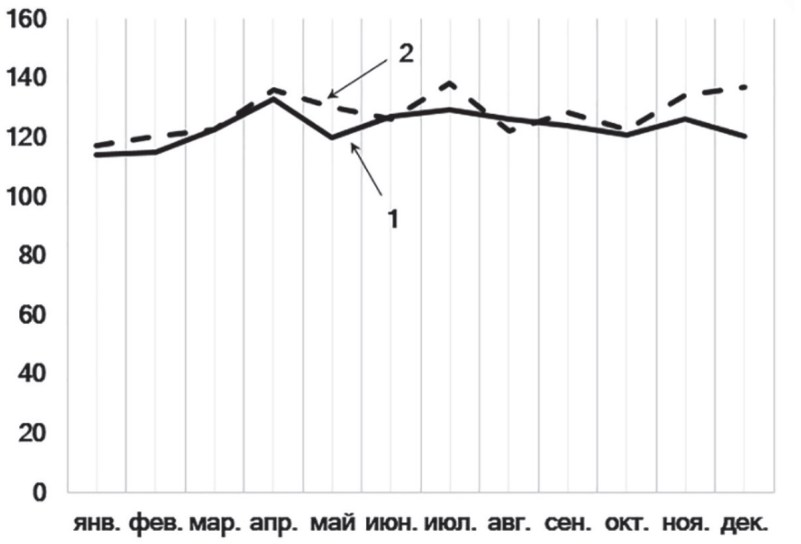


Рис. 5. Извлечение метана при пластовой дегазации добычного участка, м³/ мин: 1 – по данным измерений горных мастеров; 2 – по данным лабораторных исследований

2. Стоимость работ по вентиляции и дегазации добычного участка находится в зависимости от величины общего извлечения метана и характеризуется оптимальным соотношением, зависящим от нагрузки на очистной забой, длины выемочной панели и расстояний его транспортирования.

3. В условиях больших нагрузок на очистной забой необходимо применение сочетания проветривания выемочного участка с предварительной поверхностной и текущей подземной дегазацией действующей лавы, осуществление которой возможно только в результате массового оборудования шахт дегазационными системами.

4. При высокой нагрузке на очистной забой на уровне 7000 т/ сутки в условиях центрального Кузнецкого бассейна и шахты со средней глубиной разработки после предварительной дегазации пласта скважинами, пробуренными с поверхности, эффективно работающая текущая подземная пластовая дегазация должна обеспечивать отвод до 75 % метана из добычного участка, а дегазация выработанного пространства (с учётом утечек газа) – до 22 %. Такое соотношение создаст условия для эффективного проветривания лавы, на долю которого придётся до 3 % отводимого метана.

Список литературы

1. Документация на техническое перевооружение опасного производственного объекта ОАО «Шахта «Заречная». Проект проветривания выемочного участка 1302 пласта «Байкаимский», 244/13-39-ПЗ. ООО «Научно-проектный центр «ВостНИИ», 2015. – 150 с.

2. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Выпуск 22. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований промышленной безопасности», 2013. – 250 с.

3. Шахтный метан в России: Использование с выгодой для безопасности и охраны окружающей среды. ОЕСР/ МЭА, 2010. – 48 с.

4. Creedy D.P., Saghafi A., Lama R. Gas Control in an Underground Coal Mining. IEACR/ 91. London: IEA Coal Research, 1997. – 122 p.

5. IEA: Coal Mine Methane in Russia: Capturing the Safety and Environmental Benefits. International Energy Agency. December 2016. – 54 p.

УДК 911.9

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РЕЖИМОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЛАНДШАФТНОЙ ОСНОВЕ

Цыганкова М.В.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: zagorsk@irigs.irk.ru

В статье рассматриваются методические вопросы территориальной дифференциации режимов природопользования и экологического зонирования, как инструмента такой дифференциации. Показаны подходы и некоторые результаты экологического зонирования на западном побережье оз. Байкал. Предлагаемый вариант дифференциации территории Приольхонья по режимам природопользования выполнен на ландшафтной основе с применением методики ландшафтного планирования и может рассматриваться как один из возможных путей внутреннего зонирования центральной экологической зоны Байкальской природной территории. Анализ типологического разнообразия геосистем позволил через оценку их значимости и чувствительности ранжировать уникальную в природном отношении территорию по режимам природопользования от полного отказа от использования до интенсивного использования, а также выделить участки, требующие особых мероприятий по восстановлению природного потенциала. Путем сопоставления частных случаев зонирования (рекреационного и сельскохозяйственного) рекомендовался предпочтительный вид использования и разрабатывались мероприятия по оптимизации использования территории.

Ключевые слова: режим природопользования, экологическое зонирование, функциональное зонирование, ландшафтное планирование, типология геосистем, Приольхонье

TERRITORIAL DIFFERENTIATION OF NATURE USE MODES ON LANDSCAPE BASIS

Tsygankova M.V.

V.B. Sochava Institute of Geography, Irkutsk, e-mail: zagorsk@irigs.irk.ru

The article discusses the methodological issues of territorial differentiation of the modes of nature use and environmental zoning as a tool of differentiation. The approach is shown and some results of ecological zoning on the West coast of Baikal. The proposed version of the differentiation of the Cisolkhon territory according to the modes of nature are made on a landscape basis using the method of landscape planning and can be considered as one of the possible ways of the internal zoning of the Central ecological zone of the Baikal natural territory. The analysis of the typological diversity of geosystems enabled through the assessment of their significance and sensitivity to rank unique natural area by nature use regimes from complete rejection of the use to intensive use, and highlight areas that require special measures to restore the natural potential. The preferred mode of use recommended by matching particular cases zoning (recreation and agriculture), and measures for optimizing the use of the territory developed.

Keywords: modes of nature use, ecological zoning, functional zoning, landscape planning, geosystem typology, Cisolkhon region

Дифференциация режимов природопользования должна базироваться на всесторонней оценке природной основы и учете природных процессов. Особенно она актуальна для уникальных в природном отношении территорий и территорий с низкой устойчивостью к антропогенным воздействиям. Экологическое зонирование как инструмент такой дифференциации в последнее время широко востребовано, но его методические основы несмотря на имеющийся в отдельных регионах опыт применения все еще слабо разработаны.

Под зонированием в широком смысле этого термина понимается деление определенной территории на части (зоны) и в определении для каждой из них особого режима. В каждой из зон действуют свои правовые или административные ограничения по определенным видам использования. В справочнике «Ландшафтное планирование и охрана природы» [5] зонирование – это разделение территории на участки, выполняющие различные функции с различными ограничениями и вариантами развития.

На сегодняшний день зонирование может рассматриваться как один из наиболее действенных инструментов рациональной организации территории и как способ определения правового или административного режима территории. Интегрированная система видов зонирования с единой правовой базой пока не сформирована. Существуют отдельные достаточно разрозненные варианты зонирования, каждый из которых имеет свои цели, объекты и свой правовой фундамент (или не имеет такового). Каждый вид обладает своей спецификой: подходами, методами реализации и контроля

за соблюдением прописанного регламента. Объектами зонирования, имеющего правовой статус, выступают, как правило, земли, недра, леса, ООПТ, городские территории – т.е. либо отдельные компоненты, либо особые типы природной и техногенной среды. Так же как и стоимостная оценка разработана на сегодняшний день только для отдельных компонентов-ресурсов, а не для ландшафтных единиц.

Зонирование территорий с экологической составляющей включает совокупность различных видов зонирования: градостроительное зонирование, зонирование землепользования, экологическое зонирование, функциональное зонирование в документах территориального планирования и на ООПТ, правовое зонирование или зонирование с установлением границ действия соответствующих ограничений (выделение зон-ограничений или зон с особыми условиями использования территорий), зонирование территории в ландшафтном планировании. Наиболее четко процедура зонирования прописана градостроительным законодательством, согласно которому для каждой зоны прописывается перечень видов разрешенного использования (основные и вспомогательные виды) и условно разрешенных видов использования [3]. Градостроительное зонирование является именно правовым мероприятием, чего нельзя в полной мере, к сожалению, сказать об экологическом зонировании.

Опыт зонирования Байкальской природной территории [10], осуществлявшегося в целях сохранения уникальной экологической системы озера Байкал и предотвращения негативных воздействий хозяйственной и иной деятельности на ее состояние, выявил недостаточность эколого-правового аппарата и проблемы с внедрением результатов экологического зонирования в территориальное планирование. Выделенные зоны – центральная экологическая, буферная и зона атмосферного влияния – имеют огромные площади и слабое обеспечение контроля нагрузок и степени влияния на природную среду.

Внутреннее зонирование в центральной экологической зоне не проводилось, в отличие от буферной, где выделено 9 подзон: от категорий с полностью запрещенной хозяйственной деятельностью через различные категории запретительно-разрешительного свойства до регламентированного интенсивного развития. Для внутренней дифференциации каждой из экологических зон (буферной, зоны атмосферного влияния и водоохранной зоны, являющейся частью ЦЭЗ) были предложены свои методики, основанные на разных принципах [10]. Внутренняя дифференциация буферной зоны проводилась по методике ландшафтного планирования (Руководство,…, 2000); зоны атмосферного влияния – по трем градациям значений относительного вклада источников воздушных выбросов на территории зоны в загрязнение центральной экологической зоны и акватории озера Байкал; внутреннюю дифференциацию водоохранной зоны было предложено проводить через оценку гидрологических функций ландшафтов – водоохранную и стокорегулирующую.

Механизм внутренней дифференциации той части ЦЭЗ, что представлена ООПТ, подчиняется федеральному закону «Об особо охраняемых природных территориях». Дифференциация режима охраны на территории ООПТ устанавливается путем ее функционального зонирования, которое проводится в административном порядке и отражено в соответствующем Положении конкретной ООПТ. Определенные ограничения на использование накладывает утвержденный в 2001 г. «Перечень видов деятельности, запрещенных в Центральной экологической зоне» [6].

Тем не менее ЦЭЗ имеет огромную площадь – 23640 км^2 (без акватории оз. Байкал) и разнородна в природном отношении, поэтому требуется более детальная дифференциация режимов охраны и использования, обеспечившая бы оптимальное функционирование природных комплексов этой территории. Изначально предполагалось, что такая дифференциация будет основана на ландшафтно-геоструктурном анализе и учете антропогенных нагрузок и ограничений хозяйственной деятельности [10].

Имеется вариант крупномасштабного зонирования для части территории ЦЭЗ – бывшего Прибайкальского нацпарка (ныне «Заповедное Прибайкалье»), выполненный сотрудниками Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН по методике ландшафтного планирования на основе оценки потенциала отдельных природных компонентов с учетом реального землепользования [8]. Разработанная схема функционального зонирования совмещает зонирование типов целей территориального развития (сохранение, развитие, улучшение) и хозяйственных функций территории (природоохранная, преимущественно приро-

доохранная, рекреационная, селитебная, сельскохозяйственные: обеспечение животных подножными естественными кормами, получение естественных кормов на сено, производство растениеводческой продукции, многоотраслевое фермерское хозяйство). В ней отражен режим использования в каждой зоне и дана краткая природная характеристика. Стоит отметить, что данная схема не нашла своего применения на практике, так и оставшись научной разработкой рекомендательного характера.

Другой подход был использован нами при выполнении зонирования для территории Приольхонья (западное побережье оз. Байкал), являющейся частью особо охраняемой природной территории «Заповедное Прибайкалье». Рассматриваемая территория целиком попадает в центральную экологическую зону, подзону заказного режима. Предполагаемое использование – рекреация [1]. Наш вариант зонирования осуществлялся на ландшафтной основе с применением методики ландшафтного планирования. Учитывалось существующее использование земель и рамочный план [9].

На территорию Приольхонья от устья р. Анга до прол. Ольхонские Ворота была составлена крупномасштабная ландшафтная карта М 1:50 000 (иерархический уровень групп фаций). На площади около 450 км^2 чередуются фации 32 групп, объединенных по сходным гидроклиматическим условиям в шесть классов: сухостепной, подтаежный, лугово-степной, лугово-болотный, болотный, галоморфный. Площадь, занятая фациями болотного и галоморфного классов, ничтожно мала. Соотношение площадей, занятых фациями сухостепного, подтаежного, лугово-степного и лугово-болотного классов можно охарактеризовать как 60:5:1:1. Сухостепной класс фаций представлен 14 группами. Такое разнообразие связано прежде всего с варьированием местоположений в пределах орографического профиля.

Выявленное разнообразие геосистем послужило основой для осуществления зонирования этой уникальной территории. Базировалось оно, согласно методике ландшафтного планирования [7], на оценке выделенных категорий геосистем с позиций чувствительности и значимости по отношению к двум основным перспективным для этой территории видам использования – рекреационному и сельскохозяйственному. Значимость и чувствительность оценивались для ландшафтных единиц по специально разработанным критериям [4]. Через сопоставление значимости и чувствительности осуществлялись варианты зонирования с установкой на два основных перспективных вида использования – сельскохозяйственное и рекреационное. После оценки агропотенциала для разработки целей территориального развития с установкой на сельскохозяйственное использование нами были использованы три основных категории зонирования – «сохранение», «использование», «улучшение» и ряд подкатегорий.

Сохранение современного состояния с отказом от сельскохозяйственного использования. Сельскохозяйственная деятельность исключается. В зону отнесены высокочувствительные непригодные для сельскохозяйственного использования геосистемы: залесенные склоны крутые и средней крутизны с лиственничными и лиственнично-сосновыми рододендроновыми злаково-разнотравными и зеленомошными лесами, сосновыми и сосново-лиственничными рододендроновыми злаково-разнотравными лесами; скалистые склоны, обращенные к Байкалу; болота долинные крупноосоковые; заросли кустарников вдоль рек. *Сохранение современного состояния.* Основные виды сельхозиспользования исключаются. Допускается вольный выгул животных. Преимущественно высокочувствительные малопригодные и ограниченно пригодные. Вершинные и грядовые поверхности злаково-разнотравные и злаково-низкоразнотравные, редкостойно-лиственничные; крутые сильнокаменистые склоны карагановые разнотравно-типчаковые с отдельными лиственницами, покатые сильнокаменистые склоны типчаково-низкоразнотравные. *Сохранение существующего использования.* Использование в качестве сенокосов. Разработка и соблюдение норм нагрузки. Выпас запрещается. Высокочувствительные. Качество выше среднего. Преимущественно заболоченные пойменые луга крупноразнотравные и злаково-крупноразнотравные, крупноосоковые, крупнозлаковые и крупноразнотравно-злаковая.

Экстенсивное регламентированное использование. Экстенсивное сельскохозяйственное использование ограничивается из-за высокой чувствительности к выпасу и строго регулируется через расчет и соблюдение допустимых норм нагрузок. Допускается ограниченный выпас. Средне- и высокочувствительные. Качество низкое и ниже среднего. Крутые и средней крутиз-

ны склоны с редкостойными остепненными лиственничниками, вогнутые склоны типчаково-осоково-разнотравные, склоны злаково-разнотравные, подножия склонов и межгорные понижения злаково-крупно-разнотравные, приозерные по-нижения с заболоченными мелкоосоковыми и галофитными лугами.

Экстенсивное использование:

1. Подзона является основой для пастбищного овцеводства. Стадный выпас. Расчет и соблюдение норм пастбищных нагрузок. Преимущественно низкочувствительные. Качество низкое и ниже среднего. Склоны разнотравно-злаково-типчаковые и разнотравно-крупнозлаковые, луговые степи разнотравно-злаковые по межгорным и приозерным понижениям, долинам рек.

2. В подзоне рекомендуется активное использование в качестве пастбищ хорошего качества (в том числе для крупного рогатого скота) при условии соблюдения норм допустимых нагрузок. Качество среднее и ниже среднего. Чувствительность низкая и средняя. Межгорные понижения разнотравно-крупнозлаковые и разнотравно-типчаковые, луговые степи разнотравно-злаковые по приозерным понижениям и долинам рек.

Интенсивное регламентированное использование. Сенокошение также рекомендуется использование с сенокосно-пастбищным оборотом. Качество среднее и выше среднего. Низко- и среднечувствительные. Луга по долинам рек мелкозлаковые и осоково-крупнозлаковые.

Улучшение с последующим переводом в категорию экстенсивного использования. Временный отказ от выпаса. После улучшения территория присоединяется к зоне экстенсивного регламентированного использования. Потенциально качество среднее и ниже среднего, снижено (до категории «ограниченно пригодные») из-за перевыпаса. Низкочувствительные. Межгорные понижения и пологие подножья склонов преимущественно полынные, зарастающие залежи.

При проведении зонирования с установкой на рекреационное использования применялся практически тот же набор целевых категорий (кроме категории «Сохранение современного использования») и аналогичная схема отнесения территории к той или иной категории через сопоставление чувствительности и значимости геосистем [2].

Сохранение современного состояния с отказом от рекреационного использования. Рекреационная деятельность исключается. В эту зону отнесены крайне высокочувствительные непригодные для рекреационного использования скалистые склоны, обращенные к Байкалу. *Сохранение современного состояния.* Основные виды рекреационного использования исключаются. Допускается посещение с научно-исследовательскими целями и строго регулируемые познавательные экскурсии. В эту зону отнесены крайне высоко- и высокочувствительные преимущественно высоко- и среднезначимые геосистемы. *Экстенсивное регламентированное рекреационное использование*. Экстенсивное рекреационное использование строго регулируется через расчет и соблюдение допустимых норм рекреационных нагрузок. Допускаются такие формы рекреационной деятельности, как прогулочно-эстетический, промысловый (сбор дикоросов), спортивный туризм. Возможно строительство кемпингов с отлаженной инфраструктурой. В зону отнесены преимущественно высокочувствительные средне- и высокозначимые геосистемы. *Экстенсивное использование.* Возможны те же виды рекреационного использования, что в категории «Экстенсивное регламентированное использование». Зона выступает в качестве транзитной, здесь потенциально можно развивать отдельные формы туристической деятельности. В зону отнесены преимущественно низко- и среднечувствительные низко- и среднезначимые геосистемы. *Интенсивное регламентированное использование.* Рекомендуется использование в качестве селитебной зоны (размещение палаточных городков, отдых у воды: купание, рыбалка, катание на водных лыжах и катамаранах, гидромотоциклах) при условии соблюдения норм допустимых рекреационных нагрузок. В зону отнесены низко- и среднечувствительные высокозначимые геосистемы. *Улучшение с последующим переводом в категорию сохранения с частичным отказом от использования.* Временный полный отказ от использования. Возможны мероприятия по рекультивации (подсев трав и др.). После восстановления использование рекомендуется ограничить кратковременным посещением небольших групп туристов с познавательными и прогулочно-эстетическими целями. Жесткое нормирование нагрузок. В зону отнесены крайне высокочувствительные потенциально средне- и высокозначимые геосистемы. *Улучшение с последующим переводом в категорию экстенсивного регламентированного использования.* На этапе восста-

новления допускается ограниченное использование. После улучшения территория присоединяется к зоне экстенсивного регламентированного использования. В зону попали антропогенно нарушенные преимущественно среднечувствительные потенциально высокозначимые геосистемы (но их значимость снижена из-за нарушенности). *Улучшение с переводом в категорию интенсивного регламентированного использования.* Использование не допускается на этапе восстановления. После улучшения территория присоединяется к зоне интенсивного регламентированного использования. В зону отнесены низко- и среднечувствительные геосистемы, высокая значимость которых снижена из-за нарушенности.

Путем сопоставления частных случаев зонирования (рекреационного и сельскохозяйственного) рекомендовался предпочтительный вид использования и разрабатывались мероприятия по оптимизации использования территории.

Анализируя использованные нами методические подходы к зонированию территории Приольхонья и полученные результаты, отметим, что к преимуществам ландшафтного подхода можно отнести возможность охвата всего природного разнообразия территории в целостности взаимосвязей, возможность выбора уровня иерархии геосистем в соответствии с необходимым уровнем зонирования и требуемой детальностью проработки регламентов использования. К недостаткам – сложность и трудоемкость данного подхода в связи с необходимостью большого объема экспедиционных работ, отсутствием жестко детерминированных алгоритмов построения ландшафтных карт, слабую проработку системных критериев выделения целостных геосистем различных уровней. По-прежнему количество выделенных геосистем, их внутреннее содержание и границы, во многом определяются субъективным восприятием ландшафтоведа и его опытом работы в определенных физико-географических условиях, а также традициями той или иной ландшафтной школы. Поэтому результаты зонирования, основанные на ландшафтном подходе, носят рекомендательный характер и остаются, как правило, в стадии научных разработок.

Список литературы

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. – М.-Иркутск, 2004. – 90 с.

2. Буянтуев А.Б., Загорская М.В., Малышевская О.И. Методическое обеспечение экологически устойчивого территориального развития модельного полигона на основе ландшафтного планирования // Природные и социально-экономические условия регионов Сибири. – Новосибирск, 2000. – С. 96–106.

3. Градостроительный кодекс РФ (ГрК РФ) от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ.

4. Загорская М.В. Геосистемы Приольхонья как объекты оптимизации землепользования / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Иркутск, 2003. – 24 с.

5. Ландшафтное планирование и охрана природы. Немецко-русско-английский словарь-справочник. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2006. – 192 с.

6. Об утверждении перечня видов деятельности, запрещенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории [Текст]: постановление Правительства РФ от 30 августа 2001 г. № 643 // Собрание законодательства. – 2001. – № 37. – Ст. 3687.

7. Руководство по ландшафтному планированию / Антипов А.Н., Дроздов А.В., Кравченко В.В., Семенов Ю.М. и др. – М.: Гос. центр экол. программ, 2001. Т. II. – 73 с.

8. Семенов Ю.М., Загорская М.В., Калеп Л.Л., Медведев Ю.О., Семенова Л.Н. Функциональное зонирование территории как инструмент ее социально-экологической реабилитации (на примере степей Приольхонья) // Степи Северной Евразии. Эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования. Материалы третьего международного симпозицма (Оренбург, 16–21 июня 2003 г.). – Оренбург, 2003. – С. 458–460.

9. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ольхонский район / Семенов Ю.М., Антипов А.Н., Буфал В.В. и др. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2004. – 147 с.

10. Экологическое зонирование Байкальской природной территории. Проект. – Иркутск, 2002. – 36 с.