УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 8 2018

ISSN 1681-7494

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,560

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,311

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» – 70878

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.с.-х.н., проф. Алабушев А.В. (Зерноград); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С.(Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Берсон Г.З. (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.г.н., проф. Егорина А.В. (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.с.-х.н., проф. Залесов С.В. (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент Захарченко А.В. (Томск); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавцевич Н.Н. (Мурманск); д.т.н., проф. Калякин С.А. (Донецк); д.с.-х.н., проф. Караев М.К. (Махачкала); д.г.-м.н., проф. Кашаев А.А. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Кобрунов А.И. (Ухта); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.с.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., Коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); Д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н.(Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., проф. Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,560.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,311.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 28.08.2018
Дата выхода номера – 28.09.2018

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

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

Способ печати – оперативный.
Распространение по свободной цене.
Усл. п.л. 25,25
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/8-2018
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СОЛЬВАТАЦИЮ В РЕАКЦИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАЛЛАРОМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
Аюрова О.Ж., Танганов Б.Б., Максанова Л.А., Могнонов Д.М., Дашицыренова М.С. 7

ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО БЕНТОНИТА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ
Бортников С.В., Горенкова Г.А. 12

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НЕИОНОГЕННЫХ ПАВ КАК ЭМУЛЬГАТОРОВ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ
Ищенко А.В., Баскаков П.С., Строкова В.В., Молчанов А.О. 18

ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ И УГОЛЬНЫХ ЗОЛ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ОПТИКО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ И ЛАЗЕРНЫМ ПРОБООТБОРОМ
Колмыков Р.П., Цветков В.Э., Петрушина А.В. 24

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Авдеенко А.П. 29

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ИНВАЗИЙНЫМ СОРНЯКОМ АМБРОЗИЕЙ ПОЛЫННОЛИСТНОЙ С ПОМОЩЬЮ НАСЕКОМОГО-ГЕРБИФАГА TARACHIDIA CANDEFACTA HUBN
Агасьева И.С., Федоренко Е.В., Нефедова М.В. 35

РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГРЕЧИХИ НА АЛТАЕ
Важов В.М., Козил В.Н., Бахтин Р.Ф., Яськов М.И. 40

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ НА ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ И ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS)
Гапонько Е.А., Каницкая Л.В. 46

СКРИНИНГ ГЕРБИЦИДНЫХ АНТИДОТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА В РЯДУ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИАЗОЛОПИРИМИДИНОВ
Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В. 52

РОЛЬ ПАРЦЕЛЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ФИТОЦЕНОЗА В ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫБОРОЧНЫХ САНИТАРНЫХ РУБОК В ЕЛОВО-СОСНОВОМ НАСАЖДЕНИИ
Иванов В.П., Ерохин А.В., Балухта Л.П., Дудкина Е.П. 58

ДИНАМИКА ЗОЛЬНОСТИ, СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ В ЛИСТЬЯХ И КОРЕ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ДРЕВОСТОЯХ ПОРОСЛЕВОГО И СЕМЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
Неруш М.Н. 67

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ACER NEGUNDO L. В ОЗЕЛЕНЕНИИ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БРАТСКА)
Рунова Е.М., Аношкина Л.В. 72

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ, ГЕРБИЦИДОВ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В СЕВООБОРОТЕ
Соколов А.С., Байрамбеков Ш.Б., Соколова Г.Ф. 78

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И ГЕНОТИПА НА СОДЕРЖАНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ И ОВСА
Сумина А.В., Полонский В.И., Шалдаева Т.М., Количенко А.А., Савельева И.Н. 85

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА
Титовская Л.С., Титовская А.И., Котлярова Е.Г. 91

Науки о Земле (25.00.00)

ПОЧВЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ
Белозерцева И.А., Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Доржготов Д., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Сороковой А.А., Бадмаев Н.Б. 96

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ ЗА ПОЛВЕКА
Гавришин А.И., Быкова А.Д., Суховий В.М. 106

КОНТРОЛЬ, ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ПРУДОВЫХ ХОЗЯЙСТВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН
Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Горбунова Ю.В. 112

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНИНСКОЙ ТОЛЩИ ПЛЕЙСТОЦЕНА В ЯЛОМАНО-КАТУНСКОЙ ЗОНЕ ГОРНОГО АЛТАЯ
Зыкин В.С., Зыкина В.С., Вольвах Н.Е. 118

СРАВНИТЕЛЬНО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АНОМАЛЬНЫХ ЗОНАХ ПОЧВ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА
Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С. 130

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РЕКРЕАЦИОННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ)
Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я., Лайпанова А.М. 136

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТНО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА
Кузнецова Т.И. 144

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ИСТОРИЧЕСКИМ ЦУНАМИ И ПАЛЕОЦУНАМИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ВОСТОЧНОГО ПРИМОРЬЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
Лебедев И.И. 151

К ОЦЕНКЕ ИНДИКАТОРОВ ЭКОСИСТЕМНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГОРНОТАЁЖНЫХ СОСНЯКОВ ЮЖНОСИБИРСКОГО ТИПА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ
Малых О.Ф. 160

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ НА РЕКЕ ИШИМ
Мезенцева О.В., Волковская Н.П. 166

ХИМИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АМОРФНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД
Мелконян Р.Г., Шабельская Н.П., Миюц Е.В. 172

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ
Пунгин А.В., Чайка К.В., Федураев П.В., Парфенова Д.А. 178

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ЕЁ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ
Ткаченко Г.Г., Корниенко О.С. 185

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ЗАВОДНЕНИЕ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ С ПОВЫШЕННОЙ ВЯЗКОСТЬЮ НЕФТИ
Чикиров Руст.Р., Мамчистова Е.И., Чикиров Русл.Р. 191

ПРОСТРАНСТВО ПРИГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ: ПРОЦЕССЫ «СЖАТИЯ» И МОНОЦЕНТРИЗМА
Шворина К.В. 197

CONTENTS

Chemical sciences (02.00.00)

INFLUENCE OF SOLVENT ON SOLVATION IN REACTIONS OF FORMATION OF METAL-AROMATIC COMPLEXES
Ayurova O.Zh., Tanganov B.B., Maksanova L.A., Mognonov D.M., Dashitsyrenova M.S. 7

PREPARATION OF ORGANOMODIFIED BENTONITE IN INTERACTION WITH NITROGEN-CONTAINING COMPOUNDS
Bortnikov S.V., Gorenkova G.A. 12

DEVELOPMENT OF A COMPARATIVE CRITERIA FOR EVALUATION OF NONIONIC SURFACE-ACTIVE AGENTS AS DISPERSE SYSTEMS EMULSIFIERS
Ishhenko A.V., Baskakov P.S., Strokova V.V., Molchanov A.O. 18

PROBLEM OF USING STANDARD GEOLOGICAL SAMPLES AND COAL ASHES FOR THE DETERMINATION OF SOME MICROELEMENTS BY THE METHOD OF OPTICAL-EMISSION SPECTROMETRY WITH INDUCTIVE COUPLED PLASMA AND LASER SAMPER
Kolmykov R.P., Tsvetkov V.E., Petrushina A.V. 24

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

PRODUCTIVENESS OF GRAIN SORGHUM HYBRIDS IN DEPENCE ON SAWING NORM IN CONDITIONS OF ROSTOV REGION
Avdeenko A.P. 29

DEVELOPING METHODS OF FIGHTING INVASIVE PEST – RAGWEED WITH IMPLEMENTATION OF HERBIHAGE INSECT – TARACHIDIA CANDEFACTA HUBN
Agaseva I.S., Fedorenko E.V., Nefedova M.V. 35

REGIONAL ASPECT OF CULTIVATING BUCKWHEAT IN ALTAI
Vazhov V.M., Kozil V.N., Bakhtin R.F., Yaskov M.I. 40

EVALUATING INFLUENCE OF STIMULANTS UPON ENERGY OF GERMINTATION AND SEED GROWTH FOR SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS)
Gaponko E.A., Kanitskaya L.V. 46

SCREENING HERBICIDE ANTIDOTES FOR SUNFLOWER PLANTS IN THE LINE OF TRIAZOLOPYRIMIDINE PRODUCTS
Dmitrieva I.G., Dyadyuchenko L.V. 52

THE ROLE OF PHYTOCENOSIS PARCEL STRUCTURE IN ASSESSING PROSPECTS OF NATURAL REGENERATION AFTER SELECTIVE SANITARY FELLINGS IN SPRUCE-PINE PLANTATION
Ivanov V.P., Erokhin A.V., Balukhta L.P., Dudkina E.P. 58

DYNAMICS OF ASH CONTENT, CONTENT OF POTASSIUM AND CALCIUM IN LEAVES AND BARK OF PEDUNCULATE OAK IN STANDS OF COPPICE AND SEED ORIGIN
Nerush M.N. 67

PROSPECTS OF IMPLEMENTING ACER NEGUNDO L. IN PLANTING GREENERY IN THE NORTHERN TERRITORIES (AT THE EXAMPLE OF THE CITY OF BRATSK)
Runova E.M., Anoshkina L.V. 72

INFLUENCE OF SOIL DRESSING, FERTILIZERS, HERBICIDES UPON POLLUTION AND YEILDS OF VEGETABLE CULTURES IN SAWING TURNOVER
Sokolov A.S., Bayrambekov Sh.B., Sokolova G.F. 78

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL ABIOTIC FACTORS AND GENOTYPE UPON ANTI-OXIDANT CONTENT IN GRAIN OF BARLEY AND OATS
Sumina A.V., Polonskiy V.I., Shaldaeva T.M., Kolichenko A.A., Saveleva I.N. 85

IMPACT OF METHODS OF BASIC SOIL DRESSING AND COMPLEX MINARAL FERTILIZERS UPON INDEXES OF PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER HYBRIDS
Titovskaya L.S., Titovskaya A.I., Kotlyarova E.G. 91

Earth sciences (25.00.00)

SOILS OF THE BAIKAL REGION AND ADJACENT TERRITORIES
Belozertseva I.A., Ubugunov L.L., Ubugunova V.I., Dorzhgotov D., Gyninova A.B., Ubugunov V.L., Sorokovoy A.A., Badmaev N.B. 96

TRANSFORMATION OF MAIN DIRECTIONS OF CHANGES IN THE COMPOSITION OF MINE WATERS IN THE EASTERN DONBASS REGION FOR HALF A CENTURY
Gavrishin A.I., Bykova A.D., Sukhoviy V.M. 106

POND FARMS MONITORING, INVENTORY AND POPULARIZATION IN THE TATARSTAN REPUBLIC
Gorshkova A.T., Urbanova O.N., Gorbunova Yu.V. 112

CONDITIONS OF THE PLEISTOCENE INYA SERIES FORMATION YALOMAN-KATUN AREA OF THE ALTAI MOUNTAINS
Zykin V.S., Zykina V.S., Volvakh N.E. 118

COMPARATIVE-TIME ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT IN ANOMALOUS ZONES IN SOILS OF THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA
Zykova E.N., Zykov S.B., Yakovlev E.Yu., Larionov N.S. 130

THE PRINCIPLES AND METHODS OF RECREATIONAL DIVISION OF DISTRICTS (ON THE EXAMPLE OF KARACHAY-CHERKESSIA)
Kipkeeva P.A., Potapenko Yu.Ya., Laypanova A.M. 136

PROJECT OF CREATING A LANDSCAPE-CARTOGRAPHIC DIGITAL INFORMATION MODULE IN THE BAIKAL REGION
Kuznetsova T.I. 144

ANALYZING DATA ABOUT HISTORICAL TSUNAMI AND PALEOTSUNAMI IN EASTERN PRIMORYE COAST FOR AIMS OF NATURE MANAGEMENT
Lebedev I.I. 151

ON THE ASSESSMENT OF INDICATORS OF ECOSYSTEM DIVERSITY OF MOUNTAIN TAIGA PINE TREES THE SOUTH SIBERIAN TYPE ZABAYKALSKY
Malykh O.F. 160

SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF HYDRO-CLIMATIC FACTORS OF FORMATION OF MAXIMUM WATER LEVELS ON THE ISHIM RIVER
Mezentseva O.V., Volkovskaya N.P. 166

CHEMICAL CLASSIFICATION OF AMORPHOUS ROCKS
Melkonyan R.G., Shabelskaya N.P., Miyutz E.V. 172

GEOECOLOGICAL EVALUATION OF THE ATMOSPHERIC AIR CONDITION OF THE CITY OF KALININGRAD WITH THE APPLICATION OF THE LICHEN INDICATION MAP METHOD
Pungin A.V., Chayka C.V., Feduraev P.V., Parfenova D.A. 178

DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE FAR EAST AND ITS INTERRELATION WITH AN ECONOMIC SITUATION
Tkachenko G.G., Kornienko O.S. 185

UNSTEADY WATERFLOODING AS AN EOR METHOD FOR HIGH-VISCOUS OIL RESERVOIRS
Chikirov Rust.R., Mamchistova E.I., Chikirov Rusl.R. 191

SPACE OF THE BORDER TERRITORY OF THE TRANSBAIKAL TERRITORY: PROCESSES OF COMPRESSION AND MONOCENTRISM
Shvorina K.V. 197

УДК 66.093.1

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СОЛЬВАТАЦИЮ В РЕАКЦИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАЛЛАРОМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

[1]Аюрова О.Ж., [2]Танганов Б.Б., [2]Максанова Л.А., [1]Могнонов Д.М., [1]Дашицыренова М.С.

[1]Байкальский институт природопользования, Сибирское отделение Российской академии наук, Улан-Удэ, e-mail: chem88@mail.ru;

[2]Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ

В представленной статье изучено влияние структуры и природы растворителей на образование металлароматических комплексов (МАК), а также их свойства. Содержание активного Na-нафталинового комплекса в растворах определяли методом газожидкостной хроматографии. Количественный анализ компонентов проводили методом внутренней нормализации. Адгезионную способность пленок политетрафторэтилена характеризовали прочностью склеивания их с металлами и друг с другом клеем марки К-300. Прочность при сдвиге образцов, склеенных «внахлестку» (ГОСТ 14759-69), определяли на универсальной машине Instron 3367. В результате проведенных исследований показано, что металлароматические комплексы, полученные в тетрагидрофуране, обладают лучшей модифицирующей способностью в сравнении с металлароматическими комплексами, полученными в других растворителях (диметиловый эфир диэтиленгликоля, диэтиловый эфир диэтиленгликоля, диметоксиэтан, диэтоксиэтан). Увеличение модифицирующей способности полученного в тетрагидрофуране МАК связано с повышенной концентрацией активного комплекса (12–13%) в растворе в сравнении с растворами в других растворителях (8–9%). Натрий-нафталиновый комплекс, полученный с использованием отходов модификации поверхности политетрафторэтилена, характеризуется высокой активностью вследствие образования дианионов нафталина в растворе (18–20%), что подтверждается данными ЭПР-спектроскопии. Прочность при сдвиге склеенных композиций на основе модифицированного политетрафторэтилена повышается на 5–13%. Согласно плазменно-гидродинамической концепции, включающей ион-дипольное электростатическое взаимодействие, поведения ионов и молекул в различных средах, показано, что металлароматический комплекс представляет сложную сольватную оболочку, в которую дополнительно включено несколько диполей тетрагидрофурана. Установлено, что тетрагидрофуран является лучшим комплексообразователем ввиду отсутствия пространственных затруднений в процессе комплексообразования.

Ключевые слова: металлароматические комплексы, сольватация, политетрафторэтилен, модификация, адгезия

INFLUENCE OF SOLVENT ON SOLVATION IN REACTIONS OF FORMATION OF METAL-AROMATIC COMPLEXES

[1]Ayurova O.Zh., [2]Tanganov B.B., [2]Maksanova L.A., [1]Mognonov D.M., [1]Dashitsyrenova M.S.

[1]Baikal Institute of Nature Management Siberian branch of the Russian Academy of sciences, Ulan-Ude, e-mail: chem88@mail.ru;

[2]East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude

In the present article, the influence of structure and nature of solvents on the formation of metal-aromatic complexes (MAK), as well as their properties, are investigated. The content of the active Na-naphthalene complex in the solutions was determined by gas-liquid chromatography. The quantitative analysis of the components was carried out by the method of internal normalization. The adhesive ability of polytetrafluoroethylene films was characterized by the strength of their adhesion to metals and to each other with K-300 glue. The shear strength of the specimens glued together «overlap» (GOST 14759-69) was determined on the universal machine Instron 3367. As a result of the conducted studies, it has been shown that the metal-aromatic complexes obtained in tetrahydrofuran have better modifying ability in comparison with the metal-aromatic complexes obtained in other solvents (diethylene glycol dimethyl ether, diethylene glycol diethyl ether, dimethoxyethane, diethoxyethane). The increase in the modifying ability of the metal-aromatic complexes obtained in tetrahydrofuran is associated with an increased concentration of the active complex (12-13%) in solution in comparison with solutions in other solvents (8-9%). The sodium-naphthalene complex obtained using wastes of surface modification of polytetrafluoroethylene is characterized by high activity due to the formation of naphthalene dianions in solution (18-20%), which is confirmed by EPR spectroscopy data. The shear strength of the glued compositions based on modified polytetrafluoroethylene is increased by 5-13%. According to the plasma-hydrodynamic concept involving the ion-dipole electrostatic interaction, the behavior of ions and molecules in various media, it is shown that the metal-aromatic complex is a complex solvate shell, into which several dipoles of tetrahydrofuran are additionally included. It was found that tetrahydrofuran is the best complexing agent because of absence of spatial difficulties in the process of complex formation.

Keywords: metal-aromatic complexes, solvation, polytetrafluoroethylene, modification, adhesion

Металлароматические комплексы (МАК) – это особый класс окрашенных соединений, которые получают при взаимодействии щелочных металлов (Li, Na, K) с ароматическими углеводородами (дифенил, нафталин, фенантрен и т.д.) [1, 2]. Благодаря своей ион-радикальной природе, МАК являются реакционноспособными соединениями, что позволяет их использовать для модификации поверхности инертных полимеров с целью придания адгезионной способности [3, 4], интеркаляции слоистых материалов и как инициаторы в реакциях полимеризации [5, 6].

Реакции такого типа легко протекают в среде электронодонорных растворителей (тетрагидрофуран, диметиловый эфир диэтиленгликоля, диэтиловый эфир диэтиленгликоля и т.п.) [1, 2, 7].

Цель настоящей работы – исследование влияния природы растворителя на модифицирующую способность раствора МАК.

Материалы и методы исследования

В работе использовали неориентированную пленку политетрафторэтилена (ПТФЭ) (ГОСТ 24222-80) толщиной 60 ± 3, 100 ± 3 мкм.

Растворители (тетрагидрофуран, диметиловый эфир диэтиленгликоля, диэтиловый эфир диэтиленгликоля, диметоксиэтан, диэтоксиэтан) очищали согласно следующей методике. Растворитель сушили над твердой щелочью двое суток, декантировали, а затем оставляли на сутки над металлическим натрием. Осушенный от воды растворитель проверяли на наличие гидропероксидных соединений йодометрическим методом. При содержании пероксидных соединений более 3 % растворитель подвергали очистке методом адсорбционной хроматографии на колонке, заполненной сорбентом из чередующихся слоев оксида алюминия Al_2O_3 (ТУ 6-09-3916-75) и безводного сульфата меди $CuSO_4$ (ТУ 6-09-4525-77). Чистоту очищенного растворителя определяли по показателю преломления на рефрактометре RL Nr2925.

Технология получения металлароматического комплекса представлена на рис. 1.

Содержание активного Na-нафталинового комплекса в растворах определяли методом газожидкостной хроматографии на приборе ЛХМ-8Д.

Количественный анализ компонентов проводили методом внутренней нормализации по формуле

$$c_i = \frac{S_i \cdot f_i}{\sum_{i=0}^{n} S_i \cdot f_i} \cdot 100 ,$$

где c_i – концентрация компонента i в смеси, %; S_i – площадь соответствующего пика, мм^2; f_i – относительный поправочный коэффициент; $\sum_{i=o}^{n} S_i \cdot f_i$ – сумма произведений площадей пиков на относительные поправочные коэффициенты для всех пиков хроматограммы.

Площадь пика S_i определяли методом треугольника как произведение высоты пика на его ширину, замеренную на середине высоты пика.

Технология модифицирования поверхности ПТФЭ: пленки политетрафторэтилена промывают водой и обезжиривают ацетоном с последующим подсушиванием на воздухе. Модифицирующий раствор наливают в чистый, сухой сосуд, куда погружают пленки на 5–10 с, поверхность которых окрашивается в коричневый цвет. Обработанные пленки ПТФЭ промывают ацетоном, затем водой и высушивают на воздухе в течение 2–3 ч.

Адгезионную способность пленок характеризовали прочностью склеивания их с металлами и друг с другом клеем марки К-300. Прочность при сдвиге образцов, склеенных «внахлестку» (ГОСТ 14759-69), определяли на универсальной машине Instron 3367 при скорости движения траверсов 10 мм/мин.

Рис. 1. Технология получения металлароматического комплекса

Результаты исследования и их обсуждение

Использование МАК для модификации поверхности политетрафторэтилена обусловлено высокой химической активностью, сопровождающейся образованием полярных групп (пероксидных, гидроксильных и гидропероксидных), в результате увеличиваются адгезионные свойства полимера (рис. 2) [3, 4].

МАК получали в различных растворителях с учетом полярных свойств и сольватирующей способности растворителей, которые зависят от строения молекул, т.е. величины алкильного радикала в эфирах, диэлектрической постоянной, строения мостика между атомами кислорода в эфирах гликолей, числа атомов кислорода и вида заместителей в циклических эфирах.

Важное значение для реакции образования анион-радикалов имеет природа металла и растворителя [8]. Сольватация рассматривается как донорно-акцепторный процесс и как комплексообразование. Этим объясняются особенности процесса гидратации катионов лития, натрия и калия. Донорами электронов выступают атомы кислорода, имеющие неподеленные пары электронов, а акцептором – атомы щелочных металлов, представляющие вакантные электронные орбитали. Число и тип гибридизации свободных орбиталей атомов катиона определяют направленность и количество донорно-акцепторных связей. Вероятными вакантными орбиталями для катионов лития, натрия и калия являются 2s2p, 3s3p и 4s4p3d, тип гибридизации которых – sp^3, sp3 и sp^3d^2 соответственно. Таким образом, атомы кислорода адденда должны располагаться в вершинах тетраэдра при сольватации Na+, который находится в центре. В теплоту сольватации наибольший вклад вносит энергия образования донорно-акцепторных связей между молекулами растворителя и катиона. Энергия вторичной сольватации катиона, происходящей в результате ион-дипольного взаимодействия, составляет меньшую часть полной энергии сольватации.

На примере эфиров гликолей можно проследить влияние стерических факторов. Показано [8], что при реакции ионов Na+ с эфиром этиленгликоля происходит образование комплексов хелатного типа (рис. 3).

При образовании устойчивого сольвата большое значение имеет строение метиленового мостика. Наиболее выигрышна группировка атомов, характерная для эфиров этиленгликоля ($-O(CH_2)_2O-$). Это связано с устойчивостью *цис*-конформации молекулы, необходимой для образования хелатного комплекса. С ростом числа групп CH_2-, вращающихся свободно по отношению к друг другу, затрудняется переход молекул в *цис*-конформацию. Ухудшение сольватирующей способности связано с тем, что у эфиров этиленгликоля с увеличением размера боковых алкильных групп и свободном их вращении, повышается вероятность экранирования ими атомов кислорода.

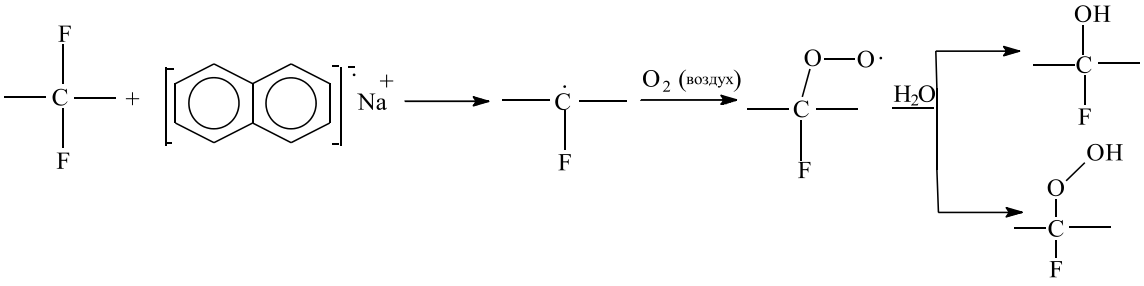


Рис. 2. Образование гидрофильных групп на поверхности модифицированного ПТФЭ

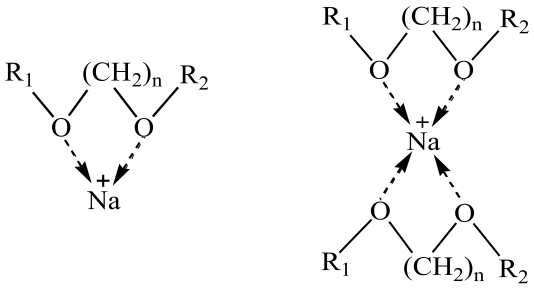


Рис. 3. Комплексы хелатного типа

О возможном механизме сольватации свидетельствует данные по термодинамике реакции дифенила с натрием [8]. Установлено, что механизм сольватации иона Na^+ – ступенчатый. Поскольку у натрия координационное число равно 4, а молекулы эфиров этиленгликоля способны одновременно образовывать по две донорно-акцепторных связи, имеются два вида хелатных комплексов – с одной и с двумя молекулами эфира (рис. 3). В отличие от эфиров гликолей одна молекула тетрагидрофурана может образовать с катионом только одну донорно-акцепторную связь, следовательно хелатный комплекс содержит четыре молекулы ТГФ.

Согласно плазменно-гидродинамической концепции, включающей ион-дипольное электростатическое взаимодействие, поведения ионов и молекул в различных средах [9], сольватное число n_s оценивается параметрами растворенного электролита и самого растворителя

$$n_s = \frac{4{,}8 \cdot Z_i \cdot R_s^2}{r_i \cdot p} - \frac{0{,}000072 \cdot \varepsilon \cdot R_s^2}{p}, \quad (1)$$

где Z_i, r_i – заряд и радиус иона (10^{-8} см); R_s – радиус молекулы (10^{-8} см), p – дипольный момент (D) и ε – диэлектрическая постоянная растворителя.

Радиусы молекул некоторых растворителей известны. Для тетрагидрофурана искомый радиус аппроксимирован методом многоуровневого моделирования авторской компьютерной программы по уравнению [10]:

$$R_s = 0.008617 \cdot T_{\text{кип}} - 3{,}7219 \cdot p + 0{,}001198 \cdot \eta + \\ + 0{,}06734 \cdot p + 2{,}1684 = 1{,}92 \cdot 10^{-8} \text{ см}. \quad (2)$$

Уравнения (1, 2) позволяют оценить сольватное число иона Na^+ в тетрагидрофуране

$$n_s = \frac{4{,}8 \cdot 1 \cdot 1{,}92^2}{0{,}98 \cdot 1{,}63} - \frac{0{,}000072 \cdot 7{,}6 \cdot 1{,}92^2}{1{,}63} = 10{,}7.$$

Это свидетельствует о том, что в связи с неполной локализацией электрического поля иона натрия (ядра атома натрия) МАК – это не только простой металлароматический комплекс, а представляет собой более сложную сольватную оболочку, в которую дополнительно включено несколько диполей тетрагидрофурана.

Увеличение модифицирующей способности полученного в тетрагидрофуране МАК связано с повышенной концентрацией активного комплекса (12–13 %) в растворе в сравнении с растворами, полученными в других растворителях (8–9 %). Na-нафталиновый комплекс на основе отходов модификации поверхности ПТФЭ обладает высокой активностью вследствие образования дианионов нафталина в растворе (18–20 %).

Так, при добавлении Na в раствор образуется избыток, что приводит к захвату второго электрона анион-радикалом нафталина с образованием дианиона:

$$Ar^{\cdot -}M^+ + M \leftrightarrow Ar^{2-}2M^+.$$

Исследование методом ЭПР Na-нафталинового комплекса на основе отходов модификации поверхности ПТФЭ показало, что полученный раствор диамагнитен (рис. 4). Известно, что дианионы в большинстве случаев являются диамагнитными.

Рис. 4. ЭПР-спектры: 1 – эталон ТЕМПО (2,2,6,6-тетраметил-4-оксопиперидин-1-оксилом); 2 – Na-нафталиновый комплекс, полученный с использованием отходов в ТГФ

Прочность склеенных образцов, обработанных МАК, в зависимости от природы растворителя

Образец	Получение МАК в растворителе	Прочность при сдвиге τ, кН/м^2	
		Чистый растворитель	Растворитель/отходы (1/1)
Д 16Т-ПТФЭ	Тетрагидрофуран	177,6	208,6
	Диметоксиэтан	163,4	190,8
	Диметиловый эфир диэтиленгликоля	159,8	186,3
	Диэтиловый эфир диэтиленгликоля	154,3	190,2
ПТФЭ-ПТФЭ	Тетрагидрофуран	145,8	201,7
	Диметоксиэтан	140,7	195,8
	Диметиловый эфир диэтиленгликоля	136,1	195,0
	Диэтиловый эфир диэтиленгликоля	131,2	188,7

Из данных таблицы видно, что МАК, полученный в тетрагидрофуране, характеризуется большей модифицирующей активностью. Тетрагидрофуран является лучшим комплексообразователем, что объясняется отсутствием стерических препятствий при координации этим растворителем.

Заключение

Концентрация металлароматического комплекса в растворе тетрагидрофурана на 33 % выше, чем в других растворителях, что приводит к повышению модифицирующей способности. Прочность при сдвиге склеенных композиций на основе модифицированного политетрафторэтилена повышается на 5–13 %.

Улучшение сольватирующей способности тетрагидрофурана объясняется отсутствием пространственных затруднений в процессе комплексообразования.

Список литературы

1. Талалаева Т.В. Методы элементоорганической химии: Литий, натрий, калий, рубидий, цезий / Т.В. Талалаева, К.А. Кочешков. – М.: Наука, 1971. – Кн. 1. – 564 с.

2. Тодрес З.В. Ион-радикалы в органическом синтезе / З.В. Тодрес. – М.: Химия, 1986. – 240 с.

3. Зуев А.В. Разработка составов, конструкций и технологии изготовления манжет и рукавных изделий, обладающих повышенной работоспособностью: автореф. дис. … канд. техн. наук. – Саратов, 2010. – 20 с.

4. Приоритетные направления развития науки и технологий: сб. науч. тр. / Тульский научно-технический центр; [под ред. Э.М. Соколова]. – Тула: Инновационные технологии, 2010. – 208 с.

5. Кудрявцева Г.С. Гибридные материалы на основе органических комплексов металлов и слоистых неорганических соединений: автореф. дис. … канд. хим. наук. – Москва, 2009. – 29 с.

6. Мир материалов и технологий: обзор / под ред. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. – М.: Техносфера, 2011. – 688 с.

7. Физер Л. Реагенты для органического синтеза / Л. Физер, М. Физер. – М.: Мир, 1971. – Т. 4. – 276 с.

8. Аюрова О.Ж. Разработка композиционных материалов на основе политетрафторэтилена, упрочненного модифицированием поверхности металлароматическими комплексами и полимер-полимерными смесями и технологии их получения: дис. …канд. техн. наук. – Комсомольск-на-Амуре, 2013. – 119 с.

9. Танганов Б.Б. Основы теории электролитных растворов: монография / Б.Б. Танганов. – Саарбрюккен: Lambert Academic Publishing, 2017. – 191 с.

10. Свидетельство ФСИСПТЗ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010615116. Программа расчета математической модели по восьми параметрам методом многоуровневого моделирования / Б.Б. Танганов, В.Е. Крупенникова, В.Д. Раднаева. – зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 09.08.2010.

References

1. Talalaeva T.V. Metody` e`lementoorganicheskoj ximii: Litij, natrij, kalij, rubidij, cezij / T.V. Talalaeva, K.A. Kocheshkov. – M.: Nauka, 1971. – Kn. 1. – 564 p.

2. Todres Z.V. Ion-radikaly` v organicheskom sinteze / Z.V. Todres. – M.: Ximiya, 1986. – 240 p.

3. Zuev A.V. Razrabotka sostavov, konstrukcij i texnologii izgotovleniya manzhet i rukavny`x izdelij, obladayushhix povy`shennoj rabotosposobnost`yu: avtoref. dis. … kand. texn. nauk. – Saratov, 2010. – 20 p.

4. Prioritetny`e napravleniya razvitiya nauki i texnologij: sb. nauch. tr. / Tul`skij nauchno-texnicheskij centr; [pod red. E`.M. Sokolova]. – Tula: Innovacionny`e texnologii, 2010. – 208 p.

5. Kudryavceva G.S. Gibridny`e materialy` na osnove organicheskix kompleksov metallov i sloisty`x neorganicheskix soedinenij: avtoref. dis. … kand. xim. nauk. – Moskva, 2009. – 29 p.

6. Mir materialov i texnologij: obzor / pod red. Yu-Ving Maj, Zhong-Zhen Yu. – M.: Texnosfera, 2011. – 688 p.

7. Fizer L. Reagenty` dlya organicheskogo sinteza / L. Fizer, M. Fizer. – M.: Mir, 1971. – T. 4. – 276 p.

8. Ayurova O.Zh. Razrabotka kompozicionny`x materialov na osnove politetraftore`tilena, uprochnennogo modificirovaniem poverxnosti metallaromaticheskimi kompleksami i polimer-polimerny`mi smesyami i texnologii ix polucheniya: dis. …kand. texn. nauk. – Komsomol`sk-na-Amure, 2013. – 119 p.

9. Tanganov B.B. Osnovy` teorii e`lektrolitny`x rastvorov: monografiya / B.B. Tanganov. – Saarbryukken: Lambert Academic Publishing, 2017. – 191 p.

10. Svidetel`stvo FSISPTZ o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2010615116. Programma rascheta matematicheskoj modeli po vos`mi parametram metodom mnogourovnevogo modelirovaniya / B.B. Tanganov, V.E. Krupennikova, V.D. Radnaeva. – zaregistrirovano v Reestre programm dlya E`VM 09.08.2010.

УДК 544.77

ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО БЕНТОНИТА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Бортников С.В., Горенкова Г.А.

ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова», Абакан, e-mail: svb@khsu.ru

Специфика химического состава и строения природного алюмосиликата бентонита позволяет использовать его как основу для получения новых материалов с заданными свойствами путем химической модификации, в том числе при создании органоминеральных композиций. В лабораторных условиях получены модельные системы на основе бентонита месторождения Республики Хакасия «Десятый Хутор» с азотсодержащими органическими соединениями – оксалатом аммония, аминоуксусной кислотой (глицином), белками (альбумином, желатином). Определены основные характеристики бентонита в исследуемых системах. Изменение концентрации обменных ионов в модельных системах свидетельствует о протекании процессов ионного обмена между катионами минерала и ионами аммония из растворов аммонийных солей. Аммонийная форма азота, содержащая углеводородный радикал в случае с аминоуксусной кислотой, взаимодействует с алюмосиликатной структурой бентонита. Об этом свидетельствует изменение коллоидальности как характеристики степени дисперсности бентонита. В случае протонированной формы глицина наблюдалось существенное увеличение коллоидальности, как и при известном способе обогащения бентонита ионами натрия, аммония. Обогащение состава бентонита большими азотсодержащими органическими молекулами белков возможно в сочетании последних с поверхностно-активными веществами, образующими с белками ассоциаты с повышенной поверхностной активностью. Эксперимент показал, что азотсодержащие органические соединения способны поглощаться бентонитом как посредством ионного обмена с участием аммонийных ионов, так и путём адсорбции органического модификатора на поверхности глинистого минерала. Полученные результаты представляют интерес в плане создания органомодифицированного бентонита, в том числе обогащенного биогенным азотом в виде аминокислот, пептидов, белков.

Ключевые слова: бентонит, модификация, композиционные материалы, коллоидальность, азотсодержащие органические соединения, поверхностно-активные вещества

PREPARATION OF ORGANOMODIFIED BENTONITE IN INTERACTION WITH NITROGEN-CONTAINING COMPOUNDS

Bortnikov S.V., Gorenkova G.A.

Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Katanov Khakass State University», Abakan, e-mail: svb@khsu.ru

Specificity of the chemical composition and structure of natural aluminosilicate bentonite makes it possible to use it as a basis for the production of new materials with specified properties by chemical modification, including when creating organomineral compositions. In the laboratory conditions, model systems based on bentonite of the Khakassia Republic «Tenth Khutor» with nitrogen-containing organic compounds – ammonium oxalate, aminoacetic acid (glycine), proteins (albumin, gelatin) were obtained in the laboratory. The main characteristics of bentonite in the systems under investigation are determined. The change in the concentration of exchange ions in model systems indicates the occurrence of ion exchange processes between mineral cations and ammonium ions from solutions of ammonium salts. The ammonium form of nitrogen, containing a hydrocarbon radical in the case of aminoacetic acid, interacts with the aluminosilicate structure of bentonite. This is evidenced by a change in the colloidality as a characteristic of the degree of dispersion of bentonite. In the case of the protonated form of glycine, a significant increase in colloidal activity was observed, as in the known method of enriching bentonite with sodium and ammonium ions. Enrichment of the composition of bentonite with large nitrogen-containing organic molecules of proteins is possible in combination with the latter with surface-active substances, forming with proteins associates with increased surface activity. The experiment showed that nitrogen-containing organic compounds can be absorbed by bentonite both through ion exchange with the participation of ammonium ions and by adsorption of an organic modifier on the surface of a clay mineral. The results obtained are of interest in terms of creating organomodified bentonite, including enriched with biogenic nitrogen in the form of amino acids, peptides, proteins.

Keywords: bentonite, modification, composite materials, colloidal, nitrogen-containing organic compounds, surfactants

Среди природных глинистых минералов особое место занимают бентонитовые глины. Специфика химического состава и строения позволяет использовать их как основу для получения новых материалов с заданными свойствами путем химической модификации, в том числе при создании органоминеральных композиций.

В литературе известны примеры использования органических молекул в качестве химического модификатора для изменения свойств природных алюмосиликатов [1–3]. Цель подобных исследований заключается в получении органоминеральных композитов, которые находят широкое практическое значение как потенциально активные сорбенты, а также в качестве матриц для синтеза полимеров и их дальнейшей химической модификации. Однако основной проблемой в данных исследованиях является задача

совместимости минеральной и органической составляющих в композитах. Природная глина, являясь гидрофильной, несовместима с гидрофобными органическими компонентами. Для использования глины в качестве наполнителя для получения органоминеральных композитов необходимо придать ей органофильный характер. Достигается это путем модифицирования глины органическими веществами (органомодификаторами).

Вариантом решения проблемы получения органоминеральных композитов может служить использование ионообменных способностей бентонита по отношению к различным ионам, в том числе к ионам органических производных. Так, известна и широко применяется на практике замена в бентоните двухвалентных ионов кальция и магния на более подвижные в водных средах одновалентные ионы натрия, что приводит к существенным изменениям в свойствах бентонита (активация природной бентонитовой глины карбонатом натрия). Логично предположить, что аналогичный эффект будут производить и другие катионы, в том числе катионы органических производных. Среди органических функциональных групп, способных образовывать однозарядный положительный ион, наибольший интерес представляет аминогруппа, которая при протонировании даёт аммониевый ион. Аминогруппа входит в состав большого числа органических и биоорганических соединений, в том числе аминов, аминокислот, пептидов и их производных.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужили образцы бентонитовой глины месторождения «Десятый Хутор», расположенного на территории Республики Хакасия. Минеральный состав исследуемого бентонита (объем.%): монтмориллонит – 70–72; гидрослюда – 1–2; каолинит – 7–8; кварц – 7–8; щелочной полевой шпат – 6–7; слюда – 4–5; кальцит – 1–2. Соотношение суммы ионов K^+ и Na^+ к сумме ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} – 0,17 [4].

Подготовка образцов и выполнение количественных измерений проводилось в соответствии с ГОСТ 28177-89 [5].

Определение коллоидальности бентопорошка

Навеску бентонита массой 0,5 г помещали в мерную пробирку, приливали воду до общего объёма 15 мл и взбалтывали до получения однородной суспензии. К суспензии добавляли 0,1 г оксида магния и снова взбалтывали в течение 1 мин и выдерживали 24 ч. По истечении этого времени замеряли объём образовавшегося осадка.

Коллоидальность (К) в процентах вычисляли по формуле

$$К = \frac{V \cdot 100}{15},$$

где V – объём осадка бентонита в пробирке, мл; 15 – общий объём бентонита и воды в пробирке, мл.

Определение концентрации обменных катионов кальция и магния в бентопорошке

Навеску бентонита массой 1 г помещали в мерную колбу на 100 мл, прибавляли 0,2 г карбоната кальция. Приливали до ¾ объёма колбы 1 н раствор хлорида натрия, взбалтывали, доводили тем же раствором до метки и оставляли на 1 сутки. Затем суспензию отфильтровывали. К пробе объёмом 50 мл добавляли 5 мл аммонийного буферного раствора, индикатор (эриохром черный) и титровали 0,05 н раствором трилона Б до перехода окраски.

Концентрацию катионов кальция и магния (жесткость) (Х), мг·экв на 100 г бентонита вычисляли по формуле

$$X = \frac{V \cdot 0{,}05 \cdot 100}{m},$$

где V – объём раствора трилона Б, израсходованный на титрование, мл; 0,05 – нормальность раствора трилона Б; 100 – коэффициент для пересчета на 100 г бентонита; m – масса бентонита в аликвотной части раствора, г.

Определение поверхностного натяжения водных растворов поверхностно-активных веществ проводили методом максимального давления в пузырьке газа (метод Ребиндера) при 20 °С. Концентрация желатина в исходном растворе 0,5 %.

Модификация бентонита

Модификацию образцов бентонита проводили обработкой натриевыми и аммониевыми солями, аминоуксусной кислотой, белком (альбумин, желатин).

Готовили пасту из 5 г бентонита и 4 мл воды. Реагент добавляли в количестве 5 % от веса глины, тщательно перемешивали и выдерживали в закрытом бюксе 1 сутки. Затем образцы сушили при температуре 110 °С

6 ч, измельчали, просеивали и проводили анализ на содержание обменных катионов (кальция и магния) и коллоидальность.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей работе исследовалось поведение бентонита месторождения Республики Хакасия «Десятый Хутор» в системе с водными растворами электролитов, образующих ионы аммония (оксалат аммония, аминоуксусная кислота, альбумин, желатин).

Для оценки результатов активации определялись такие физико-химические характеристики, как коллоидальность материала (одна из основных характеристик глины, отражающая способность минералов формировать и поддерживать коллоидную дисперсию) и количество обменных катионов кальция и магния в минерале до и после активации.

Как показал эксперимент, реакция системы на обработку растворами оксалата аммония существенна (табл. 1). Наблюдается снижение концентрации обменных катионов кальция и магния с 72 мг·экв/100 г до 14 мг·экв/100 г, что свидетельствует об эффективности ионного обмена в данном случае. Значение коллоидальности, напротив, резко увеличивается с 45% до 93%. Следует отметить, что аналогичный эффект имеет место при модификации бентонитовой глины натриевыми солями, в случае которой доказано, что значительное изменение свойств природного минерала связано именно с обогащением его ионами натрия [6]. Так, обработка бентонитовой глины карбонатом и оксалатом натрия приводит к снижению содержания подвижных щелочноземельных ионов в среднем до 11–12 мг·экв/100 г, а коллоидальность, при этом возрастает до 91–94% (табл. 1).

Результаты эксперимента могут свидетельствовать об обогащении бентонита ионами аммония, близкими по размеру катионам натрия, что позволяет сделать предположение о возможности использования в обменных процессах иона аммония, связанного с органическим радикалом.

В ходе работы была получена система, содержащая природный бентонит в присутствии водного раствора аминоуксусной кислоты (глицина).

Глицин в качестве реагента активатора представляет интерес как вещество с амфотерными свойствами, способное за счет аминогруппы образовывать аммониевый ион, благодаря которому возможно его взаимодействие с минералом. При этом следует ожидать изменения свойств бентонита по аналогии с использованием свободного иона аммония. Однако после стандартной обработки материала раствором аминоуксусной кислоты коллоидальность образца не изменилась (табл. 2), что свидетельствует об отсутствии в структуре обработанного минерала аммониевой формы глицина. По-видимому, являясь бифункциональным соединением, глицин образует комплексы с катионами двухвалентных металлов (Ca^{2+}, Mg^{2+}) из глины и исключается из обменного процесса. Об этом свидетельствует снижение количества обменных катионов кальция и магния в системе с 72 до 35 мг·экв на 100 г глины (табл. 2). Таким образом, формирования органоминеральной композиции в данном случае не происходит.

Таблица 1

Физико-химические свойства бентонита

Параметры системы	До активации	После активации		
		Na_2CO_3	$Na_2C_2O_4$	$(NH_4)_2C_2O_4$
Содержание обменных катионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, мг·экв/100 г	72	11	12	14
Коллоидальность, %	45	94	91	93

Таблица 2

Физико-химические характеристики модельных систем

Параметры	До обработки	После обработки		
		глицин	NH_4Cl/ глицин	NH_4Cl
Содержание обменных катионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, мг·экв/100 г	72	35	45	36
Коллоидальность, %	45	43	80	19

Для осуществления процесса в выбранном направлении логично предположить химическую модификацию реагента, а именно дополнительное протонирование аминогруппы с целью предотвращения комплексообразования.

Естественная среда бентонита слабо щелочная, но нейтрализация минерала (добавление сильной кислоты к системе) может привести к разрушению его алюмосиликатной основы.

В качестве источника дополнительных протонов и перевода глицина в аммонийную форму в исследуемые системы добавляли раствор хлорида аммония, имеющего кислую реакцию среды в результате гидролиза. В ходе эксперимента обнаружено снижение содержания обменных катионов кальция и магния с 72 до 45 мг·экв/100 г и увеличение значения коллоидальности до 80% по сравнению с исходным бентонитом (табл. 2).

Таким образом, можно сделать предположение, что в данном случае молекула глицина является непосредственным участником обменного процесса и за счет аммонийного азота включается в структуру природного минерала (рис. 1). Следует отметить, повышение коллоидальности до значений 80–90% (табл. 1) в случае активации бентонита оксалатом аммония достигается при пятикратном изменении содержания обменных катионов, тогда как аналогичное повышение коллоидальности в случае активации системой глицин/хлорид аммония – при двукратном изменении концентрации обменных ионов. Следовательно, в последнем случае изменение физико-химической характеристики (коллоидальности) обусловлено взаимодействием минерала не со свободными ионами аммония, а с ионами аммония, связанными с органическим радикалом. К тому же эксперимент с использованием в качестве модификатора бентонита только хлорида аммония обнаружил значительное снижение показателя коллоидальности практически в два раза (с 45% до 19%) (табл. 2). Это вполне объяснимо, так как водный раствор этой соли, имея кислую реакцию среды, в системе с щелочным природным минералом вызывает частичное разрушение структуры бентонита.

Описанное поведение модельных систем свидетельствует о значительном влиянии и анионсоставляющего реагента-активатора. В случае карбонатов и оксалатов мы имеем дело с солями слабых кислот, образующих нерастворимые соединения с катионами кальция и магния. Это способствует сдвигу равновесия ионного обмена в сторону обогащения однозарядными ионами (натрия, аммония). Хлорид-ион не способен связывать катионы щелочноземельных металлов, поэтому в качестве активатора бентонитовой глины хлориды не подходят. В случае использования для модификации аминоуксусной кислоты связывание катионов кальция и магния происходит за счет образования нерастворимых солей или комплексных соединений.

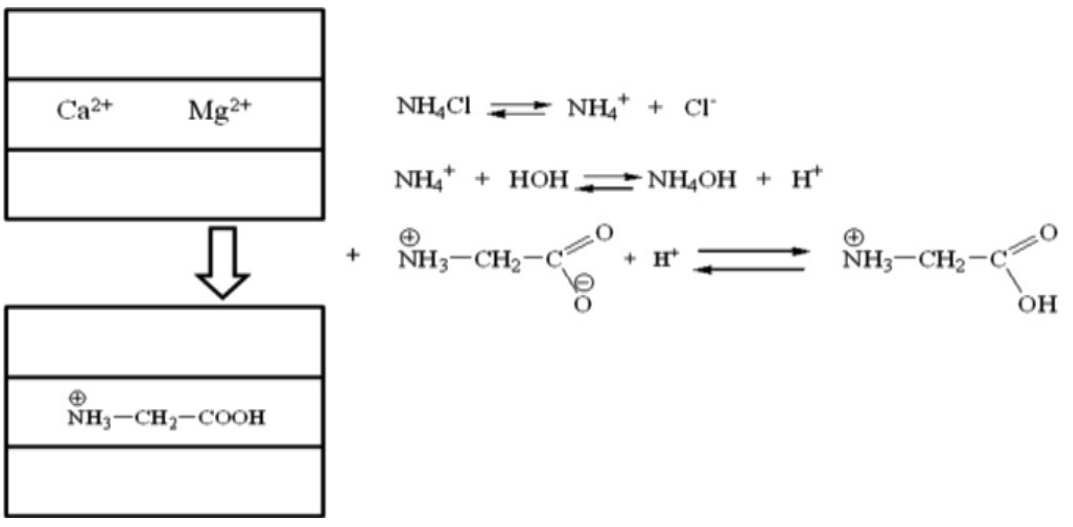


Рис. 1. Схема процесса взаимодействия бентонита с аминоуксусной кислотой в присутствии NH_4Cl

Таким образом, проведенный эксперимент показал, что ион аммония поглощается бентонитом посредством ионного обмена, следовательно, это открывает возможности получения новой формы химически модифицированного природного материала, обогащенного биогенным азотом. Аммонийная форма азота представляет интерес в плане создания органомодифицированных глин, что открывает перспективы внедрения азотсодержащих органических структур (аминов, аминокислот, пептидов, белков) в минеральную основу природного бентонита.

Изучение взаимодействия бентонитовой глины с представителями полипептидов – белками альбумином и желатином. Была получена система, содержащая природный бентонит в присутствии водного раствора белка. В обоих случаях наблюдалось уменьшение концентрации белка в растворе до 30% от исходной, а также значительное снижение коллоидальности бентонита. Такое поведение систем можно объяснить флокуляцией, т.е. образованием агрегатов (хлопьев) из коллоидных частиц глины и молекул полипептида. Полимерные молекулы белка, проявляя свойства поверхностно-активного вещества, адсорбируются на поверхности сразу нескольких взвешенных частиц с образованием между ними полимерных мостиков, что проявляется в хлопьеобразовании и быстром осаждении агрегатов частиц. При этом установлено, что взаимодействие глинистых минералов с другими поверхностно-активными веществами приводит к эксфолиации слоев минерала, диспергированию, пептизации, увеличению доли коллоидных частиц, т.е. к увеличению дисперсности [7].

В литературе известно, что взаимодействие поверхностно-активных веществ с белками приводит к образованию ассоциатов более поверхностно-активных, чем каждый компонент в отдельности [8]. В нашей работе мы также экспериментально обнаружили факт взаимодействия олеата натрия с желатином (рис. 2).

Изотерма поверхностного натяжения олеата натрия в присутствии желатина (кривая 2) располагается ниже изотермы для чистого олеата натрия. Кроме того, на ней появляется минимум. Изменение хода изотермы поверхностного натяжения олеата натрия в присутствии желатина свидетельствует о взимодействии между белком желатином и анионактивным поверхностно-активным веществом олеатом натрия.

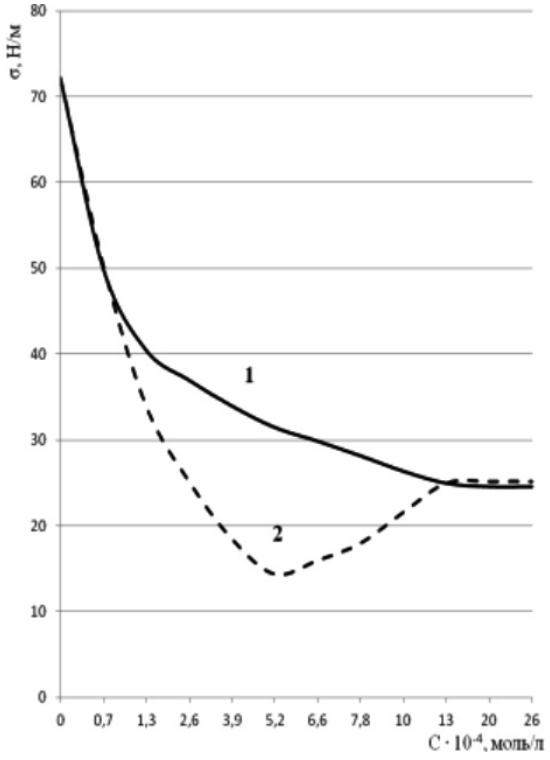


Рис. 2. Изотерма поверхностного натяжения для водных растворов при 20 °С: 1 – олеата натрия, 2 – олеата натрия с добавкой желатина (1:1)

Моделирование системы на основе бентонита и смеси белка желатина с анионактивным поверхностно-активным веществом олеатом натрия показало значительное увеличение коллоидальности до 86,6% по сравнению с 16% для исходного образца глины. Полученный результат можно объяснить тем, что образовавшийся из белка и олеата натрия ассоциат активно адсорбируется на поверхности минерала и вызывает диспергирование и увеличение доли частиц коллоидной степени дисперсности.

Выводы

В лабораторных условиях получены модельные системы на основе природного бентонита с азотсодержащими органическими соединениями – оксалатом аммония, аминоуксусной кислотой (глицином), белками (альбумином, желатином). Определены основные характеристики бентонита в исследуемых системах. Изменение концентрации обменных ионов в системе свидетельствует о протекании процессов ионного обмена между катионами бентонита и ионами аммония из растворов аммонийных солей. Аммонийная форма азота, содержащая углеводородный радикал в случае с аминоуксусной кислотой, взаимодействует с алюмосиликатной структурой бентонитовой глины. Об этом свидетельствует изменение коллоидальности как характеристики степени дисперсности глины. В случае протонированной формы глицина наблюдалось существенное увеличение коллоидальности, как и при известном способе обогащения бентонита ионами натрия, аммония. Обогащение состава бентонита большими азотсодержащими органическими молекулами белков возможно в сочетании последних с поверхностно-активными веществами, образующими с белками ассоциаты с повышенной поверхностной активностью.

Таким образом, эксперимент показал, что азотсодержащие органические соединения способны поглощаться бентонитом как посредством ионного обмена с участием аммонийных ионов, так и путём адсорбции органического модификатора на поверхности глинистого минерала.

Список литературы

1. Бесланеева З.Л. Новые органоглины и полиэтилен – слоистосиликатные нанокомпозиты: дис. … канд. техн. наук. – Нальчик, 2011. – 106 с.

2. Исследование процесса образования органоалюмосиликатных комплексов из низкосортного сырья и возможность применения их в качестве наполнителей в полимерных нанокомпозиционных материалах / Ф.А. Трофимова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 6. – С. 363–368.

3. Кузин В.Б., Симонянц С.Л., Файнштейн И.З. Способ получения порошкообразного органофильного бентонита (бентона) // Патент России № 2129577; заявлено 19.06.1998; опубл. 27.04.1999.

4. Бентонитовые глины месторождения 10-й Хутор (Республика Хакасия): особенности генезиса, состава и адсорбционных свойств / П.Е. Белоусов [и др.] // Вестник РУДН. Серия: инженерные исследования. – 2017. – Т. 18, № 1. – С. 135–143.

5. ГОСТ 28177-89. Глины формовочные бентонитовые. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 21 с.

6. Бортников С.В. Изучение активации щелочноземельного бентонита карбонатом натрия / С.В. Бортников, Г.А. Горенкова // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2012. – № 1. – С. 14–17.

7. Бортников С.В. Изучение модификации щелочноземельного бентонита поверхностно-активными веществами / С.В. Бортников, Г.А. Горенкова // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2013. – № 6. – С. 5–7.

8. Особенности поверхностных свойств систем вода-желатин-ПАВ. Солюбилизация эмульсионных пленок / С.Р. Деркач [и др.] // Журнал научной и прикладной фотографии. – 1997. – Т. 42, № 1. – С. 54–60.

References

1. Beslaneeva Z.L. Novy`e organogliny` i polie`tilen – sloistosilikatny`e nanokompozity`: dis. … kand. texn. nauk. – Nal`chik, 2011. – 106 p.

2. Issledovanie processa obrazovaniya organoalyumosilikatny`x kompleksov iz nizkosortnogo sy`r`ya i vozmozhnost` primeneniya ix v kachestve napolnitelej v polimerny`x nanokompozicionny`x materialax / F.A. Trofimova [i dr.] // Vestnik Kazanskogo texnologicheskogo universiteta. – 2009. – № 6. – P. 363–368.

3. Kuzin V.B., Simonyancz S.L., Fajnshtejn I.Z. Sposob polucheniya poroshkoobraznogo organofil`nogo bentonita (bentona) // Patent Rossii № 2129577; zayavleno 19.06.1998; opubl. 27.04.1999.

4. Bentonitovy`e gliny` mestorozhdeniya 10-j Xutor (Respublika Xakasiya): osobennosti genezisa, sostava i adsorbcionny`x svojstv / P.E. Belousov [i dr.] // Vestnik RUDN. Seriya: inzhenerny`e issledovaniya. – 2017. – T. 18, № 1. – P. 135–143.

5. GOST 28177-89. Gliny` formovochny`e bentonitovy`e. Obshhie texnicheskie usloviya. – M.: Izd-vo standartov, 2003. – 21 p.

6. Bortnikov S.V. Izuchenie aktivacii shhelochnozemel`nogo bentonita karbonatom natriya / S.V. Bortnikov, G.A. Gorenkova // Vestnik Xakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. – 2012. – № 1. – P. 14–17.

7. Bortnikov S.V. Izuchenie modifikacii shhelochnozemel`nogo bentonita poverxnostno-aktivny`mi veshhestvami / S.V. Bortnikov, G.A. Gorenkova // Vestnik Xakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. – 2013. – № 6. – P. 5–7.

8. Osobennosti poverxnostny`x svojstv sistem voda-zhelatin-PAV. Solyubilizaciya e`mul`sionny`x plenok / S.R. Derkach [i dr.] // Zhurnal nauchnoj i prikladnoj fotografii. – 1997. – T. 42, № 1. – P. 54–60.

УДК 544.77

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НЕИОНОГЕННЫХ ПАВ КАК ЭМУЛЬГАТОРОВ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Ищенко А.В., Баскаков П.С., Строкова В.В., Молчанов А.О.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, e-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru

На сегодняшний день выпускается большое количество эмульсий на основе силиконовых смол типа «масло в воде». Для получения устойчивых к расслоению и коагуляции дисперсных систем важным является выбор стабилизирующего компонента. Использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) в качестве эмульгатора позволяет создать вокруг дисперсной фазы защитную оболочку, которая формируется на поверхности капли за счет адсорбции и определенной ориентации дифильных молекул. Для определения эмульгатора с рациональными коллоидно-химическими свойствами был проведен сравнительный анализ методов оценки качественных характеристик неионогенных ПАВ. Исследование высококонцентрированных растворов эмульгатора позволило предположить их использование в качестве дисперсионной среды для получения эмульсий с высоким содержанием дисперсной фазы – от 40% и более. Изучение характера зависимости поверхностного натяжения от вязкости позволило установить влияние концентрации раствора ПАВ на скорость изменения поверхностного натяжения. Проанализировав вышеупомянутые показатели стабилизаторов, установили, что ПАВ с равными значениями гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) не всегда имеют одинаковые свойства. Линейно аппроксимировав полученные значения углового коэффициента зависимости отношения поверхностного натяжения к вязкости от концентрации и ГЛБ, выявили переход через точку мицеллообразования, который характеризует растворимость ПАВ, определяющую стабилизирующую способность эмульгатора. Таким образом, на основании полученных данных в качестве критерия сравнительной оценки неионогенных ПАВ для их последующего использования в качестве стабилизатора-эмульгатора был предложен угловой коэффициент зависимости поверхностного натяжения относительно вязкости при изменении концентрации. Данный коэффициент представляет собой интегральный численный показатель, включающий как стандартные характеристики ПАВ (ККМ, ГЛБ, растворимость), так и зависящие от концентрационных параметров (вязкость, поверхностное натяжение).

Ключевые слова: неионогенные поверхностно-активные вещества, вязкость, поверхностное натяжение, мицеллообразование, поливиниловый спирт, поливинилпирролидон, карбоксиметилцеллюлоза, полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат, полиэтиленгликоль

DEVELOPMENT OF A COMPARATIVE CRITERIA FOR EVALUATION OF NONIONIC SURFACE-ACTIVE AGENTS AS DISPERSE SYSTEMS EMULSIFIERS

Ishhenko A.V., Baskakov P.S., Strokova V.V., Molchanov A.O.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, e-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru

Nowadays, a large number of emulsions based on silicone resins of «oil in water» type are produced. To obtain stable to splitting and coagulation dispersible systems it is important to choose a stabilizing component. The use of surface active agents as an emulsifier makes it possible to create a protective shell around the dispersed phase, which forms on the surface of the drop due to adsorption and a certain orientation of the diphilic molecules. To determine the emulsifier with rational colloidal-chemical properties, a comparative analysis of the methods for evaluating the qualitative characteristics of nonionic surface active agents was carried out. The study of highly concentrated solutions of the emulsifier made it possible to assume their application as a dispersion medium for obtaining emulsions with a high content of dispersed phase – from 40% or more. A study of the nature of the surface tension and viscosity made it possible to determine the effect of the concentration of the surface active agent solution on the rate of change in the surface tension. Analyzing the mentioned indicators of stabilizers, it was established that surface active agents with equal values of hydrophilic-lipophilic balance (HLB) do not always have the same properties. Having linearly approximated the obtained values of the angular coefficient and the HLB, a transition through the micelle formation point, which characterizes the solubility of the surface active agent, determining the stabilizing capacity of the emulsifier, was revealed. Thus, on the basis of the obtained data, an angular coefficient of the dependence of the surface tension on the viscosity with a change in concentration was proposed as a criterion for a comparative evaluation of nonionic surface active agents for their subsequent use as a stabilizer-emulsifier. This coefficient is an integral numerical index that includes both the standard characteristics of surface active agents (critical concentration of micelle formation, HLB, solubility), and depending on the concentration parameters (viscosity, surface tension).

Keywords: nonionic surface-active agents, viscosity, surface tension, micelle formation, polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone, carboxymethylcellulose, polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate, polyethylene glycol

В настоящее время для защиты различных материалов от воздействия негативных факторов все большее распространение получили эмульсии на основе силоксанов ввиду их высокой гидрофобизирующей способности и относительно низкой стоимости. Однако не до конца изученными остаются вопросы устойчивости во времени таких дисперсных систем.

Использование стандартного в качестве эмульгатора желатина не всегда позволяет получить дисперсную систему, устойчивую

к процессам агрегации капель дисперсной фазы. Применение коллоидных неионогенных ПАВ способствует формированию долговечной эмульсии. Также важным остается достижение максимальной концентрации силоксана в дисперсии при использовании высококонцентрированной дисперсионной среды.

Цель исследования: изучение коллоидно-химических свойств неионогенных ПАВ с целью подбора критерия их оценки как эмульгатора дисперсных систем.

Материалы и методы исследования

В работе использовались следующие виды неионогенных ПАВ: поливиниловый спирт (ПВС), поливинилпирролидон (ПВП), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат (ТВИН), полиэтиленгликоль (ПЭГ). Для их разбавления применяли бидистиллированную воду.

Исследования вязкости неионогенных ПАВ проводили при помощи ротационного вискозиметра Rheotest RN4.1, используя цилиндрическую измерительную систему. Поверхностное натяжение водных растворов ПАВ определяли методом пластины Вильгельми на тензиометре Kruss серии К100.

Результаты исследования и их обсуждение

Существует множество методов оценки качественных характеристик ПАВ. Определение стандартных параметров основано на измерении поверхностного натяжения, электропроводности, вязкости, мутности, асматического давления, показателя преломления и т.д., в зависимости от его концентрации в растворе [1–3].

Одной из таких характеристик является предельная адсорбция по Гиббсу. Она характеризует максимальную концентрацию вещества на единицу площади в поверхностном слое раствора по сравнению с его содержанием в объеме фазы. Гиббсовская адсорбция является положительной в случае, если концентрация адсорбата в поверхностном слое больше его концентрации в объеме. В противном случае адсорбция будет отрицательной. Явление адсорбции сопровождается понижением поверхностного натяжения с ростом концентрации, что описывает уравнение Гиббса [4]. Также данная зависимость хорошо описывается эмпирическим уравнением Шишковского:

$$\sigma_0 - \sigma = b \cdot \ln(1 + aC),$$

где σ_0 – поверхностное натяжение чистой воды; С – концентрация ПАВ; *b* и а – эмпирические постоянные; σ – поверхностное натяжение раствора [5].

Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) характеризует минимальную концентрацию ПАВ в системе, выше которой происходит образование мицелл. В зависимости от концентрации ПАВ, в которой образуются мицеллы, они будут иметь определенную форму: при увеличении концентрации ККМ наблюдается увеличение размера мицеллы и изменение ее типа. В соответствии с принципом Кюри – Вульфа ядро мицеллы образует микрокапелька углеводорода, что соответствует сферической форме (мицелла Хартли). По мере увеличения содержания ПАВ в растворе мицеллы самопроизвольно перестраиваются в асимметричные эллипсоидные агрегаты, которые затем превращаются в цилиндрические (мицеллы МакБена). Процесс превращения мицелл сферической формы в анизометрическую характеризуется узким диапазоном содержания ПАВ в растворе, называемом «второй критической концентрацией мицеллообразования» ($ККМ_2$). При дальнейшем увеличении концентрации ПАВ цилиндрические частицы располагаются параллельно относительно друг друга и агрегируют в гексагональные композиции. После чего в еще более концентрированных системах вышеуказанных структур молекулы ПАВ образуют поочередно расположенные слои полярных групп и радикалов углеводорода, которые формируют пластинчатые мицеллы (мицеллы Дебая) ($ККМ_3$) [6].

Одним из показателей, характеризующих свойства ПАВ для создания устойчивых к седиментации лиофобных эмульсий, является ГЛБ. Численное значение ГЛБ является относительно условным и определяется несколькими способами. Первый и основной способ нахождения ГЛБ был разработан Гриффином и включал в себя определение избирательной способности ПАВ к образованию и стабилизации прямых (масло в воде) или обратных (вода в масле) эмульсий. Система считалась устойчивой при проявлении седиментационной устойчивости, а именно в отсутствии отделения растворителя. Условность в данном понимании состояла в том, что числа ГЛБ для некоторых соединений были выбраны относительно символично, в частности для олеата натрия – 18, триэтаноламина – 12, для олеиновой кислоты – 1 [7]. В дальнейшем полученные результаты чисел ГЛБ были интерполированы к составу ПАВ [8, 9], что позволило достаточно точно опреде-

лять ГЛБ неионогенных ПАВ и их смесей теоретически, не прибегая к эмпирическим данным с низкой точностью. Поскольку современное представление о седиментационной и агрегативной устойчивости эмульсий рассматривается гораздо шире, в том числе учитываются кинетические, термодинамические, энтропийные, адсорбционно-сольватные и другие факторы, точка зрения на коллоидную устойчивость эмульсий с позиции физико-химических условий ГЛБ оказывается сильно утрированной. К примеру, термодинамический фактор хорошо обеспечивает устойчивость эмульсии высоковязкой фракции при отделении от нее растворителя, что по принципу ГЛБ считается отсутствием равновесия коллоидной системы.

С целью подбора стабилизатора дисперсной системы для достижения наилучших физико-химических показателей был проведен сравнительный анализ выше заявленных неионогенных ПАВ. Поскольку данные ПАВ имеют различные уровни ГЛБ, молекулярную массу, химический состав и строение (табл. 1), было решено проводить исследование при различных концентрациях раствора не только в зависимости от поверхностного натяжения, но и по изменению пластической вязкости (модели Шведова – Бингама).

Как известно из уравнения Пуазейля, скорость движения жидкости в цилиндрическом объеме зависит от следующих величин:

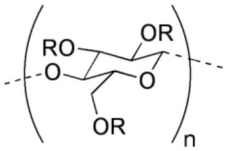
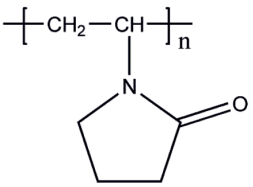
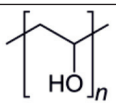
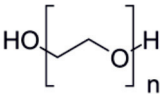
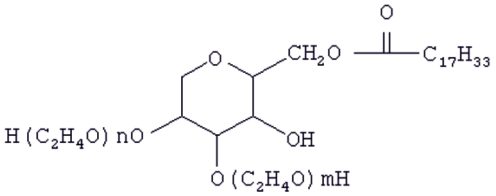
$$\vartheta = \frac{R^2}{8\eta} \cdot \frac{p_1 - p_2}{l},$$

где R и l – радиус и длина выделенного цилиндра жидкости; η – динамическая вязкость; p_1–p_2 – разность давлений на концах цилиндра; υ – скорость течения жидкости, м/с.

Ввиду того, что разность давлений на концах цилиндра и последующее изменение объемного расхода зависит от влияния осмотического давления в условном капилляре, вызванного поверхностным натяжением, можно утверждать что: $\sigma = (p_1 - p_2)R$.

Таблица 1

Справочные значения ГЛБ исследуемых неионогенных ПАВ [10]

Наименование	Химическая структура	Молекулярная масса	Значение ГЛБ
Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) []	 R = H or CH_2CO_2H	25000–30000	10,5
Поливинилпирролидон (ПВП) []		10000–15000	14,8
Поливиниловый спирт (ПВС) []		10000–20000	8
Полиэтиленгликоль (ПЭГ) []		300	20
Полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат (ТВИН) []	 где n + m = 20	1310	15

В итоге скорость течения жидкости в капилляре равна

$$\vartheta = \frac{\sigma R}{8\eta l}.$$

Исходя из чего, можно предположить, что

$$\frac{\sigma}{\eta} = \upsilon \cdot \text{const},$$

где const = $8l/R$ – параметр постоянный при равных условиях эксперимента.

Соответственно, можно отметить, что скорость движения раствора в единичном цилиндрическом объеме прямо пропорциональна поверхностному натяжению и обратно – динамической вязкости. Причем при переводе круглого сечения через эквивалентный гидравлический диаметр выражение становится действительно для любой призмы.

Применительно для растворов ПАВ данное выражение может оценивать эффективность транспорта молекул ПАВ из центрального объема на межфазную границу, на которой происходит измерение поверхностного натяжения.

Для оценки предложенного выражения было решено проводить совместные испытания поверхностного натяжения на тензиометре K100 (KRUSS) и ротационном вискозиметре RN 4.1 (Rheotest). Изучение проводилось посредством приготовления проб путем разбавления концентрированных растворов ПАВ. При этом разбавление проб для изучения вязкости прекращалось при отсутствии изменения относительно погрешности прибора. В этом случае раствор ПАВ считался низкоконцентрированным и для данных условий исследования не подходил.

Исследование показало, что растворы неионногенных ПАВ на основе ТВИН и ПВП (рисунок, а, г) со сходными значениями ГЛБ (15 и 14,8 соответственно) показывают совершенно разную зависимость поверхностного натяжения и динамическую вязкость при высоких концентрациях в растворе (более 100 г/л). У раствора на основе ТВИН наблюдается рост вязкости от 7,9 до 24, 5 мПа·с при увеличении концентрации от 60 до 310 г/л. При этом поверхностное натяжение снижается от 37 до 33 Н/м. Состав на основе ПВП не отличается значительным повышением вязкости системы от 1,2 до 2,6 мПа·с при увеличении концентрации раствора до 150 г/л.

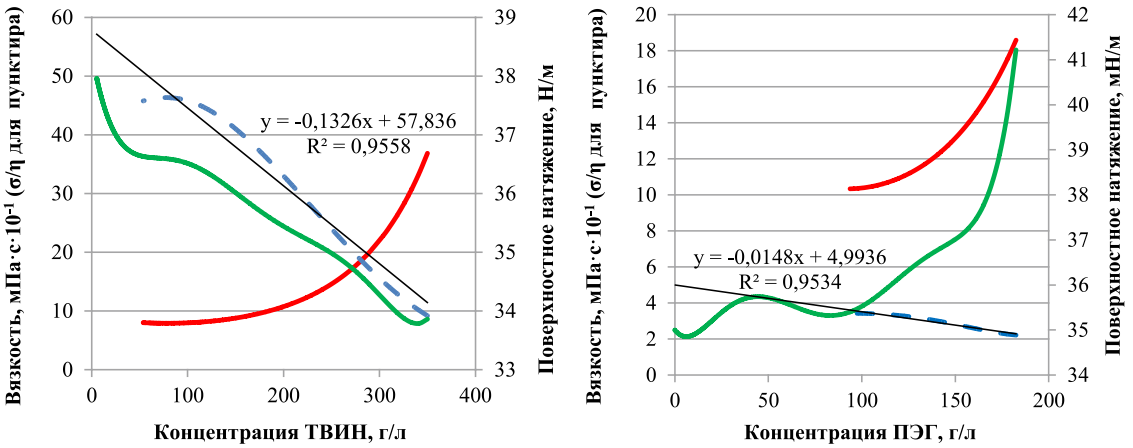
Сравнение поверхностных свойств КМЦ и ПЭГ показало следующее. Каждый из них задает граничные условия эксперимента: ПЭГ – как самый медленно загущающийся эмульгатор относительно поверхностного натяжения при повышении концентрации, а КМЦ – наоборот, как сильный загуститель. Ввиду этого была проведена аппроксимация графика зависимости $\sigma/\eta = f(c)$ методом наименьших квадратов. Самой достоверной для всех случаев оказалась линейная зависимость поверхностного натяжения относительно вязкости при изменении концентрации, имеющая угловой коэффициент k, который решено было оценивать по модулю ($|k|$). Ожидаемо самым низким значением по модулю углового коэффициента характеризуется ПЭГ. Это объясняется тем, что рост поверхностного натяжения относительно вязкости при увеличении концентрации связан исключительно с увеличением объемного содержания ПЭГ, вызванного, скорее всего, повышением количества мицеллярных структур. Результаты для каждого ПАВ были проранжированы в зависимости от углового коэффициента, аппроксимированного уравнением $\sigma/\eta = kc + b$ (табл. 2).

Таблица 2

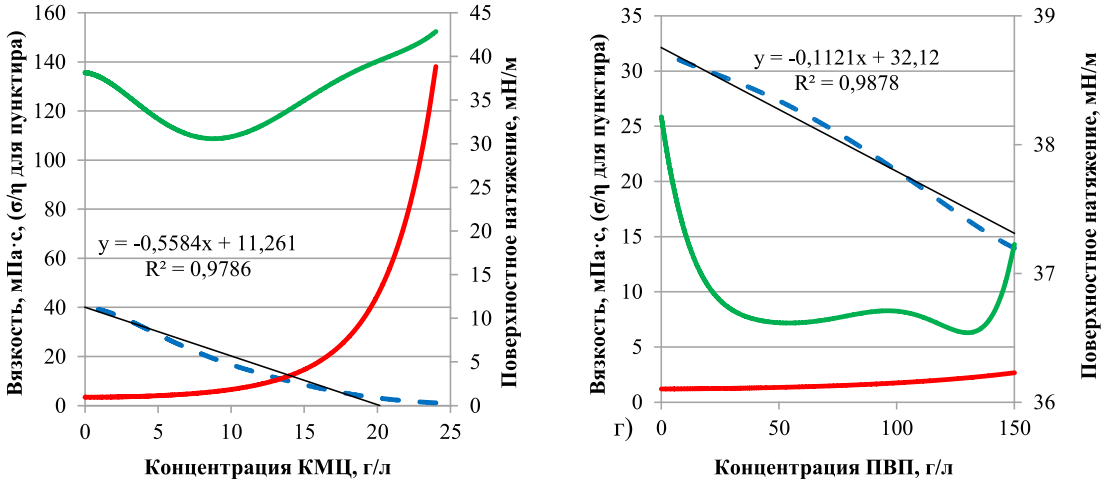
Результаты ранжирования ПАВ в зависимости от углового коэффициента k

№	ПАВ	$\lvert k\rvert=\lvert d(\sigma/\eta)/dc\rvert$	ГЛБ
1	ПЭГ	0,0148	20,0
2	ПВП	0,1121	14,8
3	ТВИН	0,1326	15,0
4	ПВС	0,1460	8,0
5	КМЦ	0,5584	10,5

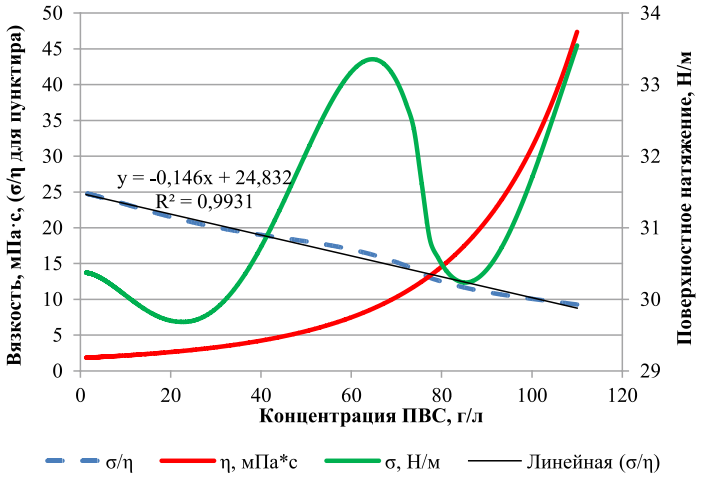
Видно, что в целом существует некоторая зависимость коэффициента k и значения ГЛБ. Резкое изменение значения данного параметра, как в случае КМЦ и ПЭГ, может свидетельствовать о переходе концентрации через точку мицеллообразования в случае ПЭГ и отсутствии ее, как в случае КМЦ. Данный параметр также может характеризовать важную для прямых неионногенных эмульгаторов-стабилизаторов растворимость в воде, которая по правилу фаз Банкрофта определяет стабилизирующую роль ПАВ. Так, ПВС, демонстрирующий низкое поверхностное натяжение в широком диапазоне концентраций (от 2 до 9%), показывает высокую скорость увеличения вязкости, обусловленную его высокой растворимостью в воде и, как следствие, лучшую стабилизацию получаемых прямых эмульсий на его основе [11, 12]. Для сравнения КМЦ показывает низкое значение поверхностного натяжения в более узком диапазоне концентраций (0,6–1,2%) и дальнейший его рост, связанный с сильным загущением.



а) *б)*



в) *г)*



д)

Влияние изменения содержания ПАВ в водном растворе на динамическую вязкость (η), поверхностное натяжение (σ), относительную скорость переноса ПАВ (σ/η) и ее линейного приближения (Линейная (σ/η)) для: а) ТВИН; б) ПЭГ; в) КМЦ, г) ПВП; д) ПВС

Заключение

Результаты исследования показали, что помимо стандартизированных характеристик ПАВ, таких как ГЛБ, ККМ, поверхностное натяжение и растворимость в воде при сравнении эмульгирующей способности ПАВ необходимо устанавливать скорость изменения поверхностного натяжения относительно вязкости в зависимости от концентрации путем линейной аппроксимации. Полученный данным путем угловой коэффициент позволяет эффективно оценивать эмульгирующую способность ПАВ относительно своей растворимости. Таким образом, данный коэффициент представляет собой интегральный численный показатель, включающий ККМ, ГЛБ, растворимость, вязкость, поверхностное натяжение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для научных школ НШ-2724.2018.8 и в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы

1. Зависимость реологических характеристик межфазных слоев ПАВ на границе раздела фаз углеводород – вода от их строения / Ф.Ф. Насырова [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 20. – С. 63–65.

2. Характеристика взаимодействия поверхностно-активных веществ на границе вода/масло при разработке микроэмульсионных систем / Т.В. Тихонова [и др.] // Бутлеровские сообщения. – 2012. – Т. 32, № 11. – С. 24–31.

3. Сардушкин М.В. Подбор стабилизатора и отработка основных стадий капсулирования рифампицина / М.В. Сардушкин, К.И. Киенская, Г.В. Авраменко // Бутлеровские сообщения. 2012. – Т. 32, № 11. – С. 64–68.

4. Полуэктова В.А. Адсорбция флороглюцинфурфурольных олигомеров на поверхности полиминеральных дисперсий / В.А. Полуэктова, Е.П. Кожанова, А.Е. Кудина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 10. – С. 116–122.

5. Малов В.А. Метод расчёта толщины поверхностного слоя растворов неионогенных поверхностно-активных веществ / В.А. Малов // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2012. – № 15. – С. 23–24.

6. Мчедлов-Петросян Н.О. Коллоидные поверхностно-активные вещества: учебно-методическое пособие / Н.О. Мчедлов-Петросян, А.В. Лебедь, В.И. Лебедь. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2009. – 72 с.

7. Киенская К.И. Свойства и применение ПАВ: конспект лекций / К.И. Киенская. – М., 2016. – 166 с.

8. William C. Griffin Classification of Surface-Active Agents by HLB // Journal of the Society of Cosmetic Chemists. 1949. T. 1 (5). P. 311–326.

9. Davies J.T. A quantitative kinetic theory of emulsion type I. Physical chemistry of emulsifying agents, Gas/Liquid and Liquid/Liquid Interfaces // Proceedings of 2nd International Congress Surface Activity, Butterworths, London. 1957. P. 426–438.

10. Плетнев М.Ю. Поверхностно-активные вещества и композиции / М.Ю. Плетнев. – М.: Клавель, 2002. – 768 с.

11. О растворной системе поливиниловый спирт – вода / С.В. Алексеева [и др.] // Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках: сб. науч. трудов по итогам междунар. научно-практ. конф. – 2015. – С. 67–72.

12. Особенности применения поливинилового спирта и поливинилхлорида в огнезащитных вспучивающихся красках / С.А. Шумилов [и др.] // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2016. – № 1–2. – С. 54–57.

References

1. Zavisimost` reologicheskix xarakteristik mezhfazny`x sloev PAV na granice razdela faz uglevodorod – voda ot ix stroeniya / F.F. Nasy`rova [i dr.] // Vestnik Texnologicheskogo universiteta. – 2016. – T. 19, № 20. – P. 63–65.

2. Xarakteristika vzaimodejstviya poverxnostno-aktivny`x veshhestv na granice voda/maslo pri razrabotke mikroe`mul`sionny`x sistem / T.V. Tixonova [i dr.] // Butlerovskie soobshheniya. – 2012. – T. 32, № 11. – P. 24–31.

3. Sardushkin M.V. Podbor stabilizatora i otrabotka osnovny`x stadij kapsulirovaniya rifampicina / M.V. Sardushkin, K.I. Kienskaya, G.V. Avramenko // Butlerovskie soobshheniya. 2012. – T. 32, № 11. – P. 64–68.

4. Polue`ktova V.A. Adsorbciya floroglyucinfurfurol`ny`x oligomerov na poverxnosti polimermineral`ny`x dispersij / V.A. Polue`ktova, E.P. Kozhanova, A.E. Kudina // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuxova. – 2017. – № 10. – P. 116–122.

5. Malov V.A. Metod raschyota tolshhiny` poverxnostnogo sloya rastvorov neionogenny`x poverxnostno-aktivny`x veshhestv / V.A. Malov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo instituta (texnicheskogo universiteta). – 2012. – № 15. – P. 23–24.

6. Mchedlov-Petrosyan N.O. Kolloidny`e poverxnostno-aktivny`e veshhestva: uchebno-metodicheskoe posobie / N.O. Mchedlov-Petrosyan, A.V. Lebed`, V.I. Lebed`. – X.: XNU imeni V.N. Karazina, 2009. – 72 p.

7. Kienskaya K.I. Svojstva i primenenie PAV: konspekt lekcij / K.I. Kienskaya. – M., 2016. – 166 p.

8. William C. Griffin Classification of Surface-Active Agents by HLB // Journal of the Society of Cosmetic Chemists. 1949. T. 1 (5). R. 311–326.

9. Davies J.T. A quantitative kinetic theory of emulsion type I. Physical chemistry of emulsifying agents, Gas/Liquid and Liquid/Liquid Interfaces // Proceedings of 2nd International Congress Surface Activity, Butterworths, London. 1957. P. 426–438.

10. Pletnev M.Yu. Poverxnostno-aktivny`e veshhestva i kompozicii / M.Yu. Pletnev. – M.: Klavel`, 2002. – 768 p.

11. O rastvornoj sisteme polivinilovy`j spirt – voda / S.V. Alekseeva [i dr.] // Aktual`ny`e problemy` i dostizheniya v estestvenny`x i matematicheskix naukax: sb. nauch. trudov po itogam mezhdunar. nauchno-prakt. konf. – 2015. – P. 67–72.

12. Osobennosti primeneniya polivinilovogo spirta i polivinilxlorida v ognezashhitny`x vspuchivayushhixsya kraskax / S.A. Shumilov [i dr.] // Lakokrasochny`e materialy` i ix primenenie. – 2016. – № 1–2. – P. 54–57.

УДК 543.423.1

ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ И УГОЛЬНЫХ ЗОЛ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ОПТИКО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ И ЛАЗЕРНЫМ ПРОБООТБОРОМ

Колмыков Р.П., Цветков В.Э., Петрушина А.В.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово,
e-mail: kolmykoff.roman@yandex.ru

Актуальная проблема современности – переработка полезных ископаемых с максимальной эффективностью. Для решения этой проблемы необходимо разрабатывать методический комплекс, включающий в себя в числе прочих аналитические методики для определения химического состава отходов. Одним из перспективных отходов для переработки является зола, полученная при сжигании углей, так как содержат в себе большое количество ценных микроэлементов. В работе получены экспериментальные результаты по исследованию возможности определения восьми микропримесных элементов Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn, La, Y в угольных золах методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и лазерным пробоотбором. В результате проведенных работ получены градуировочные графики для определения концентраций указанных элементов, характеризующие отклонения полученных в эксперименте концентраций от паспортных для аттестованных угольных зол (ЗУК-1, ЗУК-2, СО-1) и других геологических стандартных образцов (СГ-1а, СГД-2а, СГ-3). При сравнительном анализе всего массива результатов определения элементного состава используемым методом определенные концентрации Zn и Y в ЗУК-1; Y, V, La и Cr в ЗУК-2; Zn в СГ-1; Y, La в СГ-3 отличаются от паспортных значений. Таким образом, в работе определены границы применимости стандартных образцов при выбранных условиях для калибровки спектрометра при помощи лазерного пробоотбора в отношении определяемых элементов. Были сделаны предположения о причинах этих различий. Также в работе было проведено ориентировочное определение концентраций непаспортизованных Cu, V, Zn, La, Y в стандартном образце СО-1.

Ключевые слова: зола, ОЭС ИСП, оптико-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, лазерная абляция, лазерный пробоотбор, микроэлементы

PROBLEM OF USING STANDARD GEOLOGICAL SAMPLES AND COAL ASHES FOR THE DETERMINATION OF SOME MICROELEMENTS BY THE METHOD OF OPTICAL-EMISSION SPECTROMETRY WITH INDUCTIVE COUPLED PLASMA AND LASER SAMPER

Kolmykov R.P., Tsvetkov V.E., Petrushina A.V.

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the SB RAS, Kemerovo,
e-mail: kolmykoff.roman@yandex.ru

The actual problem of modernity is the processing of fossils with maximum efficiency. To solve this problem, it is necessary to develop methodological complexes, including, among others, analytical methods for determining the chemical composition of the waste. One of the promising wastes for processing is the ash obtained from the combustion of coals, as it contains a large amount of valuable microelements. The experimental results of the possibility of determining the eight microelements Co, Cr, Cu, Ni, V, Zn, La, Y in coal ash using optically-emission spectrometry with inductively coupled plasma with laser ablation are obtained. As a result of these studies, calibration curves were obtained to determine the concentrations of these elements, characterizing the deviations in the concentrations obtained in the experiment from the passport concentrations for certified coal ash (ZUK-1, ZUK-2, SO-1) and other geological reference samples (SG-1a, SGD- 2a, SG-3). In a comparative analysis of all the results of the determination of elemental composition by the used method, certain concentrations of Zn and Y in ZUK-1; Y, V, La and Cr in ZUK-2; Zn in SG-1; Y, La in SG-3 are different from the passport values. Thus, the current limits of applicability of the standard samples for calibration of the spectrometer at the chosen conditions using laser sampling with respect to the elements determined. Assumptions were made about the reasons for these differences. In addition, in the work, an approximate determination of the concentration of Cu, V, Zn, La, Y in a standard CO-1 sample was carried out.

Keywords: ash, ICP OES, optic-emission spectrometry with inductively coupled plasma, laser ablation, laser sampling, microelements

Наряду с основными горючими составляющими уголь содержит различные золообразующие компоненты – минеральные примеси. Минеральные примеси находятся в углях в тонкодисперсном состоянии в органической массе, или в виде тончайших прослоек, линз, кристаллов и конкреций. Процентное содержание негорючего остатка, образующегося за счет минеральных примесей топлива при его полном сгорании, определяет один из самых важных показателей качества угля – его зольность. Зола – сильный загрязнитель окружающей среды, спекается в шлак на колосниках, что затрудняет горение угля.

К решению вопроса об определении пригодных для извлечения микроэлементов

можно подходить различными путями, но круг экономически выгодных методов определения микропримесей будет сведен к оптико-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ОЭС ИСП и МС ИСП), благодаря возможности одновременного определения большого количества определяемых элементов. Для пробоподготовки к таким методам анализа зольных образцов используются системы микроволнового разложения [1]. Для повышения экспрессности спектрометрии с индуктивно связанной плазмой классические жидкостные методы пробоподготовки заменяют способами твердотельного пробоотбора, например лазерной абляцией в сочетании с методом масс-спектрометрии [2], или с методом эмиссионной спектрометрии [3]. В ряде работ рассмотрены возможности лазерного пробоотбора при анализе зол уноса ОЭС ИСП и МС ИСП [4–5]. В отечественной научной литературе работы в данной области практически отсутствуют.

Материалы и методы исследования

Высушенные до постоянной массы в вакуумном сушильном шкафу стандартные образцы ЗУК-1, ЗУК-2, СГ-1А, СГ-3, СГД-2А, СО-1 [6] прессовали в таблетки с использованием гидравлического пресса и металлической пресс-формы при давлении 6 т/см^2. Для компактирования исследуемые образцы смешивались с поливиниловым спиртом высшего сорта (ГОСТ 10779-78) в соотношении 1:1 по массе при совместном растирании в агатовой ступке. Полученные таблетированные образцы помещались в рабочую камеру системы лазерного пробоотбора New Wave UP 266 MACRO, которая продувалась током аргона. Лазер Nd:YAG работает в УФ области на длине волны 266 нм (UP – 266). Чтобы обеспечить фокус на образце и идентификацию областей пробоотбора, наблюдение за процессом осуществляли с помощью видеокамеры, подключенной к монитору. При помощи лазера проводился отбор образца. Частицы образца уносились потоком аргона (транспортирующего газа) в плазменный разряд эмиссионного спектрометра iCAP 6500 DUO. В плазме происходила атомизация и ионизация материала.

Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения исследований были выбраны параметры работы спектрометра, приведенные в табл. 1. Данные параметры позволяют получить устойчивый аналитический сигнал, снизить время анализа, правильным образом синхронизироваться с работой устройства лазерной абляции.

Таблица 1

Параметры спектрометра при анализе

Параметры измерений	
Мощность плазмы, Вт	1150
Распылительный поток, л/мин	0,85
Охлаждающий поток, л/мин	12
Вспомогательный поток, л/мин	1,0
Обзор плазмы	Радиальный
Время записи сигнала, с	10
Запуск лазера	Каждый образец
Число лазерных растров на образец	1

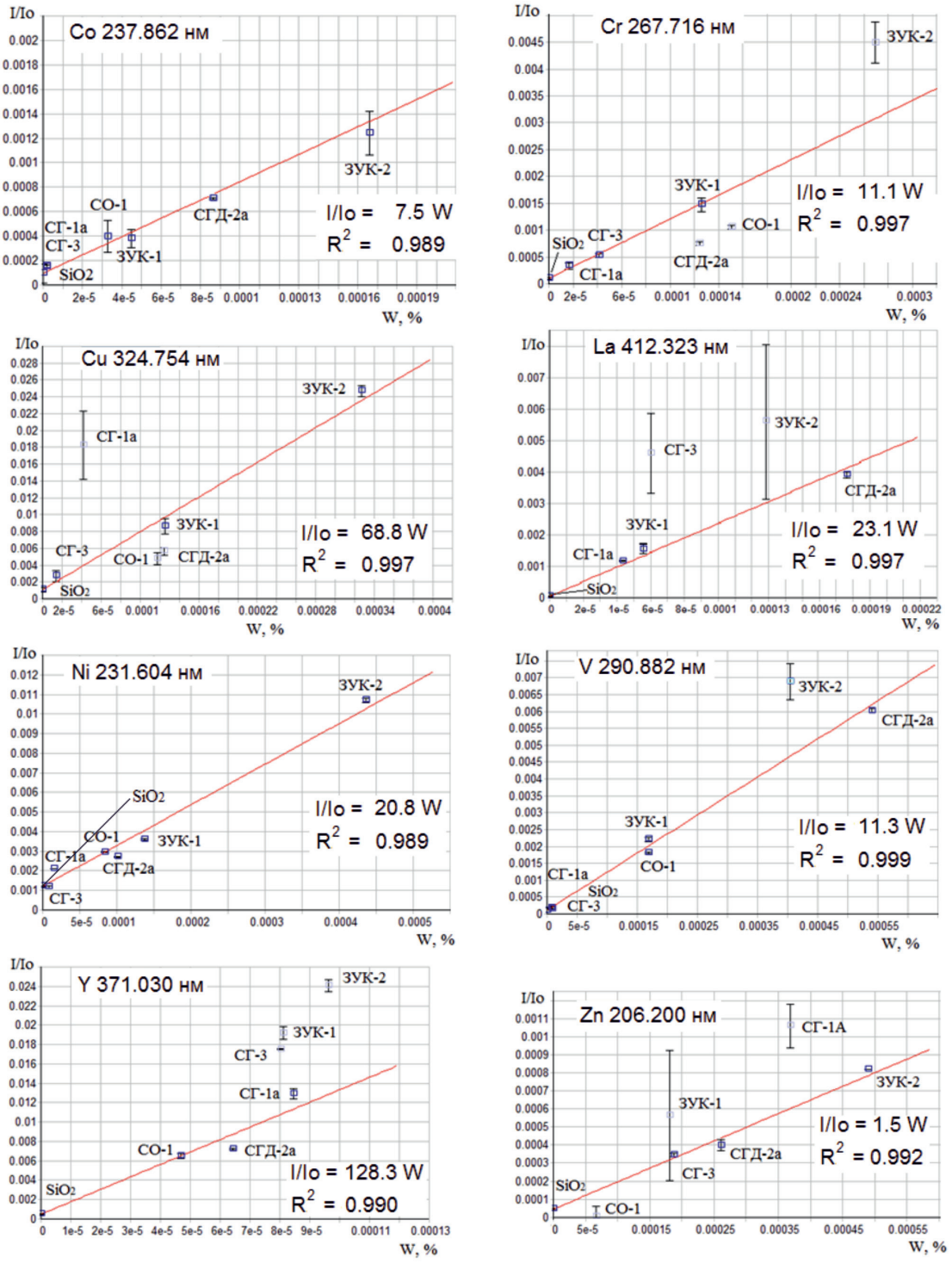
В качестве аналитических линий для определения концентраций элементов выбрано сочетание длин волн, удовлетворительным образом защищенное от наложений со стороны спектральных линий доминирующих элементов алюминия и железа. Выбранный ансамбль длин волн и определенные в ходе эксперимента пределы обнаружения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Аналитические длины волн, использованные для определения микроэлементов в золах

Элемент	Длина волны (нм)	Предел обнаружения, мас.%
Co	237,862	$8\cdot10^{-6}$
Cr	267,716	$9\cdot10^{-6}$
Cu	324,754	$2\cdot10^{-6}$
La	412,323	$1{,}2\cdot10^{-5}$
Ni	231,604	$1{,}4\cdot10^{-5}$
V	290,882	$2\cdot10^{-6}$
Y	371,030	$2\cdot10^{-6}$
Zn	206,200	$2{,}2\cdot10^{-5}$

В ходе выполнения испытаний выявлен ряд особенностей. На рисунке представлены полученные калибровочные графики. На этих калибровочных прямых нет грубых выбросов точек интенсивности аналитических сигналов для определения кобальта, меди, никеля, в остальных случаях наблюдаются выбросы. Это могло бы быть обусловлено недостаточной однородностью исследованных образцов, однако повторные эксперименты, включающие повторение этапов пробоподготовки с увеличением времени совместного истирания со связующим, с другими компактами показали тот же результат.



Градуировочные графики для определения микроэлементов, полученные при помощи лазерного пробоотбора

Стандартный образец ЗУК-1 не вписывается в калибровочные прямые для определения цинка и иттрия. Интенсивности аналитических сигналов иттрия, ванадия, лантана и хрома стандартного образца ЗУК-2 не вписываются в ряд интенсивностей других стандартных образцов. Интенсивность аналитического сигнала цинка у СГ-1 явля-

ется промахом на калибровочном графике. Интенсивности аналитических длин волн иттрия и лантана стандартного образца СГ-3 не вписываются в линейный ряд интенсивностей других стандартных образцов, так же, как и в случае с содержанием хрома в образце СО-1. Таким образом, определены текущие границы применимости стандартных образцов для калибровки спектрометра при помощи лазерного пробоотбора в отношении определения элементов, определенных для данного исследования.

Результаты определения содержания микропримесей в исследуемых образцах при помощи полученных калибровочных зависимостей, представленных на рисунке, приведены в табл. 3. Калибровочные зависимости получены на стандартных образцах, приготовленных отдельно от исследуемых образцов государственных стандартов, используемых для определения возможности описанной методики анализа элементного состава.

Необходимо отметить, что как промахи, так и удачные определения воспроизводятся на разных компактированных образцах одного и того же стандартного образца. Количества стандартных образцов, используемых в одном акте анализа, превышают минимальные, необходимые для представительности проб по определяемым элементам.

Соответственно, можно сделать предположение о том, что количества определяемых элементов в стандартных образцах не соответствуют паспортным, либо же причиной обнаруженных промахов является селективное испарение пробы лазером, или же причина кроется в различных структурных особенностях стандартных образцов.

Данные предположения можно попытаться проверить, используя при калибровке один стандартный образец, смешанный в разных пропорциях со связующим, или же пропитывать золу мультиэлементной смесью в процессе пробоподготовки (метод добавок) с последующим определением содержания микроэлементов в стандартном образце. Также необходимы исследования по замене газа-носителя (аргона на гелий) и связующего компонента.

Для проведения комплексных исследований все лазерно-эмиссионные исследования необходимо сопрягать с рентгеноструктурными и электронно-микроскопическими, чтобы получать информацию о дисперсности и однородности получаемых золей, а также об их рентгеноструктурных характеристиках. Это, безусловно, повысит научную ценность работ.

Таблица 3

Количества микропримесей, определенные в стандартных образцах методом лазерного пробоотбора

Образец	Элемент	Аттестат W,%	Лазерный пробоотбор W,%	Расхождение,%
СО-1	Co	0,0020 ± 0,0005	0,0022 ± 0,0002	10
	Cr	0,009 ± 0,001	0,005 ± 0,001	44
	Ni	0,005 ± 0,001	0,004 ± 0,001	20
ЗУК-1	Co	0,0016 ± 0,0002	0,0015 ± 0,0003	6
	Cr	0,0045 ± 0,0005	0,0044 ± 0,0004	2
	Cu	0,0045 ± 0,0007	0,0039 ± 0,0002	13
	Ni	0,0049 ± 0,0006	0,0045 ± 0,0005	8
	V	0,0061 ± 0,0008	0,0064 ± 0,0006	5
	Zn	0,0065 ± 0,0007	0,0035 ± 0,0003	46
	La	0,0020 ± 0,0003	0,0021 ± 0,0004	5
	Y	0,0029 ± 0,0004	0,0028 ± 0,0003	3
ЗУК-2	Co	0,0026 ± 0,0002	0,0024 ± 0,0004	8
	Cr	0,0042 ± 0,0004	0,0062 ± 0,0005	48
	Cu	0,0051 ± 0,0007	0,0049 ± 0,0005	4
	Ni	0,0068 ± 0,0008	0,0072 ± 0,0006	6
	V	0,0063 ± 0,0007	0,0093 ± 0,0003	48
	Zn	0,0076 ± 0,0006	0,0080 ± 0,0007	5
	La	0,0020 ± 0,0002	0,0030 ± 0,0004	50
	Y	0,0015 ± 0,0002	0,0029 ± 0,0003	74

В приборном комплексе Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН имеется оборудование (спектрометр iCAP6500 DUO, лазерный гравер New Wave UP-266, дифрактометр Bruker D8 Advance, электронный микроскоп JEOL JSM 6390 LV), позволяющее провести дальнейшие исследования.

На основании полученных в работе калибровочных графиков было установлено ориентировочное содержание не определенных в паспорте стандартного образца СО-1 меди, ванадия, лантана и иттрия. Результаты определения приведены в табл. 4.

Следует отметить, что полученные значения концентраций микроэлементов находятся в адекватных границах для образцов с их аттестованным содержанием. Данный факт также означает, что все определенные концентрации лежат в пределах градуировочной кривой, а это также усиливает доверие к полученным результатам.

Таблица 4

Содержание элементов в СО-1, количественно не определенных в паспорте стандартного образца

Образец	Элемент	$W_{прогноз}$, %
СО-1	Cu	0,0031 ± 0,0006
	V	0,0061 ± 0,0001
	La	0,0032 ± 0,0002
	Y	0,0029 ± 0,0002

Заключение

В ходе выполнения работы было обнаружено расхождение между количествами элементов в стандартных образцах, определенными согласно их паспортам, с полученными экспериментально. Это явление может быть спровоцировано несколькими физико-химическими причинами, связанными с пробоподготовкой, пробоотбором и анализом элементного состава, различной структурой государственных стандартных образцов.

Отмечена необходимость проведения комплексных исследований, сочетающих в себе лазерно-эмиссионные, рентгеноструктурные и электронно-микроскопические, для одновременного получения информации о дисперсности, однородности, кристаллической структуре и других морфологических характеристик.

Спрогнозировано ориентировочное содержание определяемых микроэлементов, отсутствующих в паспорте стандартного образца СО-1, что может служить рекомендацией к аттестации концентрации указанных микроэлементов классическими методами: оптико-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой и атомно-адсорбционным спектральным анализом жидких аналитических проб, полученных при полном разложении золы (ГСО СО-1).

Работа выполнена в рамках государственного задания ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН (проект АААА-А17-117041910151-9, руководитель С.А. Созинов). Работа выполнена с использованием оборудования Кемеровского регионального центра коллективного пользования ФИЦ УУХ СО РАН.

Список литературы

1. Low F., Zhang L. Microwave digestion for the quantification of inorganic elements in coal and coal ash using ICP-OES // Talanta. 2012. Vol. 101. P. 346–352.

2. Limbeck A., Bonta M., Nischkauer W. Improvements in the direct analysis of advanced materials using ICP-based measurement techniques // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 2017. Vol. 32. P. 212–232.

3. Stankova A., Gilon N., Dutruch L., Kanicky V. Comparison of LA-ICP-MS and LA-ICP-OES for the analysis of some elements in fly ashes // Journal of analytical atomic spectrometry. 2011. Vol. 26. – No. 2. – P. 443–449.

4. Hattendorf B., Pisonero J., Günther D., Bordel N. Thickness determination of subnanometer layers using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry // Analytical Chemistry. 2012. Vol. 84. P. 8771−8776.

5. Garcia C.C., Lindner H., Niemax K. Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry-current shortcomings, practical suggestions for improving performance, and experiments to guide future development // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 2009. Vol. 24. P. 14–26.

6. Стандартные образцы состава Института геохимии им. А.П. Виноградова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.igc.irk.ru/ru/component/flexicontent/186-gruppa-25-4/3412-standartnye-obraztsy-sostava?Itemid=746.html (дата обращения: 30.07.2018).

References

1. Low F., Zhang L. Microwave digestion for the quantification of inorganic elements in coal and coal ash using ICP-OES // Talanta. 2012. Vol. 101. P. 346–352.

2. Limbeck A., Bonta M., Nischkauer W. Improvements in the direct analysis of advanced materials using ICP-based measurement techniques // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 2017. Vol. 32. P. 212–232.

3. Stankova A., Gilon N., Dutruch L., Kanicky V. Comparison of LA-ICP-MS and LA-ICP-OES for the analysis of some elements in fly ashes // Journal of analytical atomic spectrometry. 2011. Vol. 26. – No. 2. – P. 443–449.

4. Hattendorf B., Pisonero J., Günther D., Bordel N. Thickness determination of subnanometer layers using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry // Analytical Chemistry. 2012. Vol. 84. P. 8771−8776.

5. Garcia C.C., Lindner H., Niemax K. Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry-current shortcomings, practical suggestions for improving performance, and experiments to guide future development // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 2009. Vol. 24. P. 14–26.

6. Standartny`e obrazcy sostava Instituta geoximii im. A.P. Vinogradova [E`lektronny`j resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.igc.irk.ru/ru/component/flexicontent/186-gruppa-25-4/3412-standartnye-obraztsy-sostava?Itemid=746.html (data obrashheniya: 30.07.2018).

УДК 633.174:631.53.048(470.61)

ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Авдеенко А.П.

ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский, Ростовская область, e-mail: awdeenko@mail.ru

Для получения высокого урожая сорго важен правильный выбор способа посева и густоты стояния растений. Изучение продуктивности новых гибридов сорго при различных нормах высева в условиях Ростовской области имеет практическое значение и при современных условиях меняющегося климата является актуальным. Проведены исследования по изучению роста и развития гибридов сорго селекции Euralis Semences в зависимости от нормы высева, дана сравнительная оценка и выявлен наиболее экологически пластичный гибрид с высоким потенциалом урожайности зерна в условиях приазовской зоны Ростовской области. Проведена оценка адаптивности гибридов сорго в зависимости от нормы высева по способности формировать высокий урожай, сделан анализ роста и развития гибридов сорго, изучены элементы структуры урожая гибридов сорго в зависимости от нормы высева. Проведённые исследования свидетельствуют о перспективности уточнения норм высева современных гибридов сорго в условиях конкретного хозяйства. Наибольшая урожайность зерна была при норме высева 200000 шт/га по обоим гибридам и составила 3,91 т/га по гибриду Албанус и 3,39 т/га по гибриду Ализэ. Повышение нормы высева у гибрида Албанус с 180000 до 200000 шт/га способствовало увеличению величины урожайности зерна на 0,44 т/га. Наиболее энергетически выгодно выращивать в условиях Октябрьского района Ростовской области сорго при норме высева 200000 шт/га как гибрид Албанус, так и гибрид Ализэ. При возделывании в условиях Октябрьского района Ростовской области для получения зерна сорго с урожайностью 3,5–3,9 т/га и рентабельностью производства 38–53 % наиболее эффективно выращивать гибрид Албанус селекции Euralis Semences нормой высева гибрида 200000 шт/га с междурядьем 45 см.

Ключевые слова: сорго, норма высева, урожайность, гибрид, сорго

PRODUCTIVENESS OF GRAIN SORGHUM HYBRIDS IN DEPENCE ON SAWING NORM IN CONDITIONS OF ROSTOV REGION

Avdeenko A.P.

Don State Agrarian University, Persianovskij, Rostov region, e-mail: awdeenko@mail.ru

In order to receive a large harvest of sorghum it is important to select the right method of sawing and density of plant standings. Studying productivity of new sorghum hybrids under different norms of sawing in conditions of Rostov region has practical significance and is quite urgent in modern terms of climate change. We have undertaken research on studying growth and development of sorghum hybrids of selection Euralis Semences in dependence on sawing norm, given comparative evaluation, and determined the most ecologically-plastic hybrid with a high potential of grain yeilds in conditions of by-Azov area of Rostov region. Adaptiveness of sorghum hybrids depending on sawing norm has been made according to its ability to make high yields, analysis of growth and development of sorghum hybrids has been undertaken, structural elements of sorghum hybrid harvest in relation to sawing norm has been made. The undertaken research testifies for positive prospects of specifying sawing norms for modern sorghum hybrids in terms of a single specific farm. The highest yields of grain was registered for sawing norm 200000 pcs/ha for both hybrids and equaled 3,91mt/ha for hybrid Albanus and 3,39 mt/ha – for hybrid Alize. An increase in sawing norm for hybrid Albanus from 180000 to 200000 pcs/ha provided for increase in grain yields by 0,44 mt/ha. It is most energetically-effective to grow sorghum hybrids Albanus and Alize with sawing norm of 200000 pcs/ha in conditions of Oktyabrskiy district of Rostov region. In farming at the territory of of Oktyabrskiy district of Rostov region it is most effective to growhybrid Albanus of selection Euralis Semences with sawing norm of 200000 pcs/ha and line interval 45 cm in order to yield sorghum grain at 3,5-3,9mt/ha and profitability at 38-53%.

Keywords: sorghum, seeding rate, yield, hybrid, Sorghum

Сорго зерновое является уникальным злаковым растением как по своим биологическим особенностям, так и по хозяйственно ценным признакам. К его основным достоинствам относятся исключительная засухоустойчивость, солевыносливость, высокая потенциальная урожайность, стабильность урожаев по годам и универсальность использования [1, с. 145].

Устойчивость к засухе и засолённости почв, высокие урожаи зерна и зелёной массы, универсальность использования обеспечивают широкий ареал распространения сорго – от тропических, пустынных и полупустынных климатических зон до умеренных и влажных широт [2, с. 6].

На территории Ростовской области наблюдается значительная неравномерность распределения тепла и влаги, а также сильная изменчивость их в течение года и по годам [3, с. 17]. Следовательно, для получения высокого урожая сорго важен правильный выбор способа посева и густоты стояния растений. Они определяются назначени-

ем посева, сортовыми особенностями, влагообеспеченностью и засоренностью участка. Установлено, что для возделывания сортов и гибридов на зерно в засушливых условиях, при ограниченных ресурсах продуктивной влаги, эффективен широкорядный посев с междурядьями 70 см. Высокопродуктивные сорта с мощным габитусом высеваются только широкорядным способом (междурядье 70 см) с густотой стояния растений в зависимости от сорта 80–350 тыс. шт/га. Тонкостебельные сорта можно сеять обычным рядовым способом с междурядьем 15 или 30 см с густотой стояния растений 500–600 тыс. шт/га [2, с. 29]. Нашими исследованиями установлено, что посев сорго нормой высева 300 тыс. шт/га при ширине междурядий 30 см способствует оптимизации показателей структуры урожая и положительно сказывается на величине урожайности зерна изучаемых гибридов сорго [4].

Правильное размещение растений сорго на площади является одним из важнейших условий получения высоких, и стабильных урожаев. При размещении на единице площади малого количества растений сорго интенсивно кустится, формирует крупные метёлки. За счёт этого достигается высокий урожай. Если посевы загущены, кущение резко ослабляется, уменьшается масса зерна с одной метёлки, но урожайность не снижается, так как увеличивается количество продуктивных метёлок на единицу площади. Однако сильно загущённые посевы сорго в жёстких условиях юга могут вообще не дать урожая. Оптимальная густота стояния растений сорго определяется в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий, сортов и гибридов [5, с. 65–66].

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений из 94 сортов и гибридов сорго зернового, допущенных к использованию в Российской Федерации, 47 сортов и гибридов (48,9 %) рекомендовано по Северо-Кавказскому региону [6, с. 13].

Поэтому изучение продуктивности новых гибридов сорго при различных нормах высева в условиях Ростовской области имеет практическое значение и при современных условиях меняющегося климата является актуальным.

Цель исследования: изучить рост и развитие гибридов сорго селекции Euralis Semences в зависимости от нормы высева, дать сравнительную оценку и выявить наиболее экологически пластичные гибриды с высоким потенциалом урожайности зерна в условиях приазовской зоны Ростовской области.

В задачи исследований входило: оценить адаптивность испытываемых гибридов сорго в зависимости от нормы высева по способности формировать высокий урожай; сделать анализ роста и развития гибридов сорго; изучить элементы структуры урожая гибридов сорго в зависимости от нормы высева.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2015–2017 гг. на полях УНПК Донского ГАУ, расположенного в Октябрьском районе Ростовской области, в приазовской природно-климатической зоне, характеризующейся неустойчивым увлажнением и гидротермическим коэффициентом 0,7–0,8. Годовое количество осадков составляет 423 мм. За вегетационный период выпадает от 122 до 295 мм.

Посев изучаемых гибридов был проведён в оптимальные сроки на общей площади 1080 м^2 ручной селекционной сеялкой EarthWay 1001-B (рисунок). Площадь учётных делянок по 18 м^2 (4 рядка по 10 м, междурядье 45 см), повторность – трёхкратная.

Схема опыта

Фактор А (гибрид)	Фактор Б (норма высева, шт/га)
Албанус (К)	180000 (К)
Ализэ	200000
	220000

Технология выращивания сорго по предшественнику озимая пшеница соответствовала принятой для приазовской зоны Ростовской области. При проведении исследований были применены общепринятые в агрономической науке методики закладки и проведения полевых опытов по В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифоновой [7].

В тексте и таблицах представлены результаты исследований в среднем за 2015–2017 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе динамики густоты стояния растений гибридов сорго нами установлено, что при различной норме высева количество полученных всходов сорго по вариантам исследований было различным. Так, при норме высева 180000 шт/га количество всходов по гибридам составило от 151,7 до 153,4 тыс. шт/га, или от 84,1 до 84,8 % от высеянных семян.

Селекционная сеялка EarthWay 1001-B для посева гибридов сорго

При норме высева 200000 шт/га количество всходов составило 167,7–168,3 тыс. шт/га, или 83,9–84,2% от высеянных семян, а при норме высева 220000 шт/га количество всходов было 186,3–187,0 тыс. шт/га, или 84,7–85,0% от высеянных.

Нами отмечалось, что при повышении нормы высева семян гибрида сорго Албанус полевая всхожесть несколько снижалась с 84,8% до 83,9%, а при дальнейшем повышении до 200000 шт/га – снова повысилась до 84,7%. Примерно аналогичная картина наблюдалась и по гибриду сорго Ализэ, однако разница в полевой всхожести была в пределах ошибки опыта, т.е. несущественной. При сравнении между собой двух гибридов установлено, что более высокая полевая всхожесть семян была у гибрида Ализэ – 84,1–85,0%.

Большую роль в получении урожайности играет количество растений на единице площади перед уборкой, которое варьировало по гибриду Албанус от 149,9 до 182,6 тыс. шт/га, а по гибриду Ализэ от 143,0 до 174,2 тыс. шт/га. При этом сохранность растений сорго была в пределах 98,0–98,4% у гибрида Албанус и 93,2–94,5% у гибрида Ализэ. С повышением нормы высева до 220000 шт/га по обоим изучаемым гибридам сохранность растений снижалась до 93,2–98,0%, что можно объяснить конкуренцией растений за факторы роста и развития.

Сравнивая динамику роста растений гибридов сорго между собой, можно отметить, что растения сорго гибрида Албанус по сравнению с гибридом Ализэ, начиная с фазы кущения, обладали более интенсивным нарастанием (табл. 1).

При анализе среднесуточного прироста высоты растений гибридов сорго нами установлено, что, несмотря на то, что данные гибриды относятся к одной группе спелости, прирост высоты у них был различным, особенно при различающихся нормах высева. При увеличении нормы высева повышался и прирост растений сорго в межфазные периоды.

Наибольший среднесуточный прирост высоты растений мы наблюдали по изучаемым нормам высева у растений гибрида Ализэ, это напрямую связано с его биологическими особенностями и меньшим количеством растений на единице площади. В фазу полной спелости величина среднесуточного прироста растений гибридов сорго зависела от нормы высева и с ее повышением также увеличивалась от 0,75 до 0,77 см по гибриду Албанус и от 0,60 до 0,63 см по гибриду Ализэ.

Таблица 1

Динамика высоты и среднесуточного прироста гибридов сорго, см

Гибрид	Норма высева, шт/га	Фаза вегетации			
		кущение	выход в трубку	выметывание	полная спелость
Албанус	180000	23,6/1,07	62,7/1,28	94,1/1,05	116,9/0,75
	200000	24,1/1,09	64,3/1,32	96,6/1,07	118,9/0,74
	220000	25,3/1,15	65,8/1,33	99,9/1,13	122,9/0,77
Ализэ	180000	24,9/1,13	61,6/1,19	93,8/1,07	111,9/0,60
	200000	25,3/1,15	64,2/1,28	95,3/1,03	113,8/0,62
	220000	25,7/1,17	65,2/1,30	97,0/1,06	115,9/0,63

Таблица 2

Динамика нарастания и среднесуточный прирост сырой массы гибридов сорго, т/га

Гибрид	Норма высева, шт/га	Фаза вегетации			
		кущение	выход в трубку	выметывание	полная спелость
Албанус	180000	0,42/0,022	1,88/0,075	5,46/0,182	11,31/0,222
	200000	0,45/0,024	1,86/0,074	5,20/0,175	10,65/0,218
	220000	0,43/0,023	1,85/0,075	5,29/0,179	10,31/0,216
Ализэ	180000	0,63/0,034	2,00/0,070	5,38/0,169	12,25/0,258
	200000	0,68/0,036	2,05/0,072	5,22/0,167	11,31/0,244
	220000	0,67/0,036	2,02/0,073	5,38/0,176	11,10/0,243

Таблица 3

Структура урожая и биологическая урожайность гибридов сорго

Гибрид	Норма высева, шт/га	Высота метёлки, см	Количество метёлок на 1 растении сорго, шт	Количество зёрен в метёлке, шт.	Масса зерна в метёлке, г	Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, т/га
Албанус	180000	27	1,12	659	20,6	31,3	3,47
	200000	30	1,08	678	21,9	32,3	3,91
	220000	31	1,02	631	18,9	30,0	3,53
Ализэ	180000	24	1,14	617	18,5	30,0	3,02
	200000	24	1,05	665	20,2	30,4	3,39
	220000	26	1,04	605	17,7	29,2	3,20
$НСР_{0,95}$		1,2	0,05	18	0,6	0,8	0,11

Генетические особенности гибридов сорго, равно как и различная площадь питания растений, оказали своё влияние на динамику нарастания сырой массы гибридов сорго по вариантам исследований (табл. 2). При анализе среднесуточного прироста сырой массы гибридов сорго нами установлено, что наблюдалась такая же зависимость, как и при среднесуточном приросте высоты растений сорго.

Перед уборкой мы отбирали образцы сорго обоих гибридов на анализ структуры урожая и установили, что нормы высева при неизменной ширине междурядий и сроке посева оказали влияние на показатели структуры и урожайность зерна сорго (табл. 3).

Высота метёлки по гибриду Албанус составила 27–31 см, а по гибриду Ализэ 24–26 см. Наибольшая высота метёлки была отмечена при норме высева сорго 220000 шт/га – 26 и 31 см по гибриду Албанус и Ализэ соответственно.

При анализе кустистости сорго отмечалась тенденция снижения данного показателя при увеличении нормы высева. Так, по гибриду Албанус кустистость составила 1,02–1,12 шт., по гибриду Ализэ – 1,04–1,14 шт.

При норме высева 200000 шт/га по обоим гибридам было получено наибольшее количество зёрен в метёлке – 665–678 шт., наименьшее количество зёрен в метёлке было отмечено при норме высева

220000 зерна шт/га – 605 и 631 шт. по гибридам Ализэ и Албанус соответственно.

На величину урожайности в конечном итоге влиял показатель массы зерна с метёлки, который в наших исследованиях составил от 17,7 до 21,9 г. Наиболее продуктивные метёлки по массе зерна были отмечены у гибрида Албанус по всем изучаемым нормам высева – 18,9–21,9 г.

Снижение нормы высева сорго гибрида Албанус способствовало увеличению массы 1000 зёрен с 30 г до 31,3–32,3 г. Наибольшая масса 1000 зёрен была при посеве данного гибрида сорго нормой высева 200000 шт/га. По гибриду Ализэ прослеживались аналогичные зависимости.

Наибольшая урожайность зерна была при норме высева 200000 шт/га по обоим гибридам и составила 3,91 т/га по гибриду Албанус и 3,39 т/га по гибриду Ализэ. Повышение нормы высева у гибрида Албанус с 180000 до 200000 шт/га способствовало увеличению величины урожайности зерна на 0,44 т/га, что существенно. Однако дальнейшее повышение нормы высева увеличивало урожайность в пределах ошибки опыта, разница составила только 0,06 т/га при НСР = 0,11 т/га. По гибриду Ализэ увеличение нормы высева до 200000 шт/га также повышало урожайность на 0,37 т/га, а до 220000 шт/га – только лишь на 0,18 т/га.

Комплексный анализ урожайности сорго показал, что наиболее урожайным был гибрид Албанус, варианты норм высева которого превышали аналогичные варианты гибрида Ализэ на 0,33–0,52 т/га.

Анализ экономики возделывания гибридов сорго показал, что наименьшие затраты отмечаются при посеве сорго нормой высева 180000 шт/га по обоим гибридам вследствие более низкой стоимости затрат на семена для посева и урожайности посевов.

При сложившейся в сентябре 2017 г. закупочной цене на зерно сорго в 4500 руб. за тонну себестоимость производства единицы зерна в наших опытах варьировала по гибриду Ализэ от 3269 до 3409 руб/т, а по гибриду Албанус – 2950–3161 руб/т.

Низкая закупочная цена напрямую оказала влияние на рентабельность производства, которая варьировала от 42,4 до 52,5 % по гибриду Албанус и от 32,0 до 37,7 % по гибриду Ализэ. Наименьшая рентабельность производства сорго была по обоим гибридам при норме высева 180000 шт/га, а наибольшая рентабельность – при норме высева 200000 шт/га.

При сравнении рентабельности производства зерна двух гибридов сорго было видно, что наиболее рентабельно выращивать гибрид сорго Албанус, рентабельность производства которого выше рентабельности производства гибрида Ализэ по всем изучаемым нормам высева.

При комплексном анализе производства зерна сорго в контексте оценки энергетической эффективности выращивания нами было установлено, что выход энергии с урожаем сухого вещества сорго напрямую зависел от величины урожайности данной культуры по каждому из вариантов исследований. Минимальные затраты на выращивание зерна сорго были понесены при норме их высева 180000 шт/га и они составили – 17,5 и 16,7 ГДж/га по гибридам Албанус и Ализэ соответственно. С увеличением нормы высева, а также урожайности гибридов зернового сорго также повышались и затраты совокупной энергии до 18,1–19,1 ГДЖ/га по гибриду Албанус и до 17,0–17,2 ГДЖ/га – по гибриду Ализэ. Наибольшие показатели произведённых затрат на единицу площади отмечались при норме высева 200000 шт/га – 19,1 и 17,2 ГДж/га в зависимости от гибрида сорго.

Оценка коэффициента соотношения затраченной энергии и полученной энергии показала, что выращивание сорго энергетически эффективно. Коэффициент энергетической эффективности составил по гибриду Албанус 2,15–2,26, а по гибриду Ализэ – 1,99–2,16. Наиболее энергетически выгодно выращивать в условиях Октябрьского района Ростовской области сорго при норме высева 200000 шт/га как гибрид Албанус, так и гибрид Ализэ.

Заключение

Проведённые исследования свидетельствуют о перспективности уточнения норм высева современных гибридов. При возделывании в условиях Октябрьского района Ростовской области для получения зерна сорго с урожайностью 3,5–3,9 т/га и рентабельностью производства 38–53 % наиболее эффективно выращивать гибрид Албанус селекции Euralis Semences нормой высева гибрида 200000 шт/га с междурядьем 45 см.

Список литературы

1. Оценка новых сортов сорго зернового при использовании в хлебопечении / А.В. Алабушев [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (54). – С. 144–150.

2. Ресурсосберегающая технология производства зернового сорго / В.С. Горбунов, Г.И. Костина, А.Г. Ишин, О.В. Колов [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 40 с.

3. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / А.П. Авдеенко, Е.В. Агафонов, К.С. Артохин [и др.]. – Ростов на/Д.: М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл., 2013. – Ч. 1. – 239 с.

4. Авдеенко А.П. Влияние ширины междурядий на продуктивность гибридов сорго селекции Euralis semenes в условиях Октябрьского района Ростовской области / А.П. Авдеенко, И.А. Авдеенко // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 43. – С. 39–43. URL: http://e-koncept.ru/2017/570305.htm (дата обращения: 17.07.2018).

5. Шепель Н.А. Сорго – интенсивная культура / Н.А. Шепель. – Симферополь: Таврия, 1989. – 192 с.

6. Семеноводство сорго зернового в Ростовской области / А.В. Алабушев [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 1 (50). – С. 12–15.

7. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко. – М.: Колос, 1996. – 336 с.

References

1. Ocenka novy`x sortov sorgo zernovogo pri ispol`zovanii v xlebopechenii / A.V. Alabushev [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 3 (54). – P. 144–150.

2. Resursosberegayushhaya texnologiya proizvodstva zernovogo sorgo / V.S. Gorbunov, G.I. Kostina, A.G. Ishin, O.V. Kolov [i dr.]. – M.: FGBNU «Rosinformagrotex», 2012. – 40 p.

3. Zonal`ny`e sistemy` zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gody` / A.P. Avdeenko, E.V. Agafonov, K.S. Artoxin [i dr.]. – Rostov na/D.: M-vo sel. xoz-va i prodovol`stviya Rost. obl., 2013. – Ch. 1. – 239 p.

4. Avdeenko A.P. Vliyanie shiriny` mezhduryadij na produktivnost` gibridov sorgo selekcii Euralis semenes v usloviyax Oktyabr`skogo rajona Rostovskoj oblasti / A.P. Avdeenko, I.A. Avdeenko // Nauchno-metodicheskij e`lektronny`j zhurnal «Koncept». – 2017. – T. 43. – P. 39–43. URL: http://e-koncept.ru/2017/570305.htm (data obrashheniya: 17.07.2018).

5. Shepel` N.A. Sorgo – intensivnaya kul`tura / N.A. Shepel`. – Simferopol`: Tavriya, 1989. – 192 p.

6. Semenovodstvo sorgo zernovogo v Rostovskoj oblasti / A.V. Alabushev [i dr.] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2016. – № 1 (50). – P. 12–15.

7. Osnovy` nauchny`x issledovanij v agronomii / V.F. Moisejchenko, M.F. Trifonova, A.X. Zaveryuxa, V.E. Eshhenko. – M.: Kolos, 1996. – 336 p.

УДК 632.937

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ИНВАЗИЙНЫМ СОРНЯКОМ АМБРОЗИЕЙ ПОЛЫННОЛИСТНОЙ С ПОМОЩЬЮ НАСЕКОМОГО-ГЕРБИФАГА TARACHIDIA CANDEFACTA HUBN

Агасьева И.С., Федоренко Е.В., Нефедова М.В.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», Краснодар, e-mail: dollkaSneba@yandex.ru

Широкое распространение амброзии полыннолистной (Ambrosia artemisiifolia L.) на Юге России связано с нарушением биоценотических структур экосистем. Амброзия – пришелец с американского континента, не сдерживаемая давлением естественных врагов, активно внедрилась в растительные сообщества, вытесняя при этом аборигенные сорные виды растительности, в том числе и культурные. Отсутствие естественных врагов этого сорняка вызывает ее неконтролируемое инвазийное развитие и распространение. Амброзия не только злостный конкурент культурных растений, но и источник массовых аллергических заболеваний. Для биологического контроля с амброзией из Канады была интродуцирована амброзиевая совка (Tarachidia candefacta Hbn.). Для разведения гербифага были разработаны искусственные питательные среды (ИПС), включение в состав которых сухого молока в качестве источника белка и витаминов позволило повысить качество среды и улучшить биологические показатели развития амброзиевой совки. Замена в рецептуре ИПС зародышей пшеницы на соевый шрот позволила получить сбалансированный по протеину и аминокислотному составу корм для выращивания биоагента. Разработка ИПС для гусениц амброзиевой совки дает возможность заблаговременного массового разведения гербифага и наводнения им агросистем в период появления всходов амброзии, что предопределяет искусственный сдвиг фенофазы биоагента, позволяющий не только подавлять сорняк на ювенильных фазах развития, но и управлять численностью и полезной деятельностью гербифага. В результате исследований разработан метод колонизации амброзиевой совки, основанный на заблаговременном массовом разведении гербифага и выпуске его в начале вегетации сорняка.

Ключевые слова: амброзия полыннолистная, амброзиевая совка, искусственная питательная среда, сезонная колонизация, гербифаг, биоагент

DEVELOPING METHODS OF FIGHTING INVASIVE PEST – RAGWEED WITH IMPLEMENTATION OF HERBIHAGE INSECT – TARACHIDIA CANDEFACTA HUBN

Agaseva I.S., Fedorenko E.V., Nefedova M.V.

Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection», Krasnodar, e-mail: dollkaSneba@yandex.ru

The widespread of ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.) in the South of Russia is related to disturbance in biocenotic structures of ecosystems. Ragweed is alien from the American continent that wasn't restrained by pressure of natural enemies, and it invaded vegetative communities actively, replacing aboriginal weed species as well as cultural ones while doing so. Lack of natural enemies of this weed causes its uncontrolled invasive development and widespread. Ragweed is not only a rival to cultural plants, but also a cause of mass allergic diseases. In order to establish biological control over Ragweed, moth biotype Tarachidia candefacta Hbn. Was introduced from Canada. Artificial nutritional environments (ANE) were developed for breeding the herbiphage, and inclusion of dry milk into them as a source of vitamins and protein allowed us to increase quality of the environment and improve biological indexes of development for Tarachidia candefacta Hbn. Replacing wheat germs with soybean meal allowed us to obtain forage for growing bioagent that was better-balanced in its protein and amino-acid composition. Development of ANE for caterpillars of Tarachidia candefacta Hbn. Anebles us to massively breed herbiphage in advance and populate agrosystems with it during the period ragweed sprout emergence, and it pre-defines artificial shift in bioagent phenophase, thus allowing us not only suppress the weed in juvenile stages of development, but also manage numbers and useful activity of herbiphage. In result of the research we have development a method of colonizing Tarachidia candefacta Hbn., based upon preventive mass breeding of herbiphage and its release in the beginning of ragweed vegetation.

Keywords: ragweed, Tarachidia candefacta Hbn, artificial nutritional environment, seasonal colonization, herbiphage, bioagent

Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – злостный инвазивный сорняк в Европе и Азии, стал настоящим бедствием и для южных регионов России. В Старый Свет вид был завезен из Северной Америки в 1873 г. с семенами клевера красного.

В России амброзия полыннолистная впервые была обнаружена в 1918 г. ботаником С.Г. Колмаковым вблизи Ставрополя. Примерно в этот же период наличие *Ambrosia artemisiifolia* было отмечено и в Краснодарском крае. В Ростовской области первые очаги амброзии появились в начале пятидесятых, а в Приморском крае – в начале шестидесятых годов прошлого столетия.

Амброзия полыннолистная – один из самых опасных сорняков, вызывающих аллергическую реакцию у людей. Благодаря

своей биологической пластичности и отсутствию естественных врагов она широко внедрилась в растительные сообщества России. Амброзия сильно угнетает культурные растения, иссушает почву, резко снижает плодородие почвы, пыльца вызывает массовые аллергические заболевания человека [1, 2]. Отсутствие естественных врагов этого сорняка вызывает его неконтролируемое инвазийное развитие и распространение. Борьба с ним ведется в основном механическими и химическими средствами.

Агротехнические приемы не смогли остановить широкомасштабную инвазию амброзии как в России, так и в других странах. К настоящему времени зонами наибольшего распространения сорного растения являются Северо-Кавказский регион и Приморский край.

Вследствие глобального потепления в России и других странах наблюдается стремительное расширение территорий инвазии: отмечается вертикальная акклиматизация сорняка, который постепенно продвигается на север. Наблюдается полное вызревание семян амброзии в районах средней полосы России, чего ранее не отмечалось. Уже 15 лет назад общая площадь земель, засоренных амброзией в России, значительно превышала 6 млн га [3].

При выборе способов и мер борьбы с адвентивной растительностью необходимо применять современную концепцию интегрированной защиты растений, которая подразумевает использование всех экономически безопасных способов защиты культурных растений, направленных на регулирование численности сорняков до уровня экономических порогов вредоносности. Одним из способов борьбы с сорной растительностью является биологический метод. При разработке биологических способов целенаправленно используют вирусы, бактерии, грибы, насекомых и другие организмы для целенаправленного уничтожения сорняков. У биологических способов имеются ряд преимуществ: при относительно невысоких первичных затратах они дают значительный экономический эффект в течение продолжительного времени благодаря длительному действию организмов на растения [4].

Начиная с 1967 по 1979 гг. в Канаде и США было отобрано более 30 видов естественных врагов амброзии полыннолистной и интродуцировано на территорию бывшего СССР [5, 6].

В их числе четыре вида насекомых-фитофагов из природных комплексов Северной Америки: *Tarachidia candefacta* Hubn, *Euaresta bella* Loew, *Brachytarsus tomentosus* Say, *Zygogramma suturalis* F. были интродуцированы и выпущены на Северном Кавказе [5, 7, 8]. Первые годы после акклиматизации численность этих видов была очень низкой, и они были признаны малоперспективными в биологической борьбе с амброзией полыннолистной.

К настоящему времени в России акклиматизировались два гербифага: амброзиевый листоед (*Zygogramma suturalis* F.) и амброзиевая совка (*Tarachidia candefacta* Hubn) [9].

Долгое время после интродукции численность популяции *T. candefacta* находилась в угнетенном состоянии. Нарастание плотности популяции насекомого в южной части России начало увеличиваться примерно с 2000 г. В отдельные годы численность достигала 10 экз/м^2, что подавляло развитие амброзии (фаза 6–8 настоящих листьев) на 30%.

Целью настоящей работы является усовершенствование метода сезонной колонизации амброзиевой совки (*Tarachidia candefacta* Hubn), основанного на заблаговременном массовом разведении гербифага на искусственной питательной среде и расселении его в начале вегетации амброзии полыннолистной.

Материалы и методы исследования

При разработке искусственных питательных сред гусениц опытных и контрольных вариантов содержали в чашках Петри при температурном режиме (+25–26 °С), относительной влажности воздуха 70–80% и естественном освещении, корм меняли один раз в сутки. Опыты ставили в шести повторностях по 4–5 отродившихся особей в каждой повторности. Гусениц старших возрастов из-за присущего каннибализма, содержали индивидуально в отдельной чашке Петри.

Качество искусственного корма оценивалось по биологическим показателям развития гусениц I–II; III–V возрастов, массе гусениц и куколок.

Разработка метода сезонной колонизации включает:

– сбор гусениц III–V возрастов в осенний период, с последующим их доращиванием в лаборатории на ИПС до образования куколок;

– помещение куколок на хранение в сосуды с прокаленным речным песком при температуре +3+5 °С, относительной влажности воздуха 70–80%, где они хранятся до февраля;

– проведение реактивации куколок в климокамере при температуре до 23–25 °С.

Бабочки содержались в стеклянных банках при температуре 23–24 °С, длине дня 18 ч, влажности воздуха 70-80 %. В каждую банку помещали по несколько пар бабочек, которых подкармливали 5 %-ным водным раствором сахара. Внутрь банки подкладывали фильтровальную бумагу, сложенную гармошкой, для откладки яиц. Через 3–4 дня после вылета бабочек начинается яйцекладка, которая продолжается 4–6 суток. Яйца инкубировали при температуре 23–25 °С и влажности 60–70 %. Отродившихся гусениц помещали на ИПС, где их выращивали до III возраста, а затем выпускали на молодые растения амброзии в период всходов. Массовое разведение амброзиевой совки на ИПС проводили в садках размером 30х40 см, которые для предотвращения высыхания корма сверху накрывали перфорированной полиэтиленовой пленкой.

Результаты исследования и их обсуждение

Пищевые потребности насекомых охватывают комплекс химических и физических характеристик корма, которые обеспечивают их нормальный рост и развитие. К первым относятся белки, углеводы, липиды, витамины, минеральные соли, вода, различные фагостимуляторы и др. Вторые сводятся к структуре и консистенции пищи, определяют ее доступность и пригодность для насекомого.

Основой для построения тела насекомого служат белки и аминокислоты, поэтому наличие компонентов, содержащих эти вещества, оказывает решающее влияние на рост и развитие насекомых. Существует прямая связь между количеством и качеством белков в пище и плодовитостью насекомых – фитофагов [10].

В качестве источника белка и аминокислот в состав ИПС было включено сухое молоко. Приведенные в табл. 1 результаты доказывают возможность выкармливания гусениц *T. candefacta*, до образования куколок на среде, в составе которой в качестве источника белков присутствует сухое молоко.

Включение 0,5 г сухого молока на каждые 100 г среды позволило получить куколок массой 41,3 мг, на естественном корме этот показатель был равным 48,5 мг, средняя продолжительность развития составила 25,6 суток и 20,5 суток соответственно. Данные результаты являются доказательством целесообразности включения в состав ИПС сухого молока в качестве источника белка.

Важным компонентом, регулирующим процессы работы ферментов, углеродного обмена, а также осуществляющим контроль тканевого дыхания и обмена веществ, в целом являются витамины. Поэтому для увеличения активности процессов жизнедеятельности и повышения жизнеспособности гусениц амброзиевой совки в ИПС необходимо добавление витаминов.

В состав ИПС была включена смесь витаминов, состоящая из рибофлавина 0,0002 %, цианокобаламина 0,0005 %. Водный раствор описанной смеси использовался в концентрации 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 %. В качестве контрольного варианта для сравнения влияния данных веществ на развитие и рост гусениц насекомого служила ИПС, не содержащая витамины.

Установлено, что применение комплекса витаминов в среде улучшило биологические показатели роста и развития *T. candefacta.* Жизнеспособность гусениц при применении 1,5 % концентрации витаминов составила 85,3 %, что на 39,6 % выше контрольного варианта и являлось наилучшим результатом, продолжительность развития насекомых сократилась на 3,8 сут в сравнении с контролем (ИПС без витаминов).

Таблица 1

Результативность выкормки гусениц амброзиевой совки с включением сухого молока в состав ИПС

Вариант опыта	Сухое молоко, г, 100 г среды	Количество гусениц в опыте, экз.	Допиталось до возраста, %			Масса куколок, мг	Средняя продолжительность развития до образования куколок, суток
			III	IV	V		
1	0,1	30	72	56	52	38,5 ± 0,9	28,0 ± 1,2
2	0,3	30	72	60	56	36,7 ± 0,5	27,5 ± 1,0
3	0,5	30	80	68	64	41,3 ± 0,7	25,6 ± 0,7
4	1,0	30	68	52	36	27,4 ± 0,5	30,6 ± 1,5
Контроль (естественный корм)	–	30	96	88	76	48,5 ± 0,4	20,5 ± 1,5

Полученные результаты показали, что недостаток или избыток витаминов по всей вероятности приводит к нарушению обмена веществ у гусениц, что вызывает снижение биологических показателей роста и развития гербифага.

Разнообразные компоненты, входящие в состав искусственных сред, создают благоприятные условия для развития микроорганизмов (грибов, бактерий). Для предотвращения их негативного влияния на развитие амброзиевой совки необходимо добавлять в корм противогрибковые и бактерицидные вещества. В опытных вариантах в качестве антисептиков использовали пропионовую кислоту и сорбиновые кислоты, а также формалин в дозах 0,5; 1.0; 1,5; 2,0 мл на 100 г среды. Выявлено, что пропионовая кислота в концентрации 2% сильно подавляет рост и развитие фитофага. Оптимальными антисептиками были формалин и сорбиновая кислота в концентрации 1,5% и 1%. Увеличение концентраций этих веществ отрицательно сказывалось на биологических показателях развития гусениц амброзиевой совки.

В дальнейших экспериментах заменив зародыши пшеницы, наиболее часто применяемый ингредиент ИПС целым рядом исследователей, на соевый шрот, который имеет идеальное соотношение аминокислот, в качестве белкового ингредиента, мы получили сбалансированную по протеину и аминокислотному составу высококачественную среду.

Таким образом, в состав рецептуры разработанной оригинальной ИПС входят следующие компоненты: сухой лист амброзии, соевый шрот, сухие пивные дрожжи вместе с витаминами группы В, желатин, формалин, сорбиновая кислота и вода. За 15 мин до приготовления среды отвешивают необходимое количество желатина и замачивают в холодной дистиллированной воде. Перечисленные компоненты дозируют и смешивают. После смешивания всех компонентов добавляют желатин, формалин с сорбиновой кислотой и воду, затем среду доводят до однородной консистенции [11].

В результате выращивания гусениц амброзиевой совки на разработанной ИПС установлено, что состав питательной среды эффективно улучшает основные биологические показатели роста и развития биоагента (табл. 2).

Из таблицы видно, что на предлагаемой среде выживаемость гусениц V возраста составляет 75,0%, в контроле – 71,4%, масса куколок – 55,6 и 56,8 мг количество окрылившихся бабочек от числа образовавшихся куколок составило – 90,8% и 86,7% соотственно. Таким образом, одним из главных условий реализации метода подавления амброзии полыннолистной являлась технология массового разведения амброзиевой совки, что и было сделано в результате исследований.

Для создания стартовых колоний амброзиевой совки в природных условиях, гусениц II–III возраста, выращенных на ИПС, равномерно выпускали на небольшие участки всходов амброзии в третьей декаде апреля. Установлено, что колонизированные гусеницы равномерно расползались по всходам амброзии, в течение двух с половиной недель допитывались и уходили в почву на окукливание. В искусственных резерватах амброзиевой совки всходы сорняка практически полностью уничтожались, а оставшиеся значительно отставали в росте и развитии в сравнении с контрольными растениями, где выпуск гербифага не проводился. Первые гусеницы нового поколения отмечались в местах интродукции в конце мая – начале июня. Через пять дней их численность составляла в среднем 2–3 гусеницы на одно угнетенное растение. К этому времени наблюдалось начало массового лета природной популяции амброзиевой совки, что приводило к интенсивному росту плотности популяции биоагента, что и определяет искусственный сдвиг фенофазы развития гербифага и высокую биологическую эффективность против ювенильных фаз амброзии.

Таблица 2

Биологические показатели роста и развития амброзиевой совки (*Tarachidia candefacta* Hubn.) при выращивании на ИПС оригинального состава

Варианты опыта	Выживаемость гусениц до V возраста, %	Средняя продолжительность развития, сут.	Средняя масса гусениц, мг		Масса куколок, мг	Количество окрылившихся бабочек, %
			III возраста	V возраста		
ИПС	75,0	9,0 ± 0,3	24,9 ± 0,5	58,0 ± 1,2	55,6 ± 0,9	90,8
Контроль (естественный корм)	71,4	9,0 ± 0,2	25,1 ± 0,5	59,8 ± 1,0	56,8 ± 0,5	86,7

На четвертые сутки после спаривания бабочек происходит процесс яйцекладки. Яйца крепятся на листовую поверхность и стебли амброзии полыннолистной. Репродуктивность самок совки отмечалась на уровне 200–300 яиц.

Таким образом, при определении численности амброзиевой совки, способной подавить развитие амброзии, было установлено, что гербифаг перезимовывает на стадии куколки, в конце первой декады мая наблюдается лет бабочек. Яйцекладка наблюдается, на четвертый день после спаривания, яйца прикрепляются на листья и стебли растений. Репродуктивность совки в среднем 300 яиц, одна гусеница *T. candefacta* способна уничтожить 3–4 молодых растения амброзии, имеющие 3–4 настоящих листьев, две гусеницы нейтрализуют развитие одного растения амброзии, достигшего фазы восьми настоящих листьев, а 10 гусениц приводят к гибели одного растения в фазу бутонизации (высотой 30–35 см). Потомство от одной пары бабочек *T. candefacta* в течение двух генераций может полностью ликвидировать на ранних фазах развития амброзию полыннолистную на площади 1 м^2. Установлено, что среднесуточная потребность гусениц совки четвертого возраста в корме доходит до 60 мг.

Выводы

Возможность массового разведения амброзиевой совки на искусственной питательной среде в лабораторных и производственных условиях позволит заблаговременно колонизировать гусениц совки в места появления первых всходов амброзии.

Разработан метод сезонной колонизации амброзиевой совки, основанный на заблаговременном массовом разведении гербифага и выпуске его в начале вегетации сорняка. Он связан с искусственным сдвигом фенофазы амброзиевой совки, позволяющим не только подавлять сорняк на ювенильных фазах развития, но и управлять численностью и полезной деятельностью гербифага.

Список литературы

1. Формирование трофических связей аборигенных видов жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) с Ambrosia artemisiifolia (Asteraceae) в условиях Приморского края России / Е.В. Аистова и [и др.] // Зоологический журнал. – 2014. – Т. 93, № 8. – С. 960–966. DOI: 10.7868/S0044513414060026.

2. Адвентивный сорняк американского происхождения Ambrosia artemisiifolia L. как источник аллергии на Юге России и перспективные приемы его подавления / Л.П. Есипенко [и др.] // Труды Кубанского аграрного университета. – 2016. – № 58. – С. 112–120.

3. Москаленко Г.П. Карантинные сорные растения России / Г.П. Москаленко. – М.: Росгоскарантин, 2001. – 280 с.

4. Злотин А.З. Техническая энтомология. Справочное пособие / А.З. Злотин. – Киев: Наукова думка, 1989. – 183 с.

5. Есипенко Л.П. Использование насекомых фитофагов в борьбе с амброзией полыннолистной в агроценозах Юга России / Л.П. Есипенко // Земледелие. – 2013. – № 5. – С. 39–40.

6. Gerber E., Schaffner U., Gassmann A., Hinz H.L., Seier M., Muller-Scharer H. Prospects for biological control of Ambrosia artemisiifolia in Europe: learning from the past // Weed Research, 2011. – Vol. 51. – P. 559–573.

7. Об эффективности интродукции американских насекомых-фитофагов амброзии (Ambrosia artemisiifolia L.) на юге России / О.В. Ковалев [и др.] // Энтомологическое обозрение. – 2013. – Т. 92. – Вып. 2. – С. 251–264.

8. Ковалев О.В. Роль уединенных популяционных волн в обеспечении эффективности интродукции насекомых-фитофагов при подавлении заносных сорных растений / О.В. Ковалев, Ю.В. Тютюнов // Энтомологическое обозрение. – 2014. – Т. 93. – Вып. 1. – С. 16–29.

9. Матишов Г.Г. Биологические способы борьбы с амброзией в антропогенных фитоценозах юга России / Г.Г. Матишов, Л.П. Есипенко, Л.П. Ильина, И.С. Агасьева. – Ростов на/Д., 2011. – 144 с.

10. Эдельман Н.М. Массовое разведение насекомых-фитофагов. – М.: ВИНТИ, 1972. – С. 120–201.

11. Патент РФ 2628793. Способ производства питательной среды для разведения асмброзиевой совки Tarachidia candefacta Hubn. / Агасьева И.С., Федоренко Е.В., Исмаилов В.Я., Ермоленко С.А., 2017. – Бюлл. № 24.

References

1. Formirovanie troficheskix svyazej aborigenny`x vidov zhukov-listoedov (Coleoptera, Chrysomelidae) s Ambrosia artemisiifolia (Asteraceae) v usloviyax Primorskogo kraya Rossii / E.V. Aistova i [i dr.] // Zoologicheskij zhurnal. – 2014. – T. 93, № 8. – P. 960–966. DOI: 10.7868/S0044513414060026.

2. Adventivny`j sornyak amerikanskogo proisxozhdeniya Ambrosia artemisiifolia L. kak istochnik allergii na Yuge Rossii i perspektivny`e priemy` ego podavleniya / L.P. Esipenko [i dr.] // Trudy` Kubanskogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 58. – P. 112–120.

3. Moskalenko G.P. Karantinny`e sorny`e rasteniya Rossii / G.P. Moskalenko. – M.: Rosgoskarantin, 2001. – 280 p.

4. Zlotin A.Z. Texnicheskaya e`ntomologiya. Spravochnoe posobie / A.Z. Zlotin. – Kiev: Naukova dumka, 1989. – 183 p.

5. Esipenko L.P. Ispol`zovanie nasekomy`x fitofagov v bor`be s ambroziej poly`nnolistnoj v agrocenozax Yuga Rossii / L.P. Esipenko // Zemledelie. – 2013. – № 5. – P. 39–40.

6. Gerber E., Schaffner U., Gassmann A., Hinz H.L., Seier M., Muller-Scharer H. Prospects for biological control of Ambrosia artemisiifolia in Europe: learning from the past // Weed Research, 2011. – Vol. 51. – P. 559–573.

7. Ob e`ffektivnosti introdukcii amerikanskix nasekomy`x-fitofagov ambrozii (Ambrosia artemisiifolia L.) na yuge Rossii / O.V. Kovalev [i dr.] // E`ntomologicheskoe obozrenie. – 2013. – T. 92. – Vy`p. 2. – P. 251–264.

8. Kovalev O.V. Rol` uedinenny`x populyacionny`x voln v obespechenii e`ffektivnosti introdukcii nasekomy`x-fitofagov pri podavlenii zanosny`x sorny`x rastenij / O.V. Kovalev, Yu.V. Tyutyunov // E`ntomologicheskoe obozrenie. – 2014. – T. 93. – Vy`p. 1. – P. 16–29.

9. Matishov G.G. Biologicheskie sposoby` bor`by` s ambroziej v antropogenny`x fitocenozax yuga Rossii / G.G. Matishov, L.P. Esipenko, L.P. Il`ina, I.S. Agas`eva. – Rostov na/D., 2011. – 144 p.

10. E`del`man N.M. Massovoe razvedenie nasekomy`x-fitofagov. – M.: VINTI, 1972. – P. 120–201.

11. Patent RF 2628793. Sposob proizvodstva pitatel`noj sredy` dlya razvedeniya asmbrozievoj sovki Tarachidia candefacta Hubn. / Agas`eva I.S., Fedorenko E.V., Ismailov V.Ya., Ermolenko S.A., 2017. – Byull. № 24.

УДК 633.12(571.15)

РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГРЕЧИХИ НА АЛТАЕ

[1]Важов В.М., [2]Козил В.Н., [1]Бахтин Р.Ф., [3]Яськов М.И.

[1]ФГБОУ ВО «Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М. Шукшина», Бийск, e-mail: vazhov49@mail.ru;

[2]Управление по сельскому хозяйству Администрации Бийского района Алтайского края, Бийск;

[3]ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», Горно-Алтайск

Алтайский край является лидером по посевам гречихи в Российской Федерации, доля ее посевных площадей в масштабах страны превышает 40%, однако урожайность не высокая. Отдельные причины этого связаны с концентрацией посевов гречихи, которая за последние 15 лет возросла почти вдвое – с 24,4% до 43,2%, а также с несовершенством агротехники. На показатели региональной концентрации посевных площадей культуры налагается еще и многообразие климата и почв. Данный фактор позволил выделить 5 обособленных природных районов, где выращивается гречиха: Кулундинский, Алейский, Приобский лесостепной, Лесостепной предгорий Салаира и Предгорий Алтая. Основная доля посевов гречихи в регионе сконцентрирована в предгорной лесостепи Салаира – около 40%, примерно по 20% – размещены на землях предгорий Алтая и Приобской лесостепи и менее 20% посевов приходится на степные территории края. Показатели посевов гречихи в масштабах отдельных муниципалитетов также контрастные – от 1,25 тыс. га в Кулунде до 15,04 тыс. га на Салаире. Отмечена положительная динамика посевов культуры в регионе: от 341,20 тыс. га (2010 г.) до 494,30 тыс. га (2012 г.) при средних посевных площадях 398,33 тыс. га, урожайность зерна также изменялась от 0,59 (2012 г.) до 0,83 т/га (2013 г.) и в среднем составила 0,73 т/га. Обеспечить рост объемов производства гречихи и качества зерна можно на основе комплексного подхода к ее сортовой агротехнике с учетом требований системы земледелия. При этом следует учитывать отзывчивость сортов на местные условия, оптимизировать пространственное размещение посевов, соблюдать необходимые агротехнические параметры. Крестьянско-фермерские хозяйства производят 25% гречихи, поэтому обеспеченность их кадрами и достаточная энергонасыщенность требуют своего дальнейшего разрешения.

Ключевые слова: гречиха, Алтайский край, природные районы, урожайность

REGIONAL ASPECT OF CULTIVATING BUCKWHEAT IN ALTAI

[1]Vazhov V.M., [2]Kozil V.N., [1]Bakhtin R.F., [3]Yaskov M.I.

[1]The Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, e-mail: vazhov49@mail.ru;

[2]Agricultural Board of the Administration of the Biysk District of the Altai Territory, Biysk;

[3]Gorno-Altai State University, Gorno-Altaisk

Altai krai is the leader in buckwheat crops in the Russian Federation, the proportion of its acreage in the country exceeds 40%, but the yield is not high. Some of the reasons for this are related to the concentration of buckwheat crops, which almost doubled over the past 15 years, from 24.4% to 43.2%, as well as to the imperfection of agricultural technology. The indicators of the regional concentration of cultivated areas of culture also impose a variety of climate and soils. This factor allowed to identify 5 separate natural areas where buckwheat is grown: Kulunda, Alei, Priobsky forest-steppe, Forest-steppe foothills of Salair and Foothills of Altai. The main share of buckwheat crops in the region is concentrated in the foothill forest-steppe of Salair – about 40%, about 20% – located on the foothills of the Altai and the Priobskaya forest-steppe and less than 20% of the crops are in the steppe territories of the region. Indicators of buckwheat crops in the scale of individual municipalities are also contrasting – from 1.25 thousand hectares in Kulunda to 15.04 thousand hectares in Salair. The positive dynamics of crop cultivation in the region has been noted: from 341,20 thousand hectares (2010) to 494,30 thousand hectares (2012) with average sown areas 398,33 thousand hectares, grain yields also varied from 0, 59 (2012) to 0.83 t / ha (2013) and averaged 0.73 t / ha. Ensure the growth of buckwheat production and grain quality can be based on an integrated approach to its varietal farming, taking into account the requirements of the farming system. In this case it is necessary to take into account the responsiveness of varieties to local conditions, to optimize the spatial location of crops, to observe the necessary agrotechnical parameters. Peasant farms produce 25% of buckwheat, so ensuring their staff and sufficient energy saturation require their further resolution.

Keywords: buckwheat, Altai Territory, natural areas, yield

Алтайский край – один из ведущих субъектов в стране, производящих зерно гречихи. Доля ее посевов в масштабах России превышает 40%, а урожайность незначительно уступает средним показателям. Гречиха посевная *(Fagopyrum esculentum* Moench.) – важнейший объект земледелия и растениеводства во всех категориях алтайских хозяйств и выращивается повсеместно, так как в значительной степени определяет экономическое благополучие сельских товаропроизводителей. За последние 15 лет посевы гречихи на Алтае увеличились почти вдвое – с 24,4% до 43,2% от российских показателей [1]. Однако чрезмерное перенасыщение гречихой посевных площадей в регионе сопровождается негативными моментами, например обусловливает одну из причин неустойчивости производства зерна в Алтайском крае. На показатель кон-

центрации посевов гречихи налагается еще и широкое природное разнообразие климата и почв, что обусловливает необходимость дальнейшего совершенствования агротехники культуры и ее переработки [2].

Цель исследования: изучить территориальные показатели размещения гречихи на Алтае и рекомендовать хозяйствам основные агротехнические параметры.

Материалы и методы исследования

Изучалась динамика посевов, урожайность и производство зерна гречихи в отдельных муниципалитетах в связи с зональными различиями климата и почв. Исследования предусматривали обобщение достижений различных категорий хозяйств. Использовались результаты полевых опытов авторов, статистические данные и опубликованные литературные источники.

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее распространены в хозяйствах лесостепи Алтая сорта гречихи Девятка, Дикуль, Дизайн и Инзерская, в целом же в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в Алтайском крае, значится 14 сортов.

Среди причин сдерживания объемов продажи гречихи можно назвать территориальные показатели посевов, разноплановую урожайность и дефектность зерна [3, 4].

Территориальные различия и контрастность природных районов региона сопряжены с рельефом – от кулундинских степей и плоских приобских возвышенностей и междуречных пространств Бии и Чумыша до предгорий и гор Алтая и Салаира.

Резко континентальный климат вносит свои сложности и существенно влияет на среду обитания гречихи – в крае ярко выражена сезонная динамика и нестабильность метеорологических факторов, влекущих за собой систематические засухи в степи и лесостепи, возвраты весенних и летних, а также ранних осенних заморозков на всей территории региона. Весна характеризуется метеорологическим своеобразием: ограниченностью во времени, ветровым режимом и дефицитом влажности воздуха, первая часть летнего периода в основном без осадков и жаркая, вторая – чаще дождливая и прохладная.

На продуктивность посевов оказывает воздействие местный микроклимат, отличающийся широким диапазоном влажности воздуха, что обусловливает неравномерность в показателях урожайности даже в границах отдельных хозяйств природной зоны [5].

Разнообразие природных условий определяет широкую неоднородность почвенного покрова – каштановые почвы аридных степей; черноземы засушливой и умеренно засушливой степной зоны; выщелоченные черноземы и серые лесные почвы средней лесостепи; оподзоленные и выщелоченные черноземы, лесные почвы разных подтипов предгорий Салаира; дерново-глубокооподзоленные и серые лесные почвы черневой тайги Салаирского кряжа; черноземы предгорных плато, предгорий и низкогорий Алтая.

На территории края нами выделено пять природных районов, где выращивается гречиха: Кулундинский, Алейский, Приобский лесостепной, Лесостепной предгорий Салаира и Предгорий Алтая. Количество муниципалитетов в них составляет от 10 (Алейский) до 16 (Приобский). Большая часть посевов гречихи находится в лесостепи предгорий Салаира (около 40 %), примерно по 20 % – в алтайских предгорьях и в Приобье, на степные районы региона приходится менее 20 % посевных площадей [6].

Кулунда – наиболее засушливая зона на Алтае, но и самая большая по площади пашни, она включает Западно-Кулундинскую сухостепную и Восточно-Кулундинскую степную территории. Здесь выражена широтная зональность, имеющая отрицательные моменты степного климата: малоснежность, засушливость, иссушающее действие суховеев в весенне-летний период, значительное по глубине промерзание почвенного профиля зимой. Среднее количество годовых осадков в открытой степи не превышает 300–320 мм, из них только 60–70 мм выпадает в твердом виде, что является основным фактором промерзания почвогрунта, сумма температур – около 1600 °С [7].

Количество осадков за период активной вегетации гречихи может составлять от 140 до 200 мм, и только четвертая их часть распределена во времени по июнь включительно, то есть начальный период вегетации данной культуры, как правило, засушлив [7]. Это решающий показатель, ограничивающий рост и развитие гречихи, нивелировать который можно в основном агротехническим путем.

Влагообеспеченность, как климатический фактор, имеет определяющее значение практически на всей территории Алтайского края. За продолжительность засушливого периода обычно принимают период, когда

осадки не выпадали десять и более суток, а если и выпадали, то их размер не превышал 5 мм. Даже в годы с высокой обеспеченностью осадками продолжительность таких засушливых периодов в открытой степи составляет 18–28 дней, и только в лесостепи снижается до 10–11 дней. В годы же с очень низкой влагообеспеченностью минимальная продолжительность засушливых периодов на территории региона варьирует от 20 до 30 дней и более, а максимальная – в открытой степи – до 88 дней [7]. В такие годы осадки здесь практически не отмечаются и посевы гречихи минимальные.

Засушливые периоды в степи повторяются чаще всего 3–4 раза в течение вегетационного периода, но отмечены случаи – до 4–5 раз. При этом количество повторений 3-х и 4-х засушливых периодов мало отличается в лесостепи от степных районов. Сказанное подтверждает практически повсеместное распространение засух в земледельческой зоне региона.

Суммарная длительность засух в степи достигает 40–50 дней, что соответствует практически половине вегетационного периода гречихи даже в благоприятные годы с высокой обеспеченностью осадками. В сухие годы сумма засушливых периодов превышает 100 дней. В такие годы дожди не отмечаются в течение всего вегетационного периода. Однако дожди обильно выпадают к осени, что осложняет уборку всех полевых культур, в том числе гречихи.

Отдельно взятые осадки не могут характеризовать увлажненность территории, так как их эффективность в разных зонах проявляется неодинаково. Потребность растений в воде является биогеографической категорией. Она предусматривает суммарный расход воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы за период вегетации в определенной природной зоне. В связи с этим возникает вопрос о возобновлении мелиоративных работ на территории Алтайского края, в прежние времена имеющего развитое орошаемое земледелие. В настоящее время по-прежнему актуален вопрос сохранения осенних, зимних и ранневесенних осадков в почве агротехническим путем, хотя это не дает полной гарантии получения высокого урожая гречихи.

Алейский природный район находится в засушливой и колочной степи зоны южной лесостепи, с мая по август здесь выпадает 160–200 мм. Район является одним из лучших в регионе по теплообеспеченности. Сумма температур за вегетацию растений здесь несколько выше 2450 °С, из них в маеиюле отмечается более 1650 °С [7]. Названные выше показатели влагообеспеченности характерны и для этой территории.

Приобский лесостепной природный район характеризуется открытыми лесостепными пространствами, является слабо засушливым – за май-август выпадает около 250 мм; период без заморозков составляет около 120 дней с суммой температур за май-июль на уровне 1500 °С [7].

Предгорья Салаира представлены предгорной равниной Салаирского кряжа, это восточная часть Алтайского края, территория является одной из крупнейших в регионе. Предгорья Салаира в летний период обеспечены достаточным количеством влаги и тепла: около 300 мм осадков, сумма температур близка к 2300 °С [7]. Однако теплообеспеченность здесь часто неблагоприятна для гречихи, что отмечено нами во время полевых исследований: 2009 г. характеризовался заморозками, 2010 г. – засухой, 2012, 2014 гг. – обильными затяжными дождями.

Природный район предгорий Алтая характеризуется хорошей тепло- и влагообеспеченностью, количество осадков за теплый период превышает 300 мм, сумма температур достигает 2300 °С [7].

Территориальные почвенно-климатические особенности предопределили специфику в локальных размерах посевных площадей гречихи на Алтае.

Средние данные посевов по муниципалитетам региона очень контрастные, так как различаются в 12 раз – от 1,25 тыс. га (2009 г.) в Кулунде до 15,04 тыс. га (2014 г.) на Салаире (табл. 1).

Таких отклонений в размерах посевных площадей для всех других полевых культур на Алтае не наблюдается. Это предопределяет тщательный подход к зональным технологиям гречихи с учетом сортовых особенностей не только в разрезе природных районов края, но и в отдельных муниципалитетах. Выполнение такой задачи возможно на основе широкомасштабного научного обеспечения разработки новых и совершенствования традиционных технологий возделывания гречихи, чего до настоящего времени в регионе нет. Поэтому урожайность данной культуры является нестабильной и невысокой.

Посевы гречихи в Алтайском крае за последние годы (2007–2015 гг.), при меняющейся динамике, в целом существенно возросли: от 341,20 тыс. га (2010 г.) до 494,30 тыс. га (2012 г.) при средних краевых посевных площадях 398,33 тыс. га (табл. 2).

Таблица 1

Динамика посевов гречихи в природных районах Алтайского края, тыс. га (по данным Алтайкрайстата)

Природный район	Количество муниципалитетов	Год							
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Кулундинский	12	1,59	1,36	1,25	1,54	1,72	2,17	1,87	1,91
Алейский	10	5,58	5,77	3,86	4,86	6,91	7,05	6,79	5,66
Приобский лесостепной	16	4,67	3,66	2,81	3,51	4,84	5,69	6,14	5,04
Лесостепной предгорий Салаира	11	11,56	10,39	8,55	9,62	12,16	14,66	14,33	15,04
Предгорий Алтая	11	7,46	6,68	6,32	7,17	8,69	9,57	9,61	10,97

Примечание. Приведены средние данные по муниципалитетам природных районов.

Таблица 2

Размещение посевов гречихи и урожайность в природных районах Алтайского края (среднее за 2007–2015 гг., по данным Алтайкрайстата)

Природный район	Площадь		Урожайность	
	тыс. га	%	т/га	отклон. (+, –), т/га
Кулундинский	18,38	4,62	0,58	–0,15
Алейский	46,13	11,58	0,72	–0,01
Приобский лесостепной	76,51	19,21	0,69	–0,04
Лесостепной предгорий Салаира	173,85	43,64	0,76	+0,03
Предгорий Алтая	83,46	20,95	0,92	+0,19
В целом по краю	398,33	100	0,73	0

Таблица 3

Производство гречихи в Бийском районе (среднее за 2011–2017 гг., по данным Управления по сельскому хозяйству администрации Бийского района)

Категория хозяйств	Посевная площадь, тыс. га	Урожайность, т/га	Валовой сбор, т
Сельхозпредприятия	11,90	0,90	10707
КФХ	4,21	0,84	3551
Всего	16,11	0,87	14258

Примечание. КФХ – крестьянско-фермерские хозяйства.

При этом урожайность культуры изменялась от 0,59 (2012 г.) до 0,83 т/га (2013 г.) и в среднем по краю составила 0,73 т/га, что несколько ниже общероссийских показателей. Подобная динамика в посевах гречихи и урожайности зерна в регионе в целом характерна для последнего десятилетия.

Представляют практический интерес данные посевов и производства зерна гречихи в Бийском муниципальном районе за 2011–2017 гг. (табл. 3). Район является типичным по природным условиям для лесостепи Алтайского края, это один из крупнейших производителей гречихи в регионе. Фермеры данного района ежегодно производят значительную часть зерна этой культуры: от 2416 т до 5018 т, что составляет 26 и 47% от произведенных объемов гречихи в хозяйствах всех категорий. Лучшие валовые сборы гречихи характерны для 2017 г. – 21199 т, наименьшие получены в 2014 г. – 9402 т, что объясняется метеорологическими факторами в разрезе лет и частично неубранными площадями.

На примере обсуждаемой локальной территории Алтая можно спрогнозировать производство гречихи для лесостепной зоны региона с учетом характерных погодных условий и возделываемых сортов.

Наиболее признанный производственниками сорт Дикуль даёт высокую и стабильную урожайность зерна даже в неблагоприятные годы: в КФХ «Кузнецов И.А.» получают 1,27 т/га; в КФХ «Кочуганов С.А.» – 1,19 т/га; в ООО «Гея» – 1,07 т/га; в ООО «Восточное» – 1,00 т/га.

Кроме отмеченных резервов повышения урожайности гречихи важное значение имеет создание самоопыляющихся сортов, успешную работу с которыми ведут орловские селекционеры [8]. Возделывание детерминантных сортов повышает урожайность до 30%, поэтому исследование продукционных особенностей детерминантных растений гречихи не потеряло своей актуальности [9]. Особую значимость имеет оценка влияния некорневых подкормок, положительный эффект от них по урожайности составляет 12–28% [10], окупаемость удобрений – более чем в 2,4 раза выше нормативной [11]. Растения мутантной формы созревают на 4,7 дня раньше по сравнению с сортом-эталоном Дикуль [12], детерминантные растения гречихи отличаются способностью усиливать отток ассимилятов в плоды [13], что ускоряет созревание зерна и создает предпосылки однофазовой уборки.

Выбор близких к оптимальным сроков уборочных работ гречихи, а также способов уборки позволяет не только собрать максимальный урожай, но и снижает долю некачественного зерна, улучшает потребительские качества производимой продукции, так как влажность зерна при уборке достигает 25–30%, разрыхляется структура зерна, снижаются технологические качества [14]. Значительной дефектности подвержен урожай, убранный во время дождей, когда зерно выходит из состояния покоя и прорастает в валках, при содержании до 3% проросших зерен в партии, длина проростков составляет 3 мм и 60% ростков отламывалось при транспортировке зерна, а также в результате воздействия технологических машин при его обработке [15]. В хозяйствах возникают сложности в реализации урожая, а у переработчиков гречихи падает рентабельность отрасли. В связи с этим технологии уборочных работ заслуживают особого внимания, например внедрение десикации в практику земледелия существенно уменьшает потери зерна.

Выводы

Хорошие почвенно-климатические ресурсы для возделывания гречихи сосредоточены в хозяйствах лесостепи, предгорий Салаира и Алтая. Ее доля в посевной площади увлажненных природных зон не должна превышать 8–10% и 18–20% – в аридных условиях степи. Лучшими следует считать сорта Девятка, Дикуль, Дизайн и Инзерская. Рекомендуемые параметры агротехники для крестьянско-фермерских хозяйств и сельскохозяйственных предприятий следующие: сроки сева лучше устанавливать в два периода: ранние, при прогревании посевного слоя почвы выше 10 °С, и поздние, после весенних заморозков, что обеспечит снижение потерь в уборочный период. Рекомендуемый способ посева – широкорядный с междурядьями 0,45 м с нормой высева 2–2,5 млн семян.

Список литературы

1. Фесенко А.Н. Результаты селекции, динамика производства и рынок зерна гречихи (анализ многолетних данных) / А.Н. Фесенко, И.Н. Фесенко // Земледелие. – 2017. – № 3. – С. 24–27.

2. Марьин В.А. Использование нестандартного зерна гречихи и оценка качества продуктов его переработки / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин. – Бийск, 2011. – 151 с.

3. Важов В.М. Резервы производства гречихи в Алтайском крае / В.М. Важов, С.В. Важов, Т.И. Важова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 2. Часть 3. – С. 91–94. DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.044.

4. Марьин В.А. Оценка качества гречневой крупы ядрица из проросшего зерна / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Хлебопродукты. – 2013. – № 8. – С. 49–51.

5. Важов С.В. Агроэкологические предпосылки формирования устойчивой урожайности Fagopyrum esculentum Moench. в природных районах Алтайского края / С.В. Важов, Р.Ф. Бахтин, В.М. Важов // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3.; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=24522 (дата обращения: 06.05.2018).

6. Важов В.М. Агроэкологические вопросы выращивания Fagopyrum esculentum Moench. на Алтае / В.М. Важов, В.Н. Козил, С.В. Важов // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 1. – С. 56–60.

7. Важов В.М. Гречиха на полях Алтая / В.М. Важов. – М., 2013. – 188 с.

8. Фесенко А.Н. Перспективы селекции гомостильных популяций гречихи / А.Н. Фесенко, И.А. Гуринович, Н.В. Фесенко // Аграрная наука. – 2008. – № 3. – С. 10–12.

9. Детерминантные сорта гречихи нового поколения / А.Н. Фесенко и [др.] // Земледелие. – 2012. – № 5. – С. 38–39.

10. Глазова З.И. Оценка влияния некорневых подкормок на урожайность гречихи в системе «сорт – подкормка – погода» / З.И. Глазова // Земледелие. – 2016. – № 4. – С. 22–24.

11. Глазова З.И. Урожайность и технологические свойства зерна гречихи в зависимости от сорта и удобрений / З.И. Глазова, И.М. Михайлова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1 (25). – С. 87–91.

12. Фесенко А.Н. Динамика цветения растений мутантной формы determinate floret cluster / А.Н. Фесенко, О.В. Бирюкова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 3. – С. 28–32.

13. Продукционные особенности детерминантных растений гречихи / А.Н. Фесенко и [др.] // Земледелие. – 2012. – № 5. – С. 42–44.

14. Марьин В.А. Технологические свойства влажного и сырого зерна гречихи / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38, № 3. – С. 35–40.

15. Влияние гидротермической обработки на проросшие зерна гречихи / В.А. Марьин [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 5. – С. 44–46.

References

1. Fesenko A.N. Rezul`taty` selekcii, dinamika proizvodstva i ry`nok zerna grechixi (analiz mnogoletnix danny`x) / A.N. Fesenko, I.N. Fesenko // Zemledelie. – 2017. – № 3. – P. 24–27.

2. Mar`in V.A. Ispol`zovanie nestandartnogo zerna grechixi i ocenka kachestva produktov ego pererabotki / V.A. Mar`in, A.L. Vereshhagin. – Bijsk, 2011. – 151 p.

3. Vazhov V.M. Rezervy` proizvodstva grechixi v Altajskom krae / V.M. Vazhov, S.V. Vazhov, T.I. Vazhova // Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skij zhurnal. – 2016. – № 2. Chast` 3. – P. 91–94. DOI: 10.18454/IRJ.2016.44.044.

4. Mar`in V.A. Ocenka kachestva grechnevoj krupy` yadricza iz prorosshego zerna / V.A. Mar`in, A.L. Vereshhagin, N.V. By`chin // Xleboprodukty`. – 2013. – № 8. – P. 49–51.

5. Vazhov S.V. Agroe`kologicheskie predposy`lki formirovaniya ustojchivoj urozhajnosti Fagopyrum esculentum Moench. v prirodny`x rajonax Altajskogo kraya / S.V. Vazhov, R.F. Baxtin, V.M. Vazhov // Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. – 2016. – № 3.; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=24522 (data obrashheniya: 06.05.2018).

6. Vazhov V.M. Agroe`kologicheskie voprosy` vy`rashhivaniya Fagopyrum esculentum Moench. na Altae / V.M. Vazhov, V.N. Kozil, S.V. Vazhov // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 1. – P. 56–60.

7. Vazhov V.M. Grechixa na polyax Altaya / V.M. Vazhov. – M., 2013. – 188 p.

8. Fesenko A.N. Perspektivy` selekcii gomostil`ny`x populyacij grechixi / A.N. Fesenko, I.A. Gurinovich, N.V. Fesenko // Agrarnaya nauka. – 2008. – № 3. – P. 10–12.

9. Determinantny`e sorta grechixi novogo pokoleniya / A.N. Fesenko i [dr.] // Zemledelie. – 2012. – № 5. – P. 38–39.

10. Glazova Z.I. Ocenka vliyaniya nekornevy`x podkormok na urozhajnost` grechixi v sisteme «sort-podkormka-pogoda» / Z.I. Glazova // Zemledelie. – 2016. – № 4. – P. 22–24.

11. Glazova Z.I. Urozhajnost` i texnologicheskie svojstva zerna grechixi v zavisimosti ot sorta i udobrenij / Z.I. Glazova, I.M. Mixajlova // Zernobobovy`e i krupyany`e kul`tury`. – 2018. – № 1 (25). – P. 87–91.

12. Fesenko A.N. Dinamika czveteniya rastenij mutantnoj formy` determinate floret cluster / A.N. Fesenko, O.V. Biryukova // Zernobobovy`e i krupyany`e kul`tury`. – 2013. – № 3. – P. 28–32.

13. Produkcionny`e osobennosti determinantny`x rastenij grechixi / A.N. Fesenko i [dr.] // Zemledelie. – 2012. – № 5. – P. 42–44.

14. Mar`in V.A. Texnologicheskie svojstva vlazhnogo i sy`rogo zerna grechixi / V.A. Mar`in, A.L. Vereshhagin, N.V. By`chin // Texnika i texnologiya pishhevy`x proizvodstv. – 2015. – T. 38, № 3. – P. 35–40.

15. Vliyanie gidrotermicheskoj obrabotki na prorosshie zerna grechixi / V.A. Mar`in [i dr.] // Xleboprodukty`. – 2014. – № 5. – P. 44–46.

УДК 630*2:631.811.98:633.877.3

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ НА ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ И ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS)

Гапонько Е.А., Каницкая Л.В.

ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет», Иркутск, e-mail: k.gaponko@mail.ru, kanlv@mail.ru

Проведено исследование по выявлению наиболее эффективного стимулятора, влияющего на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (Pinus sylvestris). Объектом исследования являлись семена сосны обыкновенной I класса качества урожая 2017 г. Всего в ходе эксперимента было заложено 8 партий семян. На каждый стимулятор и контроль пришлось по 2 партии, одна из которых предварительно была стратифицирована. В каждой партии было размещено по 400 шт. семян. В качестве стимулирующих препаратов использовали Рибав-экстра, Эпин-экстра и Циркон. Результат эксперимента показал, что наиболее эффективным стимулятором для стратифицированных семян сосны обыкновенной является Рибав-экстра. Энергия прорастания стратифицированной и обработанной стимулятором Рибав-экстра партии семян на 4,3 % выше, чем у стратифицированной контрольной партии. Лабораторная всхожесть превышала контроль на 2,1 %. При этом наблюдались ростки семян, обработанных стимулятором Рибав-экстра в 2 раза длиннее, чем ростки партии контроля. Увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести как у стратифицированных, так и у нестратифицированных партий было выявлено у семян, обработанных стимулятором Циркон. В среднем данные показатели качества превышали результаты контрольных партий на 1,1 %. Установлено, что ростки обработанных Цирконом семян в 1,5 раза длиннее, чем ростки партий контроля. Худший результат показали партии семян, обработанные стимулятором роста Эпин-экстра. Как у стратифицированных, так и у нестратифицированных партий лабораторная всхожесть не была повышена с помощью данного стимулятора. Но длина ростков, обработанных Эпин-экстра семян также превышала длину контрольных.

Ключевые слова: стимулятор, сосна обыкновенная (Pinus sylvestris), семена, лабораторная всхожесть, энергия прорастания

EVALUATING INFLUENCE OF STIMULANTS UPON ENERGY OF GERMINTATION AND SEED GROWTH FOR SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS)

Gaponko E.A., Kanitskaya L.V.

Baikal State University, Irkutsk, e-mail: k.gaponko@mail.ru, kanlv@mail.ru

A study was conducted to identify the most effective stimulator affecting the germination energy and laboratory germination of Scots pine seeds (pinus sylvestris). The object of the present research was the seeds of Scots pine (pinus sylvestris) first class crop quality, 2017. In total, 8 batches of seeds were laid during the experiment. Each stimulator and control had 2 batches, one of which was previously stratified, and the other was not. 400 seeds were placed in each lot. The following drugs were used as stimulants: Ribav-extra, Epin-extra and Zircon. The result of the experiment showed us that the most effective stimulant for stratified seeds was Ribav-extra. The energy of germination for stratified and treated with stimulant Ribav-extra quantity of seeds was 4.3% higher than the stratified control of the party. Laboratory germination exceeded control by 2.1%. At the same time, there were sprouts of seeds treated with a stimulant Ribav-extra for 2 times longer period than the sprouts of the control batch. Increased germination energy and laboratory germination in both stratified and non-stratified batches was registered among seeds treated with Zircon stimulator. On average, these quality indicators exceeded the results of control batches by 1.1%. It was found that the sprouts of seeds treated with Zircon were 1.5 times longer than the sprouts of control batches. The worst result was achieved with lots of seeds treated with growth stimulator Epin-extra. In both stratified and non-stratified batches, laboratory germination was not increased with this stimulant. But, the length of the treated Epin-extra seeds exceeded the length of the control.

Keywords: stimulator, Scots pine (Pinus sylvestris), seeds, laboratory germination, germinating energy, seed germinating ability

Площадь лесов Российской Федерации и, в частности, Иркутской области с каждым годом сокращается [1, с. 20–21]. Наиболее высокими темпами сокращалась площадь спелых и перестойных сосновых древостоев. В источнике [1] показано, что доля сосняков, достигших возраста спелости, неуклонно снижается: в 1961 г. она составляла 72 % от общей площади сосновых насаждений, в 1973 – 62 %, в 1978 – 54 %, в 1983 – 52 %, в 1988 – 50 %, в 1993 – 47 %, в 1998 – 45 %, в 2003 – 44 %, в 2008 – 41 %, а на 1 января 2017 г. их доля сократилась до 39 %. И такая тенденция сохраняется из-за увеличения объемов лесохозяйственной деятельности в Иркутской области [2, 3]. Автор работы [4] считает, что «проблемы нерационального, часто экономически неэффективного использования природно-ресурсного потенциала, загрязнения природной среды, разрушения экосистем находят отражение на национальном и региональном уровнях». Объемы лесовосстановления недостаточны, чтобы предот-

вратить сокращение лесных массивов [1]. В настоящее время лесовосстановление и лесоразведение как в России, так и в Иркутской области испытывает острый дефицит в качественном посадочном материале. Одним из способов решения задачи выращивания посадочного материала с хорошей приживаемостью является использование биологических методов обработки семян, в частности биостимуляторов роста растений [5–7]. Применение ростовых веществ позволяет не только ускорить рост сеянцев, но и стимулировать их иммунитет. Это приводит к повышению устойчивости ко многим болезням различной этиологии, а также к стрессам [8–9].

Цель исследования: выявить наиболее эффективный стимулятор, влияющий на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в лабораторных условиях.

Материалы и методы исследования

Эксперимент по выявлению наиболее эффективного стимулятора проводили на базе филиала ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Иркутской области» в лаборатории отдела «Иркутская лесосеменная станция». Использовали семена сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) I класса качества, заготовленные в Иркутской области, урожая 2017 г., в количестве 3 200 шт. Из них 1 600 семян предварительно были стратифицированы в холодной воде в течение 6 ч. Непосредственно перед стратификацией семена продезинфицировали в 1 л воды с добавлением 5 г марганцовокислого калия в течение 2 ч. В качестве стимулирующих препаратов использовали Рибав-экстра, Эпин-экстра и Циркон. В эксперименте использовали концентрации растворов стимуляторов и время замачивания, которые указаны в инструкциях к препаратам. Это связано с тем, что «Иркутская лесосеменная станция» филиала ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Иркутской области» обязаны действовать строго согласно инструкциям, регламенту и требованиям ГОСТ 13056.6–97 [10]. Две партии семян: стратифицированные и нестратифицированные по 400 шт. в каждой были помещены в раствор Рибав-экстра. Через 18 ч семена были разложены по 100 шт. на двухслойные обеззоленные фильтры. Четыре партии семян (400 шт.) были обработаны стимуляторами Эпин-экстра и Циркон и через 2 ч семена и также были разложены фильтры по 100 шт. на каждом. Концентрация растворов Рибав-экстра, Эпин-экстра и Циркон составляли 5×10^{-4} мл/мл. Контрольные партии (одна стратифицированная) были разложены на фильтры с помощью счетчика-раскладчика с числом отверстий 100 шт. Раскладку проводили на аппарате для проращивания семян на свету. Температура воды в аппарате составляла 22 °С и регулировалась автоматическим регулятором температуры и приставкой постоянной температуры. Предварительно аппарат обработали спиртом, а байки с фитилями прокипятили в течение 10 мин. Всего в ходе эксперимента было заложено 8 партий семян. На каждый стимулятор и контроль пришлось по 2 партии, одна из которых предварительно была стратифицирована, а другая не стратифицирована. В каждой партии было размещено по 400 шт. семян. Учет проростков проводили на 5, 7, 10, 15-е сутки. Результативность препаратов оценивали по энергии прорастания на 7-е сутки, и по лабораторной всхожести на 15-е сутки, в соответствии с ГОСТ 13056.6–97 [10].

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время идет активный поиск и испытания различных групп природных и синтетических органических соединений (табл. 1), которые активно влияют на обмен веществ высших растений [8, 9, 11]. Авторами исследований [6, 7] выявлено, что для того, чтобы получить наибольший эффект при обработке семян сосны обыкновенной препаратом Эпин-экстра, необходимо выдержать их в растворе данного стимулятора с концентрацией 0,04 мл/200 мл в течение 1–3 ч. Для стимулятора Циркон наилучшая концентрация раствора – 0,02 мл/200 мл, период замачивания должен составлять 6–8 ч. По данным авторов [8] Рибав-экстра оказывает наибольшее воздействие на всхожесть семян сосны обыкновенной.

В результате экспериментов было выявлено, что биостимуляторы Рибав-экстра и Циркон оказали положительное воздействие на все исследуемые параметры (табл. 2). Однако наиболее эффективным стимулятором для стратифицированных семян оказался Рибав-экстра. Энергия прорастания стратифицированной и обработанной стимулятором Рибав-экстра партии семян (рис. 1) на 4,3 % выше, чем у стратифицированной контрольной партии. А лабораторная всхожесть данной простимулированной партии семян (рис. 2) превышала контроль на 2,1 % (табл. 2).

Таблица 1

Стимулирующие препараты прорастания семян

Природные стимуляторы		Синтетические стимуляторы
Фитогормоны	Стимуляторы негормональной природы	
Эпин-экстра – регулятор роста и развития растений с ярко выраженным антистрессовым и адаптогенным действием (0,025 г/л д.в. 24-эпибрассинолид) [12]	Экогель – композиция линейных полиаминосахаридов (хитозанов) в растворе альфаоксипропионовой кислоты. Активатор иммунитета, повышения приживаемости и болезнеустойчивости [12]	Гетероауксин – индолил-3 уксусной кислоты калиевая соль, 50 г/кг [12]
Новосил – водная эмульсия экстракта хвои пихты сибирской [13]	Энерген – калиевые соли гуминовых кислот, 80 г/л. Повышает энергию прорастания и всхожесть семян, стимулирует рост и развитие растений, защищает растения от неблагоприятных факторов, заморозков, засухи и повышает приживаемость растений при пересадке [12]	Крезацин – синтетический адаптоген и иммуностимулятор. Повышает устойчивость живых организмов к длительному действию неблагоприятных факторов: пониженной и повышенной температуры, засухи и др. Ускоряет рост, развитие и сроки созревания [9]
–	Агат-25К – создан на основе метаболитов штамма бактерий Pseudomonas aureofaciens H16 (штамм депонирован в ВКМ РАН под № В 2433 Д), в процессе которого синтезируется комплекс ростостимулирующих соединений: 3-индолилуксусная кислота, α-аланин, α-глутаминовая кислота, в концентрированной форме [11]	Фумар – диметиловый эфир аминофумаровой кислоты, является синтетическим аналогом природных фитогормонов и сочетает в себе свойства ауксинов, гиббереллинов и цитокининов [6]
–	Циркон – 0,1 г/л, гидроксикоричные кислоты. Стимулирует ростовые процессы, защищает от стрессов и составляет систему жизнеобеспечения растений [12]	–
–	Иммуноцитофит – смесь этиловых жирных кислот и мочевины [12]	–
–	ОберегЪ – полиненасыщенные жирные кислоты, которые являются составной частью витамина F (арахидоновая кислота – 0,15 г/л) [12]	–
–	Рибав-экстра – продукт метаболизма микоризных грибов, выделенных из корней женьшеня. Действующее вещество 0,00152 г/л L-аланин + 0,00196 г/л L-глутаминовой кислоты [8]	–

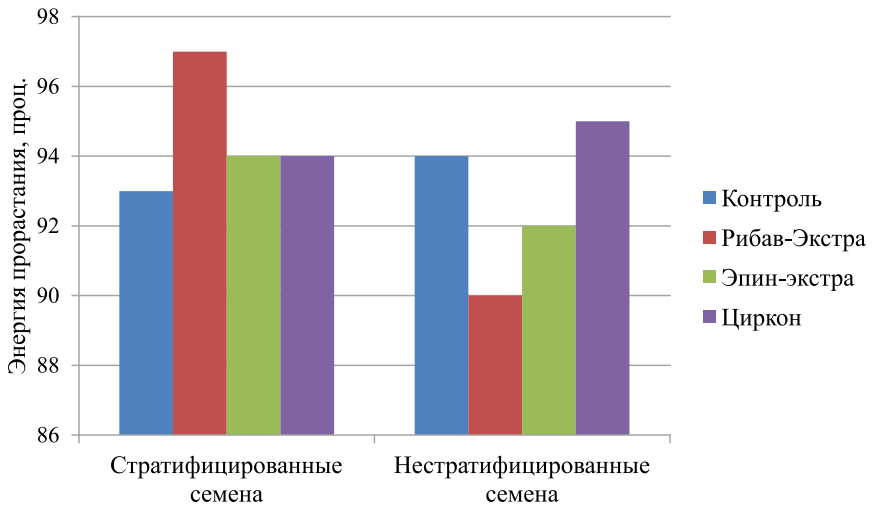


Рис. 1. Значение энергии прорастания контроля и обработанных стимуляторами семян сосны обыкновенной (Pinus sylvestris)

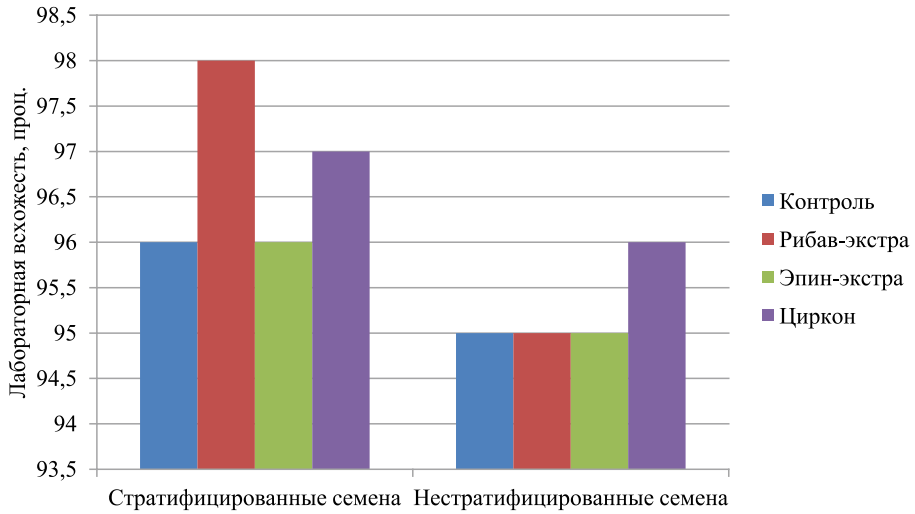


Рис. 2. Значение лабораторной всхожести контроля и обработанных стимуляторами семян сосны обыкновенной (Pinus sylvestris)

Таблица 2

Влияние стимуляторов Рибав-экстра, Циркон, Эпин-экстра на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)

Дата очередного подсчета проростков, дн.	Стратифицированные семена		Нестратифицированные семена	
	Контроль, шт.	Число нормально проросших семян, шт/процент относительно контроля	Контроль, шт.	Число нормально проросших семян, шт/процент относительно контроля
Стимулятор Рибав-экстра				
5-й	351	381 /+8,5	358	351 /–2,0
7-й	20	5/–25,0	16	8/–50,0
10-й	10	3/–70,0	6	21/+250,0
15-й	1	2 /+100,0	0	0/0
Энергия прорастания, проц.	93	97 /+4,3	94	90 /–4,3
Всхожесть, проц.	96	98 /+2,1	95	95 /0
Число непроросших семян, шт.	18	9	20	20
Стимулятор Циркон				
5-й	351	357 /+1,7	358	374 /+4,5
7-й	20	17/–15,0	16	5/–68,7
10-й	10	11/+10,0	6	5/–16,7
15-й	1	1/0	0	1 /+100,0
Энергия прорастания, проц.	93	94 /+1,1	94	95 /+1,1
Всхожесть, проц.	96	97 /+1,0	95	96 /+1,1
Число непроросших семян, шт.	18	14	20	15
Стимулятор Эпин-экстра				
5-й	351	363 /+3,4	358	354 /–1,1
7-й	20	12/–40,0	16	15/–6,2
10-й	10	10/0	6	10/+66,7
15-й	1	0 /–100,0	0	0/0
Энергия прорастания, проц.	93	94 /+1,1	94	92 /–2,1
Всхожесть, проц.	96	96 /0	95	95 /0
Число непроросших семян, шт.	18	15	20	21

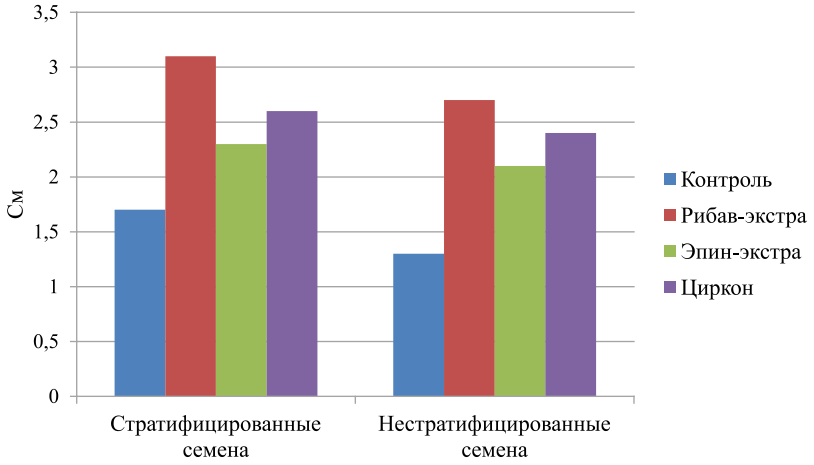


Рис. 3. Значение длины ростков проросших семян сосны обыкновенной (Pinus sylvestris)

Также необходимо отметить, что ростки стратифицированной и обработанной стимулятором Рибав-экстра партии семян в 2 раза длиннее, чем ростки партии стратифицированного контроля (рис. 3). На нестратифицированные семена стимулятор Рибав-экстра оказал обратное действие: энергия прорастания данной партии была ниже контрольной на 4,3 %. Однако длина ростков нестратифицированных и обработанных раствором Рибав-экстра семян также в 2 раза превышала длину контрольных ростков (рис. 3). Увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести как у стратифицированных, так и у нестратифицированных партий было выявлено у семян, обработанных стимулятором Циркон. В среднем данные показатели превышали результаты контрольных партий на 1,1 % (табл. 2).

Также установлено, что ростки обработанных Цирконом семян в 1,5 и 1,8 раза длиннее, чем ростки партий контрольных семян нестратифицированных и стратифицированных соответственно (рис. 3).

Худший результат показали партии семян, обработанные стимулятором роста Эпин-экстра. Как у стратифицированных, так и у нестратифицированных партий лабораторная всхожесть не была повышена с помощью данного стимулятора (табл. 2). Но длина ростков семян, обработанных Эпин-экстра, также превышала длину контрольных (рис. 3).

Заключение

Проведенные исследования показали, что наибольший эффект на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной имеет биостимулятор Рибав-экстра. Энергию прорастания стратифицированной и обработанной стимулятором Рибав-экстра партии семян сосны обыкновенной он повысил на 4,3. Лабораторную всхожесть на 2,1 %. Также необходимо отметить, что ростки стратифицированной и обработанной стимулятором Рибав-экстра партии в 2 раза длиннее, чем ростки партии стратифицированного контроля. Увеличение энергии прорастания и лабораторной всхожести как у стратифицированных, так и у нестратифицированных партий было выявлено у семян, обработанных стимулятором Циркон. В среднем данные показатели качества превышали результаты контрольных партий на 1,1 %. Также установлено, что ростки обработанных Цирконом семян в 1,5 раза длиннее, чем ростки партий контроля. Худший результат показали партии семян, обработанные стимулятором роста Эпин-экстра.

Список литературы

1. Лесной план Иркутской области на 2009–2018 годы. Книга 1. Пояснительная записка. – Иркутск, 2017. – 406 с. URL: http://irkobl.ru/sites/alh/documents/proektnormpravaktov/LesPlan/LesPlan_PartI_04102017.pdf (дата обращения: 07.08.2018).

2. Костылева С.В. Тенденции развития лесопромышленного комплекса Иркутской области / С.В. Костылева // Известия Байкальского государственного университета. – 2018. – Т. 28, № 2. – С. 266–274. DOI: 10.17150/2500-2759.2018.28(2).266-274.

3. Суходолов А.П. Целлюлозно-бумажная промышленность Байкальского региона / А.П. Суходолов. – Новосибирск: Изд-во Ин-та экономики и орг. пром. пр-ва СО РАН, 1995. – 146 с.

4. Русецкая Г.Д. Устойчивое управление, экологические законы и проблемы лесных систем / Г.Д. Русецкая // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2015. – Т. 25, № 3. – С. 408–415. DOI:10.17150/1993-3541.2015.25(3).408-415.

5. Алиев Э.В. Влияние предпосевной обработки семян на всхожесть и рост сеянцев сосны обыкновенной ростовыми веществами / Э.В. Алиев, А.И. Сиволапов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4.; URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9909 (дата обращения: 07.08.2018).

6. Острошенко В.В. Влияние предпосевной обработки семян стимуляторами роста на их посевные качества / В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 5 (56). – С. 12–15.

7. Острошенко В.Ю. Продолжительность замачивания семян хвойных в растворе стимулятора роста эпин-экстра / В.Ю. Острошенко // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 41. – С. 137–141.

8. Кириенко Н.Н. Влияние препарата «Рибав-экстра» на всхожесть семян сосны обыкновенной (Pinus Sylvestris L.) / Н.Н. Кириенко, В.Г. Распопин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3 (66). – С. 145–148.

9. Влияние стимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (Pinus Silvestris L.) / В.В. Острошенко [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – Т. 17, № 6. – С. 242–247. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2015/2015_6_242_247.pdf (дата обращения: 07.08.2018).

10. ГОСТ 13056.6–97. Межгосударственный стандарт. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200025567.pdf (дата обращения: 07.08.2018).

11. Агат-25К // ООО Эдна.URL: http://agat-25k.ru/agat-25k (дата обращения: 07.08.2018).

12. Кириенко М.А. Влияние стимуляторов роста на всхожесть семян и сохранность всходов главных лесообразующих пород / М.А. Кириенко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 12. – С. 134–140.

13. Что такое Новосил // НПП Биохимзащита. URL: http://biohimzashita.ru/novosil-menyu (дата обращения: 07.08.2018).

References

1. Lesnoj plan Irkutskoj oblasti na 2009–2018 gody`. Kniga 1. Poyasnitel`naya zapiska. – Irkutsk, 2017. – 406 p. URL: http://irkobl.ru/sites/alh/documents/proektnormpravaktov/LesPlan/LesPlan_PartI_04102017.pdf (data obrashheniya: 07.08.2018).

2. Kosty`leva S.V. Tendencii razvitiya lesopromy`shlennogo kompleksa Irkutskoj oblasti / S.V. Kosty`leva // Izvestiya Bajkal`skogo gosudarstvennogo universiteta. – 2018. – T. 28, № 2. – P. 266–274. DOI: 10.17150/2500-2759.2018.28(2).266-274.

3. Suxodolov A.P. Cellyulozno-bumazhnaya promy`shlennost` Bajkal`skogo regiona / A.P. Suxodolov. – Novosibirsk: Izd-vo In-ta e`konomiki i org. prom. pr-va SO RAN, 1995. – 146 p.

4. Ruseczkaya G.D. Ustojchivoe upravlenie, e`kologicheskie zakony` i problemy` lesny`x sistem / G.D. Ruseczkaya // Izvestiya Irkutskoj gosudarstvennoj e`konomicheskoj akademii. – 2015. – T. 25, № 3. – P. 408–415. DOI:10.17150/1993-3541.2015.25(3).408-415.

5. Aliev E`.V. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan na vsxozhest` i rost seyancev sosny` oby`knovennoj rostovy`mi veshhestvami / E`.V. Aliev, A.I. Sivolapov // Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. – 2013. – № 4.; URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9909 (data obrashheniya: 07.08.2018).

6. Ostroshenko V.V. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan stimulyatorami rosta na ix posev-ny`e kachestva / V.V. Ostroshenko, L.Yu. Ostroshenko // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 5 (56). – P. 12–15.

7. Ostroshenko V.Yu. Prodolzhitel`nost` zamachivaniya semyan xvojny`x v rastvore stimulyatora rosta e`pin e`kstra / V.Yu. Ostroshenko // Aktual`ny`e problemy` lesnogo kompleksa. – 2015. – № 41. – P. 137–141.

8. Kirienko N.N. Vliyanie preparata «Ribav-e`kstra» na vsxozhest` semyan sosny` oby`knovennoj (Pinus Sylvestris L.) / N.N. Kirienko, V.G. Raspopin // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 3 (66). – P. 145–148.

9. Vliyanie stimulyatorov rosta na e`nergiyu prorastaniya i laboratornuyu vsxozhest` semyan sos-ny` oby`knovennoj (Pinus Silvestris L.) / V.V. Ostroshenko [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauch-nogo centra RAN. – 2015. – T. 17, № 6. – P. 242–247. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2015/2015_6_242_247.pdf (data obrashheniya: 07.08.2018).

10. GOST 13056.6–97. Mezhgosudarstvenny`j standart. Semena derev`ev i kustarnikov. Metod opredeleniya vsxozhesti. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200025567.pdf (data obrashheniya: 07.08.2018).

11. Agat 25K // OOO E`dna.URL: http://agat-25k.ru/agat-25k (data obrashheniya: 07.08.2018).

12. Kirienko M.A. Vliyanie stimulyatorov rosta na vsxozhest` semyan i soxrannost` vsxodov glavny`x lesoobrazuyushhix porod / M.A. Kirienko // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvenno-go agrarnogo universiteta. – 2014. – № 12. – P. 134–140.

13. Chto takoe Novosil // NPP Bioximzashhita. URL: http://biohimzashita.ru/novosil-menyu (data obrashheniya: 07.08.2018).

УДК 632.95:633.854.78

СКРИНИНГ ГЕРБИЦИДНЫХ АНТИДОТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА В РЯДУ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИАЗОЛОПИРИМИДИНОВ

[1]Дмитриева И.Г., [2]Дядюченко Л.В.

[1]ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, e-mail: irina.bona.mente@gmail.com;

[2]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», Краснодар, e-mail: ludm.dyadiuchenko@yandex.ru

При выращивании сельскохозяйственных культур широко используются химические средства борьбы с сорной растительностью. Однако гербициды наносят вред не только сорнякам, но и культурным растениям. В практике возможны случаи непреднамеренного повреждения значительных площадей сельскохозяйственных культур гербицидными препаратами. Подсолнечник – основная масличная культура в нашей стране, он занимает три четверти площади посевов всех масличных культур, а Краснодарский край является безусловным лидером по производству семян подсолнечника. В то же время подсолнечник является очень чувствительной культурой к гербицидам группы 2,4-Д, и при неумышленном воздействии последних потери урожая могут быть невосполнимыми. Одним из приёмов как повышения урожайности подсолнечника и выхода масла, так и спасения урожая в случае такой необходимости является создание и использование антидотов, нивелирующих негативное действие гербицидов на растения и окружающую среду. Наша работа посвящена поиску антидотов для вегетирующих растений подсолнечника от повреждающего действия фитотоксикантов группы 2,4-Д в ряду производных триазолопиримидинов. С этой целью нами синтезирована серия N-замещённых 4,6-диметил-1,2,4-триазоло[1,5-b]пиримидил-3-сульфониламидов. В условиях лабораторного опыта отобраны соединения, проявляющие антидотный эффект как на стеблях, так и на корнях проростков подсолнечника на уровне 20–61%. В полевом опыте вегетирующие растения подсолнечника, на фоне 40–50%-ного поражения гербицидом, через 1 или 3 суток проводили обработку антидотом в дозе 40 г/га. Выявлены 2 вещества, проявившие существенную антидотную активность. Под их влиянием прибавка урожая подсолнечника составила 5,3–5,5 и 6,4–6,6 ц/га соответственно, что соответствует 35–39 и 44–46%-ному антидотному эффекту. Таким образом, найденные соединения могут быть использованы в качестве действующих веществ для создания гербицидных антидотов.

Ключевые слова: гербициды, потери урожая, подсолнечник, антидоты, скрининг, триазолопиримидины, антидотный эффект

SCREENING HERBICIDE ANTIDOTES FOR SUNFLOWER PLANTS IN THE LINE OF TRIAZOLOPYRIMIDINE PRODUCTS

[1]Dmitrieva I.G., [2]Dyadyuchenko L.V.

[1]I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: irina.bona.mente@gmail.com;

[2]All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, e-mail: ludm.dyadiuchenko@yandex.ru

In production of agricultural crops, chemicals are widely used to control weed vegetation. Herbicides can harm not only the weeds, but also damage crop plants. Actually, there are some examples of unintentional damage to large areas of crops by herbicides. Sunflower is the main oil-plant in our country, it occupies three quarters of all oil-plant areas, and Krasnodar region is an absolute leader in production of sunflower seeds. At the same time, sunflower is very sensitive to herbicides of group 2,4-D, and when unintentionally being effected by the latter yield, losses may be irretrievable. One of the ways to increase yields of sunflower and the output of oil, as well as save the crop, if necessary, is development and implementation of antidotes that neutralize negative effects of herbicides upon plants and the environment. Our study is aimed to search for 2.4-D antidotes for sunflower growing plants against the damaging effect of phytotoxicants of group 2,4-D in the line of triazolopyrimidine priducts. Thus, we synthesized a series of N-substituted 4,6-dimethyl-1,2,4-triazolo [1,5-b] pyrimidyl-3-sulfonylamides. Under the conditions of laboratory experiment, compounds that exhibitied an antidotal effect both on the stems and on the roots of sunflower seedlings at a level of 20-61% were selected. Under the conditions of the field experiment, the herbicide was applied to vegetating sunflower plants in a dose causing a 40-50% crop damage. In 1 or 3 days a treatment was implemented with the antidote at a dose of 40 g / ha. Two substances that showed significant antidotal activity were identified. Their influence resulted in extra yields of sunflower that equaled 5,3-5.5 and 6.4-6.6 c/ha, respectively, which means 35-39 and 44-46% antidote effect. Thus, the found compounds can be used as active ingredients to develop herbicide antidotes.

Keywords: herbicides, yield losses, sunflower, antidotes, screening, triazolopyrimidines, antidote effect

Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур предусматривают использование химических средств борьбы с сорной растительностью. Гербициды по масштабу использования лидируют в числе пестицидов в целом. В то же время они токсичны не только для сорняков, но наносят вред и культурным растениям [1]. При тщательном соблюдении регламентов химических обработок негативные последствия их применения минимальны. Но в практике растениеводства нередки случаи повреждения значительных площадей сельскохозяйственных культур гербицидами вследствие сноса при наземных и особенно авиаобработках, воздействия па-

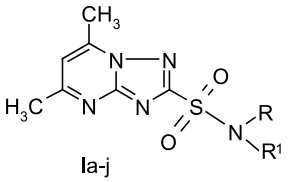
ров летучих соединений, непреднамеренного внесения с поливной водой, и в случае некачественной промывки опрыскивающей аппаратуры [2]. Возможны также повреждения культур в результате передозировки препарата. Поэтому в арсенале средств защиты культурных растений должны быть средства снижения фитотоксического действия гербицидов – антидоты, необходимым требованием к которым является сохранение уровня гербицидной активности в отношении сорняков [3]. Исследования по поиску новых антидотов интенсивно проводятся в нашей стране и за рубежом. Гербицидные антидоты в настоящее время вызывают все больший интерес для практического использования в системах интегрированной защиты растений, все большее значение приобретает химическое адаптирование основных сельскохозяйственных культур к гербицидам [4].

Подсолнечник – основная масличная культура в нашей стране, он занимает три четверти площади посевов всех масличных культур. Современные сорта подсолнечника содержат до 50 % масла. Высокая физиологическая активность, калорийность, вкусовые качества подсолнечного масла определяют большие объёмы его потребления. Краснодарский край является безусловным лидером по производству семян подсолнечника, здесь сосредоточено около 40 % площадей этой культуры (625 тыс. га) [5]. В то же время подсолнечник является очень чувствительной культурой к гербицидам группы 2,4-Д, и при непреднамеренном воздействии последних потери урожая могут быть невосполнимыми.

В связи с этим весьма актуальным является поиск путей и способов как повышения урожайности подсолнечника и выхода масла, так и спасения урожая в случае такой необходимости. Одним их таких приёмов является создание и использование антидотов, нивелирующих негативное действие гербицидов на растения и окружающую среду.

Целью настоящей работы являлся поиск антидотов 2,4-Д для вегетирующих растений подсолнечника от повреждающего действия фитотоксикантов группы 2,4-Д. Поиск осуществляли в ряду производных триазолопиримидинов. Ранее нами были выявлены эффективные антидоты в нескольких классах гетероциклических соединений – пиразолопиридинов, тиенопиридинов, пиридилгидразонов и др. [6, 7].

Для скрининга антидотов нами синтезирована серия N-замещённых 4,6-диметил-1,2,4-триазоло[1,5-*b*]пиримидил-3-сульфониламидов общей формулы **I**:



Ia-j

где **Ia** R = H, R^1 = 3-хлор-4-фторфенил; R^3 = H; **Ib** R = H, R^1 = 3,4,5-триметоксифенил; **Ic** R = метил, R^1 = 4-хлорфенил; **Id** R = H, R^1 = 2,4-диметоксифенил; **Ie** R = H, R^1 = 2,5-диэтоксифенил; **If** R = H, R^1 = 4-метоксифенил; **Ig** R = H, R^1 = 2-метилпентил; **Ih** R = H, R^1 = циклогептил **Ii** R = метил, R^1 = циклогексил; **Ij** R = H, R^1 = 2-метокси-5-хлорфенил.

Для синтеза использовали известные и оригинальные методики, разработанные нами ранее [8]. Структуры синтезированных соединений подтверждены элементным анализом, методами ИК- и ЯМР 1H спектроскопии и масс-спектрометрии, определены их физико-химические константы.

Изучение антидотных свойств синтезированных соединений проводили в два этапа: в условиях лабораторного опыта отбирали вещества, проявляющие защитный эффект, затем исследовали их активность в полевом опыте.

Материалы и методы исследования

В наших исследованиях мы использовали методику лабораторного опыта определения антидотного эффекта новых соединений, разработанную ранее во ВНИИ биологической защиты растений. Опыты проводились на семенах подсолнечника сорта Родник.

Предварительно пророщенные семена подсолнечника с длиной корешка 2–4 мм выдерживали 1 ч в растворе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) концентрации $1 \cdot 10^{-3}$ % с целью получения 40–60 % ингибирования роста. Затем проростки промывали водой и помещали на 1 ч в растворы исследуемых веществ. Растворы последних готовили методом разбавления, их концентрации составляли $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-5}$ % (вариант гербицид+антидот).

В контрольном варианте проростки подсолнечника выдерживали 2 ч в воде; для эталона сравнения (гербицид) проростки выдерживали 1 ч в растворе 2,4-Д в концентрации 10^{-3} % и 1 ч в воде. Через 1 ч обработанные семена промывали водой и раскладывали на полосы фильтровальной бумаги (размер 10х75 см) по 20 штук. Бумагу сворачивали в рулоны и помещали в стаканы с водой (50 мл воды).

В термостате при температуре 28 °С семена в стаканах с рулонами проращивались 3 суток, после чего измеряли длину стеблей и корней проростков. Антидотный эффект изучаемых веществ определяли по увеличению длины стебля и корня в варианте гербицид + антидот относительно названных величин в варианте гербицид (эталон) и рассчитывали по формуле

$$А_э = \frac{А}{Э} \times 100,$$

где Аэ – антидотный эффект, %;
А – длина стебля, корня в варианте гербицид + антидот, мм;
Э – длина стебля, корня в варианте гербицид (эталон), мм.

Полевые опыты проводились на экспериментальной базе ВНИИ биологической защиты растений, г. Краснодар, в период 2015–2017 гг. на растениях подсолнечника сорта Родник (по паспорту средняя урожайность 32 ц/га, максимальный урожай в производстве – 38,4 ц/га). В условиях поля вегетирующие растения подсолнечника в наиболее чувствительную фазу (10–16 листьев) обрабатывали бутиловым эфиром 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Б.Э.) в дозе 14 г/га с целью получения 40–60 % снижения его урожайности и через 1 сутки или 3 суток наносили испытуемые вещества в дозе 40 г/га. Гербицид и антидот наносили на посевы подсолнечника полидисперсным пневматическим опрыскивателем с расходом рабочей жидкости 500 л/га.

Для растворения и эмульгирования препарата использовали спирт и эмульгатор ОП-7 с последующим разбавлением водой (концентрация ОП-7 и спирта в рабочем растворе составляла 0,05 и 0,2 % соответственно). Опыты проводили на делянках площадью 2,8 м^2 (12 растений) при 4-кратной повторности. Расположение делянок последовательное многоярусное.

В схеме опыта предусматривались следующие варианты:

– гербицид + антидот – растения, обработанные гербицидом и через сутки антидотом;

– гербицид (эталон) – растения, обработанные гербицидом;

– контроль – необработанные растения.

Уборку урожая осуществляли со всей площади делянки в момент полного созревания семян методом прямого комбайнирования с помощью малогабаритного комбайна (Хеге-125).

Показателем степени защиты растений подсолнечника от повреждающего действия гербицида являлась прибавка урожая семян подсолнечника, полученная под действием антидота, относительно урожая обработанных гербицидом растений (вариант «гербицид» – эталон) и выражалась в процентах или ц/га.

Антидотную активность рассчитывали по формуле

$$А_э = \frac{А}{Э} \times 100,$$

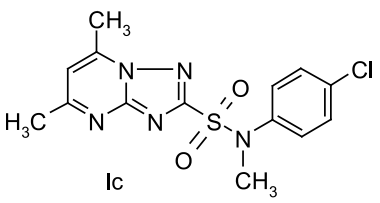
где Аэ – антидотный эффект, %;
А – урожай зерна подсолнечника в варианте гербицид + антидот, ц/га;
Э – урожай зерна подсолнечника в варианте гербицид (эталон), ц/га.

Достоверность различий между вариантами гербицид + антидот и эталоном (гербицид) при оценке антидотной активности осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента при уровне вероятности P = 0,90.

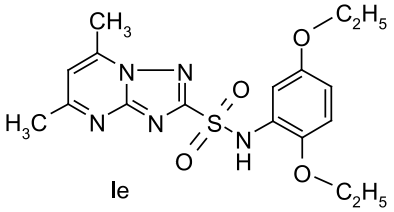
Результаты исследования и их обсуждение

В числе синтезированных соединений в лабораторном опыте выявлены вещества, ослабляющие ингибирующее действие 2,4-Д на стебли проростков на 20–41 % при использовании в двух и более концентрациях. К таким соединениям относятся вещества **Ic** и **Ie** (табл. 1). Эти же соединения оказывали защитное действие на корни проростков на уровне 28–61 % в двух и более концентрациях (табл. 1).

Таким образом, по результатам первичного скрининга нами отобраны потенциально активные соединения для изучения их антидотных свойств на вегетирующих растениях подсолнечника в условиях полевого опыта:



Ic



Ie

Таблица 1

Результаты испытаний производных триазолопиримидинов на антидотную активность к 2,4-Д на проростках подсолнечника (оценка по длине стебля и длине корня)

Вариант	Концентрация, %	Длина стебля		Длина корня	
		мм	%	мм	%
Контроль (необработ.)	–	71	–	169	100
Гербицид (эталон)	10^{-3}	45	37	63	73
соед. **Ic**	10^{-2}	59	131*	93	147*
	10^{-3}	61	136*	91	145*
	10^{-4}	63	140*	81	128*
	10^{-5}	54	120*	87	138*
соед. **Ie**	10^{-2}	53	119*	88	139*
	10^{-3}	64	141*	97	154*
	10^{-4}	60	134*	100	161*
	10^{-5}	60	133*	73	118*

Примечание. * различия достоверны при P = 0,90.

Таблица 2

Антидотная активность триазолопиримидинов к 2,4-Д на растениях подсолнечника сорта Родник в полевых испытаниях (2015–2017 гг.)

Шифр соединения	Доза антидота, г/га	Варианты опыта				
		контроль	2,4-Д (эталон)	2,4-Д + антидот		
		урожайность, ц/га	урожайность, ц/га	урожайность, ц/га	антидотная активность, прибавка к эталону	
					ц/га	%
2015 г.						
Ic	80	31,2	13,8	17,7	3,9	28
Ie	80	31,2	13,8	18,4	4,6	33
$НСР_{0,5}$		2,04	1,41	1,68	0,13	–
2016 г.						
Ic	80	32,1	15,2	19,6	4,4	29
Ic	40	32,1	15,2	20,5	5,3	35
Ie	80	32,1	15,2	20,8	5,6	37
Ie	40	32,1	15,3	21,9	6,6	44
$НСР_{0,5}$		2,26	1,54	1,77	1,09	–
2017 г.						
через сутки после нанесения гербицида						
Ic	40	33,9	14,0	19,5	5,5	39
Ie	40	33,9	14,0	20,4	6,4	46
через 3 суток после нанесения гербицида						
Ic	40	33,9	14,0	19,2	5,2	37
Ie	40	33,9	14,0	20,3	6,3	45
$НСР_{0,5}$		2,15	1,38	1,46	1,21	–

В табл. 2 представлены данные полевых испытаний соединений **Ic** и **Ie** за период 2015–2017 гг. В условиях поля оба препарата обеспечили значительное снижение фитотоксичности 2,4-Д, причем более эффективной оказалась доза 40 г/га.

Под влиянием антидотов прибавка урожая в случае применения **Ic** в оптимальной дозе составила 5,3–5,5 ц/га (35–39%), в случае применения **Ie** – 6,4–6,6 ц/га (44–46%) при нанесении через сутки после обработки гербицидом. В вариантах 2017 г., предусматривающих применение антидота через 3 суток после повреждения гербицидом, эффективность исследуемых веществ оставалась практически на том же уровне.

Рис. 1. Подсолнечник в варианте эталон (обработан только гербицидом)

Рис. 2. Подсолнечник в варианте гербицид + антидот

Увеличение урожайности подсолнечника вследствие применения антидотов связано с их положительным влиянием на морфологию растений. Под их воздействием увеличилась высота растений, площадь листьев, уменьшилась деформация листьев и корзинки, увеличилось количество оформленных семян в корзинке и их масса. На рис. 1 представлено фото подсолнечника, корзинка которого деформирована воздействием гербицида, семена слабо оформлены, урожайность низкая. На рис. 2 – подсолнечник после воздействия гербицида и антидота: корзинка имеет правильную форму, количество семян больше, чем в гербицидном эталоне, масса 1000 семян возросла более чем на 40 %. Величина сохраненного урожая в результате применения антидота составила 39–46 %.

Наряду с антидотными мы исследовали и рострегулирующие свойства соединений **1c** и **1e**. Для их определения использовали стандартную методику [9]. В качестве контроля использовали необработанные растения. Размер, расположение делянок, сроки, способ и доза нанесения веществ **1c** и **1e** аналогичны таковым в опытах по изучению антидотного эффекта. Следует отметить, что соединения, обнаружившие антидотную активность, не обладают рострегулирующим действием, следовательно, снижение фитотоксичности гербицида не могло быть его проявлением.

Заключение

Риск поражения сельскохозяйственных культур при использовании пестицидов привел к развитию нового направления – созданию средств защиты растений, способных уменьшить отрицательное воздействие в результате реализации различных механизмов, часто за счёт повышения иммунитета самого растения. При этом наибольшую опасность для объектов растениеводства представляют, как ни парадоксально, химические средства борьбы с сорной растительностью, которые могут либо уничтожить посевы, либо сделать продукцию непригодной для питания человека и животных [10]. Таким образом, защита культурных растений от негативного действия гербицидов приобретает особую актуальность; при этом, если защита от почвенных гербицидов достаточно надежно обеспечена набором коммерческих антидотов, то защита вегетирующих растений при поражении их гербицидами является весьма сложной и вопрос этот совершенно не решен.

Найденные нами новые действующие вещества могут послужить основой создания отечественных антидотов, способных уменьшить фитотоксическое действие гербицидов группы 2,4 Д на растения подсолнечника, увеличить сопротивляемость культуры и тем самым сохранить урожай в случае чрезвычайной ситуации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-44-230215 р_а и администрации Краснодарского края.

Список литературы

1. Спиридонов Ю.Я. Современное состояние проблемы изучения и применения гербицидов (Обзор публикаций за 2011–2013 гг.) / Ю.Я. Спиридонов, С.Г. Жемчужин // Агрохимия. – 2016. – № 5. – С. 76–85.

2. Современный уровень и перспективные направления защиты сельскохозяйственных культур от нежелательных последствий применения гербицидов / М.Р. Питина [и др.] // Агрохимия. – 1985. – № 4. – С. 107–136.

3. Угрюмов Е.П. Гербициды и культурные растения / Е.П. Угрюмов // Проблемы защиты растений на Северном Кавказе. Краснодар. – 1991. – С. 16–20.

4. Спиридонов Ю.Я. Антидоты гербицидов / Ю.Я. Спиридонов, П.С. Хохлов, В.Г. Шестаков // Агрохимия. – 2009. – № 5. – С. 81–91.

5. Алиев-Лещенко Р.М. Влияние регуляторов роста растений на урожайность и качество подсолнечника при разных дозах минеральных удобрений: автореф. дис. … канд. с.-х. наук / Р.М. Алиев-Лещенко. – Москва, 2015. – 26 с.

6. Антидотная активность производных пиразолопиридинов / В.Д. Стрелков [и др.] // Агрохимия. – 2010. – № 10. – С. 28–31.

7. Химические аспекты разработки новых регуляторов роста и гербицидных антидотов для сельскохозяйственных растений / И.Г. Дмитриева [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета – 2015. – № 53. – С. 98–103.

8. Синтез 4,6-диметил-5-R-3-цианопиридин-2-сульфонилхлоридов и N- замещённых сульфониламидов на их основе / И.Г. Дмитриева [и др.] // Химия гетероциклических соединений. – 2009. – № 9. – С. 1311–1318.

9. Краткие методические указания по проведению государственных испытаний регуляторов роста растений. – М: ЦИНАО, 1984. – 20 с.

10. Надыкта В.Д. Агротерроризм – общие понятия и способы противодействия / В.Д. Надыкта // Наука и образование для целей безопасности: материалы пятой междунар. науч. конф. – Пущино, 2008. – С. 79–80.

References

1. Spiridonov Yu.Ya. Sovremennoe sostoyanie problemy` izucheniya i primeneniya gerbicidov (Obzor publikacij za 2011–2013 gg.) / Yu.Ya. Spiridonov, S.G. Zhemchuzhin // Agroximiya. – 2016. – № 5. – P. 76–85.

2. Sovremenny`j uroven` i perspektivny`e napravleniya zashhity` sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur ot nezhelatel`ny`x posledstvij primeneniya gerbicidov / M.R. Pitina [i dr.] // Agroximiya. – 1985. – № 4. – P. 107–136.

3. Ugryumov E.P. Gerbicidy` i kul`turny`e rasteniya / E.P. Ugryumov // Problemy` zashhity` rastenij na Severnom Kavkaze. Krasnodar. – 1991. – P. 16–20.

4. Spiridonov Yu.Ya. Antidoty` gerbicidov / Yu.Ya. Spiridonov, P.S. Xoxlov, V.G. Shestakov // Agroximiya. – 2009. – № 5. – P. 81–91.

5. Aliev-Leshhenko R.M. Vliyanie regulyatorov rosta rastenij na urozhajnost` i kachestvo podsolnechnika pri razny`x dozax mineral`ny`x udobrenij: avtoref. dis. … kand. s.-x. nauk / R.M. Aliev-Leshhenko. – Moskva, 2015. – 26 p.

6. Antidotnaya aktivnost` proizvodny`x pirazolopiridinov / V.D. Strelkov [i dr.] // Agroximiya. – 2010. – № 10. – P. 28–31.

7. Ximicheskie aspekty` razrabotki novy`x regulyatorov rosta i gerbicidny`x antidotov dlya sel`skoxozyajstvenny`x rastenij / I.G. Dmitrieva [i dr.] // Trudy` Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – 2015. – № 53. – P. 98–103.

8. Sintez 4,6-dimetil-5-R-3-cianopiridin-2-sul`fonilxloridov i N- zameshhyonny`x sul`fonilamidov na ix osnove / I.G. Dmitrieva [i dr.] // Ximiya geterociklicheskix soedinenij. – 2009. – № 9. – P. 1311–1318.

9. Kratkie metodicheskie ukazaniya po provedeniyu gosudarstvenny`x ispy`tanij regulyatorov rosta rastenij. – M: CINAO, 1984. – 20 p.

10. Nady`kta V.D. Agroterrorizm – obshhie ponyatiya i sposoby` protivodejstviya / V.D. Nady`kta // Nauka i obrazovanie dlya celej bezopasnosti: materialy` pyatoj mezhdunar. nauch. konf. – Pushhino, 2008. – P. 79–80.

УДК 630*224:633.877

РОЛЬ ПАРЦЕЛЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ФИТОЦЕНОЗА В ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫБОРОЧНЫХ САНИТАРНЫХ РУБОК В ЕЛОВО-СОСНОВОМ НАСАЖДЕНИИ

Иванов В.П., Ерохин А.В., Балухта Л.П., Дудкина Е.П.

Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, e-mail: ivpinfo@mail.ru

Статья посвящена изучению структурной организации антропогенно нарушенных фитоценозов и лесовозобновительного процесса в лесных экосистемах. Парцеллярная структура участка (фитоценоза, лесосеки) позволяет более детально оценить наличие, видовое разнообразие, характер размещения растений по площади и перспективу естественного возобновления. После 2-х выборочных санитарных рубок в елово-сосновом насаждении (состав 6Е2С1Д1Б) с удалением деревьев ели, поражённых короедом-типографом, древостой изменился: после 1-й рубки – состав – 8С2Е и после 2-й – 10С. На участке выделено 8 производных парцелл, формирование которых произошло на коренных парцеллах. В процессе исследований установлены породный состав, высота возобновления, у хвойных пород дополнительно – категория жизнеспособности и возраст. Естественное возобновление леса в парцеллах состоит из 8-и лесообразователей и 4-х подлесочных пород (всего 12 видов); видовое разнообразие ЖНП варьирует в пределах 12–21 вида. В парцеллах на огневищах 2012 г. обильно возобновилась сосна, на огневищах 2015 г. – ель. Преобладание в производных парцеллах возобновления клёна и липы с незначительным количеством сосны и ели снижает перспективу формирования смешанных хвойно-лиственных насаждений. Условия производных парцелл искусственного характера – на огневищах (местах сжигания порубочных остатков) и волоках способствуют образованию самосева хвойных пород в достаточном для лесовозобновления количестве. Исследование естественного возобновления на парцеллярной основе лесного участка (фитоценоза) расширяет перспективу оценки формирования будущего древостоя и способствует планированию рационального размещения главных пород при содействии лесовозобновлению.

Ключевые слова: биогеоценотическая парцелла, самосев, естественное возобновление, живой напочвенный покров, биогеоценоз, санитарные рубки леса, участок леса, лесосека, лесообразователи, подлесочные породы

THE ROLE OF PHYTOCENOSIS PARCEL STRUCTURE IN ASSESSING PROSPECTS OF NATURAL REGENERATION AFTER SELECTIVE SANITARY FELLINGS IN SPRUCE-PINE PLANTATION

Ivanov V.P., Erokhin A.V., Balukhta L.P., Dudkina E.P.

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

The article is devoted to studying structural organization of anthropogenically-disturbed phytocenosis and reforestation process in forest ecosystems. The parcel structure of the site (phytocenosis, felling areas) allows for a more detailed assessment of the presence, species diversity, nature of plants location in the area and prospects of natural regeneration. After 2 selective sanitary fellings in spruce-pine plantation (composition 6E2C1D1B) with removal of spruce trees afflicted by eight-dentated bark beetle, the stand changed: after the 1st cutting – the composition became 8C2E and after the 2nd – 10C. Eight derivative parcels, formation of which occurred on primary parcels, were identified on the site. The species composition, height of regeneration stands, and category of viability and age of conifers wes established in process of research. Natural reforestation in parcels consisted of 8 forest-forming species and 4 under-tree species (total 12 species); species diversity of live ground cover varied within the range of 12-21 species. In 2012 pine renewed abundantly in sash burning sites and in 2015 there was an abundant renewal of spruce. The predominance of maple and linden regenerations with an insignificant amount of pine and spruce in derivative parcels reduced prospects of formation of mixed coniferous-deciduous plantations. The conditions for derivatives of artificial parcels on the sash burning sites (places of felling waste burning) and dies contribute to formation of self-sown coniferous species in quantities sufficient for reforestation. The study of natural reforestation of forest site on a parcel basis (phytocenosis) extends the prospect of assessing the future stand formation and facilitates planning of rational placement of the main species with the reforestation assistance.

Keywords: biogeocenotic parcel, self-seeding, natural regeneration, live ground cover, biogeocenosis, sanitary forest fellings, forest site, felling area, forest-forming species, under-tree species

Анализ естественного возобновления на лесосеке даёт возможность оценки перспективы формирования нового древостоя [1]. Для отражения мозаичности компонентов в лесном биогеоценозе были предложены биогеоценотические парцеллы [2], которые различаются по составу, структуре, свойствам компонентов, специфике связей и материально-энергетическому обмену. Парцеллы объединяют части биогеоценоза, сходные по ряду признаков, поэтому использование парцеллярной структуры фитоценоза может способствовать детальному изучению возобновления леса, однако этот

метод пока не нашёл широкого применения в практике лесного хозяйства [3].

Естественное лесовозобновление – важнейшее звено в системе лесного хозяйства, обеспечивает биологическую устойчивость лесной экосистемы, непрерывность и постоянство лесопользования, имеет преимущество перед лесными культурами [4]. Возобновление зависит от типа леса, лесорастительных условий, лесоводственных и биологических особенностей самосева, погодно-климатических и почвенных условий, фауны, состава древостоя и других экологических факторов. Естественное возобновление образует сомкнутый молодняк, а возобновительные процессы способствуют биологическому равновесию в лесу [5–8].

Управление процессом естественного лесовозобновления позволяет решать вопросы воспроизводства хозяйственно ценных лесов с наименьшими затратами. Согласование способов лесовозобновления со структурой лесного фонда, типами леса, экономическими условиями повышает ожидаемый результат [9, 10]. Использование парцелл позволяет детализировать конкретные условия лесовозобновления [2, 11, 12]. Природа парцелл – результат специфических особенностей и метаболизма компонентов и непосредственного окружения, влияющего на парцеллу. Органическая связь между парцеллами формирует единство и целостность биогеоценозов, так как каждая его парцелла может существовать и сохранять свои особенности только в соседстве с другими.

Н.В. Дылис [13] разделил парцеллы на основные (коренные), определяющие внешний облик и материально-энергетический обмен биогеоценоза, дополнительные коренные с меньшими площадями и объёмами в общем метаболизме, и производные. Коренные парцеллы более устойчивы, отражают естественное, закономерное развитие структуры биогеоценоза. Производные парцеллы возникают под влиянием антропогенных или абиотических факторов, хотя Е.С. Мельников с соавторами [14] отмечал, что после рубок ухода и комплексного ухода в сосново-еловых и лиственно-еловых древостоях не происходит усложнение парцеллярной структуры, но изменяются видовой состав, обилие и характер смешения растительности в пределах парцелл.

Но возникает вопрос: не является ли классификация парцелл устойчивой только в начальной стадии формирования естественного возобновления? Характер лесного биогеоценоза изменяется по естественным причинам, и также будут меняться количество и название парцелл в нём, которые можно обозначить как длительно производные и коротко производные парцеллы. Структура длительно производных парцелл включает древесную и кустарниковую растительность, выполняющую функцию эдификаторов, а структура коротко производных парцелл объединяет в основном живой напочвенный покров (ЖНП).

Ситуацию может прояснить анализ динамики фитоценоза на основе парцеллярной структуры елово-соснового насаждения после выборочных санитарных рубок в 2012 и 2015 гг. в Учебно-опытном лесхозе Брянского государственного инженерно-технологического университета (УОЛ БГИТУ). Удаление поражённых экземпляров ели европейской (*Picea abies* L.) короедом-типографом (*Ips typographic*) в насаждениях привело к стабилизации состояния древостоя, хотя у отдельных оставленных деревьев снижается устойчивость, повышается ветровальность.

Целью настоящей работы является изучение перспективы естественного возобновления на основе парцеллярной структуры лесного биогеоценоза с целью формирования биологически устойчивых сосново-еловых насаждений с примесью лиственных пород после санитарно-оздоровительных мероприятий вследствие повреждения елового элемента короедом-типографом.

Материалы и методы исследования

Исследования входят в долгосрочную программу повышения продуктивности лесов Брянской области на примере УОЛ БГИТУ. Представлены результаты изучения естественного возобновления с использованием парцеллярной структуры елово-соснового насаждения в Опытном отделе УОЛ БГИТУ (кв. 34, выд. 1, площадь 1,7 га) на пробной площади (ПП) 0,5 га методом детальной перечислительной таксации.

Район исследования относится к зоне смешанных лесов, лесорастительному району сосновых лесов левобережья р. Десны и входит в состав Брянского лесного массива [15]. Климат района исследований умеренно континентальный, характеризуется среднегодовой температурой воздуха +4,9 °С, среднегодовое количество осадков составляет 700 мм.

Для анализа динамики парцелл и влияния парцеллярной структуры фитоценоза

на естественное возобновление ПП была разбита на квадраты (5х5 м) по общепринятой методике [13], дополненной нами [5], с определением вида и названия парцелл. По результатам учёта растительных компонентов однородные участки объединяли в парцеллы. Учёт естественного возобновления выполнен методом сплошного перечёта на круговых учётных площадках (УП) (10 м^2) в количестве 100 шт., заложенных в центре квадратов, равномерно по площади участка. При этом определяли породный состав, высоту возобновления, а у хвойных пород дополнительно – категорию жизнеспособности (надёжный, сомнительный, ненадёжный) и возраст (подсчётом количества мутовок). Данные численности возобновления на УП переводили на 1 га, в соответствии с парцеллярной структурой участка. Виды ЖНП описывали в порядке убывания степени их участия в парцелле. Название типа леса дано по лесотипологической классификации В.Н. Сукачёва, тип лесорастительных условий (ТЛУ) – по классификации П.С. Погребняка. В каждой парцелле определяли мощность лесной подстилки путём измерения с разделением на слои по степени ее разложения.

Определение парцеллярной структуры фитоценоза по горизонтальному расчленению проведено по доминирующим растениям с выделением коренных (материнских) и производных парцелл. Названия коренных парцелл даны по видовому составу древостоя, ЖНП, подроста, подлеска. В производных парцеллах, сформировавшихся в результате выборочных санитарных рубок, оставленные древесные растения не включены в названия парцелл, как не выполняющие эдификаторную роль. Уделено внимание установлению границ парцелл, которые не всегда явно выражены, а наиболее чётко обозначены парцеллы на огневищах (кострищах) в местах сжигания порубочных остатков и на волоках (технологических коридорах для трелёвки древесины). В процессе исследований анализировали перспективу формирования будущего древостоя и меры содействия естественному возобновлению.

Древостой на исследуемом участке (6Е2С1Д1Б) возрастом 130 лет, с запасом 320 м^3 после первой выборочной санитарной рубки с объёмом вырубки древесины 102 м^3 изменился: состав 8С2Е, средний диаметр 42 см, средняя высота 32 м, класс бонитета I, относительная полнота 0.34, тип леса – сосняк лещиново-копытеневый, ТЛУ – $Д_3$, запас 218 м^3/га. В течение 2-х лет после первой рубки в еловом элементе древостоя процесс отпада продолжился, и при повторном приёме рубки ель удалили, в результате чего состояние древостоя (10С) стабилизировалось, а относительная полнота снизилась до 0.3, объём вырубленной древесины 26 м^3, запас насаждения 192 м^3.

Результаты исследования и их обсуждение

После двух выборочных санитарных рубок на участке было выделено 8 производных парцелл: лещиново-кленово-липовая (27%), малиновая (25%), кленово-липовая (16%), лещиновая (15%), вейниковая (5%), сосново-кленовая на волоках (9%), сосново-берёзовая и елово-ивовая на огневищах (3%). Размещение парцелл на участке почти равномерное, с небольшим укрупнением группировок лещиново-кленовых и малиновых парцелл.

Как правило, малое число парцелл свойственно лесам с бедным составом древесного яруса. В спелых широколиственно-еловых лесах с большим разнообразием древесно-кустарниковых и травянистых растений формируется более сложная парцеллярная структура. Наиболее сложной структурой отличаются средневозрастные и приспевающие широколиственно-еловые леса с систематическими рубками ухода и санитарными рубками, в ходе которых образуются производные парцеллы (10–15 шт. на 0,3–0,5 га), т.е. антропогенное воздействие на лесные биогеоценозы является важным фактором в формировании и усложнении структуры лесов [13]. Состав производных парцелл связан с элементарным составом коренных, так как их отдельные элементы участвуют в составе производных и определяют место, характеристику, условия возобновления и значение парцеллы в развитии биогеоценоза.

Анализ показал, что в формировании 5-и производных парцелл на ПП участвовали от 3-х до 12-и коренных парцелл. Видовое разнообразие ЖНП в них весьма значительно (12–21 вид), что свидетельствует о богатстве почвенных условий. В изученных производных парцеллах в различных сочетаниях и соотношениях встречаются следующие виды травянистых растений: вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), медуница неясная (*Pulmonária obscúra* Dumort.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), ясменник пахучий (*Galium odoratum* L.), бу-

дра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), костяника обыкновенная (*Rubus saxatilis* L.), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* L.), звездчатка ланцетовидная (*Stellaria holostea* L.), марьянник обыкновенный (*Melampyrum sylvaticum* L.), гравилат городской (*Geum urbanum* L.), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.), купена лекарственная (*Polygonatum odoratum* Mill.), сочевичник весенний (*Lathyrus vernus* L.), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.).

Производная лещиновая парцелла сформировалась на месте 4-х коренных парцелл: елово-лещиновой, сосново-лещиновой, лещиновой, елово-сосновой с составом ЖНП из 19 видов, преобладают: вейник – встречаемость 92 %, копытень – 83 %, медуница – 75 %, ландыш и ясменник – по 67 %. Реже встречаются (58–42 %): черника, будра, майник, земляника. Кроме того, встречаются (33–8 %): сныть, кислица, костяника, папоротник-орляк, звездчатка, марьянник, гравилат, грушанка, купена лекарственная, сочевичник.

Производная лещиново-кленово-липовая парцелла сформирована на месте 12 коренных парцелл: елово-лещиновой, елово-липовой, сосново-лещиновой, сосново-липовой, сосново-липово-лещиновой, сосново-кленово-лещиновой, сосново-кленовой, сосново-еловой, кленово-лещиновой, кленовой, липово-лещиновой, берёзово-елово-лещиновой. В составе ЖНП данной парцеллы из 20 видов, преобладают: медуница и вейник – встречаемость 82 %, копытень (73 %), ландыш (68 %), черника (41 %). Реже встречаются (36–14 %) сныть, земляника, ясменник, майник, марьянник, купена лекарственная. Единично встречается сочевичник, звездчатка, брусника, будра, костяника, грушанка, кислица, папоротник-орляк, чистотел (менее 1 %).

В формировании производной кленово-липовой парцеллы участвовали 8 коренных парцелл: елово-липовая, елово-кленовая, елово-берёзовая, сосново-липовая, сосново-кленовая, сосново-липово-кленовая, липово-кленовая, кленово-липовая, кленово-дубовая. Отличительной особенностью состава ЖНП (21 вид) является почти 100 %-я встречаемость медуницы неясной. Вейник отмечен на 85 % учётных площадок, майник двулистный – на 62 %. Кроме того, встречаются (54–38 %) копытень европейский, ясменник, земляника и ландыш. Реже встречаются (23–8 %) сныть, сочевичник, черника, звездчатка, будра, папоротник-орляк, гравилат, брусника, марьянник, костяника, грушанка, купена лекарственная и чистотел.

Таким образом, производные парцеллы (лещиновая, лещиново-кленово-липовая, кленово-липовая) формируются из древесно-кустарниковой и травянистой растительности коренных парцелл после вырубки повреждённых лесообразователей.

Производная малиновая парцелла сформировалась на месте серии 7-и коренных еловых парцелл: еловой, елово-берёзовой, елово-кленовой, елово-кленово-дубовой, елово-липовой, елово-лещиновой, сосново-еловой. Их особенностью является мощный слой хвойного опада, а при разреживании материнского полога происходит его более интенсивное разложение и возобновление малины. Состав ЖНП включает 21 вид растений: преобладают (встречаемость 95–43 %) медуница, копытень, земляника, вейник, ландыш, сныть. Редко встречаются (по 29–5 %) звездчатка, ясменник, будра, черника, папоротник-орляк, марьянник, майник, осока, купена лекарственная, кипрей, кислица, крапива, чистотел, золотарник.

В формировании производной вейниковой парцеллы в результате интенсивного разреживания древостоя участвовали 3 коренные парцеллы: берёзово-еловая, кленово-дубовая и сосново-лещиновая; в составе ЖНП представлено 12 видов растений: вейник, земляника (встречаемость 100 %), ландыш (80 %), майник (60 %), черника, медуница, ясменник, сныть (по 40 %), звездчатка, копытень, марьянник, будра (по 20 %).

Парцеллы антропогенного воздействия на волоках и огневищах в первый год после рубки практически свободны от ЖНП, что определяет более раннее появление и характер естественного возобновления на них.

Важным фактором, определяющим условия прорастания семян, рост всходов и самосева, является мощность лесной подстилки, которая характеризует скорость разложения растительного опада и вовлечения его в почвообразовательный процесс и биологический круговорот веществ в лесу. Кроме того, в мощной лесной подстилке происходит зависание семян, она препятствует их своевременному прорастанию и росту проростков.

Наименьшая мощность лесной подстилки (4.6 см), (табл. 1) с долей неразложив-

шегося слоя 37% отмечена в производной вейниковой парцелле, где, кстати, отмечено максимальное (22000 шт/га) количество самосева (табл. 2). В производных парцеллах с преобладанием лиственных пород (лещиновой, кленово-липовой, лещиново-кленово-липовой, малиновой) мощность лесной подстилки составила 5,4–6,1 см с неразложившимся слоем до 44%. При одинаковой мощности лесной подстилки (5,7 см) в малиновой парцелле отмечено наименьшее количество самосева – 10523 шт/га, а в кленово-липовой – 17847 шт/га – второе значение среди производных парцелл, т.е. не всегда заметна чёткая связь количества самосева с мощностью подстилки. Можно считать, что степень разложения и состав растительного опада также оказывают влияние на естественное возобновление в начальной стадии.

Анализ показал довольно высокое видовое разнообразие самосева, представленное 9-ю древесными и 3-мя кустарниковыми породами (лесообразователи и подлесок) в 5-и производных парцеллах (табл. 2). Следует отметить низкое представительство сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), (только в 2-х парцеллах) и малое количество ели европейской (менее 1000 шт/га), что делает проблематичной перспективу участия хвойного элемента в будущем насаждении. Весьма значительно количество самосева клёна остролистного (*Acer platanoides* L.) во всех производных парцеллах (до 10500 шт/га в вейниковой парцелле, из них 6500 шт/га высотой до 0,5 м) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), (до 6933 шт/га в кленово-липовой парцелле высотой 0,5–1,5 м и более). Встречаются также: берёза (берёза повислая – *Betula pendula* Roth; берёза пушистая – *Betula pubescens* Ehrh.), осина *(Populus tremula* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), что подтверждает богатство почвенных условий. Из подлесочных пород произрастает самосев лещины обыкновенной (*Corylus avellana* L.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), (высотой более 1,5 м), что создаёт конкуренцию лесообразователям. Крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.) представлена только в 2-х парцеллах.

В парцеллах антропогенного характера видовое разнообразие возобновления сократилось: на огневищах 2012 г. до 6-и лесообразователей и 2-х подлесочных пород с максимальным количеством 53694 шт/га (сосна обыкновенная – 26108 шт/га и берёза – 15271 шт/га), на огневищах 2015 г. – до 2-х (ива ушастая (*Salix aurita* L.) и ель европейская) общей густотой 39773 шт/га. В данном случае огневища можно считать центрами лесовозобновления хвойных пород. На волоках густота самосева составила 10272 шт/га, встречаются 6 лесообразователей (клён, сосна, липа, ель, дуб, берёза) и 2 подлесочные породы (лещина обыкновенная, рябина обыкновенная).

Следует отметить, что такие лиственные породы, как клён остролистный, липа мелколистная, рябина обыкновенная отсутствуют только на огневищах 2015 г., во всех парцеллах, кроме вейниковых, встречается самосев ели европейской.

Исследования показали, что детальный анализ естественного возобновления на основе использования парцеллярной структуры лесного участка позволяет дать его оценку по параметрам возрастной структуры, продолжительности расселения, состояния, высоты и распределения по площади в соответствии с характером парцеллы. Игнорирование парцеллярной структуры фитоценоза снижает объём необходимой информации, что ведёт к неточной оценке перспективы возобновления.

Таблица 1

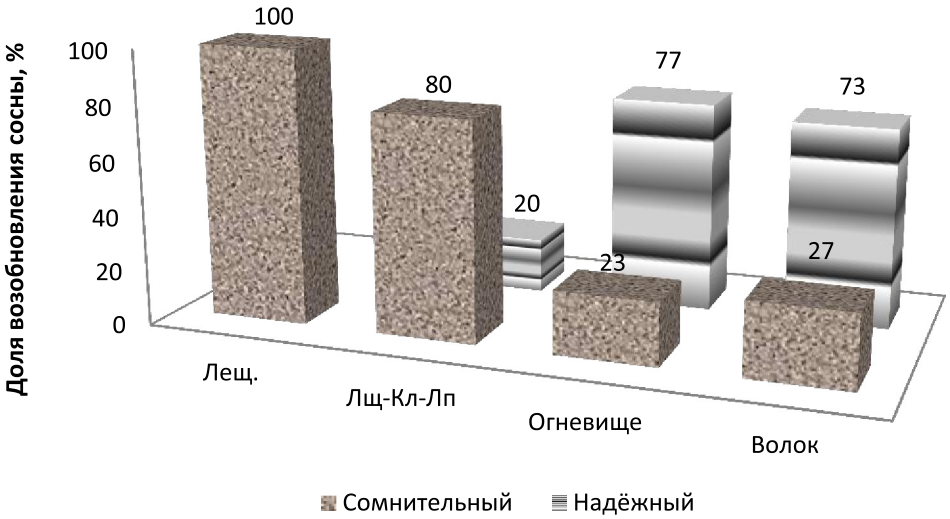
Статистические показатели мощности лесной подстилки в парцеллах (Брянская область, сосняк лещиново-копытеневый)

Статистические показатели	Наименование парцелл				
	лещиновая	лещиново-кленово-липовая	кленово-липовая	малиновая	вейниковая
Среднеарифметическая величина, см (Mx)	5,4	6,1	5,7	5,7	4,6
Осн. ошибка средней величины, см (m ± Mx)	0,15	0,18	0,13	0,15	0,12
Коэффициент изменчивости, % (Cx)	10,66	11,15	9,08	10,41	10,32
Точность опыта, % (Px)	2,75	2,88	2,35	2,69	2,67

Таблица 2

Густота естественного возобновления в парцеллах (числитель – шт./га, знаменатель – %),
(Брянская область, сосняк лещиново-копытеневый)

Парцелла		P. sylvestris	P. abies	B. pendula	P. tremula	Q. robur	A. platanoides	T. cordata	F. excelsior	Подлесочные породы				Всего
										C. avellana	S. caprea	S. aucuparia	F. alnus	
Лещиновая		83	83		333	166	4283	833	83	5917		2833	1750	**16364**
		0,5	*0,5*		*2,0*	*1,0*	*26,2*	*5,1*	*0,5*	*36,2*		*17,3*	*10,7*	*100*
Лещиново-кленово-липовая		227	227	182	45	318	5364	2318	91	6818		2091		**17681**
		1,3	*1,3*	*1,0*	*0,3*	*1,8*	*30,3*	*13,1*	*0,5*	*38,6*		*11,8*		*100*
Кленово-липовая			462	231	77		5769	6923	308	1692		2154	231	**17847**
			2,6	*1,3*	*0,4*		*32,3*	*38,8*	*1,7*	*9,5*		*12,1*	*1,3*	*100*
Малиновая			48	190	95	333	4190	1048	143	2571		1905		**10523**
			0,5	*1,8*	*0,9*	*3,2*	*39,8*	*10,0*	*1,3*	*24,4*		*18,1*		*100*
Вейниковая					250	1000	10500	4500		2500		3250		**22000**
					1,1	4,5	47,7	20,5		11,4		14,8		100
сосново-берёзовая на огневище	2012 г.	26108	985	15271	1970		985	6404			493	1478		**53694**
		48,6	*1,8*	*28,4*	*3,7*		*1,8*	*12,0*			*0,9*	*2,8*		*100*
елово-ивовая на огневище	2015 г.		37500								2273			**39773**
			94,3								*5,7*			*100*
сосново-кленовая на волоке		2083	833	273		417	2361	1111		1805		1389		**10272**
		20,2	*8,1*	*2,7*		*4,1*	*23,0*	*10,8*		*17,6*		*13,5*		*100*



Категории состояния естественного возобновления сосны обыкновенной в парцеллах: 1 – лещиновая, 2 – лещиново-кленово-липовая, 3 – сосново-берёзовая на огневище, 4 – сосново-кленовая на волоке

Хвойные породы с лесоводственно-экономической позиции представляют больший интерес. Свыше 70% возобновления сосны обыкновенной в категории высот до 0,5 м является надёжным: 77% – в парцеллах на огневищах (из 26107 шт/га), (рисунок), 73% – на волоках (из 2083 шт/га). Но огневища на исследуемом участке занимают незначительную площадь (3%), и хотя сжигание порубочных остатков в мелких кучах эффективно для возобновления сосны обыкновенной, это не обеспечит его достаточное количество на всём участке, хотя период расселения сосны составляет не менее 4-х лет. Появление большего количества всходов происходит в первый год после сжигания порубочных остатков. В лещиновой и лещиново-кленово-липовой производных парцеллах с сомнительным качеством самосева сосны обыкновенной (до 100%) целесообразно применение искусственных методов лесовосстановления.

Однолетние всходы ели европейской на огневищах 2015 г. на 91% представлены надёжными особями (густота 36364 шт/га), но большая часть особей погибает на 2-й год. На огневищах 2012 г. количество 3–4-летнего надёжного самосева ели европейской (986 шт/га) недостаточно для естественного возобновления, а период расселения ели на огневищах составляет 2 года, что, возможно, объясняется недостаточным количеством семян в предыдущие годы, в то время как 2015 г. отличался обильным семеношением.

Надёжный самосев ели европейской (до 100%) отмечен в парцеллах на волоках и в малиновой производной парцелле. В лещиновой, лещиново-кленово-липовой, кленово-липовой парцеллах 60–100% самосева относится к сомнительной категории состояния, возможно, из-за высокой конкуренции с древесно-кустарниковой растительностью. Очевидно, что для восстановления ели европейской в составе смешанных насаждений целесообразно применять своевременные уходы за естественным возобновлением и комбинированное лесовозобновление.

Заключение

Использование парцеллярной структуры в лесном биогеоценозе даёт возможность получить более детальную информацию об особенностях конкретного участка леса, способствует глубокому анализу состава, состояния и распространения естественного возобновления, что позволяет увидеть перспективу формирования будущего насаждения. Парцеллы, являясь биологическим индикатором неоднородности условий местообитания, позволяют рационально размещать главные породы по площади при содействии естественному возобновлению или комбинированном возобновлении леса.

После проведения двух выборочных санитарных рубок в типе леса ельник лещиново-копытеневый сформировались

8 производных парцелл, название которых целесообразно давать по растениям-эдификаторам. В формировании производных парцелл принимают участие коренные, так как их отдельные элементы определяют место, характеристику, условия возобновления и значение производных парцелл в развитии биогеоценоза.

В лещиново-копытеневом типе леса формируется значительное разнообразие биогеоценотических парцелл. Естественное возобновление леса на исследуемом участке состоит из 12 видов, включая 8 лесообразователей и 4 подлесочные породы. Видовое разнообразие ЖНП в парцеллах варьирует в пределах 12–21 вида, что свидетельствует о богатстве почвенных условий.

Преобладание самосева клёна остролистного и липы мелколистной высотой 0,5–1,5 м в большинстве производных парцелл с незначительным количеством сосны обыкновенной и ели европейской снижает перспективу формирования смешанных хвойно-лиственных насаждений.

Продолжительность расселения сосны обыкновенной в парцеллах на огневищах не превышает 4-х лет, наибольшее его количество отмечено в первый год после сжигания порубочных остатков (26108 шт/га – 48,6%). Период расселения ели составляет 2 года. В производных парцеллах с самосевом сомнительной категории состояния ели европейской (лещиновой, лещиново-кленово-липовой, кленово-липовой) из-за высокой конкуренции с древесно-кустарниковой растительностью целесообразно применять своевременные уходы за самосевом и подростом или комбинированное лесовозобновление для восстановления смешанных древостоев с участием ели.

Мощность лесной подстилки в производных парцеллах варьирует в пределах 4,6–6,1 см с долей неразложившегося слоя 32–44%, однако чёткая связь количества самосева с мощностью подстилки не всегда заметна. Исключение составляет вейниковая парцелла, где отмечено максимальное количество самосева (22000 шт/га) при наименьшей мощности лесной подстилки (4,6 см) с долей неразложившегося слоя 37%.

Условия производных парцелл искусственного характера на огневищах и волоках с минерализованной почвой при трелевке древесины способствуют образованию самосева хвойных в достаточном для лесовозобновления количестве. Рациональное размещение мест сжигания порубочных остатков на лесосеках может способствовать формированию биологически устойчивых хвойно-лиственных древостоев.

Исследования показали, что формирование производных парцелл весьма тесно связано с элементарным составом коренных, так как их отдельные элементы участвуют в составе производных, во многом определяют их место в развитии биогеоценоза, а также условия и характер естественного возобновления.

Пространственная структура биогеоценозов даёт возможность определить роль, значимость и форму участия отдельных его компонентов в экосистеме. Управление процессом лесовозобновления на основе парцеллярной структуры биогеоценоза позволяет более эффективно решать вопросы воспроизводства хозяйственно ценных лесов с позиций экологии и экономики.

Список литературы

1. Kolo H. Predicting natural forest regeneration: a statistical model based on inventory data / H. Kolo, D. Ankerst, T. Knoke // Eur. J. Forest Res. – 2017. – Vol. 136. – No 5–6. – pp. 923–938.

2. Дылис Н.В. О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов / Н.В. Дылис, А.И. Уткин, И.М. Успенская // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. – 1964. – Т. 69. – вып. 4. – С. 65–72.

3. Robinson D.T. Effects of Land-Use Policy, Forest Fragmentation and Residential Parcel Size on Land-Cover and Carbon Storage in Southeastern Michigan: PhD Diss. / D.T. Robinson. – USA, MI, 2009.

4. Цветков В.Ф. Самовозобновление леса / В.Ф. Цветков. – Архангельск: Изд-во Арханг. госуд. ун-та, 2009. – 84 с.

5. Meyer P. A matter of time: self-regulated tree regeneration in a natural Norway spruce (Picea abies) forest at Mt. Brocken, Germany / P. Meyer, P. Janda, M. Mikolas, V. Trotsiuk et al. // Eur. J. Forest Res. – 2017. – Vol. 136. – No 5–6. – pp. 907–921.

6. Иванов В.П. Анализ естественного лесовозобновления на основе парцеллярной структуры в сосново-еловых насаждениях после выборочных санитарных рубок / В.П. Иванов, А.В. Ерохин, Т.В. Колосова // Лесной журнал. – 2016. – № 6. – С. 65–75.

7. Рунова Е.М. Естественное возобновление на вырубках сосняков в районе Среднего Приангарья / Е.М. Рунова, А.А. Соловьёва // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 6. – С. 67–71.

8. Оценка естественного возобновления хвойных пород на сплошных вырубках в условиях Рощинского лесничества / А.А. Фетисова [и др.] // Изв. вузов. Лесной журн. – 2013. – Вып. 6. – С. 15–17.

9. Матвеева А.С. Влияние состава и строения материнского древостоя на состояние жизнеспособности подроста ели разных фенологических форм / А.С. Матвеева, Н.В. Беляева, Д.А. Данилов // Изв. СПбЛТА. – 2017. – № 221. – С. 107–131.

10. Беляева Н.В. Связь парцеллярной структуры фитоценоза с ходом роста молодого поколения ели / Н.В. Беляева // Науч. дискуссия: вопросы техн. наук. – М.: Междунар. центр науки и образ., 2013. – С. 92–96.

11. Ерохин А.В. Структура естественного возобновления после проведения равномерно-постепенных рубок в сосняках бруснично-черничных / А.В. Ерохин // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2012. – вып. 31. – С. 23–25.

12. Беляева Н.В. Влияние парцеллярной структуры фитоценоза на соотношение фенологических форм подроста ели / Н.В. Беляева, А.В. Грязькин, О.А. Ковалёва // Вест. Саратов. гос. ун-та им. Н.И. Вавилова. Естественные науки. – 2013. – № 6. – С. 16–21.

13. Дылис Н.В. Структура лесного биогеоценоза / Н.В. Дылис. – М., 1969. – 57 с.

14. Мельников Е.С. Исследование парцеллярной структуры живого напочвенного покрова под влиянием рубок ухода и комплексного ухода за лесом / Е.С. Мельников, А.П. Смирнов, Нган Ха Нгуен // Изв. СПбЛТА, 2012. – С. 48–55.

15. Курнаев С.Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземного центра / С.Ф. Курнаев. – М.: Наука, 1982. – 120 с.

References

1. Kolo H. Predicting natural forest regeneration: a statistical model based on inventory data / H. Kolo, D. Ankerst, T. Knoke // Eur. J. Forest Res. – 2017. – Vol. 136. – No 5–6. – P. 923–938.

2. Dy`lis N.V. O gorizontal`noj strukture lesny`x biogeocenozov / N.V. Dy`lis, A.I. Utkin, I.M. Uspenskaya // Byulleten` Moskovskogo obshhestva ispy`tatelej prirody`. Otdele-nie biologii. – 1964. – T. 69. – vy`p. 4. – P. 65–72.

3. Robinson D.T. Effects of Land-Use Policy, Forest Fragmentation and Residential Parcel Size on Land-Cover and Carbon Storage in Southeastern Michigan: PhD Diss. / D.T. Robinson. – USA, MI, 2009.

4. Czvetkov V.F. Samovozobnovlenie lesa / V.F. Czvetkov. – Arxangel`sk: Izd-vo Arxang. gosud. un-ta, 2009. – 84 p.

5. Meyer P. A matter of time: self-regulated tree regeneration in a natural Norway spruce (Picea abies) forest at Mt. Brocken, Germany / P. Meyer, P. Janda, M. Mikolas, V. Trotsiuk et al. // Eur. J. Forest Res. – 2017. – Vol. 136. – No 5–6. – P. 907–921.

6. Ivanov V.P. Analiz estestvennogo lesovozobnovleniya na osnove parcellyarnoj struktury` v sosnovo-elovy`x nasazhdeniyax posle vy`borochny`x sanitarny`x rubok / V.P. Ivanov, A.V. Eroxin, T.V. Kolosova // Lesnoj zhurnal. – 2016. – № 6. – P. 65–75.

7. Runova E.M. Estestvennoe vozobnovlenie na vy`rubkax sosnyakov v rajone Srednego Priangar`ya / E.M. Runova, A.A. Solov`yova // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2017. – № 6. – P. 67–71.

8. Ocenka estestvennogo vozobnovleniya xvojny`x porod na sploshny`x vy`rubkax v usloviyax Roshhinskogo lesnichestva / A.A. Fetisova [i dr.] // Izv. vuzov. Lesnoj zhurn. – 2013. – Vy`p. 6. – P. 15–17.

9. Matveeva A.S. Vliyanie sostava i stroeniya materinskogo drevostoya na sostoyanie zhiznesposobnosti podrosta eli razny`x fenologicheskix form / A.S. Matveeva, N.V. Belyaeva, D.A. Danilov // Izv. SPbLTA. – 2017. – № 221. – P. 107–131.

10. Belyaeva N.V. Svyaz` parcellyarnoj struktury` fitocenoza s xodom rosta molodogo po-koleniya eli / N.V. Belyaeva // Nauch. diskussiya: voprosy` texn. nauk. – M.: Mezhdunar. centr nauki i obraz., 2013. – P. 92–96.

11. Eroxin A.V. Struktura estestvennogo vozobnovleniya posle provedeniya ravnomerno-postepenny`x rubok v sosnyakax brusnichno-chernichny`x / A.V. Eroxin // Aktual`ny`e pro-blemy` lesnogo kompleksa: sb. nauch. tr. – Bryansk, 2012. – vy`p. 31. – P. 23–25.

12. Belyaeva N.V. Vliyanie parcellyarnoj struktury` fitocenoza na sootnoshenie fenolo-gicheskix form podrosta eli / N.V. Belyaeva, A.V. Gryaz`kin, O.A. Kovalyova // Vest. Saratov. gos. un-ta im. N.I. Vavilova. Estestvenny`e nauki. – 2013. – № 6. – P. 16–21.

13. Dy`lis N.V. Struktura lesnogo biogeocenoza / N.V. Dy`lis. – M., 1969. – 57 p.

14. Mel`nikov E.S. Issledovanie parcellyarnoj struktury` zhivogo napochvennogo pokrova pod vliyaniem rubok uxoda i kompleksnogo uxoda za lesom / E.S. Mel`nikov, A.P. Smirnov, Ngan Xa Nguen // Izv. SPbLTA, 2012. – P. 48–55.

15. Kurnaev S.F. Drobnoe lesorastitel`noe rajonirovanie Nechernozemnogo centra / S.F. Kurnaev. – M.: Nauka, 1982. – 120 p.

УДК 630*161:633.873.1

ДИНАМИКА ЗОЛЬНОСТИ, СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ В ЛИСТЬЯХ И КОРЕ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ДРЕВОСТОЯХ ПОРОСЛЕВОГО И СЕМЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Неруш М.Н.

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

Приводится сравнительная характеристика показателей зольности и содержания калия, кальция в листьях и коре дуба черешчатого в древостоях порослевого и семенного происхождения. Произрастают древостои дуба на дерново-подзолистых почвах, подстилаемых лёссовидными покровными суглинками. В структуре лесов Брянской области дубравы распространены неравномерно. Доля их участия в составе колеблется от 14% до 1%, в среднем – 5,6%. Из них на дубовые насаждения семенного происхождения приходится – 4,5%, а порослевого – 1,1% площади, занятой лесом. Среди дубрав порослевого происхождения выделены две линии роста по густоте – густые и редкие. Они различаются по соотношению количества деревьев и размера среднего диаметра. Редкие по густоте дубовые древостои имеют больший запас древесины и лучшую сортиментную структуру. Установлено, что у деревьев одного и того же древостоя наблюдается большое варьирование зольности и содержания калия и кальция в листьях и коре дуба. Коэффициент вариации изменяется в довольно широких пределах. С возрастом содержание золы в листьях и коре увеличивается. Существенного различия зольности листьев и коры в древостоях семенного и порослевого происхождения не наблюдается. Количество калия с возрастом сокращается, а кальция возрастает. В листьях дуба семенного и порослевого происхождения содержится калия и кальция больше, чем в коре. Дубовые древостои семенного, порослевого происхождения, растущие в одинаковых лесорастительных условиях, имеют близкие значения зольности, калия, кальция в листьях и коре дуба.

Ключевые слова: дуб черешчатый, древостой, происхождение, семенное, порослевое, листья, кора, зольность, калий, кальций, продуктивность

DYNAMICS OF ASH CONTENT, CONTENT OF POTASSIUM AND CALCIUM IN LEAVES AND BARK OF PEDUNCULATE OAK IN STANDS OF COPPICE AND SEED ORIGIN

Nerush M.N.

Bryansk State Engineering and Technological University, Bryansk, e-mail: nerush.mikhail@yandex.ru

A comparative characteristics of ash content and potassium, calcium content in the leaves and bark of oak petiolate in the stands of young and seed origin is undertaken. Oak stands grow in sod-podzolic soils, underlaid by loess-like cover loam. In the forest structure of the Bryans region oak forests are distributed unevenly. The share of their participation in the composition ranges from 14% to 1%, and forms an average of 5.6%. From them, the oaks of seed origin account for 4.5%, and the growing origin – 1.1% of the area, occupied by forest. Among the oak of coppice origin we highlighted two lines of growth according to density – dense and sparse. They differ in the ratio of the number of trees and the size, as well as average diameter. Rare stands have a larger stock of wood and a better assortment structure. It was established that the trees of the same stand can vary widely in ash content and potassium and calcium in leaves and bark of oak. The coefficient of variation varies quite widely. With age, ash content in leaves and bark increases. There is no significant difference in ash content in leaves and bark in stands of seed and shoots origin. The amount of potassium decreases with age, whilst calcium contents increase. Leaves of seed and shoots origin oak contain more potassium and calcium than bark does. Oak stands of seed and shoots origin, growing in the same forest conditions, have close values of ash, potassium, calcium in leaves and bark of a tree.

Keywords: pedunculated oak, forest stand, origin, seed, poroslevoe, leaves, bark, ash, potassium, calcium, productivity

Рост древесных растений зависит от поступления из почвы макроэлементов в течение всего вегетационного периода, а поступление элементов зависит от их запаса и доступности. На концентрацию минеральных элементов в растениях влияет ряд факторов: состояние корневой системы, проводящих тканей, возраст, состояние листового аппарата, климатические условия [1].

Корневая система обеспечивает растения водой и элементами минерального питания, необходимыми для жизнедеятельности и роста. Минеральные элементы являются сырьем для синтеза аминокислот, ряда важнейших соединений, входят в состав растительных тканей, выполняют роль катализаторов в различных реакциях, регулируют осмотические процессы, являются составными частями буферных систем. В большом количестве древесным растениям нужны макроэлементы [2].

Калий в растениях очень подвижен, влияет на фотосинтез и в основном сосредоточен в молодых растущих тканях. Он

вместе с ионами кальция и магния обуславливает состояние коллоидов плазмы, влияя тем самым на физико-химические особенности цитоплазмы и обмен веществ. Его недостаток мешает передвижению углеводов и обмену азота, нарушает структуру хлоропластов, отрицательно сказывается и на их фотосинтетической активности, приводит к состоянию завядшего растения, а повышенное содержание – к увеличению осмотического потенциала клеточного сока и большей морозоустойчивости. Водорастворимый кальций находится преимущественно в молодых частях растений, а нерастворимые карбонаты кальция откладываются в старых частях. Кальций входит в состав клеточных стенок, встречается в виде кристаллов щавелевокислого кальция, связан с обменом азота. Недостаток кальция подавляет поглощение нитратов и синтез белков [3].

За последние десятилетия накопилось много данных о содержании в древесных растениях зольных элементов в виде целого ряда нелетучих оксидов, получаемых после термического разрушения органических веществ. Содержание золы в древесных растениях изменяется в широких пределах в зависимости от вида, степени развития растений, от органов и их расположения в организме, от факторов внешней среды. Установлено, что древесина имеет минимальную, а листья – максимальную зольность [4, 5].

Приведенные данные анализа дают некоторое представление о состоянии и особенностях изменения состава зольных элементов в древесных растениях. Их оценка облегчает научное обоснование лесохозяйственных мероприятий, связанных с формированием насаждений. Дальнейшее изучение связей между ростом деревьев и питательным режимом, использование этих знаний в практической работе должны способствовать повышению устойчивости и продуктивности насаждений.

Цель исследования: установить особенности изменения содержания золы, калия и кальция в листьях и коре дуба черешчатого, семенного и порослевого происхождения, в насаждениях различного возраста Брянского лесного массива.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов для определения содержания зольных элементов были выбраны листья и кора дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Отбор образцов проводили в вегетационный период (август) в чистых древостоях дуба порослевого и семенного происхождения (II класс бонитета, тип леса – дубняк лещиновый, тип лесорастительных условий – свежая дубрава) на 13 пробных площадях, заложенных для изучения динамики и продуктивности в соответствии с ОСТ 56-69-83 [6].

Возраст насаждений колеблется в пределах 37…104 лет. Порослевые дубравы представлены двумя линиями роста и развития по густоте: редкие и густые, различающиеся по соотношению числа стволов и среднего диаметра при близких значениях суммы площадей сечения в определяемом возрасте. В каждом насаждении, где заложены пробные площади, были срублены 12…15 модельных деревьев различного диаметра для определения запаса и текущего прироста древостоев.

Листья для определения зольных элементов отбирали у модельных деревьев с верхушечных побегов последнего года. С каждого дерева срывали по 25–30 хорошо развитых листьев, образцы коры брали со ствола на высоте 1,3…1,5 м по четырём направлениям в виде пластин 5×10 см. Для фиксации образцы листьев и коры высушивали до воздушно-сухого состояния. Высушенные после фиксации растительные пробы измельчали на мельнице. Измельчённый материал просеивался через сито с диаметром отверстия 1 мм. Из подготовленной таким образом пробы брали аналитический образец и помещали в пакет из плотной бумаги. Для анализа применяли две параллельно взятые навески с трехкратной повторностью из каждого образца.

Методом сухого золения, основанного на сжигании ограниченных веществ при высокой температуре (75 °С) в муфельной печи, определяли зольность [7]. Количественное определение калия и кальция в растворах производили на фотометре пламенном лабораторном (ФПЛ-1). Для выделения спектральных линий определяемых элементов использовали интерференционные светофильтры с максимальным светопреломлением: для калия – 785 нм, кальция – 622 нм [8]. Статическую обработку цифрового материала выполняли в системе Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Насаждения дуба черешчатого в Брянском лесном массиве приурочены в ос-

новном к богатым лесорастительным условиям. Произрастают они на дерново-подзолистых почвах, сформированных на флювиогляциальных песках, подстилаемых лёссовидными покровными суглинками [9]. В лесах Брянской области дубравы распространены неравномерно. Доля их участия в структуре лесов изменяется от 14 % в Севском лесничестве до 1 % в Карачевском лесничестве, в среднем – 5,6 %. При этом доля дубрав семенного происхождения составляет – 4,5 %, порослевого – 1,1 %. Дубовые насаждения являются источником ценной древесины и выполняют важнейшие природоохранные, почвозащитные и экологические функции. В благоприятных для произрастания условиях дуб образует смешанные по составу высокопродуктивные, биологически устойчивые насаждения. Однако в последние десятилетия наблюдается снижение доли дуба в составе лесов, связанное с усиленной деградацией и усыханием дубрав, слабой эффективностью лесохозяйственных мероприятий, проводимых в дубравах. Это требует особого внимания лесоводов к решению проблемы восстановления дубрав.

В исследуемых древостоях дуба порослевого происхождения выделены две линии роста по густоте – густые и редкие (табл. 1). В одинаковом возрасте густые древостои имеют большее количество деревьев, чем редкие, но меньший средний диаметр. Коэффициент соотношения числа деревьев со средним диаметром в 50-летнем возрасте в густых древостоях равен – 46, а в редких – 34. Различие в густоте древостоев сказывается на их продуктивности и сортиментной структуре. Древостои дуба редкие по густоте имеют больший запас, чем густые. Древостои дуба семенного происхождения медленнее порослевых растут по высоте, диаметру и имеют меньший запас древесины. Они достигают максимального текущего прироста по запасу в 60 лет, а порослевые в 50 лет. В дальнейшем прирост по запасу их снижается более медленно, чем порослевых.

Полученные результаты (табл. 2) свидетельствуют, что в пределах одного древостоя наблюдается большое варьирование зольности и содержания калия, кальция в листьях дуба. Коэффициент вариации зольности листьев дуба порослевого происхождения в редких древостоях изменяется в пределах 21,5–26,3 %, а дуба семенного происхождения 21,5–28,3 %. Коэффициент изменчивости калия в листьях дуба порослевого происхождения колеблется в пределах 15,9–23,2 %, а семенного 20,1–24,7 %. Коэффициент изменчивости кальция в листьях дуба порослевого происхождения варьирует в пределах 17,9–21,8 %, семенного 18,3–24,2 %. Наблюдается снижение предела варьирования коэффициентов изменчивости зольности, калия и кальция в листьях дуба в густых древостоях.

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев дуба на пробных площадях

№ п/п	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт/га	Сумма площадей сечений $м^2$/га	Запас $м^3$/га	Текущий прирост по запасу $м^3$/га
Дубравы порослевого происхождения (редкие)							
1	37	15,7	16,9	971	21,7	166	9,4
2	51	20,1	21,7	690	25,5	254	9,6
3	71	22,7	28,4	437	27,7	304	7,9
4	76	24,5	30,0	407	28,8	327	7,5
5	100	26,5	35,3	311	30,4	386	4,8
Дубравы порослевого происхождения (густые)							
6	51	18,0	18,6	850	23,0	199	9,3
7	65	22,3	23,2	625	26,5	286	8,5
8	75	23,7	24,1	579	27,5	316	7,8
9	90	24,3	28,1	450	27,9	326	5,3
Дубравы семенного происхождения							
10	55	18,3	20,6	775	25,9	228	8,2
11	62	19,8	23,9	590	28,4	262	8,6
12	84	23,1	28,1	441	27,3	322	7,4
13	104	25,8	34,6	337	31,7	379	6,7

Таблица 2

Зольность, содержание калия и кальция в листьях дуба (в % от сухого вещества)

№ п/п	Возраст, лет	Зольность		Калий		Кальций	
		Среднее значение	Коэф. вариации	Среднее значение	Коэф. вариации	Среднее значение	Коэф. вариации
Дубравы порослевого происхождения (редкие)							
1	37	4,25 ± 0,22	24,1	0,87 ± 0,03	19,1	1,06 ± 0,02	18,2
2	51	4,41 ± 0,22	21,5	0,62 ± 0,02	19,3	1,12 ± 0,02	17,9
3	71	5,38 ± 0,24	26,3	0,53 ± 0,05	23,2	1,23 ± 0,03	21,8
4	76	5,72 ± 0,28	24,6	0,47 ± 0,02	15,9	1,24 ± 0,02	18,5
5	100	6,20 ± 0,29	25,9	0,36 ± 0,03	21,2	1,40 ± 0,02	20,5
Дубравы порослевого происхождения (густые)							
6	51	4,63 ± 0,22	24,5	0,78 ± 0,02	22,2	1,07 ± 0,03	21,7
7	65	5,20 ± 0,28	22,9	0,62 ± 0,02	20,3	1,10 ± 0,02	19,8
8	75	5,63 ± 0,23	21,3	0,60 ± 0,02	22,1	1,18 ± 0,02	21,8
9	90	6,49 ± 0,30	20,7	0,47 ± 0,02	21,2	1,29 ± 0,02	22,7
Дубравы семенного происхождения							
10	55	5,28 ± 0,32	28,3	0,80 ± 0,02	24,7	1,03 ± 0,02	24,2
11	62	5,64 ± 0,22	21,5	0,67 ± 0,02	21,5	1,07 ± 0,03	22,2
12	84	6,42 ± 0,22	22,1	0,42 ± 0,03	20,1	1,16 ± 0,02	18,3
13	104	6,84 ± 0,24	22,4	0,40 ± 0,02	23,5	1,25 ± 0,03	21,8

Таблица 3

Зольность, содержание калия и кальция в коре дуба (в % от сухого вещества)

№ п/п	Возраст, лет	Зольность		Калий		Кальций	
		Среднее значение	Коэф. вариации	Среднее значение	Коэф. вариации	Среднее значение	Коэф. вариации
Дубравы порослевого происхождения (редкие)							
1	37	4,17 ± 0,33	21,7	0,59 ± 0,02	12,8	0,42 ± 0,02	12,4
2	51	4,70 ± 0,23	19,5	0,52 ± 0,02	17,5	0,65 ± 0,02	16,8
3	71	5,19 ± 0,26	25,2	0,41 ± 0,02	25,4	0,77 ± 0,03	19,7
4	76	5,49 ± 0,26	25,3	0,40 ± 0,02	14,9	0,79 ± 0,02	17,3
5	100	6,13 ± 0,51	28,7	0,35 ± 0,04	23,3	0,99 ± 0,05	25,3
Дубравы порослевого происхождения (густые)							
6	51	4,85 ± 0,22	25,7	0,64 ± 0,03	18,1	0,61 ± 0,02	15,4
7	52	4,79 ± 0,21	18,0	0,58 ± 0,02	17,4	0,63 ± 0,02	14,3
8	75	5,62 ± 0,23	23,1	0,42 ± 0,02	11,4	0,75 ± 0,03	10,3
9	90	6,28 ± 0,18	12,8	0,40 ± 0,03	10,9	0,86 ± 0,02	11,5
Дубравы семенного происхождения							
10	55	5,15 ± 0,28	24,5	0,59 ± 0,02	22,3	0,60 ± 0,03	21,7
11	62	5,56 ± 0,29	18,9	0,52 ± 0,02	20,1	0,60 ± 0,02	21,3
12	84	6,31 ± 0,27	19,8	0,46 ± 0,02	18,6	0,75 ± 0,02	19,4
13	104	6,68 ± 0,27	25,8	0,44 ± 0,02	20,3	0,81 ± 0,03	21,5

С возрастом древостоев содержание золы в листьях увеличивается. В редких порослевых древостоях дуба зольность листьев возрастает от 4,25 % в 37 лет до 6,20 %, в 100 лет. В густых древостоях дуба порослевого происхождения зольность листьев возрастает от 4,63 в 51 год до 6,49 в 90 лет. Древостои дуба семенного происхождения превосходят порослевые по содержанию золы в листьях. У них зольность листьев колеблется от 5,28 % в 55 лет до 6,84 % в 104 года.

Количество калия в листьях дуба с возрастом уменьшается в порослевых древостоях редких по густоте от 0,62 % в 51 год до 0,36 % в 100 лет, в густых от 0,78 % в 51 год до 0,47 % в 90 лет, в семенных дубравах от 0,80 % в 55 лет до 0,40 %

в 104 года. Содержание кальция в листьях дуба с возрастом увеличивается.

В редких порослевых древостоях количество кальция возрастает от 1,12 % в 51 год до 1,40 % в 100 лет, в густых от 1,07 в 51 год до 1,29 % в 90 лет, а в семенных дубравах от 1,03 % в 55 лет до 1,25 % в 104 года. Больше кальция в листьях редких порослевых дубрав, чем в густых и семенных. Поэтому показатели зольности, содержания калия и кальция в листьях дуба являются характерными для дубовых древостоев.

Содержание золы в коре дуба с возрастом древостоев увеличивается (табл. 3). Показатели содержания золы в коре и листьях дуба различаются незначительно. С возрастом количество калия в коре уменьшается, а кальция увеличивается. Древостои дуба до 80 лет содержат калия в коре меньше, чем в листьях, в старшем возрасте различия не существенны. Более заметны различия содержания кальция в коре и листьях дуба. В 50-летнем древостое количество кальция в листьях в два раза больше, чем в коре.

Заключение

Анализ результатов исследования свидетельствует, что в древостоях наблюдается большое варьирование зольности, содержания калия и кальция в листьях и коре дуба. Установлено, что с возрастом содержание золы в листьях и коре увеличивается. Существенного различия зольности листьев и коры дуба в древостоях семенного и порослевого происхождения не наблюдается. Количество калия в листьях и коре дуба с возрастом уменьшается, а кальция увеличивается. Древостои дуба до 80 лет содержат калия в листьях больше чем в коре. Более заметны различия содержания кальция в коре и листьях дуба. В молодом возрасте до 50 лет количество кальция в листьях в два раза больше, чем в коре. На динамику зольных элементов накладывают определенный отпечаток, наряду с возрастом, густота и происхождение дубрав.

Список литературы

1. Особенности химического состава фитомассы некоторых дикорастущих и культивируемых древесных растений: к оценке зольного компонента / О.М. Брагина [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. –Т. 16, № 1(3). – С. 724–727.

2. Лир Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер; пер. с нем. Н.В. Лобанова, науч. ред. Н.В. Лобанов. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 424 с.

3. Новиков Н.Н. Биохимия растений / Н.Н. Новиков. – М.: Ленанд, 2014. – 680 с.

4. Химия растительного сырья: учебное пособие / А.В. Вураско, А.Р. Минакова, А.К. Жвирблите, И.А. Блинова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. – 90 с.

5. Тюлькова Е.Т. Зольность и морфометрические параметры листьев древесных растений как индикаторы загрязнения окружающей среды (на примере г. Гомеля) / Е.Т. Тюлькова // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2016. – № 3 (96). – С. 64–69.

6. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – М.: Отраслевой стандарт, 1983. – 63 с.

7. ГОСТ Р56881-2016 Биомасса. Определение зольности стандартным методом. – М.: Стандартинформ, 2016. – 41 с.

8. Стифатов Б.М. Пламенная фотометрия: Методические указания к лабораторной работе / Б.М. Стифатов, О.В. Рублинецкая. – Самара: Самарский государственный технологический университет, 2017. – 13 с.

9. Маркина З.Н. Оценка влияния лесорастительных свойств дерново-подзолистых почв на рост древесных насаждений полезащитных лесных полос Брянской области / З.Н. Маркина, В.В. Вечеров // Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов ИЛНАН Беларуси. Вып. 77. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2017. – С. 375–379.

References

1. Osobennosti ximicheskogo sostava fitomassy` nekotory`x dikorastushhix i kul`tiviruemy`x drevesny`x rastenij: k ocenke zol`nogo komponenta / O.M. Bragina [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2014. – T. 16, № 1(3). – P. 724–727.

2. Lir X. Fiziologiya drevesny`x rastenij / X. Lir, G. Pol`ster, G.-I. Fidler; per. s nem. N.V. Lobanova, nauch. red. N.V. Lobanov. – M.: Lesnaya promy`shlennost`, 1974. – 424 p.

3. Novikov N.N. Bioximiya rastenij / N.N. Novikov. – M.: Lenand, 2014. – 680 p.

4. Ximiya rastitel`nogo sy`r`ya: uchebnoe posobie / A.V. Vurasko, A.R. Minakova, A.K. Zhvirblite, I.A. Blinova. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. gos. lesotexn. un-t, 2013. – 90 p.

5. Tyul`kova E.T. Zol`nost` i morfometricheskie parametry` list`ev drevesny`x rastenij kak indikatory` zagryazneniya okruzhayushhej sredy` (na primere g. Gomelya) / E.T. Tyul`kova // Izvestiya Gomel`skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny`. – 2016. – № 3 (96). – P. 64–69.

6. OST 56-69-83. Ploshhadi probny`e lesoustroitel`ny`e. Metod zakladki. – M.: Otraslevoj standart, 1983. – 63 p.

7. GOST R56881-2016 Biomassa. Opredelenie zol`nosti standartny`m metodom. – M.: Standartinform, 2016. – 41 p.

8. Stifatov B.M. Plamennaya fotometriya: Metodicheskie ukazaniya k laboratornoj rabote / B.M. Stifatov, O.V. Rublinecz kaya. – Samara: Samarskij gosudarstvenny`j texnologicheskij universitet, 2017. – 13 p.

9. Markina Z.N. Ocenka vliyaniya lesorastitel`ny`x svojstv dernovo-podzolisty`x pochv na rost drevesny`x nasazhdenij polezashhitny`x lesny`x polos Bryanskoj oblasti / Z.N. Markina, V.V. Vecherov // Problemy` lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchny`x trudov ILNAN Belarusi. Vy`p. 77. – Gomel`: Institut lesa NAN Belarusi, 2017. – P. 375–379.

УДК 630*181:630*273:582.772.2(571.53)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ACER NEGUNDO L. В ОЗЕЛЕНЕНИИ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БРАТСКА)

Рунова Е.М., Аношкина Л.В.

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: runova0710@mail.ru

В данной работе рассмотрены характерные особенности клена ясенелистного, произрастающего в городских посадках на территории Восточной Сибири. Acer negundo L. является инвазионным видом древесных растений, в городском озеленении используется в качестве интродуцента. Дана природно-климатическая характеристика г. Братска, проанализирован видовой состав городских насаждений. Исследования проводились в 2010–2017 гг. Обследовано 245 деревьев. Определены морфометрические показатели, проведено обследование санитарного состояния древостоев. Выполнена инструментальная диагностика внутреннего состояния деревьев. Максимальная высота дерева составляет 12,68 м, средняя высота – 5,07 м, максимальный диаметр ствола – 22,61 см., средний диаметр – 12,68 см, стволы сильно разветвлены и наклонены. 98,5% деревьев имеют повреждения. Инструментальным способом обследовано 20 деревьев. Наблюдается снижение плотности древесины в центральной части ствола. Декоративные качества Acer negundo L. нарушены из-за сильного ветвления, наклона стволов, поражений и болезней. По результатам исследований сделаны выводы и предложены рекомендации по использованию клена ясенелистного в городских посадках: проводить формовку крон, постепенно заменять больные, потерявшие эстетичный вид экземпляры на более декоративные деревья и кустарники, проводить мониторинг состояния посадок клена ясенелистного с целью выявления аварийных деревьев. В условиях резко континентального климата северных территорий Иркутской области Acer negundo L. не встречается в пригородных лесах и лесопарковых зонах, распространяется самосевом только в пределах городских территорий, однако необходимо проводить систематическое изучение данного вида с целью выявления опасных тенденций появления его в естественных местообитаниях.

Ключевые слова: инвазия, Acer negundo L., морфометрические показатели, санитарное состояние, стволовая гниль, декоративные качества

PROSPECTS OF IMPLEMENTING ACER NEGUNDO L. IN PLANTING GREENERY IN THE NORTHERN TERRITORIES (AT THE EXAMPLE OF THE CITY OF BRATSK)

Runova E.M., Anoshkina L.V.

Bratsk State University, Bratsk, e-mail: runova0710@mail.ru

This article studies typical features of maple tree that grows in urban greenery areas at the territory of Eastern Siberia. Acer negundo L. Is an invasive type of wood plants and is used in urban greenery as an introducent. Natural climatic characteristic of the city of Bratsk is presented, species composition of urban greenery areas is analysed. The research was undertaken in 2010-2017, and 245 trees were examined. Morpholmetric indexes were established, and sanitary condition of tree stands was undertaken. Instrumental diagnostics of internal condition of trees was carried out as well. Maximum height of a tree equals 12,68 m, and average height is 5,07 m, maximum diameter of trunk equals 22,61 m, average dimeter – 12,68 m, trunks are intensively branched and angled. 98,5% of all trees are damaged. 20 trees were examined via instrumental method. Decrease in wood density is observed in the cetral part of trunk. Decorative qualities of Acer negundo L. are disturbed due to intensive branching, trunk angling, diseases, and damages. According to the resultsof our research conclusions have been made and recommendations – suggested in order to using maple tree in urban greenery areas: maintain crown shaping, gradually replace ill trees that lost their aesthetic appearence, with other decorative trees and bushes, undertake monitoring of maple tree planting areas in order to reveal damaged trees. In conditions of sharp-continental climate of the Northern territories of Irkutsk region Acer negundo L. is not found in suburban forests and forest-park areas, it is distributed only via sawing within limits of urban territories. However, it is necessary to undertake systematic research of this species in order to reveal dangerous trends of it's emergence in natural habitats.

Keywords: invasion, Acer negundo L., morphometric indicators, sanitary condition, stem rot, decorative qualities

Процессы миграции населения, интенсификации движения транспорта, характерные для второй половины XX и начала XXI вв., породили проблему инвазии – заселения территорий чужеродными видами растений. Инвазионные виды нередко создают угрозу аборигенным растениям, вытесняя их из естественного ареала обитания. Инвазии в настоящее время приняли глобальный характер и представляют серьезную экологическую проблему. Консорциумом ведущих исследователей биологических инвазий в Европе был организован проект, одной из задач которого являлось раннее обнаружение видов-агрессоров [1, 2]. Большое внимание борьбе с инвазионными видами растений уделяется российскими исследователями, но в основном эта проблема изучается в европейской части России [3]. Сибирскими учеными (А.Л. Эбель, А.Н. Куприянов, Т.О. Стрельникова и др.) издана «Черная книга флоры Сибири», где представлена подробная характеристика по распространению 58 видов инвазион-

ных растений на территории Сибирского федерального округа [4]. Одним из представителей древесных растений, чужеродных для регионов Сибири, является клён ясенелистный (*Acer negundo* L.), относящийся к семейству *Aceraceae Juss*, подробно описанный в работах С.К. Черепанова, И.Ю. Коропачинского [5, 6]. В городских насаждениях *Acer negundo* L. используется в качестве интродуцента для разнообразия ассортимента городской флоры.

Целью настоящих исследований является изучение морфометрических показателей, санитарного состояния *Acer negundo* L. в городских посадках, диагностика внутреннего состояния стволов деревьев на наличие стволовой гнили с помощью прибора Resistograph 4450.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2010–2017 гг. на примере городских посадок Братска, расположенного на северо-западе Иркутской области в центре Среднесибирского плоскогорья с резко континентальным климатом, характеризующимся большими колебаниями годовой и суточной температур и неравномерным годовым распределением осадков. Всего обследовано 245 модельных деревьев, произрастающих в разных районах города, в насаждениях общего пользования. Определены морфометрические показатели (диаметр ствола, высота дерева). Диаметр ствола измерялся при помощи мерной вилки на высоте 1,3 м от шейки корня. Высота дерева измерялась высотомером-кронометром ВК-1. При обработке результатов измерений использовались методы математической статистики с применением электронных таблиц Excel. Определены значения высоты дерева и диаметра ствола для разных групп возраста. Для оценки погрешности использовалось среднеквадратическое отклонение. Обследование санитарного состояния древостоев было проведено визуальными методами по типичным признакам наличия вредителей, болезней, другим характерным признакам неблагополучного состояния насаждений. Также проведена инструментальная диагностика внутреннего состояния деревьев с помощью прибора Resistograph 4450. Ствол дерева засверливался тонкой буровой иглой на высоте 0,2–1,3 м. При сверлении ствола дерева момент сопротивления сверлению считывался устройством и преобразовывался в резистограмму. На графиках-резистограммах отображалась условная плотность древесины. Участки ствола, затронутые гнилью, имеют меньшую плотность по сравнению со здоровой древесной. По данным полученных резистограмм в процентном соотношении определялись доли здоровой древесины, а также внутренних повреждений: гнили в начальной стадии развития, сильно развитой гнили [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Суровый климат, а также неблагоприятные экологические условия являются лимитирующими факторами разнообразия видового состава растений. В озеленении городских территорий доминирует тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) – 65%, береза повислая (*Betula pendula* Roth) – 11%, акация жёлтая карагана (*Caragana arborescerns* Lam.) – 8%. Представитель североамериканской флоры *Acer negundo* L. использовался для озеленения городских территорий Братска в 1970–1980-е гг., на его долю приходится всего 4% городских насаждений.

Клён ясенелистный (*Acer negundo* L.) для флоры Сибири является интродуцентом, завезённым из Северной Америки в Европу и распространившимся практически по всей территории России. Он занимает первое место из примерно 50 инвазионных видов-чужестранцев [8].

Декоративные и средозащитные свойства древесных растений тесно связаны с их морфометрическими показателями (высотой дерева, диаметром ствола, габитусом и формой кроны). Если на родине произрастания *Acer negundo* L. достигает 25 м в высоту и 50 см в диаметре, по результатам измерения морфометрических показателей в условиях г. Братска его максимальная высота составляет 12,68 м, средняя высота – 5,07 м, максимальный диаметр ствола – 22,61 см., средний диаметр – 12,68 см (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрические показатели *Acer negundo* L. в насаждениях общего пользования г. Братска

Возраст, лет	M ± σ	
	высота, м	диаметр ствола, см
20	2,73 ± 3,56	8,6 ± 4,02
30	4,25 ± 3,03	12,3 ± 3,69
40	6,46 ± 1,89	14,5 ± 3,21
50	6,86 ± 2,45	15,2 ± 2,08

В возрасте 20–30 лет морфометрические показатели существенно различаются и зависят от условий произрастания. Габитус *Acer negundo* L. также зависит от условий произрастания. Деревья с ярко выраженным стволом в городских посадках не встречаются. Стволы, как правило, сильно разветвлены и наклонены. Особенно сильное ветвление наблюдается у деревьев, произрастающих в рядовых посадках вдоль автомобильных магистралей и у отдельно стоящих экземпляров (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид Acer negundo L. (солитер)

Практически все городские насаждения *Acer negundo* L. (98,5%) имеют различного рода повреждения (табл. 2).

Таблица 2

Количество повреждений и болезней *Acer negundo* L. в насаждениях общего пользования г. Братска

Повреждения и болезни	Количество деревьев, шт.
Механические повреждения	20
Искривление ствола	51
Обдир коры	29
Сухобокость	19
Морозные трещины	33
Некрозно-раковые болезни	54
Поражения дереворазрушающими грибами	39
Всего:	245

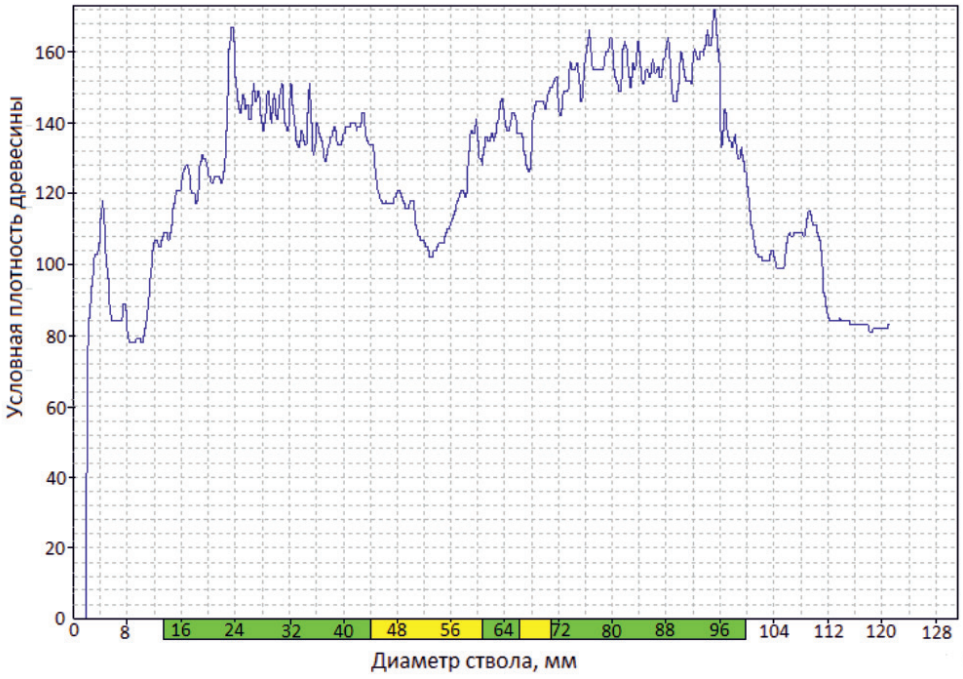
Так, у 12,8% деревьев наблюдаются механические повреждения преимущественно в нижней части ствола, у 32,5% – искривление стволов, обдир коры – 18,2%, сухобокость – 11,9%, морозные трещины – 21,2%, некрозно-раковыми заболеваниями поражены 34,6% деревьев, дереворазрушающими грибами – 24,8%.

Кроме визуального метода определения санитарного состояния насаждений было проведено обследование внутреннего состояния ствола на наличие скрытой стволовой гнили при помощи прибора Resistograph 4450. Всего инструментальным способом обследовано 20 экземпляров. Выбирались деревья, по внешнему виду имеющие разную степень повреждений. Практически на всех резистограммах отражено характерное снижение плотности древесины в центральной части ствола (рис. 2).

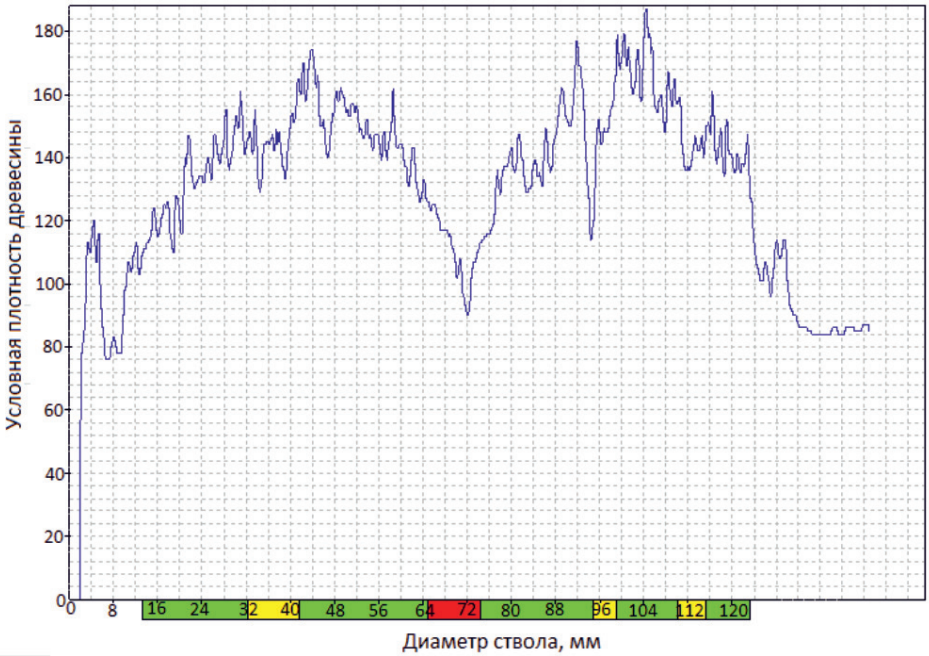
У 90% обследованных модельных деревьев наблюдается поражение ядровой гнилью от 8,6 до 30,8%, также обнаружены заболонные гнили от 6,2 до 28,4% от диаметра ствола, у 10% деревьев – очаги поражения гнилью обнаружены только в заболонной части 13,6 и 18,5% соответственно (табл. 3).

По объему обнаруженной стволовой гнили деревья нельзя отнести к аварийным, но учитывая значительное ветвление стволов (наклон их достигает 30–40°), деревья могут создавать опасность для пешеходов и автотранспорта. Кроме того, пыльца мужских особей *Acer negundo* L. является достаточно сильным аллергеном, что также доставляет немало проблем жителям города. Что касается декоративных качеств данного вида, в большинстве случаев нарушение габитуса дерева, сильное ветвление и наклон ствола, а также видимые повреждения создают малоэстетичный вид. Древесина *Acer negundo* L. является малоценной, она ломкая, мягкая и хрупкая, поэтому деревья подвержены снеголому [4]. Если учесть, что *Acer negundo* L. недолговечен: в естественных условиях доживает до 80–100 лет, а при повышенной антропогенной нагрузке промышленного города срок его жизни значительно сокращается, возраст дерева 50 и более лет можно считать критическим.

В естественных местообитаниях (пригородные леса, лесопарковые зоны) *Acer negundo* L. пока не встречается, но самосевом распространяется на городских территориях. Если учесть тенденцию потепления климата за последние годы: (так, например, в 2017 г. в Иркутской области средняя годовая температура воздуха превысила многолетние значения на 1–3° [9]), то можно прогнозировать его внедрение в естественные лесные массивы, что может повлечь за собой вытеснение лесообразующих пород.



а)



б)

Условные обозначения на резистограмме:
– здоровая древесина; – гниль в начальной стадии развития; – сильно развитая гниль

Рис. 2. Графики-резистограммы, характеризующие внутреннее состояние ствола:
а) гниль в начальной стадии развития составляет 17,3%;
б) гниль в начальной стадии развития – 15,5%, сильно развитая гниль – 8,2%

Таблица 3

Процентное соотношение древесины *Acer negundo* L.,
пораженной стволовой гнилью, в насаждениях общего пользования г. Братска

№ модельного дерева	Диаметр ствола, см	Количество древесины, пораженной ядровой гнилью, % от диаметра ствола			Количество древесины, пораженной гнилью в заболонной части ствола, % от диаметра ствола			Всего поражений гнилью от диаметра ствола, %
		Гниль в начальной стадии развития	Сильно развитая гниль	Всего	Гниль в начальной стадии развития	Сильно развитая гниль	Всего	
1	9,6	10,5	3,6	14,1	6,5	2,1	8,6	22,7
2	11,3	16,5	9,2	25,7	9,8	–	9,8	35,5
3	12,5	14,2	5,5	19,7	14,2	–	14,2	33,9
4	8,6	–	–	–	10,5	3,1	13,6	13,6
5	15,8	17,3	–	17,3	–	–	–	17,3
6	16,2	6,6	2,3	8,9	–	–	–	8,9
7	10,1	9,8	–	9,8	12,3	–	12,3	22,1
8	9,5	8,6	–	8,6	5,6	2,2	7,8	16,4
9	8,7	16,7	–	16,7	–		–	16,7
10	11,4	8,9	–	8,9	22,5	5,9	28,4	37,3
11	12,6	13,6	3,2	16,8	–	–	–	16,8
12	17,5	23,9	6,9	30,8	–	6,9	6,9	37,7
13	19,3	21,7	6,3	28	6,2	–	6,2	34,2
14	10,5	18,4	–	18,4	–	–	–	18,4
15	20,4	–	–	0	10,8	7,7	18,5	18,5
16	10,3	12,5	8,2	20,7	3	–	3	23,7
17	10,8	11,4	–	11,4	–	–	–	11,4
18	11,6	22,2	5,2	27,4	4,3	3,2	7,5	34,9
19	12,3	10	–	10	–	–	–	10
20	14,4	12,2	–	12,2	–	–	–	12,2
Среднее	12,7	14,2	5,6	15,3	9,6	4,4	7,6	22,1

В настоящее время *Acer negundo* L. считается древесным сорняком, нежелательной культурой в озеленении городских пространств, многими специалистами предлагаются мероприятия по борьбе с распространением данного вида. Однако в условиях северных городов не стоит полностью исключать *Acer negundo* L. как элемент озеленения, поскольку он имеет достаточно хорошую устойчивость к антропогенным нагрузкам, не требователен к плодородию почвы, морозо- и засухоустойчив, дает хороший прирост биомассы, что особенно важно для северных территорий с коротким периодом вегетации и проблемами экологического характера.

Выводы

Основываясь на результатах проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

– насаждения клёна ясенелистного на территории г. Братска составляют всего 4%, распространение данного вида незначительно, в естественных местообитаниях *Acer negundo* L. не выявлен;

– по результатам санитарной оценки 98,5% насаждений имеют различного рода повреждения, что сказывается на снижении их декоративных качеств;

– при инструментальной диагностике внутреннего состояния деревьев с помощью прибора Resistograph 4450 выявлено снижение плотности древесины преимущественно в центральной части ствола, что указывает на наличие ядровой гнили в среднем на 19,7%.

– значительный наклон ствола и крупных ветвей, учитывая ломкость древесины, может представлять опасность для пешеходов и автотранспорта.

В качестве рекомендаций по использованию *Acer negundo* L. в городских посадках можно предложить следующие мероприятия:

– проводить формовку крон деревьев, произрастающих на территории города;

– так как возраст многих деревьев приближается к критической отметке, по-

степенно заменять больные, потерявшие эстетичный вид экземпляры на более декоративные деревья и кустарники;

– проводить мониторинг состояния посадок клёна ясенелистного с целью выявления аварийных деревьев. Удалять деревья, представляющие угрозу жителям города и их имуществу.

Таким образом, выявлено, что в условиях резко континентального климата северных территорий Иркутской области *Acer negundo* L. не встречается в пригородных лесах и лесопарковых зонах, распространяется самосевом только в пределах городских территорий, однако необходимо проводить систематическое изучение данного вида с целью выявления опасных тенденций появления его в естественных местообитаниях.

Список литературы

1. Theoharides A.K. Plant invasion across space and time: factors affecting none indigenous species success during four stages of invasion / A.K. Theoharides, J.S. Dukes // New Phytologist. 2007. V. 8. № 4. P. 565–572.

2. Vila M., Basnou C., Pysek P., Josefsson M., Genovesi, P., Gollasch S., Nentwig W., Olenin S., Roques A., Roy D., Hulme P.E. & DAISIE partners How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment // Frontiers in Ecology and the Environment (2010). 8(3). P. 135–144.

3. Виноградова Ю.К. Черная книга флоры Средней России. Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2010. – 512 с.

4. Черная Книга флоры Сибири / науч. ред. Ю.К. Виноградова, отв. ред. А.Н. Куприянов. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2016. – 439 с.

5. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья – 95, 1995. – 992 с.

6. Коропачинский И.Ю. Древесные растения Азиатской России / И.Ю. Коропачинский, Т.Н. Встовская. – Новосибирск: Изд-во СО РАН «Гео», 2002. – 707 с.

7. Рунова Е.М. Инструментальная оценка состояния городских посадок тополя бальзамического / Е.М. Рунова, Л.В. Аношкина // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7, № 3. – С. 136–142.

8. Аносов Е.А. Мониторинг влияния урбанистической экосистемы на жизнедеятельность древесных растений. Проблемы, стоящие перед городом, и их решение / Е.А. Амосов // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2016. – Т. 7, № 4. URL: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2016/TGU_7_226.pdf (дата обращения: 26.07.2018).

9. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2016 году». – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017. – 274 с.

References

1. Theoharides A.K. Plant invasion across space and time: factors affecting none indigenous species success during four stages of invasion / A.K. Theoharides, J.S. Dukes // New Phytologist. 2007. V. 8. № 4. P. 565–572.

2. Vila M., Basnou C., Pysek P., Josefsson M., Genovesi, P., Gollasch S., Nentwig W., Olenin S., Roques A., Roy D., Hulme P.E. & DAISIE partners How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment // Frontiers in Ecology and the Environment (2010). 8(3). P. 135–144.

3. Vinogradova Yu.K. Chernaya kniga flory` Srednej Rossii. Chuzherodny`e vidy` rastenij v e`kosistemax Srednej Rossii / Yu.K. Vinogradova, S.R. Majorov, L.V. Xorun. – M.: GEOS, 2010. – 512 p.

4. Chernaya Kniga flory` Sibiri / nauch. red. Yu.K. Vinogradova, otv. red. A.N. Kupriyanov. – No-vosibirsk: Akademicheskoe izdatel`stvo «Geo», 2016. – 439 p.

5. Cherepanov S.K. Sosudisty`e rasteniya Rossii i sopredel`ny`x gosudarstv / S.K. Cherepanov. – SPb.: Mir i sem`ya – 95, 1995. – 992 p.

6. Koropachinskij I.Yu. Drevesny`e rasteniya Aziatskoj Rossii / I.Yu. Koropachinskij, T.N. Vstovskaya. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN «Geo», 2002. – 707 p.

7. Runova E.M. Instrumental`naya ocenka sostoyaniya gorodskix posadok topolya bal`zamichesko-go / E.M. Runova, L.V. Anoshkina // Lesotexnicheskij zhurnal. – 2017. – T. 7, № 3. – P. 136–142.

8. Anosov E.A. Monitoring vliyaniya urbanisticheskoj e`kosistemy` na zhiznedeyatel`nost` dre-vesny`x rastenij. Problemy`, stoyashhie pered gorodom i ix reshenie / E.A. Amosov // E`lek-tronnoe nauchnoe izdanie «Ucheny`e zametki TOGU». – 2016. – T. 7, № 4. URL: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2016/TGU_7_226.pdf (data obrashheniya: 26.07.2018).

9. Gosudarstvenny`j doklad «O sostoyanii i ob oxrane okruzhayushhej sredy` Irkutskoj oblasti v 2016 godu». – Irkutsk: OOO «Megaprint», 2017. – 274 p.

УДК 632.51: 631.8: 632.51:631.559:631.582

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЙ, ГЕРБИЦИДОВ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В СЕВООБОРОТЕ

Соколов А.С., Байрамбеков Ш.Б., Соколова Г.Ф.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства», Камызяк, e-mail: vniiob-100@mail.ru

На орошаемых землях Нижнего Поволжья борьба с сорной растительностью является основной проблемой повышения урожайности культуры. Возникает производственная необходимость в разработке научно обоснованных высокоэффективных систем подавления сорняков с учетом специфики региона, позволяющих максимально сократить затраты ручного труда на прополку. Разработан комплекс мероприятий, основанный на использовании гербицидов с учетом прямого действия и последействия при однократном и многократном внесении (3 года), различных приемов обработки почвы и удобрений, направленный на снижение засоренности в звене овощного севооборота и повышения продуктивности культур. В связи с увеличением засоренности однолетними сорняками, в овощном севообороте после люцерны необходима полупаровая обработка почвы с применением под томаты гербицидов (стомп 1,0 кг/га + зенкор 0,75 кг/га по д.в.) в первый год использования поля под овощные культуры. Полупаровая обработка почвы на протяжении трех лет использования полей севооборота способствовала уменьшению количества однолетних сорняков на 42%, многолетников на 68%. В первый год использования севооборота под овощные культуры внесение гербицидов снижало количество однолетних сорняков на 82%, последействие гербицидов во второй год – на 70%. Внесение навоза в почву в течение двух лет увеличивало количество проса куриного на 38%, компостирование навоза с мочевиной снижало его способность засорять почву просом куриным на 30%. В варианте с полупаровой обработкой почвы получена наибольшая урожайность томата и кабачка – 44–53 т/га соответственно. Проведение основной обработки почвы плоскорезом или плугом без отвала существенно повышало засоренность посевов однолетними сорняками, по сравнению со вспашкой. Применение гербицидов в овощном звене севооборота способствовало сокращению ручного труда на прополку на 73%.

Ключевые слова: севооборот, обработка почвы, гербицид, удобрение, томат, кабачок, сорная растительность, урожайность

INFLUENCE OF SOIL DRESSING, FERTILIZERS, HERBICIDES UPON POLLUTION AND YEILDS OF VEGETABLE CULTURES IN SAWING TURNOVER

Sokolov A.S., Bayrambekov Sh.B., Sokolova G.F.

All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melons Growing», Kamyzyak, e-mail: vniiob-100@mail.ru

Weed vegetation control is the main problem of increasing the crop yields at irrigated territories of the Lower Volga region. There is an operational necessity for development of scientifically-based, highly effective weed control systems that will take into account the specifics of the region, and make it possible to minimize manual labor costs for weeding. A package of measures based on the usage of herbicides relying on direct action and aftereffect with a single and repeated application (3 years) has been developed as well as various methods of soil treatment and fertilizers, aimed at reducing infestation in vegetable branch of crop rotation and increasing crops productivity. Due to an increase in infestation by annual weeds in vegetable rotation after alfalfa (Medicago), a semi-fallow tillage with application herbicides on tomato crops (stomp 1,0 kg/ha + zenkor 0,75 kg/ha by application rate) should be undertaken in the first year of field use under vegetable crops. Semi-fallow tillage during three years of field rotation contributed to a reduction in the number of annual weeds by 42%, perennials – by 68%. In the first year of crop rotation for vegetable crops, treatment by herbicides reduced the amount of annual weeds by 82%, the aftereffect of herbicides in the second year – by 70%. Manure application into the soil for two years increased the amount of barnyard grass on 38%; composting of manure with carbamide reduced its ability to choke the soil with barnyard grass by 30%. The variation with Semi fallow tillage provided for the highest yield of tomato and marrow squash – 44-53 t/ha respectively. Carrying out basic soil cultivation with subsurface cultivator or plowing without a blade significantly increased the weediness of crops with annual weeds, in comparison with the plowing. The use of herbicides in the vegetable branch of crop rotation contributed to a reduction of manual labor for weeding on 73%.

Keywords: crop rotation, soil treatment, herbicide, fertilizer, tomato, marrow squash, weed vegetation, yielding capacity

Овощеводство является важной отраслью сельскохозяйственного производства Нижнего Поволжья. За последние десять лет объемы производства в овощеводстве Астраханской области заметно увеличились, с 260 до 905 тыс. т. Томат в структуре посевных площадей овощных культур занимает 40%, остальные 60% – лук, перец сладкий, баклажан, корнеплоды. Из общего объема овощных культур в области ежегодно производят, тыс. т: томатов – 290; лука – 260; перца – 100; баклажанов – 35; корнеплодов – 35 [1].

Обилие тепла и света, богатые аллювиально-луговые почвы при орошении спо-

собствуют хорошему развитию и росту не только теплолюбивых овощных культур, но и сорного компонента, который может значительно на 65–80 % снизить урожайность [2].

На территории Нижнего Поволжья в посевах овощных культур широко распространены такие виды сорняков, как просо куриное (*Echinochloa crusgalli* L. Beauv.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), паслен черный (*Solanum nigrum* L.), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.), портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), горец почечуйный (*P. persicaria*. L.), канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), горчак ползучий (*Acroptilon repens* (L.) DC.), щавель конский (*Rumex confertus* Willd) [3].

Обработка почвы является одной из основных технологических операций по обеспечению высокой культуры земледелия и получения стабильных, устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Она должна совершенствоваться в направлении повышения почвенного плодородия, уничтожения сорной растительности, улучшения фитосанитарного состояния участков. В засушливых регионах юга России основная задача системы обработки почвы – накопление и сохранение влаги для создания оптимальных условий роста и развития возделываемых культур [4].

На борьбу с сорными растениями ежегодно приходится около одной трети всех затрат, расходуемых на возделывание овощных культур. Важное значение в борьбе с сорняками имеют севообороты, в которых научно обоснованное чередование культур с различной агротехникой возделывания, способствует значительному снижению потенциальной засоренности почвы. Однако даже при рациональном чередовании культур в овощных севооборотах одними агротехническими приемами снизить засоренность до экономически безвредного уровня невозможно. Необходимо комплексное использование агротехнических и химических методов [5].

Цель наших исследований заключалась в разработке комплекса мероприятий, на основе применения гербицидов, различных приемов обработки почвы, органических и минеральных удобрений, способствующего снижению засоренности посадок в звене овощного севооборота и повышению продуктивности выращиваемых культур.

В задачу исследований входило:

1. Изучение влияния различных видов удобрений и гербицидов на фоне полупаровой и основной (зяблевой) обработки почвы на засоренность посевов и урожайность культур севооборота.

2. Изучение влияния гербицидов и удобрений на основные показатели почвенного плодородия в севообороте.

3. Изучение влияния мочевины при компостировании навоза, а также при внесении ее под предпосевную культивацию на засоренность и урожайность культур севооборота.

Материалы и методы исследования

Для ускорения процесса изучения культур в звене овощного севооборота полевые опыты были заложены в КФХ «Бекчинтаев» (Приволжский район, Астраханская область) во времени и пространстве в 2009–2014 (I закладка), в 2010–2015 гг. (II закладка), в 2011–2016 гг. (III закладка). Чередование культур в шестипольном севообороте: ячмень + люцерна – люцерна – люцерна – томат – томат – кабачок. В опытах использовали сорт томата Подарочный и сорт кабачка Юбилейный 450. Опыт 1. Изучение полупаровой и основной обработки почвы на фоне удобрений и гербицидов. Опыт 2. Действие органических и минеральных удобрений на засоренность посевов и урожайность культуры. Опыт 3. Влияние видов основной обработки почвы на засоренность и урожайность культуры. Повторность опытов трехкратная. Площадь опытной делянки 112 м^2, учетной – 25 м^2.

В первом опыте полупаровая обработка почвы состояла из плоскорезной обработки почвы (КПГ-250) после укоса люцерны, вспашки (ПЛН-4-35) в августе и сплошной культивации (КНС-4,2) в сентябре. Основная обработка почвы: в октябре – плоскорезом, затем вспашка.

Во втором опыте компост закладывали за 30 суток до внесения в почву с добавлением к навозу мочевины и извести в соотношении 1:1. Мочевину, известь добавляли из расчета 2 кг/м^3 компоста. Из гербицидов на томатах применяли баковую смесь стомп 1,0 кг/га + зенкор 0,75 кг/га по д.в. через 15 суток после посадки.

В течение вегетации три раза учитывали количество сорняков (через 20, 50 суток после внесения гербицидов и перед уборкой урожая). Удобрения вносили в опыте 1 из расчета $N_{120}P_{120}K_{60}$, навоз – 40 т/га; в опыте 2 – $N_{140}P_{140}K_{140}$, компост – 40 т/га (навоз + мочевина + известь).

В третьем опыте отвальную (на 25 см), безотвальную (на 20 см) и плоскорезную обработку (на 20 см) проводили в октябре.

В течение вегетации культурных растений вели наблюдения за агрохимическими свойствами почвы: азот легкогидролизуемый, мг/кг воздушно-сухой почвы по Корнфильду; подвижный фосфор, мг/кг по Мачигину; обменный калий, мг/кг (в 1 % углеаммонийной вытяжке); нитрификационная способность почвы, мг/кг по Кравкову. Определяли физические свойства почвы: плотность сложения почвы, г/см^3 – методом режущего кольца; плотность твердой фазы почвы, г/см^3 – пикнометрическим методом; пористость, %; агрегатный состав по Астапову, %. Учет урожая проводили со всей площади учетных делянок [6–9].

Почва опытного участка аллювиально-луговая, среднесуглинистая. Гумус – 1,7–2,0 %. По содержанию питательных веществ относится к среднеобеспеченной азотом (содержание легкогидролизуемого азота 87–96 мг/кг), высокообеспечена подвижным фосфором (115–134 мг/кг) и низкообеспечена обменным калием (303–392 мг/кг).

Результаты исследования и их обсуждение

В первом опыте значительное влияние на уровень питательных веществ в почве оказывали погодные условия. В более жарком 2013 г. нитрификационная способность почвы была на уровне 50 мг/кг почвы, а в более прохладном в 2014 г. на уровне 26 мг/кг. То же касается и других показателей почвенного плодородия. Внесение органических удобрений способствовало увеличению в почве фосфора и калия, причем наибольшее содержание фосфора отмечено в вариантах с последействием навоза – 113 мг/кг, в варианте с навозом –101 мг/кг, а в контроле – 83 мг/кг в период максимума фосфора в почве.

Применение гербицидов не изменило существенно режим питания, физические свойства почвы. Отмечена уплотненность верхнего слоя почвы под посевом люцерны. Несмотря на мощную корневую систему люцерны, плотность сложения почвы составляла 1,36 г/см^3. Возделывание томатов способствовало снижению плотности сложения почвы до 1,18 г/см^3, увеличению пористости почвы и содержания хозяйственно ценных агрегатов (табл. 1).

Полупаровая обработка почвы значительно снизила количество многолетних сорняков. Установлено, что в варианте с основной обработкой их было 15–20 шт/м^2, при полупаровой – 8–10 шт/м^2. Также уменьшилась численность однолетних сорняков в посадках томата. Так, общее количество однолетних сорняков при первом учете снизилось на 70 %. Применение гербицидов было эффективнее в варианте с основной обработкой почвы, где гибель однолетних сорняков достигала 75 %.

Внесение навоза в первый год достоверно увеличивало в посадках томата (4-я культура севооборота) количество проса куриного на 43 %, по сравнению с вариантом без удобрений. Внесенные гербициды, как в действии, так и последействии, уничтожали однолетние сорняки на 64 %. В варианте, где гербициды применяли два года подряд, снижение засоренности составило 86 %. В посевах кабачка (6-я культура севооборота) на фоне полупаровой обработки почвы общее количество однолетних сорняков было достоверно меньше, по сравнению с вариантом с основной обработкой.

Не оказали существенного влияния удобрения и гербициды на урожайность томата, как на фоне основной обработки, так и полупаровой. Полупаровая обработка почвы способствовала значительному повышению урожайности томата, если в среднем, на основной обработке почвы она составила 37 т/га, то на полупаровой – 44 т/га, при $НСР_{0,5}$ = 3,4 т/га (табл. 2).

Таблица 1

Физические свойства почвы в севообороте (горизонт 0,0–0,2 м), (среднее 2011–2015 гг.)

Культура (конец вегетации)	Плотность сложения почвы	Плотность твердой фазы почвы	Пористость, %	Содержание частиц «физической глины», %	Агрегатный состав, %			Коэффициент структурности
	г/см^3				крупные комки	хозяйственноценные агрегаты	мелкая пыль	
люцерна	1,36	2,38	43	68	49,22	49,37	1,41	1,01
томат	1,18	2,38	51	64	45,47	51,77	2,76	1,07

Таблица 2

Урожайность томата в зависимости от способа основной обработки почвы, удобрений, гербицидов, т/га (среднее 2012–2014 гг.)

Способ обработки (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Гербицид (фактор С)	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Прибавка, т/га
			I	II	III		
Основная обработка почвы	без удобрений	без гербицидов	32,0	38,0	30,0	33,3	–
		гербициды	38,0	30,1	35,2	34,4	1,1
	сплошное внесение удобрений	без гербицидов	37,7	39,3	36,7	37,9	4,6
		гербициды	30,0	35,3	37,0	34,1	0,8
	ленточное внесение удобрений	без гербицидов	45,6	45,6	39,4	43,5	10,2
		гербициды	33,0	37,0	41,0	37,0	3,7
Полупаровая обработка почвы	без удобрений	без гербицидов	34,3	50,7	41,1	42,0	8,7
		гербициды	45,1	42,6	39,1	42,2	8,9
	сплошное внесение удобрений	без гербицидов	40,4	48,7	44,6	44,5	11,2
		гербициды	44,2	41,0	50,7	45,3	12,0
	ленточное внесение удобрений	без гербицидов	34,6	44,5	45,3	41,4	8,1
		гербициды	42,6	41,8	60,6	48,3	13,8
$НСР_{0,5}$ (фактор А) = 3,4 т/га; $НСР_{0,5}$ (фактор В) = $F_ф < F_{0,5}$; $НСР_{0,5}$ (фактор С) = $F_ф < F_{0,5}$							

Также наибольшая урожайность томата (5-я культура севооборота, 2013–2015 гг.), в среднем 42 т/га, была получена на участке с полупаровой обработкой. Выявлено, что внесение удобрений после трехлетней люцерны оказалось малоэффективным. В среднем, за годы исследований в 2014–2016 гг., наибольшая урожайность 6-й культуры севооборота – кабачка – 53 т/га получена в варианте с полупаровой обработкой почвы, на варианте с основной обработкой она была на 9,4 т/га меньше. Последействие удобрений способствовало увеличению урожайности, но только вариант с внесением минеральных удобрений по последействию навоза достоверно превышал урожайность. Последействие двухлетнего внесения гербицидов (стомп 1,0 кг/га + + зенкор 0,75 кг/га) увеличивало урожайность кабачка на 14 т/га. В целом следует отметить, что высокая урожайность всех овощных культур севооборота получена по полупаровой обработке почвы, по сравнению с основной, за счет снижения количества многолетних сорняков.

Во втором опыте в конце ротации севооборота содержание в почве легкогидролизуемого азота было выше, чем в начале, причем в удобренных вариантах на 30 мг/кг, в контроле на 10 мг/кг воздушно-сухой почвы. Повысилась нитрификационная способность почвы, а также содержание обменного калия в почве. Количество подвижного фосфора в почве было нестабильно и оно в большей степени зависело от погодных условий.

Внесение в почву как навоза, так и компоста из навоза с мочевиной значительно улучшало питательный режим почвы. Но с навозом в почву добавлялось значительное количество семян сорных растений. Одним из путей снижения засоренности навоза может стать его компостирование с мочевиной и известью. Внесение же мочевины на глубину до 0,1 м, где размещена основная масса семян сорняков, произрастающих и образующих всходы, тоже способствовало снижению засоренности. Установлено, что компостирование навоза снизило засоренность томатов на 27 %, по сравнению с чистым навозом. Наибольшее влияние компостирование оказало на численность проса куриного в посадках томата. Так, в варианте, где вносили навоз, его было 49 шт/м^2, а в варианте с компостом 19 шт/м^2 (табл. 3).

Таблица 3

Влияние удобрений и гербицидов на количество проса куриного в посадках томата, шт/м^2, (среднее 2012–2014 гг.)

Удобрение (фактор А)	1 учет				2 учет				3 учет			
	гербициды (фактор В)		среднее		гербициды (фактор В)		среднее		гербициды (фактор В)		среднее	
	0	1	по фактору А	по фактору В	0	1	по фактору А	по фактору В	0	1	по фактору А	по фактору В
Без удобрений	43	17	30		2,3	1,8	2,0		2,3	1,5	1,9	
Навоз, 40 т/га	82	16	49	44	2,4	1,8	2,1	1,9	2,4	1,7	2,0	2,2
NPK под перепашку	39	22	30		1,8	1,2	1,5		2,2	1,5	1,9	
Компост, 40 т/га	24	14	19	16	1,3	1,2	1,2	1,4	2,1	1,3	1,7	1,4
NPK под культивацию	31	13	22		1,8	1,1	1,4		2,2	1,1	1,6	
$НСР_{0,5}$			$F_ф < F_{0,5}$	17			$F_ф < F_{0,5}$	0,4			$F_ф < F_{0,5}$	0,3

Таблица 4

Урожайность овощей в севообороте в зависимости от удобрений и гербицидов, т/га, (2012–2016 гг.)

Варианты		Томат		Томат		Кабачок	
удобрения (фактор А)	гербициды (фактор В)	среднее 2012–2014 гг.		среднее 2013–2015 гг.		среднее 2014–2016 гг.	
		А	В	А	В	А	В
Без удобрений	без гербицидов	29,2	34,3	29,5	31,4	57,3	45,0
Навоз, 40 т/га	без гербицидов + гербициды + без гербицидов	39,1	33,0	29,5	30,0	59,0	64,1
NPK под перепашку	гербициды + гербициды + без гербицидов	33,0	35,7	33,5	29,4	53,2	55,0
Компост, 40 т/га	гербициды + гербициды + без гербицидов	29,4	34,2	32,0	31,0	55,2	62,0
NPK под культивацию	гербициды + без гербицидов + без гербицидов	40,2	34,8	31,0	29,8	61,0	60,0
$НСР_{0,5}$		6	$F_ф < F_{0,5}$	$F_ф < F_{0,5}$	$F_ф < F_{0,5}$	$F_ф < F_{0,5}$	10

Таблица 5

Физические свойства почвы (среднее 2012–2015 гг.)

Вариант/ обработка	Плотность сложения почвы, г/см^3	Агрегатный состав, %			Коэффициент структурности (горизонт 0,25 м)
		крупные комки	хозяйственно ценные агрегаты	мелкая пыль	
Отвальная	1,19	41,78	50,02	8,20	1,0
Безотвальная	1,19	43,00	48,00	8,92	0,92
Плоскорезная	1,20	31,78	57,44	10,78	1,35

Таблица 6

Урожайность томата в зависимости от способа обработки почвы и внесения гербицида, т/га, (среднее 2012–2015 гг.)

Способ обработки (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Повторность			Средняя урожайность
		I	II	III	
Отвальная	без гербицида	40	37	35	37
	стомп + зенкор	44	43	39	43
Безотвальная	без гербицида	39	41	40	40
	стомп + зенкор	38	48	40	43
Плоскорезная	без гербицида	29	36	39	35
	стомп+зенкор	46	34	45	43
$НСР_{0,5}$ (фактор А)					$F_ф < F_{0,5}$
$НСР_{0,5}$ (фактор В)					$F_ф < F_{0,5}$

В последующие годы (2013–2016 гг.) использования полей под овощные культуры севооборота все удобренные варианты из-за лучшего питательного режима оказались в большей степени засорены однолетними сорняками. Выявлено, что внесение навоза особенно сказалось на увеличении численности проса куриного в посадках томата, по сравнению с контролем. Наблюдалось снижение численности проса куриного при внесении мочевины. Отмечено также влияние мочевины на проростки паслена черного при применении ее под предпосадочную культивацию. Обработка посевов гербицидами снижала засоренность посадок, как в действии, так и в последействии. Изучаемые варианты не оказали существенного влияния на урожайность овощей в севообороте (табл. 4).

В третьем опыте проведение различных видов основной обработки почвы показало, что через три недели после посадки томата в вариантах с безотвальной и плоскорезной обработкой почвы встречалось наибольшее количество однолетних сорняков – 153–155 шт/м^2, в то время как в варианте с отвальной обработкой их было на 51% меньше. Эффективность гербицидов на фоне различных обработок почвы составила 76%. Количество многолетних сорняков не изменилось, как под действием обработок, так и внесением гербицидов. Лучший питательный режим складывался в варианте с плоскорезной обработкой почвы, в частности отмечалась тенденция повышения аммиачного азота, подвижного фосфора, обменного калия. Коэффициент структурности в варианте с отвальной обработкой составил 1,00, безотвальная обработка понизила коэффициент структурности до 0,92, а плоскорезная, наоборот, повысила до 1,35 (табл. 5).

Способы обработки и гербициды не оказали существенного влияния на урожайность томата (табл. 6).

Во всех опытах затраты времени на проведение ручных прополок в вариантах с гербицидами были на 73% меньше, чем в контрольных вариантах.

Заключение

В первый год после использования люцерны засоренность посевов однолетними сорняками, по сравнению с предшественником, увеличилась в 6 раз, поэтому в овощном севообороте после люцерны необходима полупаровая обработка почвы с применением под томаты гербицидов (стомп 1,0 кг/га + + зенкор 0,75 кг/га по д.в.) в первый год использования поля под овощные культуры. Полупаровая обработка почвы снижала количество однолетних сорняков на 42%, многолетников на 68%. Это наблюдалось на протяжении трех лет использования полей севооборота под овощные культуры. Применение гербицидов в первый год использования севооборота под овощные культуры снижало количество однолетних сорняков на 82%, последействие гербицидов во второй год – на 70%. При применении гербицидов два года подряд гибель сорняков составила 86%. Двухлетнее внесение навоза в почву способствовало увеличению количества проса куриного на 38%, по сравнению с вариантом без удобрений. Компостирование же навоза с мочевиной снижало его способность засорять почву просом куриным на 30%. Наибольшая урожайность томата и кабачка получена в варианте с полупаровой обработкой почвы и составила 44–53 т/га соответственно. Применение гербицидов в овощном звене севооборота способствовало сокращению

ручного труда на прополку на 73 %. Проведение основной обработки почвы плоскорезом или плугом без отвала способствовало существенному повышению засоренности посевов однолетними сорняками, по сравнению со вспашкой.

Список литературы

1. Элементы технологии возделывания овощных культур (томат, огурец, перец) в Астраханской области: монография / Ш.Б. Байрамбеков, В.Н. Бочаров, Н.Н. Киселева, Г.Ф. Соколоваи [и др.] // ФГБНУ «ВНИИООБ». – Астрахань: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – 87 с.

2. Байрамбеков Ш.Б. Система защиты овощных и бахчевых культур от сорных растений в условиях орошения в Волго-Ахтубинской долине и дельте Волги: монография / Ш.Б. Байрамбеков. – Астрахань, 2011. – 174 с.

3. Соколова Г.Ф. Эффективные технологии рекультивации залежных мелиорированных земель: монография / Г.Ф. Соколова, С.Д. Соколов, А.С. Соколова. – LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 76 с.

4. Овчинников А.С. Эволюция систем обработки почвы Нижнего Поволжья: монография / А.С. Овчинников, Ю.Н. Плескачёв, О.Н. Гурова. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – 224 с.

5. Bairambekov Sh.B. Harmfulness of Weed Plants in Crops of Vegetables and Melons / Sh.B. Bairambekov, G.F. Sokolova, E.D. Gar'yanova, N.K. Dubrovin, A.S. Sokolov // Biosciences biotechnology research Asia, December 2016, Vol. 13(4), P. 1929–1943.

6. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / В.Ф. Белик. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319 с.

7. Методика и техника учета сорняков. Научные труды НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, вып. 26. – Саратов, 1969. – 196 с.

8. Доспехов Б.А. Методика опытного дела / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

9. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов. – М.: РАСХН, ГНУ ВНИИО, 2011. – 650 с.

References

1. E`lementy` texnologii vozdely`vaniya ovoshhny`x kul`tur (tomat, ogurecz, perecz) v Astraxanskoj oblasti: monografiya / Sh.B. Bajrambekov, V.N. Bocharov, N.N. Kiseleva, G.F. Sokolovai [i dr.] // FGBNU «VNIIOOB». – Astraxan`: Sorokin Roman Vasil`evich, 2017. – 87 p.

2. Bajrambekov Sh.B. Sistema zashhity` ovoshhny`x i baxchevy`x kul`tur ot sorny`x rastenij v usloviyax oroseniya v Volgo-Axtubinskoj doline i del`te Volgi: monografiya / Sh.B. Bajrambekov. – Astraxan`, 2011. – 174 p.

3. Sokolova G.F. E`ffektivny`e texnologii rekul`tivacii zalezhny`x meliorirovanny`x zemel`: monografiya / G.F. Sokolova, S.D. Sokolov, A.S. Sokolova. – LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 76 p.

4. Ovchinnikov A.S. E`volyuciya sistem obrabotki pochvy` Nizhnego Povolzh`ya: monografiya / A.S. Ovchinnikov, Yu.N. Pleskachyov, O.N. Gurova. – Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskaya GSXA, 2011. – 224 p.

5. Bairambekov Sh.B. Harmfulness of Weed Plants in Crops of Vegetables and Melons / Sh.B. Bairambekov, G.F. Sokolova, E.D. Gar'yanova, N.K. Dubrovin, A.S. Sokolov // Biosciences biotechnology research Asia, December 2016, Vol. 13(4), P. 1929–1943.

6. Belik V.F. Metodika opy`tnogo dela v ovoshhevodstve i baxchevodstve / V.F. Belik. – M.: Agropromizdat, 1992. – 319 p.

7. Metodika i texnika ucheta sornyakov. Nauchny`e trudy` NII sel`skogo xozyajstva Yugo-Vostoka, vy`p. 26. – Saratov, 1969. – 196 p.

8. Dospexov B.A. Metodika opy`tnogo dela / B.A. Dospexov. – M.: Kolos, 1979. – 416 p.

9. Litvinov S.S. Metodika polevogo opy`ta v ovoshhevodstve / S.S. Litvinov. – M.: RASXN, GNU VNIIO, 2011. – 650 p.

УДК 631.524.01/02:[633.13: 633.16]

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ И ГЕНОТИПА НА СОДЕРЖАНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ И ОВСА

[1]Сумина А.В., [2]Полонский В.И., [3]Шалдаева Т.М., [4]Количенко А.А., [1]Савельева И.Н.

[1]ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф.Катанова», Абакан, e-mail: alenasumina@list.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск;

[3]Центральный Сибирский ботанический сад, Новосибирск;

[4]ФГБУ Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений, филиал по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва, Красноярск

Климатические условия Сибири характеризуются резкими отклонениями в температурном режиме и количестве осадков в течение вегетационного периода, что затрудняет выращивание зерна с заданными показателями качества, поэтому селекционерам важно владеть информацией о влиянии абиотических факторов и генотипа на формирование качественного зерна. Цельное зерно ячменя и овса содержит вещества, обладающие антиоксидантными свойствами, которые доступны для обмена веществ человека. Распределение данных веществ в зерне неравномерно. В результате исследования был изучен вопрос влияния «генотип-средового» взаимодействия на суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в овсяном и ячменном зерне, выращенном в трех географических районах в течение вегетационных периодов 2015–2016 гг. Определение суммарного содержания антиоксидантов в зерне проводилось с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА». Было выявлено, что величина признака ССА у исследуемых сортов овса варьировала от 29,9 до 52,8, ячменя от 35,2 до 77,5 мг/100 г, то есть генотипы различались более чем в 2 раза. Установлено относительно невысокое варьирование среднего значения данного показателя одного года вегетации по пунктам исследования. С помощью пакета анализа программ Field Expert v1.3 Pro было определено, что для зерна ячменя значение суммарного содержания антиоксидантов практически равнозначно зависит от факторов «год×пункт» и «генотип». Для овсов данный параметр в большей степени определяется генотипом, далее по степени влияния располагаются взаимодействие «пункт×генотип» и «год». На основе полученных данных сделано предположение о возможности выращивания зерна ячменя и овса с высоким содержанием антиоксидантов.

Ключевые слова: овес, ячмень, зерно, содержание антиоксидантов, влияние абиотических факторов, генотипа, их взаимодействие, мультилокационные исследования

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL ABIOTIC FACTORS AND GENOTYPE UPON ANTI-OXIDANT CONTENT IN GRAIN OF BARLEY AND OATS

[1]Sumina A.V., [2]Polonskiy V.I., [3]Shaldaeva T.M., [4]Kolichenko A.A., [1]Saveleva I.N.

[1]Khakassia State University. N.F. Katanov, Abakan, e-mail: alenasumina@list.ru;

[2]Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk;

[3]Tsentralny Siberian Botanical Garden, Novosibirsk;

[4]Federal State Budgetary Institution Gosudarstvennaya commission of the Russian Federation on test and protection of selection achievements, branch on Krasnoyarsk Krai, Republic of Khakassia and Republic of Tyva, Krasnoyarsk

Climatic conditions of Siberia are defined by sharp oscillations in temperature regime and amount of precipitation during vegetative period, and these factors complicate producing grain with defined quality indexes. Therefore, it is critical for breeders to possess information on influence of abiotic factors and genotype upon formation of high-quality grain. A whole kernel of barley or oats contains substances that possess anti-oxidation qualities that are accessible for human metabolism. These substances are distributed unequally within a kernel. As a result of our research we have studied the problem of «genotype-environmental» interaction upon total content of anti-oxidants (TCA) in oats and barley grain, grown in three geographic districts during vegetative periods of 2015-2016. Establishing total content of anti-oxidants in grain was carried out with an instrument «Tsvet Yauza-01-AA». It was discovered that TCA value among the studied kinds of oats varied from 29,9 to 52,8, and for barley – from 35,2 to 77,5 mg/100 g. In other words, genotypes differed more than twice. A relatively low variation in average value of this index for the same year of vegetation between different areas of research was also established. With a set of analysis applications Field Expert v1.4 Pro is was defined that for barley value of total content of anti-oxidants was almost equally dependent upon factors «year X area» and «genotype». For oats this parameter is more defined by genotype, further according to influence degree we place interaction «area X genotype» and «year». According to the received data we have suggested the possibility to farm barley and oats with high content of anti-oxidants.

Keywords: oats, barley, grain, antioxidant content, the influence of abiotic factors, genotype, their interaction, multilocation studies

В современных научных работах достаточно изучено и описано суммарное содержание антиоксидантов в овощах и фруктах [1]. Вместе с тем рядом исследователей установлено, что цельное зерно злаков обеспечивает значительно более высокие количества веществ, обладающих антиоксидантными свойствами (например,

связанные полифенолы), которые доступны для обмена веществ и могут обеспечивать тем самым положительное влияние на здоровье. Распределение данных веществ в зерне неравномерно. Например, у овса общее содержание растворимых фенольных соединений уменьшается от внешнего слоя (2,8–7,7 мкг/г) к эндосперму (0,87–1,35 мкг/г) [2]. В ячменном зерне зародыш и внешние слои наиболее богаты по содержанию фолиевой кислоты [3].

Генотип и условия выращивания растений оказывают влияние на содержание антиоксидантов. Так, при исследовании зерна 5 сортов овса (4 пленчатых и 1 голозерный), выращенных в равных условиях в течение одного вегетационного периода, по антиоксидантному уровню и составу (стерины, токолы, авенантрамиды, фолаты, фенольные кислоты). При этом было установлено, что общее содержание токолов, фенольных кислот и авенантрамидов различалось между сортами более чем в 2 раза [4]. В другой работе, при изучении содержания токолов, фолиевой кислоты и фенольных кислот в зерне 10 пленчатых и голозерных сортов ячменя, выращенных в одних и тех же условиях, были получены схожие результаты [5]. У 25 сортов ячменя с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии было найдено, что более низкое содержание витамина Е и общая антиоксидантная активность наблюдалась у голозерных генотипов [6]. При исследовании ацетоновых экстрактов зерна четырех пигментированных голозерных сортов ячменя было определено, что сорт ячменя с зерном фиолетового цвета содержал 11 антоцианинов, а черной и желтой окраски – только один антоцианин. Общее содержание антоцианинов у пигментированных генотипов ячменя колебалось от 3,2 до 678,5 мг/кг цельного зерна и от 4,5 до 1654,6 мг/кг – отрубей. Экстракт из отрубей ячменя, имеющего зерно фиолетовой окраски, продемонстрировал самую высокую общую антиоксидантную активность [7]. Исследование, выполненное на 20 сортах овса, подтвердило различия среди генотипов в содержании растворимых фенольных соединений и общей антиоксидантной активности [8].

Ряд авторов пришел к выводу о большем эффекте окружающей среды, чем влиянии генотипа на антиоксидантную активность зерна, так, при исследовании влияния генотипа и окружающей среды на данный показатель в цельном зерне 39 сортов овса, выращенных в четырех местах в Китае, было установлено, что эффект окружающей среды был значительно больше, чем влияние генотипа и взаимодействие этих факторов [9].

Вместе с тем известно, что неблагоприятные для роста внешние условия могут увеличивать содержание антиоксидантов в растениях. Так, окислительный стресс, вызванный накоплением активных форм кислорода, вызывает многочисленные реакции в растительных организмах, в том числе ответы антиоксидантных систем, которые, как правило, приводят к увеличению концентрации антиоксидантов в растениях [10].

С целью изучения влияния «генотип-средового» взаимодействия на суммарное содержание антиоксидантов в овсяном и ячменном зерне были исследованы образцы, выращенные в трех географических районах в течение вегетационных периодов 2015–2016 гг.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были определены 5 сортов ярового пленчатого и голозерного (Ача, Биом, Буян, Красноярский 91, Омский голозерный 1) ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и 5 сортов (Аргумент, Голец, Саян, Сельма, Тубинский) овса (*Avena sativa* L.). Вышеназванные образцы выращивались по чистому пару в 2015–2016 гг. на трех сортоучастках: Ширинский и Бейский, находящихся на территории Республики Хакасия и Краснотуранский, принадлежащий Красноярскому краю. Семенной материал был любезно предоставлен сотрудниками учреждений.

Почва во всех пунктах исследования представлена черноземом обыкновенным, с содержанием гумуса в диапазоне от 2,6 до 3,8 %, pH имеет значения близкие к нейтральной и составляет 7,0–7,3. Учитывая, что оптимальный уровень pH почвы для выращивания зерновых культур находится в пределах 6,5–7,5, можно предположить о достаточно благоприятных почвенных условиях по данному показателю во всех исследуемых пунктах.

По данным Хакасского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды был произведен расчет ежемесячных значений интегрального показателя атмосферных осадков и температуры воздуха за 2015–2016 гг. Полученные значения представлены в таблице.

Значения гидротермического коэффициента за вегетационный период 2015–2016 гг. по пунктам исследования

Месяц	2015 г.			2016 г.		
	Бейский ГСУ	Ширинский ГСУ	Краснотуранский ГСУ	Бейский ГСУ	Ширинский ГСУ	Краснотуранский ГСУ
май	1,68	1,28	1,75	2,17	2,15	1,02
июнь	1,31	0,73	0,68	1,74	0,72	1,51
июль	1,67	1,41	1,59	0,96	0,99	1,09
август	0,98	1,18	1,45	1,97	1,57	0,87

В течение периода наблюдений среднемесячные показатели гидротермического коэффициента варьировали как по пунктам, так и по годам исследования. Основываясь на критериях оценки влагообеспеченности по значению гидротермического коэффициента [11], установлено, что более благоприятные погодные условия сложились в 2015 г. Так, значения ГТК в интервале от 1,0 до 1,5, соответствующие достаточному увлажнению на территории Ширинского ГСУ, имели май, июль и август. Недостаточное увлажнение (ГТК от 0,7 до 1,0) в июне 2015 г. отмечалось на территории Краснотуранского и Ширинского сортоучастков. Вегетационный период 2016 г. был более контрастным. Были как засушливые, недостаточно увлажненные месяцы, так и месяцы с избыточным увлажнением, например, май.

Биохимические исследования проведены в лаборатории фитохимии растений Центрального Ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск) в 2015–2016 гг.

Определение суммарного содержания антиоксидантов (ССА) в пробах ячменя и овса проводилось в два этапа [12]. В начале получали водный и водно-спиртовой экстракты, которые в дальнейшем фильтровали, и с помощью прибора «Цвет Яуза-01-АА» производили измерения [12].

Статистическая обработка результатов была выполнена с помощью программы обработки данных полевого опыта Field Expert vl.3 Pro и Microsoft Excel 2003.

Результаты исследования и их обсуждение

Как известно, к антиоксидантам относят любое химическое вещество, способное задерживать или предотвращать окислительное повреждение молекулы-мишени. Свободные радикалы (окислители) запускают ряд цепных реакций, приводящих к повреждению или даже гибели клетки, при этом антиоксиданты способны путем самоокисления подавлять окислительные процессы, останавливая цепные реакции. На сегодняшний день выделяют две основные группы антиоксидантов: ферментативные и неферментативные. Работа первой группы основана на действии трех ферментов: глутатионпероксидаза, супероксиддисмутаза и каталаза. Группа неэнзимных антиоксидантов делится на несколько подгрупп, основными из которых являются: витамины (А, Е, С), ферментные кофакторы (Q10), минералы (цинк и селен), пептиды (глутатион), фенольные кислоты, а также полифенолы [13].

Самые сильные природные антиоксиданты – это флавоноиды и фенольные кислоты, более слабые – витамины Е, С и каротиноиды. Суммарное содержание антиоксидантов варьирует в зависимости от вида и сорта сельскохозяйственной культуры. Так, по данным А. Яшина, для пшеницы ССА варьируется в диапазоне 36–63 мг/100 г. Что касается зерна ячменя и овса, то градации по данному признаку в российской научной литературе нам встретить не удалось.

При изучении суммарного содержания антиоксидантов в зерне ячменя и овса, выращенного в различных условиях, было выявлено, что величина признака ССА у исследуемых сортов овса варьировала от 29,9 до 52,8, ячменя от 35,2 до 77,5 мг/100 г, то есть генотипы различались более чем в 2 раза. Из исследуемых образцов ячменя высокие значения ССА зарегистрированы у сортов Буян, Ача, Красноярский 91, овса – Саян и Аргумент. Кроме того, отмечалось относительно невысокое варьирование среднего значения данного показателя одного года вегетации по пунктам исследования. Например, для зерна овса, выращенного в 2015 г. при применении 70 % этилового спирта для Бейского, Ширинского и Краснотуранского ГСУ ССА имело значения 41,1; 40,4; 40,8 мг/100 г, соответственно. Кроме того,

при использовании двух методов экстракции для измерения ССА в зерне исследуемых образцов показали практически одинаковые результаты. Усредненное (за годы и места выращивания) значение коэффициента корреляции между ССА, измеренным после экстракции водой и после экстракции спиртом, составила существенную величину для овса – 0,963 ± 0,072 и для ячменя – 0,974 ± 0,060. При этом содержание водорастворимых антиоксидантов в зерне незначительно превышало уровни спирторастворимых антиоксидантов.

С помощью пакета анализа программ Field Expert v1.3 Pro были проведены расчеты по выяснению доли влияния условий среды и генотипа на суммарное содержание антиоксидантов в зерне овса и ячменя, выращенного в 2015–2016 гг. на территории трех сибирских госсортоучастков.

Полученные данные позволяют отметить, что для зерна овса независимо от используемого элюента данный параметр в большей степени определялся генотипом (рис. 1, 2). При этом в случае использования в качестве элюента бидистиллированной воды (рис. 1) вклад фактора «генотип» составлял 63 %, а этилового спирта (рис. 2) – 58 %. Вклад фактора «год» в показатель суммарного содержания антиоксидантов составляет 11 %.

Фактор «пункт» практически не оказывал влияние на суммарное содержание антиоксидантов в исследуемых образцах овса, на его долю приходилось 1 и 0,5 %.

Иная картина наблюдалась при расчете влияния факторов на суммарное содержание антиоксидантов в зерне ячменя. Так, с помощью дисперсионного анализа, было установлено (рис. 3, 4), что независимо от элюента, ССА в зерне ячменя, выращенного в 2015–2016 гг. в трех исследуемых пунктах, в большей степени (34,8 и 32,3 %, соответственно) определялось взаимодействием факторов «пункт» и «год», далее по степени влияния располагался фактор «генотип», на долю которого приходится в зависимости от элюента 26,4 и 24,5 % соответственно.

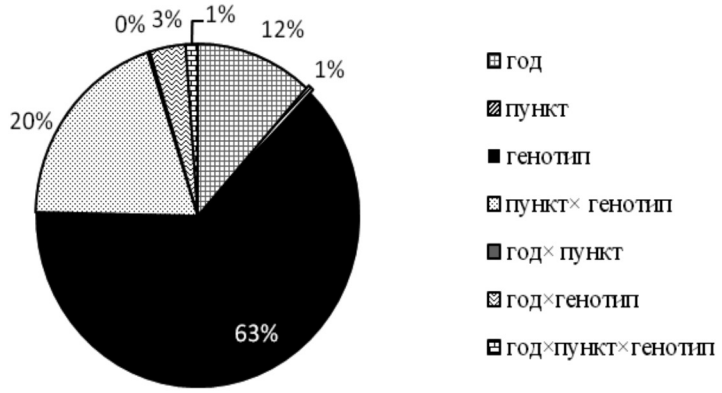


Рис. 1. Влияние факторов среды на значение суммарного содержание антиоксидантов в зерне овса (элюент бидистиллированная вода)

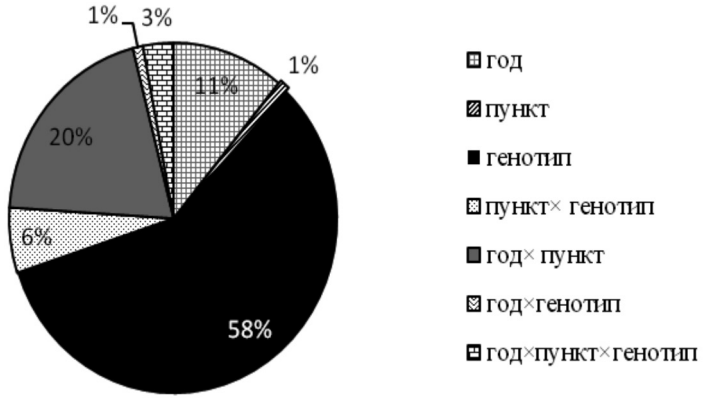


Рис. 2. Влияние факторов среды на значение суммарного содержание антиоксидантов в зерне овса (элюент 70% этиловый спирт)

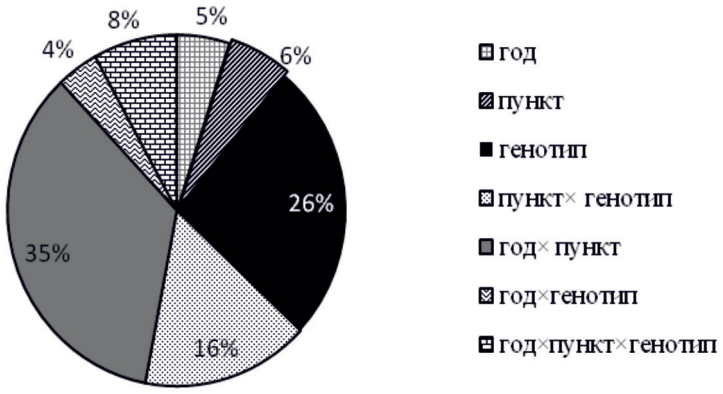


Рис. 3. Влияние факторов среды на значение суммарного содержание антиоксидантов в зерне ячменя (элюент бидистиллированная вода)

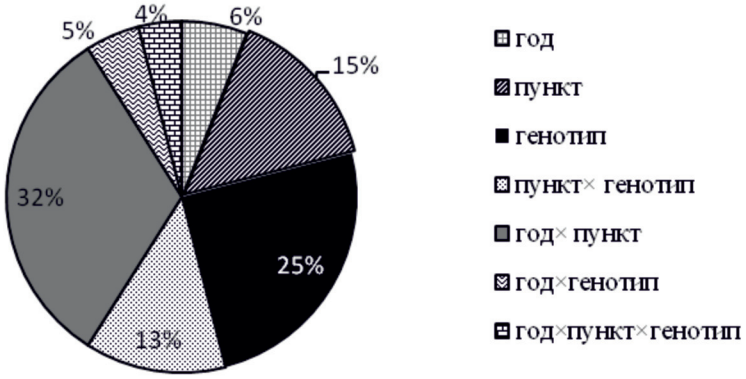


Рис. 4. Влияние факторов среды на значение суммарного содержание антиоксидантов в зерне ячменя (элюент – 70% этиловый спирт)

Вклад взаимодействия факторов «пункт×генотип» в формирование данного показателя составляет 15,5 и 13% соответственно. Наименьшее влияние на формирование данного параметра оказывают «год», «год×генотип», «год×пункт×генотип». Из этого можно заключить, что при сопоставлении влияния факторов именно взаимодействие «пункт×генотип» и фактор «генотип» имеют более существенное значение при выращивании зерна ячменя с высоким суммарным содержанием антиоксидантов.

Исходя из того, что при действии неблагоприятных экологических факторов на растение в «работу» включаются именно антиоксиданты, обеспечивая при этом способность выживать в экстремальных условиях, можно заключить, что зерно с высокими значениями суммарного содержания антиоксидантов имеет преимущества при выращивании на территории рискованного земледелия, к каковой относится Республика Хакасия. Результаты дисперсионного анализа значений суммарного содержания антиоксидантов в зерне ячменя и овса достоверны, о чем свидетельствует тот факт, что F.факт > F.теор.

Выводы

С помощью пакета анализа программ Field Expert v1.3 Pro, который служит для статистической обработки данных, методами дисперсионного анализа было установлено, что для зерна ячменя значение суммарного содержания антиоксидантов практически равнозначно зависит от факторов «год×пункт» и «генотип». Взаимодействие трех вышеуказанных факторов составляет 7,8%. Для овсов данный параметр в большей степени определяется генотипом, далее по степени влияния располагаются взаимодействие «пункт×генотип»

и «год». Таким образом, полученные данные позволяют сделать предположение о возможности выращивания зерна ячменя и овса с заданным высоким содержанием антиоксидантов.

Список литературы

1. Calado J.C.P., Albertao P.A., Oliveira E.A., Letra M.H.S., Sawaya A.C.H., Marcucci M.C, Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food // Agricultural Sciences. 2015. No. 6. P. 426–435.

2. Gong L.X., Jin C., Wu L.J., Wu X.Q., Zhang Y. Tibetan Hull-less Barley (Hordeumvulgare L.) as a Potential Source of Antioxidants // Cereal Chemistry. 2012. Vol. 89. No. 6. P. 290–295.

3. Edelmann M., Kariluoto S., Nyström L., Piironen V. Folate in barley grain and fractions // Journal of Cereal Science. 2013. V. 58. No. 1. P. 37–44.

4. Shewry P.R., Piironen V., Lampi A.M., Nystrom L., Li L., Rakszegi M., Fras A., Boros D., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Andersson A.A.M., Dimberg L., Bedo Z., Ward J.L. Phytochemical and Fiber Components in Oat Varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. V. 56. No. 21. P. 9777–9784.

5. Andersson A.A.M., Lampi A.M., Nyström L., Piironen V., Li L., Ward J.L., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Boros D., Fras A., Dynkowska W., Rakszegi M., Bedo Z., Shewry P.R., Aman P. Phytochemical and Dietary Fiber Components in Barley Varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. V. 56. No. 21. P. 9767–9776.

6. Do T.D.T., Cozzolino D., Muhlhausler B., Box A., Able A.J. Antioxidant capacity and vitamin E in barley: Effect of genotype and storage // Food Chemistry. 2015. V. 187. No. 15. P. 65–74.

7. Lee C., Han D., Kim B., Baek N., Baik B.K. Antioxidant and anti-hypertensive activity of anthocyanin-rich extracts from hulless pigmented barley cultivars //International Journal of Food Science and Technology. 2013. V. 48. No. 5. P. 984–991.

8. Alfieri M., Redaelli R. Oat phenolic content and total antioxidant capacity during grain development // Journal of Cereal Science. 2015. V. 65. No. 9. P. 39–42.

9. Li X.P., Li M.Y., Ling A.J., Hu X.Z., Ma Z., Liu L., Li Y.X. Effects of genotype and environment on avenanthramides and antioxidant activity of oats grown in northwestern China // Journal of Cereal Science. 2017. V. 73. P. 130–137.

10. Wang Y., Frei M. Stressed food – The impact of abiotic environmental stresses on crop quality // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2011. V. 141. P. 271–286. DOI: 10.1016/j.agee.2011.03.017.

11. Влияния климатических факторов на изменчивость хозяйственно ценных признаков подсолнечника в приазовской зоне Ростовской области / А.В. Усатов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1.; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=5505 (дата обращения: 05.06.2018).

12. Федина П.А. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом / П.А. Федина, А.Я. Яшин, Н.И. Черноусова // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 91–97.

13. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? // Nutrition Research Reviews. 2010. V. 23. P. 65–134.

References

1. Calado J.C.P., Albertao P.A., Oliveira E.A., Letra M.H.S., Sawaya A.C.H., Marcucci M.C, Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food // Agricultural Sciences. 2015. No. 6. R. 426–435.

2. Gong L.X., Jin C., Wu L.J., Wu X.Q., Zhang Y. Tibetan Hull-less Barley (Hordeumvulgare L.) as a Potential Source of Antioxidants // Cereal Chemistry. 2012. Vol. 89. No. 6. P. 290–295.

3. Edelmann M., Kariluoto S., Nyström L., Piironen V. Folate in barley grain and fractions // Journal of Cereal Science. 2013. V. 58. No. 1. P. 37–44.

4. Shewry P.R., Piironen V., Lampi A.M., Nystrom L., Li L., Rakszegi M., Fras A., Boros D., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Andersson A.A.M., Dimberg L., Bedo Z., Ward J.L. Phytochemical and Fiber Components in Oat Varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. V. 56. No. 21. P. 9777–9784.

5. Andersson A.A.M., Lampi A.M., Nyström L., Piironen V., Li L., Ward J.L., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Boros D., Fras A., Dynkowska W., Rakszegi M., Bedo Z., Shewry P.R., Aman P. Phytochemical and Dietary Fiber Components in Barley Varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. V. 56. No. 21. P. 9767–9776.

6. Do T.D.T., Cozzolino D., Muhlhausler B., Box A., Able A.J. Antioxidant capacity and vitamin E in barley: Effect of genotype and storage // Food Chemistry. 2015. V. 187. No. 15. P. 65–74.

7. Lee C., Han D., Kim B., Baek N., Baik B.K. Antioxidant and anti-hypertensive activity of anthocyanin-rich extracts from hulless pigmented barley cultivars //International Journal of Food Science and Technology. 2013. V. 48. No. 5. P. 984–991.

8. Alfieri M., Redaelli R. Oat phenolic content and total antioxidant capacity during grain development // Journal of Cereal Science. 2015. V. 65. No. 9. P. 39–42.

9. Li X.P., Li M.Y., Ling A.J., Hu X.Z., Ma Z., Liu L., Li Y.X. Effects of genotype and environment on avenanthramides and antioxidant activity of oats grown in northwestern China // Journal of Cereal Science. 2017. V. 73. P. 130–137.

10. Wang Y., Frei M. Stressed food – The impact of abiotic environmental stresses on crop quality // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2011. V. 141. P. 271–286. DOI: 10.1016/j.agee.2011.03.017.

11. Vliyaniya klimaticheskix faktorov na izmenchivost` xozyajstvenno cenny`x priznakov podsolnechnika v priazovskoj zone Rostovskoj oblasti / A.V. Usatov [i dr.] // Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. – 2012. – № 1.; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=5505 (data obrashheniya: 05.06.2018).

12. Fedina P.A. Opredelenie antioksidantov v produktax rastitel`nogo proisxozhdeniya amperometricheskim metodom / P.A. Fedina, A.Ya. Yashin, N.I. Chernousova // Ximiya rastitel`nogo sy`r`ya. – 2010. – № 2. – P. 91–97.

13. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? //Nutrition Research Reviews. 2010. V. 23. P. 65–134.

УДК 631.51:631.82:633.854.78

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Титовская Л.С., Титовская А.И., Котлярова Е.Г.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Белгород, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

Целью исследований было изучение влияния способов основной обработки почвы и комплексных минеральных удобрений отдельно и в сочетании с регулятором роста Альбит на показатели продуктивности раннеспелых и среднепоздних гибридов подсолнечника (масса 1000 семян, доля выполненных семян в корзинке, масличность и урожайность семян, сбор масла). Исследование проводили в 2011–2013 гг. на черноземе типичном в отделе земледелия Белгородского ГАУ. Результаты исследований выявили положительную взаимосвязь между массой 1000 семян и урожайностью культуры (r = 0,55*), так же, как и связь средней силы между масличностью семян и долей выполненных семян в корзинке (r = 0,53*). Установлено, что наиболее продуктивным (1523 кг/га масла), хотя и менее стабильным (C_v = 23,7%), был среднепоздний гибрид Опера ПР. Конкуренцию ему составил раннеспелый гибрид Джаззи, ненамного уступая по продуктивности (1482 кг/га масла), но превосходя по стабильности (C_v = 3,0%). Это дает основание для сочетания этих гибридов в системе семеноводства хозяйств с целью стабилизации урожайности и высокого выхода масла на уровне 1,5 т/га независимо от погодных условий Центрально-Черноземной зоны. Комплексные удобрения высокоэффективны, но предпочтение следует отдавать Плантафолу, как обеспечившему значительно большую прибавку – 22%. А Поли-фид, способствовавший 13%-ному росту сбора масла, эффективен только с регулятором роста Альбит, который позволяет достичь прибавки в 19%. Такое сочетание «Поли-фид + Альбит» обуславливает наибольшую продуктивность, если в качестве основной обработки почвы применяется вспашка (превышение над вариантами с Плантафолом составляет 7,4%). Кроме этого случая, хоть и незначительно, сбор масла увеличивается при замене отвального способа обработки на безотвальный.

Ключевые слова: подсолнечник, обработка почвы, удобрения, регулятор роста, продуктивность

IMPACT OF METHODS OF BASIC SOIL DRESSING AND COMPLEX MINARAL FERTILIZERS UPON INDEXES OF PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER HYBRIDS

Titovskaya L.S., Titovskaya A.I., Kotlyarova E.G.

Belgorod State Agricultural Universiry named after V. Gorin, Belgorod, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

The objective of this research was studying impact of methods of basic soil dressing and complex mineral fertilizers in separation as well as in combination with growth regulator Albit upon productivity indexes of early-ripening and mid-late sunflower hybrids (mass of 1000 seeds, share of the formed seeds, oil content and yield, oil yield). The research was carried out during 2011-2013 in black soil, typical in department of agriculture of Belgorod SAU. The research results have revealed a positive relation between mass of 1000 seeds and yields of the culture (r = 0,55*) as well as an average relation between oil content in seeds and the share of formed seeds (r = 0,53*). It has been established that the most productive (1523 gk/ha of oil), although less stable (Cv = 23,7%) was mid-late hybrid Opera PR. It was rivaled by early-ripening hybrid Jazzi, that lacked in productivity (1482 kg/ha of oil), but was superior in stability (Cv = 3,0%). It enables us to combine these hybrids in seeding systems of farms in order to stabilize yields and high oil output at the level of 1,5mt/ha regardless of weather conditions of Central-Black Earth area. Complex fertilizers have proven to be highly-effective, but Plantafol should be preferred, as it provided for the most significant addition – 22%. Poly-fid that provided for 13% growth in oil output, was effective only when combined with growth regulator Albit that allowed for achieving addition of 19%. Such combination «Poly-fid + Albit» defined the highest productivity if plowing is implemented as the basic method of soil dressing (exceeding the options with Plantafol by 7,4%). In other cases, oil output is increased, although insignificantly, in case of replacing plowing with subsurface dressing method.

Keywords: sunflower, tillage, fertilizer, growth regulator, productivity

Широкий ассортимент продукции определяет высокий спрос на маслосемена подсолнечника на внутреннем и международном рынках. В России его доля в структуре посевных площадей масличных культур составляет 75% и до 80% производимого растительного масла [1]. Повышение устойчивости производства в довольно изменчивых погодных условиях Центрального Черноземья возможно лишь на основе глубокого изучения особенностей формирования показателей продуктивности и качества семян подсолнечника, определенным образом связанных между собой [2, 3], путем создания благоприятных условий его возделывания [4–7]. Наиболее действенно регулирование биопродукционного процесса происходит через оптимизацию почвенных условий и фотосинтеза. В связи с этим изучение направленности и интенсивности воздействия способов основной обработки почвы и листовых подкормок комплексными минеральными удобрениями и в сочетании их с регулятором роста на продуктив-

ность экологически устойчивых гибридов подсолнечника из разных групп спелости весьма актуально.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2011–2013 гг. на опытных полях отдела земледелия Белгородского ГАУ. Почва – чернозем типичный среднемощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса – 5,0 %, pH_{KCl} – 6,14; P_2O_5 – 125–167 и K_2O – 128–133 мг/кг почвы. Опыт полевой, трехфакторный.

Фактор А – способ основной обработки почвы:

1) вспашка (контроль) – ПЛН-5-35 на глубину 28–30 см,

2) глубокая безотвальная обработка – ПЧ-2,5 на глубину 40–42 см,

3) мелкая безотвальная обработка – КПЭ-3,8 на глубину 14–16 см.

Фактор В – гибрид подсолнечника:

1) Ясон (раннеспелый, стандарт),

2) Джаззи (раннеспелый),

3) Опера ПР (среднепоздний).

Фактор С – комплексное удобрение и регулятор роста:

1) контроль, без удобрений,

2) Поли-фид 3 кг/га,

3) Поли-фид 3 кг/га + Альбит 0,03 л/га,

4) Плантафол 3 кг/га,

5) Плантафол 3 кг/га + Альбит 0,03 л/га.

Содержание действующих веществ в комплексных удобрениях: Поли-фид (15-7-30) – $N_{15}P_7K_{30} + Mg_2$, $S_{1.9}$, $Fe_{0,1}$, $Mn_{0,05}$, $Zn_{0,012}$, $Cu_{0,01}$, $B_{0,45}$, $Mo_{0,006}$; Плантафол (5-15-45) – $N_5P_{15}K_{45} + Mg_2$, $S_{1.2,}$ $Fe_{0,1}$, $Mn_{0,05}$, $Zn_{0,05}$, $Cu_{0,05}$, $Mo_{0,005}$. Альбит – регулятор роста растений со свойствами фунгицида и комплексного удобрения. Внекорневая обработка проводилась в фазу 4–7 листьев у подсолнечника. Размещение делянок в опыте систематическое, повторность трехкратная. Посевная площадь делянок – 53,2 м^2, учетная площадь – 50,4 м^2. Предшественник – озимая пшеница, размещаемая после гороха. Основной обработке предшествовало лущение стерни дисковыми боронами на глубину 6–8 см вслед за уборкой предшественника и внесение основного минерального удобрения (азофоска) $N_{30}P_{30}K_{30}$. Посев подсолнечника проводился сеялкой СУПН-8 с междурядьем 70 см, в оптимальные сроки. Норма высева составила 60 тыс. шт/га. Для борьбы с сорной растительностью применяли гербицид Фронтьер Оптима 1,1 л/га. Густоту посевов формировали в фазе 2–3 пар настоящих листьев.

В 2011–2012 гг. погодные условия были достаточно благоприятными для формирования высокой урожайности культуры; в 2013 г. сочетание жаркой и засушливой погоды в первой половине вегетационного периода с дождливым сентябрем, осложнившим уборку урожая, привели к некоторому его снижению. Математическая обработка результатов исследования проведена с помощью методов дисперсионного и корреляционного анализов.

Результаты исследования и их обсуждение

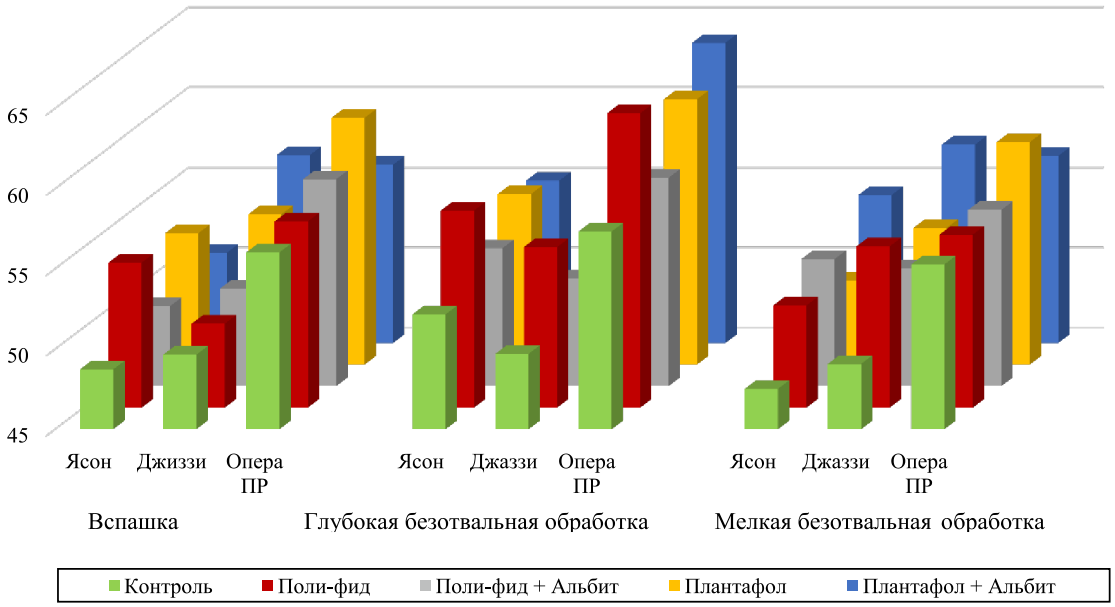
Критерием оценки продуктивности подсолнечника является выход масла с единицы площади посева. Основными показателями качества урожая подсолнечника являются масса 1000 семян и их масличность.

Масса 1000 семянок у среднепозднего гибрида Опера ПР (58,23 г.) в среднем на 10–11 % была больше по сравнению с раннеспелыми гибридами Ясон и Джаззи (рисунок). Применение Поли-фида способствовало увеличению данного показателя в среднем на 7,2 %, Плантафола – чуть больше – на 7,6 %. Эффективность регулятора роста отмечалась лишь в отдельных случаях чаще всего при применении с Плантафолом: при возделывании раннеспелых гибридов по мелкой безотвальной обработке, а Джаззи и по вспашке, среднепозднего – при проведении глубокого рыхления.

Различия между способами основной обработки почвы были незначительны и составили 4,3 % в пользу глубокой безотвальной обработки.

Корреляционный анализ подтвердил прямую средней силы зависимость между массой 1000 семян и уровнем урожайности (r = 0,55*), достоверную на 5 %-ном уровне значимости. Масличность от массы 1000 семян зависела слабо (r = 0,30*), хоть и значимо. Очевидно, что прямая связь между показателями обусловлена тем, что все гибриды, судя по массе семянок, относятся к группе масличных (у масличного подсолнечника семянки мелкие, масса 1000 семян 35–80 г [8]).

Наибольшая доля выполненных семян в корзинке наблюдалась у гибрида Джаззи: в среднем по опыту она составила 97,6 %, что на 0,9 и 1,9 % больше, чем у гибридов Опера ПР и Ясон соответственно. Следует отметить, что комплексные минеральные удобрения в отдельных случаях приводили к увеличению показателя, примерно в равной степени – на 1,3–1,5 % в среднем. Установить влияние регулятора роста не удалось, так же, как и влияние способов основной обработки почвы.



Масса 1000 семян гибридов подсолнечника (2011–2013 гг.), г

Увеличение доли выполненных семян в корзинке не обусловило повышение урожайности, но способствовало росту масличности семян, что подтверждается статистически достоверным значением коэффициента корреляции r = 0,53* и указывает на очевидную связь процессов, происходивших в генеративном органе.

Преимущества различных способов основной обработки почвы, выявленные в отдельные годы, нивелировались нестабильностью погодных условий в течение всего периода исследований. Это привело к отсутствию значимого влияния этого фактора на урожайность подсолнечника (табл. 1).

Эффективность комплексных минеральных удобрений в повышении урожайности подсолнечника доказана полученной прибавкой к контролю 0,28–0,49 т/га или 10,8–18,8 %. Достоверно лучшим между ними был Плантафол, особенно в неблагоприятных условиях 2013 г. (на 0,70 т/га или 33,2 %), когда действие Поли-фида (+0,23 т/га или 10,9 %) существенно усиливалось биопрепаратом Альбит – на 0,38 т/га или 16,2 %.

Отмечено неоднозначное поведение гибридов разных сроков созревания, когда наиболее урожайный, особенно в благоприятные годы (2011–2012 гг.), среднепоздний гибрид Опера ПР (прибавка составила 0,15–0,24 т/га или 5,2–8,5 %) намного уступал по стабильности (коэффициент вариации C_v = 26,5 %) раннеспелым гибридам – Джаззи (C_v = 8,6 %), и особенно Ясон (C_v = 3,7 %).

На уровень содержания масла в семенах подсолнечника оказали влияние как погодные условия периода исследований, ухудшение которых (2013 г.) привело к повышению масличности на 11 % (прибавка содержания масла составила 5,3 % (абс.)), так и изучаемые элементы технологии – гибриды и удобрения. Лучшим из гибридов был раннеспелый Джаззи (51,26 %), в семенах которого в 2013 г. на фоне мелкой безотвальной обработки почвы при совместном применении Плантафола и Альбита была установлена максимальная масличность – 57,81 %. Положительное действие комплексных минеральных удобрений в зависимости от гибрида было неодинаковым. Поли-фид имел преимущество (прибавка – 1,19 %) на менее урожайном гибриде Ясон, на более продуктивных гибридах Джаззи и Опера ПР эффективнее был Плантафол, повысивший масличность семян в среднем на 0,77 и 1,33 % соответственно. Регулятор роста в основном оказал положительное влияние на данный показатель, усиливая действие удобрений на всех гибридах от 0,17 до 0,47 %, кроме варианта его применения с Плантафолом на среднепоздем гибриде Опера ПР (снижение составило 0,44 %).

Таблица 1

Урожайность гибридов подсолнечника (2011–2013 гг.), т/га

Гибриды	Комплексные минеральные удобрения и регулятор роста				
	1. Контроль	2. Поли-фид 3 кг/га	3. Поли-фид 3 кг/га +Альбит 0,03 л/га	4. Плантафол 3 кг/га	5. Плантафол 3 кг/га+ Альбит 0,03 л/га
Вспашка					
Ясон	2,40	2,88	2,95	2,67	2,98
Джаззи	2,51	2,79	3,13	3,12	2,91
Опера ПР	2,62	2,94	3,22	3,02	3,01
Глубокая безотвальная обработка					
Ясон	2,61	2,80	2,94	2,95	2,86
Джаззи	2,54	2,78	2,57	3,26	3,02
Опера ПР	3,08	3,02	3,21	3,31	3,26
Мелкая безотвальная обработка					
Ясон	2,59	2,87	2,90	2,89	2,80
Джаззи	2,45	2,69	3,34	3,31	3,06
Опера ПР	2,58	3,11	2,79	3,28	3,25
$НСР_{05}$: B, D* – 0,102; C – 0,132; AB, AD, BD – 0,177; AC, BC, CD – 0,229; A, ABC, ACD, BCD, ABCD – $F_{факт.} < F_{теор.}$(* – фактор года)					

Таблица 2

Сбор масла гибридов подсолнечника в зависимости от способов основной обработки почвы и комплексных минеральных удобрений (2011–2013 гг.), кг/га

Гибриды	Комплексные минеральные удобрения и регулятор роста				
	1. Контроль	2. Поли-фид 3 кг/га	3. Поли-фид 3 кг/га +Альбит 0,03 л/га	4. Плантафол 3 кг/га	5. Плантафол 3 кг/га+ Альбит 0,03 л/га
Вспашка					
Ясон	1115	1391	1442	1296	1431
Джаззи	1259	1407	1603	1563	1494
Опера ПР	1291	1485	1645	1507	1481
Глубокая безотвальная обработка					
Ясон	1258	1354	1431	1431	1392
Джаззи	1276	1414	1343	1691	1568
Опера ПР	1504	1481	1574	1682	1635
Мелкая безотвальная обработка					
Ясон	1222	1402	1424	1387	1366
Джаззи	1231	1367	1706	1714	1589
Опера ПР	1276	1563	1422	1667	1632

В конечном итоге интегрирующим показателем продуктивности подсолнечника и эффективности технологий возделывания является выход масла с единицы площади.

Оценивая влияние погодных условий с учетом того, что в годы благоприятные для формирования высокого урожая семян их масличность снижалась, следует признать доминирующую роль урожайности маслосемян в определении уровня сбора масла. Максимальный выход масла был получен в 2011 г. – 1521 кг/га, что больше на 29 кг/га, чем в 2012 г., и на 174 кг/га или 13 % – в 2013 г.

Выявлено, что способ основной обработки почвы в среднем за три года не оказал большого влияния на сбор масла, минимум которого был получен по вспашке – 1427 кг/га. Однако разница с безотвальными обработками не превышала 3 % (табл. 2).

Наиболее продуктивным в среднем за три года был среднепоздний гибрид Опера ПР, который обеспечил выход 1523 кг/га масла, что было больше по сравнению с раннеспелыми гибридами Джаззи и Ясон, соответственно на 3 и 12,3 %.

Комплексные минеральные удобрения значительно повышали сбор масла. При применении Поли-фида в среднем за три года прибавка составила 159 кг/га, или 12,5 %. Плантафол был более эффективен, увели-

чивая урожай масла на 278 кг/га или 21,9%. Влияние регулятора роста на данный показатель было неоднозначным и зависело от удобрения, с которым он применялся. Обработка посевов всех гибридов Альбитом усиливала положительное влияние Поли-фида дополнительно на 81 кг/га в среднем, повышая выход масла на 18,9% по сравнению с контролем. Тогда как его совместное использование с Плантофолом было неоправданным и чаще всего приводило к уменьшению сбора масла.

Следует отдельно отметить, что Плантафол на всех способах основной обработки почвы имел преимущество перед Поли-фидом, повышая его при переходе к безотвальным обработкам и с увеличением их глубины. Однако на вспашке вариант совместного использования Поли-фида и Альбита давал значительную прибавку по сравнению с вариантами применения Плантафола – на 94–108 кг/га или на 7,4%. Хозяйствам, предпочитающим вспашку в качестве основной обработки почвы под подсолнечник по тем или иным причинам, следует иметь это в виду.

Заключение

Выявлена положительная взаимосвязь между массой 1000 семян и урожайностью культуры (r = 0,55*), так же, как и связь средней силы между масличностью семян и долей выполненных семян в корзинке (r = 0,53*). Наиболее продуктивным (1523 кг/га), хотя и менее стабильным (C_v = 23,7%) был среднепоздний гибрид Опера ПР. Конкуренцию ему составил раннеспелый гибрид Джаззи, ненамного уступая по продуктивности (1482 кг/га), но превосходя по стабильности (C_v = 3,0%). Это дает основание для сочетания этих гибридов в системе семеноводства хозяйств с целью стабилизации урожайности и высокого выхода масла на уровне 1,5 т/га независимо от погодных условий Центрально-Черноземной зоны. Комплексные удобрения высокоэффективны, но предпочтение следует отдавать Плантафолу, как обеспечившему значительно большую прибавку – 22%. А Поли-фид, способствовавший 13%-ному росту сбора масла, эффективен только с регулятором роста Альбит, который позволяет достичь прибавки в 19%. Такое сочетание «Поли-фид + Альбит» обуславливает наибольшую продуктивность, если в качестве основной обработки почвы применяется вспашка (превышение над вариантами с Плантафолом составляет 7,4%). Кроме этого случая хоть и незначительно сбор масла увеличивается при замене отвального способа обработки на безотвальный.

Список литературы

1. Применение регулятора роста растений, иммунизатора – препарата Фуролан при возделывании подсолнечника в Краснодарском крае / Е.К. Яблонская [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 121(07). URL: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/93.pdf (дата обращения: 26.07.2018).

2. Green V.E. Correlation and path coefficient analyses of the components of yield in sunflower cultivars / V.E. Green // Proc. of 9th Intern. Sunfl. Conf., Torremolinos, Spain, 1980. – Vol. 2. – P. 12–21.

3. Hladni N. Correlation of yield components and seed yield per plant in sun-flower (Helianthus annuus L.) / N. Hladni, D. Skoric, M. Kraljevic-Balalic, M. Ivanovic, Z. Sakac, D. Jovanovic // Proc. of 16th Intern. Sunfl. Conf., Fargo, ND, USA, August 29 – September 2, 2004. – Vol. 2. – P. 491–496.

4. Больдисов Е.А. Продуктивность гибридов подсолнечника в Курской области и Краснодарском крае в зависимости от норм высева семян и применения минеральных удобрений / Е.А. Больдисов, А.С. Бушнев // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – Вып. 1 (169). – С. 58–63.

5. Волгин В.В. Корреляция хозяйственно-биологических признаков между самоопылёнными линиями и гибридами подсолнечника / В.В. Волгин, А.Д. Обыдало // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 20–28.

6. Карпова Л.В. Оценка сортов и гибридов подсолнечника на скороспелость и продуктивность в условиях среднего Поволжья / Л.В. Карпова // Нива Поволжья. – 2008. – № 3(8). – С. 22–27.

7. Кислов А.В. Приемы основной обработки под подсолнечник на зерно в условиях Южного Урала / А.В. Кислов, М.В. Черных // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2007. – Т. 2, № 14–1. – С. 24–26.

8. Растениеводство / В.А. Федотов, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина, О.В. Столяров. – СПб.: Лань, 2015. – 336 с.

References

1. Primenenie regulyatora rosta rastenij, immunizatora – preparata Furolan pri vozdely`vanii podsolnechnika v Krasnodarskom krae / E.K. Yablonskaya [i dr.] // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 121(07). URL: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/93.pdf (data obrashheniya: 26.07.2018).

2. Green V.E. Correlation and path coefficient analyses of the components of yield in sunflower cultivars / V.E. Green // Proc. of 9th Intern. Sunfl. Conf., Torremolinos, Spain, 1980. – Vol. 2. – P. 12–21.

3. Hladni N. Correlation of yield components and seed yield per plant in sun-flower (Helianthus annuus L.) / N. Hladni, D. Skoric, M. Kraljevic-Balalic, M. Ivanovic, Z. Sakac, D. Jovanovic // Proc. of 16th Intern. Sunfl. Conf., Fargo, ND, USA, August 29 – September 2, 2004. – Vol. 2. – P. 491–496.

4. Bol`disov E.A. Produktivnost` gibridov podsolnechnika v Kurskoj oblasti i Krasnodarskom krae v zavisimosti ot norm vy`seva semyan i primeneniya mineral`ny`x udobrenij / E.A. Bol`disov, A.S. Bushnev // Maslichny`e kul`tury`. Nauchno-texnicheskij byulleten` Vserossijskogo nauchno-issledovatel`skogo instituta maslichny`x kul`tur. – 2017. – Vy`p. 1 (169). – P. 58–63.

5. Volgin V.V. Korrelyaciya xozyajstvenno-biologicheskix priznakov mezhdu samoopy`lyonny`mi liniyami i gibridami podsolnechnika / V.V. Volgin, A.D. Oby`dalo // Maslichny`e kul`tury`. Nauchno-texnicheskij byulleten` Vserossijskogo nauchno-issledovatel`skogo instituta maslichny`x kul`tur. – 2015. – Vy`p. 4 (164). – P. 20–28.

6. Karpova L.V. Ocenka sortov i gibridov podsolnechnika na skorospelost` i produktivnost` v usloviyax srednego Povolzh`ya / L.V. Karpova // Niva Povolzh`ya. – 2008. – № 3(8). – P. 22–27.

7. Kislov A.V. Priemy` osnovnoj obrabotki pod podsolnechnik na zerno v usloviyax Yuzhnogo Urala / A.V. Kislov, M.V. Cherny`x // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2007. – T. 2, № 14–1. – P. 24–26.

8. Rastenievodstvo / V.A. Fedotov, S.V. Kady`rov, D.I. Shhedrina, O.V. Stolyarov. – SPb.: Lan`, 2015. – 336 p.

УДК 911.2:528.94

ПОЧВЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

[1]Белозерцева И.А., [2]Убугунов Л.Л., [2]Убугунова В.И., [3]Доржготов Д., [2]Гынинова А.Б., [2]Убугунов В.Л., [1]Сороковой А.А., [2]Бадмаев Н.Б.

[1]ФАНО России ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: belozia@mail.ru;
[2]ФАНО России ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ;
[3]Институт географии и геоэкологии академии наук Монголии, Улан-Батор

На основе результатов многолетних исследований проведено картографирование почв Байкальского региона и прилегающих территорий масштаба 1:5000000. При составлении почвенной карты использованы разнообразные карты по рельефу, геоморфологии, геологии, растительности, климату, почвам, аэро- и космические снимки, а также материалы почвенно-географических исследований авторов. Карта составлена в программе MapInfo. Большая протяженность исследуемого региона предопределяет широтные изменения климатического фактора и связанного с ним почвенного и растительного покрова. Географические закономерности формирования почв весьма сложны, вследствие того, что на мало выраженную горизонтальную зональность накладывается высотная поясность горных систем. Неоднородное геоморфологическое и литологическое строение, контрастная биоклиматическая обстановка способствуют формированию различных типов почв. Специфичность экологических условий почвообразования в некоторых районах исследуемой территории определяет самобытность почв. Например, формирование буроземов грубогумусовых в условиях Южного Прибайкалья. Маломощные неполнопрофильные почвы отделов литоземов, слаборазвитого и органо-аккумулятивного, развиты во всех высотных зонах. Нормально развитые почвы с полным набором всех генетических горизонтов распространены в основном в таежной зоне и представлены разными типами криоземов, альфегумусового и структурно-метаморфического отделов; а в степной зоне полнопрофильные почвы представлены отделами аккумулятивно-гумусового, аккумулятивно-карбонатного, светлогумусового, структурно-метаморфического и галоморфного. Суровые климатические условия и горный характер Байкальского региона обусловливают слабую интенсивность процессов физического и химического выветривания. Изложенные материалы показывают сложное устройство поверхности исследуемой территории, разнообразие литологии и контрастность биоклиматических условий, определяющих своеобразие почвенного покрова. Создание почвенной карты Байкальского региона и прилегающих территорий представляет собой важный этап в развитии почвенной науки России и Монголии.

Ключевые слова: почвы, разнообразие, картографирование, Байкальский регион

SOILS OF THE BAIKAL REGION AND ADJACENT TERRITORIES

[1]Belozertseva I.A., [2]Ubugunov L.L., [2]Ubugunova V.I., [3]Dorzhgotov D., [2]Gyninova A.B., [2]Ubugunov V.L., [1]Sorokovoy A.A., [2]Badmaev N.B.

[1]V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: belozia@mail.ru;
[2]Institute of the general and experimental biology SB RAS, Ulan-Ude;
[3]Institute of geography and geoecology of an academy of sciences of Mongolia, Ulaanbaator

On the basis of long-term research in Russia and Mongolia, a map of soils of the Baikal region and adjacent territories at a scale of 1:5000 000 has been compiled. Various cartographic data on soils, geology, geomorphology, forest, vegetation, climate, topography, aerial and space imagery, field studies of the authors were used for the map. It has been developed using MapInfo Software. The great extent of the region determines the latitudinal changes in the thermal factor and the soil and vegetation cover associated with it. Geographic patterns of soil cover formation are extremely complex, since altitude-vertical zonality is superimposed on the weakly expressed latitudinal zoning. The heterogeneity of the geomorphology and lithology, the contrast of the bioclimatic environment contribute to the formation of various soil types. Specific ecological conditions of pedogenic process in some areas of the Lake Baikal basin define the originality of soils, for example, forming of coarse-humus burozems in the Southern Baikal region. In all high-altitude zones, small-power, incomplete profile soils of departments of underdeveloped, lithozem and organic-accumulative soils are common. The full-profile soils in the taiga zone are mainly represented by different types of soils such as cryosols, alfa-humus and structural-metamorphic soils, in the steppe – accumulative-humus, light-humus, accumulative-carbonate, structural-metamorphic, halomorphic soils. The mountain relief and sharply continental climate of the region are the cause of weak intensity of chemical and physical weathering. The stated data indicate the complex structure of the earth surface of the region, different lithology and contrast bioclimatic conditions that determine the originality of the soil cover. The development of a soil map of the Baikal region is an important stage of the soil science progress in Russia and Mongolia.

Keywords: soils, variety, mapping, Baikal region

Целью исследования является картографирование почв Байкальского региона с использованием единой классификации почв для территории России и Монголии. Район исследования находится в бассейне самого глубокого и крупнейшего рифтового озера планеты – Байкала. Часть ее входит в состав ООПТ (национальные парки, заповедники, заказники). Протяженность составляет более 6000 км с севера на юг, что предопределяет широтные изменения климатического фактора и связанного с ним почвенного

и растительного покрова. Байкальский регион включает Республику Бурятия, Иркутскую область, Забайкальский край, а также аймаки северной Монголии. Особенности геологического строения обусловлены тем, что территория исследования находится на границе Сибирской платформы и Центрально-Азиатского подвижного пояса. Большие площади в Монголии и Западном Забайкалье заняты продуктами разрушения Ангаро-Витимского, Хангайского и Хэнтэйского батолитов. В Иркутской области выделяются красноцветные карбонатно-силикатные породы. Рельеф представляет собой целое плиоцен-четвертичное основание. На фоне общего поднятия в это время происходили опускания отдельных элементов, которые привели к образованию впадин-грабенов. Минимальная абсолютная высота составляет 460 м над ур. м. – урез оз. Байкал. Максимальная абсолютная высота находится в Хангае (3539 м над ур. м.). Преобладающим типом климата в Республике Бурятия, Иркутской области, Забайкальском крае и Монголии является резко континентальный, на побережье озера Байкал он подходит к приморскому. Зимняя температура воздуха на берегах южной оконечности оз. Байкал в среднем на 5 °С выше, а в летнее – на столько же ниже, чем в отдаленных районах [1]. До 1400 мм осадков в год выпадает на западных и северо-западных склонах, обращенных к преобладающим ветрам. Наименьшее количество (200–300 мм) осадков в год выпадает в межгорных котловинах Забайкалья и Монголии, а также в степных районах западного побережья оз. Байкал (Приольхонье). От 400 до 700 мм осадков в год поступает на наветренные склоны вторичных хребтов и внутренние районы нагорий [1]. Растительность Байкальского региона представлена сообществами гольцового (высокогорного), таёжного (бореального) и степного типов. Таежная растительность в Байкальском регионе преобладает. В переходных зонах таёжной и островной степной растительности распространены лесостепные комплексы. Степи в основном наблюдаются на южных склонах гор и возвышенностей, а лесные таёжные, местами остепнённые сообщества – на восточных и северных склонах. На юге бассейна оз. Байкал и в северной Монголии преобладает степная растительность.

Материалы и методы исследования

При картографировании (рисунок) использованы разнообразные карты по рельефу, геоморфологии, геологии, растительности, климату, космические снимки, опубликованные монографии [2–4] и статьи [5, 6], результаты многолетних почвенно-географических исследований авторов [7, 8].

Крупномасштабные почвенно-географические исследования на территории бассейна оз. Байкал (Монголия, Россия) были проведены в 1960–1980 гг. Н.А. Ногиной (1964), В.П. Мартыновым (1965), К.А. Уфимцевой (1967), Д. Доржготовым (1973), В.А. Кузьминым (1973), И.А. Соколовым, В.О. Таргульяном (1976). Основные закономерности обобщены в почвенных картах Монгольской Народной Республики и Бурятии. Эти карты были созданы на различной методологической основе.

В основу карты легли материалы и принципы ранее созданной авторами карты «Почвы бассейна озера Байкал» [7]. Также были использованы почвенные карты: Иркутской области, разработанной В.А. Кузьминым [6], Монголии – Д. Доржготовым и О. Батхишиг [5], Республики Бурятия – сотрудниками Института общей и экспериментальной биологии СО РАН [8]. Карта создана авторами в программе MapInfo. В отличие от предыдущих карт использована новая классификация и диагностика почв России [9, 10]. На почвенной карте осуществлено интегрирование современной информации по почвам и почвенному покрову бассейна оз. Байкал на единой методологической основе и принципах классификации.

В легенде карты приводятся комбинации почв различных контуров. Ассоциации почв контуров характеризуются разнородностью почвообразующих пород (мозаики), различным мезо- (сочетания) и микрорельефом (комплексы). Преобладающая почва расположена первой в легенде, затем – сопутствующие и встречающиеся. Большая часть почв представлена на уровне типа, иногда подтипа.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим преобладающие почвы Байкальского региона (включая территорию Монголии) соответственно их современной классификации [9, 10]. С относительно большой высотой в горах (2000–3000 м над ур. м.) связано изменение гидротермических условий и проявление вертикальной зональности почв. В высоко-

горьях преобладают: литоземы, петроземы гольцов и тундр; литоземы перегнойно-темногумусовые и темногумусовые субальпинотипных и альпинотипных лугов; торфяно-литоземы, подбуры и подзолы под кедрово-стланиковыми зарослями и подгольцовыми редколесьями. Распространен кустарниковый и мохово-лишайниковый покров, а древесная растительность занимает небольшую часть территории. В Байкало-Патомском нагорье преобладают редколесья, в почвенном покрове которых развиты подзолы. В Восточном Саяне редколесья не составляют больших ареалов. Большие контуры образованы тундрами и лугами с литоземами темногумусовыми и перегнойно-темногумусовыми почвами. Высокогорья Станового нагорья занимают большую площадь, при меньшей абсолютной высоте.

Заросли кедрового стланика с литоземами, петроземами, подбурами и подзолами наблюдаются среди каменистых россыпей на хребтах Прибайкалья и Станового нагорья. Почвы с элювиально-иллювиальным и недифференцированным профилями горной тайги развиты в северо-восточном и юго-западном Прибайкалье. На Байкальском хребте и Байкало-Патомском нагорье распространены подзолы и подбуры, встречаются торфяно-подзолы и торфяно-подбуры. При более разнообразных природных условиях Восточного Саяна, кроме подзолов, сформировались подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Под темнохвойными пихтовыми лесами при мощном снеговом покрове, который способствует непромерзанию почв, встречаются буроземы грубогумусовые. До 1000 мм и более осадков в год выпадает в высокогорьях, при этом мощность снега доходит до 1,9 м. Буроземы грубогумусовые также встречаются в среднегорном поясе Хамар-Дабана.

На крутых склонах, направленных к оз. Байкал, распространены петроземы. Торфяно-подбуры и подбуры встречаются на основных породах, которые редко встречаются в горной тайге. Темногумусовые, подзолистые и дерново-подзолистые остаточно-карбонатные почвы формируются на карбонатных породах.

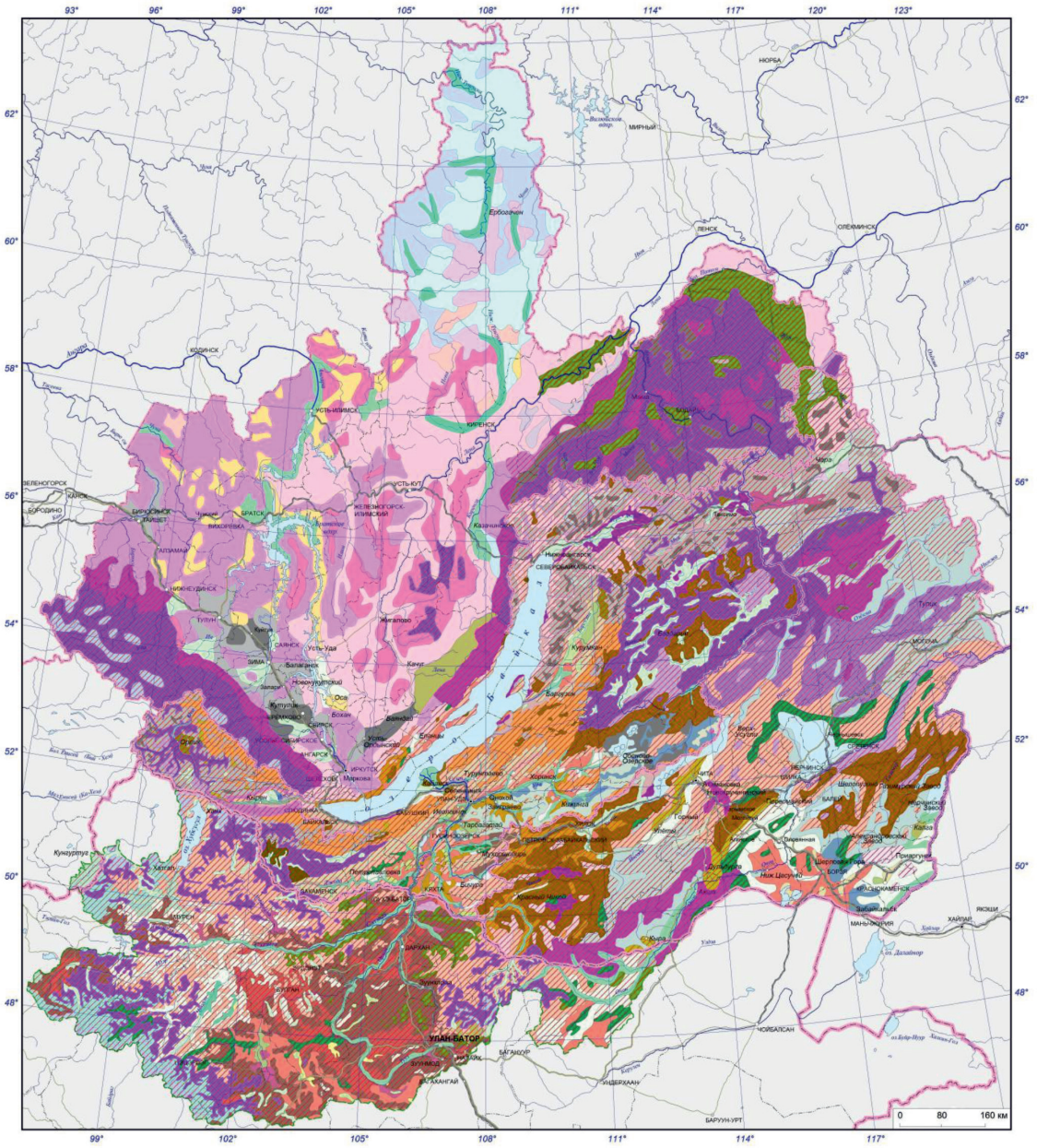
Почвы таежных ландшафтов предгорий и плато занимают средние и низкие местоположения с осадочными породами относительно небольшой мощности. На рыхлых породах Лено-Ангарского плато у верхней границы таежного пояса распространены подзолистые, дерново-подзолистые почвы, а на вершине Орленгского плато (более 1200–1300 м), занятого кедровым редколесьем с лишайниковым покровом, отчетливо выделяются сочетания подзолов, подбуров и торфяно-подбуров глеевых. На кислых силикатных отложениях доминируют сочетания дерново-подзолистых почв с подзолистыми. На севере Байкальского региона (бассейн Нижней Тунгуски) под среднетаежными лиственничниками на плоских поверхностях распространены криоземы и торфяно-криоземы.

В предгорных сухих степях Приольхонья встречаются каштановые и светлогумусовые почвы. На Приольхонском плато сохранилась «добайкальская» геоморфологическая обстановка с прерывистыми глубоковыветрелыми породами позднемелового-раннепалеогенового возраста. Благодаря стабильному положению поверхности Приольхонского тектонического блока и сухим условиям хорошо сохранился древний рельеф плато. Малое количество атмосферных осадков и большая водопроницаемость грунтов и почв осложняют условия произрастания растений. Черноземы глинисто-иллювиальные гидрометаморфизованные, гумусово-гидроморфические и каштановые гидрометаморфизованные почвы сформировались в долинах и падях временных водотоков Приольхонья. Серогумусовые почвы развиты в Приольхонском плато и предгорьях Приморского хребта.

На Иркутско-Черемховской равнине, в Предбайкальской впадине и в восточной части Канско-Рыбинской равнины развиты почвы степных, лесостепных и таежных ландшафтов. От Иркутского водохранилища до западной границы Иркутской области имеют распространение серые почвы. Они нередко граничат с дерново-подзолистыми почвами. Дерново-подзолистые почвы формируются на водоразделах и приводораздельной территории, а серые – на склонах. На повышенной части Иркутско-Черемховской равнины, переходящей в Лено-Ангарское плато встречаются темногумусовые почвы с черноземами на доломитах, известняках и красноцветных карбонатно-силикатных отложениях. Черноземы на террасах рек Ангары, Куды и их притоков сформировались в условиях «котловинного» эффекта с предгорной (аридно-теневой) зональностью.

В высокогорьях Хамар-Дабана, Баргузинского, Верхне-Ангарского и Муйского хребтов распространены петроземы, торфяно-литоземы и литоземы грубогумусные. Грубогумусовые, перегнойные и перегнойно-темногумусовые почвы сформировались под субальпийскими лугами. Подбуры глеевые развиты на северных склонах в относительно пониженных элементах рельефа и на участках с почвообразующими породами тяжелого гранулометрического состава [8].

В горно-таежной зоне Забайкалья встречаются различные почвы, что связано с проявлением горной поясности, наличием многолетней мерзлоты и разной экспозицией склонов. В этой зоне преобладают дерново-подбуры, подбуры, перегнойно-темногумусовые, перегнойные, буроземы грубогумусовые и серогумусовые почвы. Серые метаморфические почвы сформировались на подгорных участках котловин и северных склонах сопок лесостепной зоны.



Почвы Байкальского региона

	Основные почвы	Сопутствующие (около 15-20 % к площади контура)	Встречающиеся (около 5-10 %)
Почвы горных территорий			
	литоземы, петроземы	криоземы, подбуры	глееземы, подзолы
	литоземы	петроземы	подбуры
	литоземы грубогумусовые	глееземы, подбуры	петроземы
	литоземы перегнойно-темногумусовые	глееземы	карбо-литоземы темногумусовые
	литоземы темногумусовые	литоземы серогумусовые	литоземы темногумусовые
	глееземы	торфяно-глееземы	торфяно-литоземы
	торфяно-глееземы	торфяно-литоземы	торфяно-подбуры глеевые
	карбо-литоземы темногумусовые	карбо-литоземы перегнойно-темногумусовые	карбо-литоземы перегнойные
	карбо-литоземы перегнойные	карбо-литоземы темногумусовые	карбо-литоземы перегнойно-темногумусовые
	перегнойно-темногумусовые	перегнойно-криометаморфические	перегнойные
	криоземы	подбуры	торфяно-литоземы
	криоземы грубогумусовые	криоземы	торфяно-криоземы
	торфяно-криоземы	торфяно-подбуры	торфяно-глееземы
	подзолистые	подзолы	дерново-подзолистые
	дерново-подзолы	подзолы	подзолистые
	подбуры грубогумусированные	дерново-подбуры, сухоторфяно-подбуры	буроземы грубогумусовые
	подбуры оподзоленные	подбуры иллювиально-железистые	подбуры иллювиально-гумусовые
	подбуры, буроземы грубогумусовые	дерново-подбуры	подзолы
	подбуры, подзолы	дерново-подзолы	дерново-подбуры
	буроземы	подбуры	подзолы
	подбуры и грубогумусовые	дерново-подзолы и буроземы грубогумусовые	подзолы
	дерново-подбуры	серогумусовые	литоземы серогумусовые и петроземы гумусовые
	темногумусовые типичные	темногумусовые метаморфизованные	темногумусовые глееватые
	темногумусовые метаморфизованные	темногумусовые глееватые	темногумусовые остаточно-карбонатные
	светлогумусовые	каштановые	серогумусовые
	темногумусовые остаточно-карбонатные	черноземы дисперсно-карбонатные	темногумусовые метаморфизованные
	черноземы дисперсно-карбонатные	черноземы гидрометаморфизованные	каштановые
	черноземы гидрометаморфизованные	черноземовидные	темногумусовые
	каштановые	каштановые гидрометаморфизованные	черноземы дисперсно-карбонатные
	криоаридные	каштановые	криогумусовые

Легенда к карте «Почвы Байкальского региона» (начало)

	Основные почвы	Сопутствующие (около 15-20 % к площади контура)	Встречающиеся (около 5-10 %)
Почвы высоких равнин и межгорных понижений			
	подзолы	дерново-подзолы	подзолистые
	дерново-подзолистые	подзолистые	дерново-подбуры оподзоленные
	подзолистые иллювиально-гумусово-железистые	дерново-подзолистые	торфяно-подзолисто-глеевые
	подзолисто-глеевые	подзолы глеевые	дерново-подзолы глеевые
	подзолистые типичные	подзолистые остаточно-карбонатные	дерново-подзолистые
	дерново-подзолистые остаточно-карбонатные	дерново-подзолистые	темногумусовые, серогумусовые
	псаммоземы гумусовые	светлогумусовые	псаммоземы оподзоленные
	дерново-подзолы глеевые	дерново-подзолисто-глеевые	дерново-подзолы глееватые
	дерново-подбуры и дерново-серые	псаммоземы гумусовые	темногумусовые
	дерново-подбуры и псаммоземы гумусовые	подбуры	псаммоземы
	подбуры	дерново-подбуры	буроземы
	дерново-серые	серые метаморфические	серогумусовые
	серые метаморфические	дерново-серые	серогумусовые
	серые	темно-серые	серые метаморфические
	темно-серые	серые	серые метаморфические
	дерново-подзолистые остаточно-карбонатные, темногумусовые	дерново-подзолистые, буроземы темные	карбо-литоземы темногумусовые
	перегнойно-темногумусовые, темно-серые	темногумусовые, карбо-литоземы перегнойно-темногумусовые	дерново-подзолистые в т.ч. остаточно-карбонатные
	гумусово-гидрометаморфические	темногумусовые	перегнойно-темногумусовые
	перегнойно-глеевые	перегнойно-квазиглеевые	перегнойно-гумусовые глеевые
	черноземы квазиглеевые	черноземы гидрометаморфизованные	черноземы глинисто-иллювиальные квазиглеевые
	черноземовидные	темногумусовые метаморфизованные	черноземы текстурно-карбонатные квазиглеевые
	черноземы дисперсно-карбонатные, черноземы глинисто-иллювиальные	черноземы гидрометаморфизованные	черноземовидные
	черноземы текстурно-карбонатные	каштановые	каштановые гидрометаморфизованные
	каштановые	криоаридные, каштановидные, черноземовидные	каштановые гидрометаморфизованные, темногумусовые
	каштановые гидрометаморфизованные	каштановые турбированные	каштановые типичные
	торфяные эутрофные	торфяно-глееземы	перегнойно-глеевые
	торфяно-криоземы	криоземы	торфяные эутрофные
	торфяно-глееземы	торфяно-криоземы	торфяные эутрофные
	аллювиальные серугумусовые	аллювиальные темногумусовые глеевые, слоистые, перегнойно-глеевые	аллювиальные торфяно-глеевые, торфяно-криоземы глееватые
	гумусово-гидрометаморфические засоленные, перегнойно-гидрометаморфические засоленные	гумусово-гидрометаморфические солонцеватые	перегнойно-гидрометаморфические солонцеватые
	аллювиальные торфяно-глеевые	торфяно-криоземы глееватые	аллювиальные перегнойно-глеевые, слоистые
	солончаки, солонцы	светлогумусовые засоленные, каштановые засоленные (солонцеватые)	темногумусовые засоленные
	серо- и светлогумусовые	псаммоземы	дерново-подбуры
	пески	псаммоземы гумусовые	псаммоземы

Легенда к карте «Почвы Байкальского региона» (окончание)

Черноземы развиты под настоящими и луговыми степями Забайкалья. Большие контуры этих почв находятся на северных склонах Кударинской гряды, хребтов Боргойский, Моностойский, Малого Хамар-Дабана, а также на южных склонах Заганского хребта и на Тугнуйском хребте. В северном Забайкалье черноземы встречаются фрагментарно по долинам рек Уда и Итанцы, на северо-западных склонах Унэгэтэйского хребта. Каштановые и светлогумусовые почвы сформировались в сухой степи. Они развиты на террасах долин крупных рек, в Удинской, Иволгинской, Гусиноозерской, Боргойской, Киранской котловинах, а также на южных склонах хребтов. Северная граница степных почв находится в Баргузинской котловине. На водоразделах высоких увалов развиты литоземы. Псаммоземы гумусовые и светлогумусовые почвы сформировались в сухостепной зоне на эоловых песчаных отложениях, например на боровых песках в междуречье Чикой-Хилок и Селенга-Чикой [8].

Широкое распространение многолетней мерзлоты, горный характер рельефа, разнообразие типов растительности и почвообразующих пород обусловило большую неоднородность почвенного покрова Витимского плоскогорья и Северного Забайкалья. Большая часть данной территории имеет сплошной тип распространения криолитозоны, и поэтому здесь преобладают мерзлотные почвы. Под лиственничными лесами и редколесьями преимущественно с подлеском из ерника на хребтах распространены подзолистые почвы и криоземы. Подбуры грубогумусовые сформировались на хребтах на южной границе криолитозоны под лиственничной тайгой с ерниковыми зарослями. Серые и серые метаморфические почвы развиты в Еравнинской котловине под березово-лиственичными лесами с ерниками. Черноземы квазиглеевые формируются в лугово-степных ландшафтах приозерных равнин. Такие же закономерности структуры почвенного покрова характерны для Ивано-Арахлейской, Ундино-Даинской, Нерчинской, Приаргунской лесостепи Восточного Забайкалья. На средневысотных хребтах Восточного Забайкалья под лиственнично-сосновыми лесами встречаются подбуры грубогумусовые и оподзоленные, на южной границе с Монголией – подзолы. Под пижмовыми и типчаковыми сообществами степных и сухостепных ландшафтов юго-восточного Забайкалья вблизи границы с Монголией и Китаем формируются черноземы и каштановые почвы. В районе Торейских озер встречаются солончаки.

В Джидинский горный район (1000–1800 м) входит верхнее и среднее течение р. Джида. Для этого района характерен полный спектр почвенно-растительных поясов. В верховьях рек распространены карболитоземы темногумусовые, литоземы грубогумусовые. Под горно-таежными лиственничниками (1300–1800 м) формируются криоземы и подбуры, в местах с застойным увлажнением – торфяно-литоземы. На высотах 1000–1300 м встречаются подбуры, дерново-подбуры и буроземы грубогумусные. В долинах рек Джида, Ур-Гол, Эгийн-Гол, Селенга распространен степной пояс с черноземами, темногумусовыми остаточно-карбонатными и каштановыми почвами. В котловинах и низкогорной части Джидинского и Хэнтэй-Чикойского горных районов получают развитие черноземы, каштановые, светлогумусовые, а в долинах рек – аллювиальные почвы, местами солончаки и солонцы. В низкогорье бассейнов рек Чикой и Хилок сформировались дерново-подзолы, дерново-подбуры, подзолы, серые метаморфические, черноземы, каштановые, аллювиальные и засоленные почвы.

В северной Монголии находится Хангайская почвенно-биоклиматическая область. Южная граница этой области является северной границей распространения светлогумусовых почв. На равнинах данной области сформировались черноземы текстурно-карбонатные и каштановые почвы. Каштановые гидрометаморфизованные почвы распространены в понижениях в условиях повышенного поверхностного и грунтового увлажнения. Светлогумусовые почвы встречаются на волнисто-увалистых равнинах. Черноземы дисперсно-карбонатные развиты на карбонатном элюво-делювии и элювии. Черноземы в основном сформировались в условиях низкогорного рельефа. Иногда они встречаются в подгорных равнинах.

В Хангайских горах выделяется таежно-лесной почвенный пояс. Выше 2000–2200 м над ур. м. (верхняя граница леса) происходит переход к типичному высокогорному ландшафту. Петроземы, литоземы и карбо-литоземы преобладают в нивальных расчлененных ландшафтах. Торфяно-криоземы и криоземы (грубогумусовые) развиты у верхней границы леса в подголь-

цовом поясе. Почвы таежных ландшафтов нередко длительно, сезонно, и многолетнемерзлотные. Криоземы, подбуры и темногумусовые почвы сформировались под таежной растительностью Монголии. Подзолистый процесс в почвах Монголии наблюдается очень редко. На крутых южных склонах в межгорных понижениях среди горной тайги расположены «острова» почв под степной растительностью черноземного облика. В лесостепи светлохвойных и смешанных кустарничковых и травянистых фаций на 1650–1900 м над ур. м. южных склонов сопок и хребтов развиты темногумусовые метаморфизованные почвы. Серогумусовые почвы сформировались на карбонатных породах под древесными разнотравными сообществами.

На высотах 2100–2200 м Хэнтэйского нагорья выделяются участки горной тундры. Почвенный покров фрагментарен, прерывается частыми скальными выходами и осыпями с петроземами. Преобладающими типами почв являются литоземы грубогумусные, сопутствующими – глееземы и подбуры. В горно-таежном поясе Центрального Хэнтэя повсеместно распространена многолетняя мерзлота. Под кедрово-лиственничными, кедровыми и березово-сосновыми лесами развиты криоземы, сопутствующими являются подбуры. Небольшими участками встречаются торфяно-литоземы. В нижнем поясе лесной зоны значительные площади заняты подбурами и дерново-подбурами. Сопутствующими почвами являются серогумусовые.

На западной и южной периферийной частях Хэнтэйского нагорья на склонах северной экспозиции отмечается «оазисное» распространение очагов леса, березняка и субальпийских лугов с перегнойно-темногумусовыми почвами. Сохранение их связано с очаговым, локальным горно-покровным оледенением этой территории в период последнего сартанского оледенения (11–24 тыс. л). В нишах троговых долин сохранились «убежища» мерзлых грунтов. Благодаря метелевой концентрации снега и эффекту затененности на северных склонах отмечается положительный баланс влаги и обеспечиваются необходимые экологические условия для развития особей березы кустарниковой и лиственницы. Ниже по высотному уровню расположен пояс с темногумусовыми почвами. Каштановые, каштановые гидрометаморфизованные, темногумусовые метаморфизованные с темногумусовыми типичными и аллювиальными распространены по долинам рек в Юго-Западном Хэнтэе на территории низкогорья и среднегорья. Иногда на данной территории встречаются торфяные эутрофные почвы.

В Юго-Западном Прихубсугулье под высокогорной тундровой и горно-таежной растительностью развиты литоземы грубогумусовые, литоземы перегнойно-темногумусовые и темногумусовые, дерново-подбуры, в понижениях встречаются торфяные эутрофные и гумусово-гидрометаморфические почвы. В Восточном Прихубсугулье в условиях котловинно-долинного и высокогорного рельефа распространены литоземы грубогумусовые, литоземы темногумусовые, криоземы, дерново-подбуры, темногумусовые, встречаются торфяные эутрофные, аллювиальные и каштановые почвы.

В Северном Прихубсугулье под степной растительностью развиты каштановые почвы. Каштановые гидрометаморфизованные почвы формируются в условиях повышенного поверхностного и грунтового увлажнения в понижениях. На элювии и элюво-делювии карбонатных пород вместе с каштановыми почвами встречаются черноземы дисперсно-карбонатные маломощные щебнистые с укороченным профилем.

В ледниковых и речных долинах Забайкалья и Прибайкалья распространены аллювиальные гумусовые, темногумусовые, темногумусовые квазиглеевые, перегнойно-глеевые, торфяно-глеевые и аллювиально-слоистые почвы. На ледниковых отложениях северо-восточной окраины Иркутской области имеют распространение криоземы и торфяно-криоземы. Большие контуры торфяных эутрофных, аллювиальных торфяно-глеевых и перегнойно-глеевых почв расположены в молодых тектонических прогибах Хандинской, Предсаянской, Усть-Селенгинской депрессии. Они сформировались в горах, на плоскогорье, в дельтах рек в верховьях мелких рек. Засоленные почвы встречаются в долинах Куды, Манзурки и в Приольхонье.

В степной и сухостепной зонах Забайкалья, в поймах рек в основном преобладают аллювиальные светлогумусовые с контурами засоленных почв. Большие массивы аллювиальных перегнойно- и темногумусовых почв расположены в дельте р. Селенга и в пойме р. Баргузин.

Под болотной растительностью развиты торфяные эутрофные и торфяные эутрофные глеевые почвы. В местах разгрузки минерализованных вод очень широко распространены засоленные почвы (Алгинская, Харамодонская, Нухэ-Нурская и Кокуйская низменности).

В междуречье Джаргалант-Гол и Мунгарал-Гол, а также в прибрежной зоне оз. Хубсугул формируются почвы озерно-болотных комплексов и заболоченных лугов. Перегнойно-гидрометаморфические мерзлотные почвы имеют развитие в приозерной части впадин. В северной Монголии имеются небольшие контуры засоленных почв.

Разнообразие и специфичность условий почвообразования в бассейне оз. Байкал определяет самобытность почв. Это область распространения во всех высотных зонах маломощных неполнопрофильных почв отделов слаборазвитого, литоземов и органо-аккумулятивного. Очень важным диагностическим параметром являются поверхностные органогенные горизонты. Полнопрофильные почвы представлены в таежной зоне различными типами почв отделов криоземов, альфегумусового и структурно-метаморфического, в степной – аккумулятивно-гумусового, светлогумусового аккумулятивно-карбонатного, структурно-метаморфического, галоморфного. Разнообразие почв в поймах рек представлено почвами отделов аллювиального, слаборазвитого и галоморфного, а на болотах – преимущественно торфяного.

Заключение

Почвенный покров Байкальского региона и прилегающих Иркутской области и Забайкальского края наряду с общими фациальными и провинциальными особенностями имеет четкую вертикальную зональность, так как большая часть региона горная. Суровый климат региона обусловливает низкие темпы процессов химического и физического выветривания, слабую скорость почвообразования. Почвообразовательным процессом затронут слой от нескольких сантиметров до приблизительно полуметра. Во всех высотных зонах развиты маломощные неполнопрофильные почвы литоземов слаборазвитого и органо-аккумулятивного отделов. Полнопрофильные почвы распространены в степной зоне различными типами почв отделов аккумулятивно-гумусового, аккумулятивно-карбонатного, светлогумусового, структурно-метаморфического, галоморфного; в таежной зоне – альфегумусового и структурно-метаморфического и криоземов. Своеобразие условий почвообразования в бассейне оз. Байкал определяет самобытность почв. Например, формирование бурозе-мов грубогумусовых в условиях Южного Прибайкалья.

Создание почвенной карты на территорию Байкальского региона и прилегающие Иркутскую область и Забайкальский край представляет собой важный этап в развитии почвенной науки России и Монголии. Эта карта может представлять основу для организации и управления природоохранной деятельности, учета земельных ресурсов.

Исследования проведены в рамках тем проектов НИР № АААА-А17-117041910169-4 (ФАНО 0347-2016-0002) и № АААА–А17–117011810038–7 (ФАНО 0337–2017–0002).

Список литературы

1. Экологический атлас бассейна озера Байкал / А.Д. Абалаков, Э. Авирмэн, С.П. Алексеев [и др.]. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2015. – 125 с.

2. Балсанова Л.Д. Диагностика лесных почв Селенгинского среднегорья / Л.Д. Балсанова, А.Б. Гынинова, В.М. Корсунов. – Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т общей и эксперимент. биол. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – 146 с.

3. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв / Г.А. Воробьева. – Иркутск: Изд-во Иркутского госуниверситета, 2010. – 205 с.

4. Доржготов Д. Почвы Монголии / Д. Доржготов. – Улан-Батор, 2003. – 370 с.

5. Доржготов Д. Почвы. Почвенно-географическое районирование Монголии / Д. Доржготов, О. Батхишиг // Национальный Атлас Монголии. – Улан-Батор, 2009. – С. 120–122.

6. Кузьмин В.А. Почвенный покров. Почвенное районирование Иркутской области / В.А. Кузьмин // Атлас Иркутской области, 2004. – С. 40–41.

7. Карта «Почвы бассейна озера Байкал». Масштаб 1:2500 000 / И.А. Белозерцева [и др.]. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2015.

8. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация / Л.Л. Убугунов [и др.] // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2012. – № 2 (27). – С. 45–52.

9. Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2018. URL: http://soils.narod.ru/taxon/type/a.html (дата обращения: 07.08.2018).

10. Полевой определитель почв России. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.

References

1. E`kologicheskij atlas bassejna ozera Bajkal / A.D. Abalakov, E`. Avirme`n, S.P. Alekseev [i dr.]. – Irkutsk: IG SO RAN, 2015. – 125 p.

2. Balsanova L.D. Diagnostika lesny`x pochv Selenginskogo srednegor`ya / L.D. Balsanova, A.B. Gy`ninova, V.M. Korsu-

nov. – Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, In-t obshhej i e`ksperiment. biol. – Ulan-Ude`: Izd-vo BNCz SO RAN, 2009. – 146 p.

3. Vorob`eva G.A. Pochva kak letopis` prirodny`x soby`tij Pribajkal`ya: problemy` e`volyucii i klassifikacii pochv / G.A. Vorob`eva. – Irkutsk: Izd-vo Irkutskogo gosuniversiteta, 2010. – 205 p.

4. Dorzhgotov D. Pochvy` Mongolii / D. Dorzhgotov. – Ulan-Bator, 2003. – 370 p.

5. Dorzhgotov D. Pochvy`. Pochvenno-geograficheskoe rajonirovanie Mongolii. / D. Dorzhgotov, O. Batxishig // Nacional`ny`j Atlas Mongolii. – Ulan-Bator, 2009. – P. 120–122.

6. Kuz`min V.A. Pochvenny`j pokrov. Pochvennoe rajonirovanie Irkutskoj oblasti / V.A. Kuz`min // Atlas Irkutskoj oblasti, 2004. – P. 40–41.

7. Karta «Pochvy` bassejna ozera Bajkal». Masshtab 1:2500 000 / I.A. Belozerceva [i dr.]. – Irkutsk: IG SO RAN, 2015.

8. Pochvy` Buryatii: raznoobrazie, sistematika i klassifikaciya / L.L. Ubugunov [i dr.] // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. – 2012. – № 2 (27). – P. 45–52.

9. Shishov L.L. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii / L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. – M.: Pochvenny`j institut im. V.V. Dokuchaeva RASXN, 2018. URL: httr://soils.narod.ru/taxon/tyre/a.html (data obrashheniya: 07.08.2018).

10. Polevoj opredelitel` pochv Rossii. – M.: Pochvenny`j institut im. V.V. Dokuchaeva, 2008. – 182 p.

УДК 556.3:550.42(470.61)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ШАХТНЫХ ВОД В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ ЗА ПОЛВЕКА

Гавришин А.И., Быкова А.Д., Суховий В.М.

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

Приведён анализ основных направлений изменений химического состава шахтных вод на территории Восточного Донбасса в период с 1967 по 2015 гг. Общий анализ показал, что со временем происходит усиление процессов окисления и рост минерализации шахтных вод за счет сульфатов. Детальное изучение процесса трансформации состава шахтных вод выполнено с помощью оригинальной технологии классифицирования многомерных наблюдений АГАТ-2. Обнаружено четыре направления изменения состава вод. По первому направлению формируются кислые сульфатные воды за счет процессов интенсивного окисления сульфидов и серы, заключенных в углях и горных породах. По второму направлению образуются хлоридно-сульфатные воды и процессы окисления переходят на второй план. По третьему направлению обнаружены сульфатно-хлоридные воды, образованные за счет притока в шахты (особенно глубокие) минерализованных хлоридных подземных вод. По четвертому направлению формируются оригинальные содовые воды, которые могут свидетельствовать о наличии в регионе нефтегазовых месторождений. Во время и после завершения ликвидации угольных шахт (к 2015 г.) резко усилились процессы окисления и образования сульфатных вод первого направления, снизилось образование вод второго направления, полностью отсутствуют воды третьего направления, ослаблено четвертое направление. Эти преобразования связаны с тем, что кардинально изменилось направление движения вод, теперь поток вод направлен через выработанное пространство шахт в окружающую среду, что приводит к формированию мощных «айсбергов» загрязнения и необходимости мероприятий по реабилитации окружающей среды в Восточном Донбассе.

Ключевые слова: Восточный Донбасс, шахтные воды, химический состав, трансформация

TRANSFORMATION OF MAIN DIRECTIONS OF CHANGES IN THE COMPOSITION OF MINE WATERS IN THE EASTERN DONBASS REGION FOR HALF A CENTURY

Gavrishin A.I., Bykova A.D., Sukhoviy V.M.

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

It is the analysis of the main directions of changes in the chemical composition of mine waters in the Eastern Donbass region during the period from 1967 until the year 2015. General analysis showed that, over time, increasing the processes of oxidation and mineralization increase mine water due to sulfates. A detailed study of the process of transformation of mine water composition performed using original technology classification of multivariate observations AGATE-2. Found the four main directions of changes in the composition of the waters. For the first direction formed acidic sulphate water by processes of intensive oxidation of sulfides and sulfur, prisoners in coals and rocks. Second track formed chloride-sulfate water and oxidation processes are moving to the sidelines. The third track found sulphate-chloride water, formed due to the inflow of the mines (especially deep) saline groundwater chloride. The fourth direction formed the original soda water, which may indicate the presence of oil and gas deposits in the region. During and after the Elimination of coalmines (to 2015) dramatically increased oxidation processes and formation of sulphate waters first destinations, decreased water education second, no third track, water weakened the fourth direction. These changes relate to the fact that the direction of movement of water has changed dramatically, now the flow of mine water from the mines to the environment Wednesday, resulting in the formation of a powerful «icebergs» of pollution and the need for rehabilitation of environment in the Eastern Donbass.

Keywords: Eastern Donbas, mine water, chemical composition, transformation

Восточный Донбасс является высокоиндустриальным регионом, в котором промышленные предприятия оказывают существенное влияние на состояние окружающей среды. Прежде всего это предприятия угледобывающего и углеперерабатывающего комплексов. При разработке угольных месторождений возникают такие отрицательные явления, как формирование техногенной трещиноватости горных пород, осушение массивов, появление высокоминерализованных шахтных вод, оседание земной поверхности, образование породных отвалов (терриконов). Массовая ликвидация угольных шахт в регионе способствовала усилению многих указанных явлений: началось подтопление территорий, деформация горных пород, загрязнение природных вод, выделение «мертвого воздуха» и многие другие [1–3]. Это потребовало выполнить детальный анализ основных направлений трансформации химического состава шахтных вод при эксплуатации и после закрытия угольных шахт. Для этого выбраны два периода: 1967 г. – период расцвета угольной промышленности Восточного Донбасса и, практически через

пол века – 2015 г., когда процесс ликвидации угольных шахт региона был завершён.

Материалы и методы исследования

Накопление больших объемов количественной гидрогеохимической информации особенно остро поставило вопрос о развитии и применении методов классификационного моделирования многомерных наблюдений для эффективного анализа пространственно-временных закономерностей. Использование математики в геологии и гидрогеохимии, по мнению большинства исследователей, следует рассматривать преимущественно как применение метода математического моделирования.

Под математическим моделированием в геологии понимается такой способ познавания свойств, строения и состава литосферы, когда по определенным правилам создается математическое описание некоторых геологических свойств объекта или процесса. Далее:

1) на основе изучения этого описания совершенствуются и расширяются (часто прогнозируются) геологические знания о том же объекте или процессе;

2) на базе установления подобия нового объекта известному объекту по математическому описанию части геологических свойств производится прогнозирование других свойств нового объекта.

Задачу многомерного классификационного моделирования можно сформулировать следующим образом. Множество наблюдений N, каждое из которых охарактеризовано M признаками, необходимо разделить на систему однородных подмножеств (таксонов). В каждом из однородных подмножеств наблюдения должны быть наиболее близки друг другу по всем признакам, а подмножества должны максимально различаться между собой.

Для анализа первичной гидрогеохимической информации в данной работе широко использованы обычные математико-статистические методы (оценка параметров, корреляционный и регрессионный анализы и т.п.) и G-метод классификации многомерных наблюдений, основанный на критерии Z-квадрат [1, 4]. G-метод реализован в виде инновационной компьютерной технологии АГАТ-2 и дает возможность выделять однородные таксоны наблюдений при отсутствии априорных сведений (задача без учителя), использовать зависимые признаки, оценивать сходство между таксонами, определять информативность признаков [1].

Классификационные методы играют ведущую роль в процессе познания человека и окружающего мира. Общеизвестно значение таких гениальных классификаций в науке и повседневной жизни, как, например, периодическая система химических элементов, стратиграфическая шкала, классификации биологических видов, горных пород, природных вод по химическому составу и многих других. Каждый исследователь, получая новую информацию о природно-антропогенных системах, обязательно сталкивается с проблемой их классификации.

Анализ закономерностей формирования направлений изменения химического состава шахтных вод выполнен путем общего сопоставления параметров распределений макрокомпонентов и сравнения однородных таксонов наблюдений, выделенных автоматически по компьютерной технологии АГАТ-2. При этом в название вод включаются компоненты в основном с содержаниями более 20–25 %-молей и располагаются в порядке возрастания содержаний.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки состояния окружающей среды Восточного Донбасса важное значение имеют изменения химического состава шахтных вод, которые многие годы оказывают негативное влияние на состав питьевых вод, на интенсивное загрязнение поверхностных и подземных вод, на общее состояние окружающей среды региона. В районах угольных шахт формируются мощные потоки загрязнения. По этой причине выполнен анализ главных направлений изменения состава шахтных вод в период максимального развития угольной промышленности в 1960-е гг. и после завершения массовой ликвидации шахт (2015 г.).

Таблица 1

Химический состав шахтных вод в 1967 г.

Компоненты	$X_{ср}$	Me	S	X_{max}
pH	6,7	7,3	1,8	8,6
HCO_3	272	285	211	991
SO_4	1765	1558	952	4327
Cl	500	329	507	2798
Ca	100	72	80	363
Mg	217	220	105	510
Na	757	689	476	3558
M	3600	3200	1900	11600

Примечания: $X_{ср}$ – среднее значение; Me – медиана; S – стандартное отклонение; Xmax – максимальное значение; M – минерализация.

Таблица 2

Химический состав шахтных вод в 2015 г.

Компоненты	$X_{ср}$	Me	S	X_{min}
pH	6,9	7,1	0,86	3,7
HCO_3	521	506	261	6
SO_4	2527	1968	1617	606
CL	354	221	329	63
Ca	284	281	127	10
Mg	228	210	156	6
Na	589	479	466	62
M	4508	4025	2193	1380

Самые общие различия в составе шахтных вод видны уже при сравнении статистических параметров распределений макрокомпонентов (табл. 1 и 2). Минерализация увеличилась в основном за счет роста содержаний сульфат-иона (в 1,43 раза), что свидетельствует об интенсификации процессов окисления серы и сульфидов, заключенных в углях и горных породах [5–7].

Более детальный анализ главных направлений трансформации химического состава шахтных вод выполнен при классификации гидрогеохимической информации по компьютерной технологии АГАТ-2 [1, 4] с выделением однородных видов наблюдений (табл. 3), которые систематизированы по главным направлениям. По данным 1967 г. выделено 13 однородных видов, которые объединены в четыре главных направления изменения состава (обнаружены воды всех четырех направлений). По данным 2015 г. было выделено 9 однородных видов, но они объединены в три главных направления (табл. 4). Третье направление, когда образуются сульфатно-хлоридные воды, отсутствует.

Таблица 3

Главные направления изменения химического состава шахтных вод в 1967 г. (мг/л и %-моль)

Направление	Вид	Компоненты						
		HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
1	1.1	279	1130	260	89	191	363	2400
		14	65	21	12	44	44	
	2.3	151	2470	247	232	287	575	4000
		4	84	12	19	40	41	
	2.1	1	2350	152	81	260	621	3500
		0	92	8	8	41	51	
	2.2	0	3660	129	167	327	1030	5500
		0	95	5	10	34	56	
	2.4	0	3660	334	87	311	1270	5600
		0	89	11	5	30	65	
2	1.3	364	1700	423	65	186	809	3600
		12	66	22	6	29	65	
	A.1	336	2380	433	104	218	1030	4500
		8	74	18	8	27	65	
	A.2	308	2880	735	37	295	1360	5700
		6	70	24	2	29	69	
3	4.1	114	1660	1400	117	371	883	4400
		2	46	52	8	41	51	
	A.3	540	2200	2400	140	240	2250	8100
		7	38	55	6	16	78	
4	1.4	431	763	576	44	177	522	2600
		18	41	41	6	37	57	
	1.2	417	1070	486	36	54	855	2600
		16	52	32	4	10	86	
	3.1	827	666	863	38	30	1110	3600
		26	27	47	4	5	91	

Далее рассмотрено, как у шахтных вод формируются изменения химического состава (табл. 5). В 1967 г. кислые сульфатные шахтные воды формируются по первому гидрогеохимическому направлению. Их происхождение связано с развитием в горных выработках интенсивных процессов окисления серы и сульфидов. Эти воды вносят наибольший вклад в загрязнение окружающей среды региона. Формирование хлоридно-сульфатных шахтных вод по второму направлению связано с процессами окисления серы и с притоком хлоридных подземных вод при углублении горных выработок. В третьем направлении воды становятся сульфатно-хлоридными за счет притока хлоридных подземных вод на глубоких горизонтах отработки угольных пластов, процессы окисления серы значительно ослабевают.

По четвертому направлению формируются оригинальные содовые (первый тип по О.А. Алекину) шахтные воды с повышенным содержанием иона HCO_3 и очень низкими – Ca и Mg. Происхождение этих вод связано с притоком в горные выработки подземных вод содового типа. Для Донецкого бассейна установлено два главных вида вертикальной гидрогеохимической зональности:

1) прямая гидрогеохимическая зональность характеризуется увеличением минерализации подземных вод с глубиной до 70–90 г/л и формированием хлоридных натриевых вод, которые сказываются на изменении состава шахтных вод по второму и третьему гидрогеохимическим направлениям;

2) по обратной вертикальной гидрогеохимической зональности происходит образование на значительных глубинах маломинерализованных подземных вод содового состава, происхождение которых авторы связывают с протеканием испарительно-конденсационных процессов и наличием нефтегазовых скоплений в Восточном Донбассе [1, 8]. Эти содовые подземные воды, поступая в горные выработки, формируют четвертое гидрогеохимическое направление изменения состава шахтных вод.

Таблица 4

Главные направления изменения среднего химического состава шахтных вод в 1967 г. (мг/л и %-моль)

Направления	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
1	65	2900	195	149	286	830	4425
	2	90	8	11	35	54	
2	353	1893	483	76	212	876	3893
	10	67	23	6	30	64	
3	299	1700	1543	125	284	1246	5197
	6	42	52	8	28	64	
4	545	856	626	39	84	832	2982
	20	39	41	4	15	81	

Таблица 5

Главные направлениям изменения среднего химического состава шахтных вод в 2015 г. (мг/л и %-моль)

Направления	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M
1	292	4010	270	366	400	1402	6740
	7	85	8	19	32	49	
2	535	4056	359	322	306	1719	7297
	9	76	16	14	23	63	
3	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	
4	425	1149	211	40	32	809	2666
	18	67	15	7	9	84	

После ликвидации угольных шахт к 2015 г. произошло коренное изменение направлений трансформации состава шахтных вод (табл. 5). Существенно усилились процессы окисления серы по первому направлению, что привело к увеличению содержаний SO_4 с 2,9 до 4,0, а минерализации вод с 4,4 до 6,7 г/л. Во втором направлении так же происходит резкий рост содержаний SO_4 с 1,8 до 4,1, минерализации с 4,4 до 7,3 г/л; снижается содержание Cl. Третье направление изменения состава вод, когда формировались сульфатно-хлоридные воды, отсутствует. Это свидетельствует о том, что резко снизился приток подземных хлоридных вод, формирующихся по прямой вертикальной геохимической зональности. Четвертое направление образования содовых вод претерпело некоторые изменения: уменьшились содержания HCO_3 и Cl; воды стали сульфатными.

Эти преобразования связаны с изменением направлений движения вод, теперь поток направлен через водовмещающее пространство шахт в окружающую среду, что приводит к формированию обширных потоков загрязнения природных вод [1, 4, 9].

Заключение

Приведён анализ направлений изменения химического состава шахтных вод на территории Восточного Донбасса в период с 1967 по 2015 г. Детальное изучение процесса трансформации состава шахтных вод выполнено с помощью оригинальной технологии классифицирования многомерных наблюдений АГАТ-2. Обнаружено четыре направления изменения состава вод. По первому направлению формируются кислые сульфатные воды в результате процессов интенсивного окисления сульфидов и серы, заключенных в углях и горных породах. Хлоридно-сульфатные воды образуются по второму направлению и процессы окисления переходят на второй план. По третьему направлению обнаружены сульфатно-хлоридные воды, образованные за счет притока в шахты (особенно глубокие) минерализованных хлоридных по составу подземных вод. По четвертому направлению формируются оригинальные содовые воды, которые могут свидетельствовать о наличии в регионе нефтегазовых месторождений. Во время и после завершения ликвидации угольных шахт к 2015 г. резко усилились процессы окисления и образования сульфатных вод первого направления, снизилось образование вод второго направления, полностью отсутствуют воды третьего направления, слабо выражено четвертое направление. Эти преобразования связаны с тем, что кардинально изменилось направление движения вод, теперь поток вод направлен через выработанное пространство шахт в окружающую среду, что приводит к формированию мощных «айсбергов» загрязнения и необходимости мероприятий по реабилитации окружающей среды в Восточном Донбассе.

Список литературы

1. Гавришин А.И. Анализ информации о природных и антропогенных объектах, явлениях и процессах: учебное пособие / А.И. Гавришин. – Новочеркасск: Изд. ЮРГПУ (НПИ), 2016. – 139 с.

2. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец. – 2-е изд., доп. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.

3. Mokhov A.V. The Hydrogeochemical Structure of Water Bodies in Flooded Openings of Coal Mines. Doklady Earth Sciences. 2012. Vol. 445, Part 1, pp. 903–905.

4. Гавришин А.И. Состояние окружающей среды в районе угольных шахт Восточного Донбасса / А.И. Гавришин // Горный журнал. – 2018. – № 1. – С. 92–96. DOI: 10.17580/gzh.2018.01.17.

5. Borisova V.E., Serbinovskaya A.M. Alternative methods of mine waters purification in Eastern Donbass // III Международная научная конференция преподавателей, молодых ученых и студентов. – Новочеркасск: Изд. ЮРГПУ (НПИ), 2016. – С. 153–156.

6. Помеляйко И.С., Помеляйко В.И. Диагностика экологического состояния ряда промышленных и курортных городов РФ // Нарзан-2015: материалы 3-го Национального научного форума. – Пятигорск: Изд. Рекламно-информационное агентство на КМВ, 2015. – С. 197–221.

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

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

9. Редина М.М., Хаустов А.П. Нормирование качества геологической среды: анализ зарубежного опыта, проблемы и тенденции // Нарзан-2015: материалы Национального научного форума. – Пятигорск: Изд. Рекламно-информационное агентство на КМВ, 2015. – С. 247–269.

References

1. Gavrishin A.I. Analiz informacii o prirodny`x i antropogenny`x ob``ektax, yavleniyax i processax: uchebnoe posobie / A.I. Gavrishin. – Novocherkassk: Izd. YuRGPU(NPI), 2016. – 139 p.

2. Krajnov S.R. Geoximiya podzemny`x vod. Teoreticheskie, prikladny`e i e`kologicheskie aspekty` / S.R. Krajnov, B.N. Ry`zhenko, V.M. Shvecz. – 2-e izd., dop. – M.: CentrLitNefteGaz, 2012. – 672 p.

3. Mokhov A.V. The Hydrogeochemical Structure of Water Bodies in Flooded Openings of Coal Mines. Doklady Earth Sciences. 2012. Vol. 445, Part 1, pp. 903–905.

4. Gavrishin A.I. Sostoyanie okruzhayushhej sredy` v rajone ugol`ny`x shaxt Vostochnogo Donbassa / A.I. Gavrishin // Gorny`j zhurnal. – 2018. – № 1. – P. 92–96. DOI: 10.17580/gzh.2018.01.17.

5. Borisova V.E., Serbinovskaya A.M. Alternative methods of mine waters purification in Eastern Donbass // III Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya prepodavatelej, molody`x ucheny`x i studentov. – Novocherkassk: Izd. YuRGPU(NPI), 2016. – P. 153–156.

6. Pomelyajko I.S., Pomelyajko V.I. Diagnostika e`kologicheskogo sostoyaniya ryada promy`shlenny`x i kurortny`x gorodov RF // Narzan-2015: materialy 3-go Nacional`nogo nauchnogo foruma. – Pyatigorsk: Izd. Reklamno-informacionnoe agentstvo na KMV, 2015. – P. 197–221.

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

8. Bobux V.A. Regional`noe nadvigoobrazovanie severny`x okrain Vostochnogo Donbassa v svyazi s formirovaniyami zalezhej UV / V.A. Bobux, A.A. Chixirin, V.N. Tyul`din // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyany`x i gazovy`x mestorozhdenij. – 2004. – № 7. – P. 22–28.

9. Redina M.M., Xaustov A.P. Normirovanie kachestva geologicheskoj sredy`: analiz zarubezhnogo opy`ta, problemy` i tendencii // Narzan-2015: materialy 3-go Nacional`nogo nauchnogo foruma. – Pyatigorsk: Izd. Reklamno-informacionnoe agentstvo na KMV, 2015. – P. 247–269.

УДК 556.531(470.41)

КОНТРОЛЬ, ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ПРУДОВЫХ ХОЗЯЙСТВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Горбунова Ю.В.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, e-mail: agorshkova@gmail.com

В статье представлены результаты гидрографического анализа состояния прудовых хозяйств на территории Республики Татарстан. Анализ указывает на рост популярности решения проблем водоснабжения на маловодных территориях путем создания искусственных прудов-водохранилищ. При пренебрежении знаниями о функционировании окружающей среды и взаимосвязях формирования поверхностного стока в бассейновых структурах постфактум возникают проблемы пространственного перераспределения водных ресурсов. При этом многие реки пересыхают, значительные участки поймы превращаются в болота, мелеют естественные озёра сопредельных территорий, часто заболачиваются и вновь создаваемые пруды. Специализированная терминология отражает отношение гидроэкологов к прудам и водохранилищам, как к объектам природно-техногенного свойства и происхождения. Все пруды по своей сути являются водохранилищами разной размерной категории и хозяйственного предназначения. Большие пруды или малые, для гидроэкологов не имеет значения, поскольку все они так или иначе изменяют гидрологический (водный) режим водотоков, являющихся для прудов донорами водных ресурсов, что противоречит водному законодательству, а потому создание их требует особого рассмотрения, обоснования, разрешения и контроля функционирования как искусственно созданных водных объектов. Созданием резервуаров с запасами воды, а также и ирригационных систем люди начали заниматься ещё до нашей эры. Известно, что и сами поселения первоначально возводили возле пресных водоёмов – рек и озёр в целях доступного водоснабжения. Постепенно люди учились управлять водными потоками, строить запруды, перенаправлять течения. В последнее время никого не пугает и освоение маловодных территорий. Применение технологий создания на ровном месте прудов-копаней, возведения дамб на малоресурсных речках, бурения скважин позволяет обеспечивать водой преимущественно фермерские хозяйства и малые жилые комплексы.

Ключевые слова: гидрология суши, водохранилища, речной бассейн, гидрографический анализ

POND FARMS MONITORING, INVENTORY AND POPULARIZATION IN THE TATARSTAN REPUBLIC

Gorshkova A.T., Urbanova O.N., Gorbunova Yu.V.

Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, e-mail: agorshkova@gmail.com

The article presents the results of hydrographic quantitative ratios of ponds at the territory of the Tatarstan Republic. The results show the growing popularity of artificial ponds-reservoirs. Ignorance of the laws of nature and the formation of surface runoff are the causes of the problems of the environment. As a result, many rivers and lakes disappear, floodplain waterlogged, and new ponds are often swamped. Specialized terminology reflects the ratio of hydroecologists to ponds and reservoirs, as to objects of natural and technogenic properties and origin. In essence, all ponds are reservoirs of different size categories and economic purposes. Absolutely all large or small ponds change the water regime of the river-donors. Therefore, the creation of new water bodies must be protested and controlled. People have been creating reservoirs and irrigation systems before Christ. As you know, cities have been constructing near fresh rivers and lakes for affordable water supply. Then people became able to manage water flows, build dams and redirect currents. Recently, people easily inhabit low-water areas. The use of new technologies to create ponds, digging dams on low-resource rivers, drilling wells on an empty plots allows water provision mainly in farms and small residential complexes.

Keywords: land hydrology, water reservoirs, river basin, hydrographic analysis

Основными целями создания системы мониторинга прудов является прогнозирование их наполнения для обеспечения безопасного пропуска весеннего половодья, а также гарантированного управления возможными паводковыми рисками при пиковых ситуациях, связанных с воздействиями неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

В Республике Татарстан развитие прудового хозяйства определяют исторически сложившиеся социально-экономические условия. Начало строительства прудов в пределах Республики Татарстан относится ко второй половине девятнадцатого века. Большинство прудов предназначались для обеспечения работы мельниц, водоснабжения населения, водопоя скота, противопожарных и хозяйственно-бытовых целей. В 1930–1950-е гг. велось также строительство прудов с целью улучшения водообеспеченности промышленных объектов и объектов энергетики. В 1960-е гг. для создания прочной кормовой базы животноводства в Республике Татарстан было построено большое количество орошаемых долголетних культурных пастбищ. Для обеспечения водой этих земель, особенно в лимитирую-

щие периоды, на многочисленных малых реках и ручьях были построены водоемы различных размеров, которые часто являлись основными источниками водоснабжения. Наибольшее число таких прудов было построено в рамках выполнения мелиоративных программ Министерства мелиорации в 1970-е гг. Построенные пруды передавали на баланс колхозов и совхозов. В конце прошлого века по причине реорганизации хозяйств, из-за больших балансовых стоимостей гидротехнических сооружений и больших затрат на их содержание, пруды практически остались бесхозными.

Речными долинами территория республики разделена на различные физико-географические районы. Это – Предволжье, Западное и Восточное Предкамье, Западное и Восточное Закамье. Несмотря на то, что эти районы сильно отличаются по условиям формирования стока, реки Татарстана в основном – это типично равнинные реки снегового питания. Основная доля их годового стока приходится на весеннее половодье (70–80 %), остальная часть (20–30 %) – на летний и зимний меженный сток. Основным источником питания малых рек в летнюю межень являются грунтовые воды. Водных ресурсов, приходящихся на период вегетации, как правило, недостаточно для обеспечения поливов из-за их неравномерного распределения по территории, а также их нехватки в период наибольшей потребности в воде для орошения. Этот дефицит и восполняют пруды, в которых весной задерживается порядка 350 млн м^3 воды. Поэтому несомненной является важная роль прудов в перераспределении водных ресурсов в пространстве и во времени.

По типу распределения прудов в бассейнах рек можно выделить одиночное и каскадное. Тип распределения прудов по территории представляет интерес для оценки воздействия водоемов на окружающую среду и является косвенным показателем суммарного увлажняющего влияния прудов при их каскадном расположении. Каскадный тип распределения прудов может оказать как положительное, так и отрицательное влияние при наполнении прудов в результате рассредоточения объемов воды при пропуске максимальных расходов воды. Плотины обеспечивают пропуск воды во время половодья, в летнюю межень подтапливают почву выше по течению, а осенью сбрасывают воду в нижний бьеф, за счет чего русло промывается от поступивших в него продуктов эрозии и других загрязнений.

Цель исследования: главная цель инвентаризационных исследований водных объектов – определение тренда экологической обстановки на интенсивно развивающихся и быстро преобразующихся человеком территориальных пространствах, а также выявление тенденций преобразования условий и характера формирования поверхностного стока и определение границ толерантности при возрастающем антропогенном прессинге.

Достоверная информация о водоёмах и водотоках даёт возможность осуществления краткосрочных и долгосрочных текущих и оперативных гидрологических прогнозов, оценки динамики водного баланса.

Прогнозы водного режима включают в себя оценку объема стока реки или притока в водохранилище за период половодья, характерных уровней и расходов воды на реках за календарные периоды и сезоны, уровней и расходов воды на определенную дату, гидрографов половодья и паводка, определение сроков наступления пиков половодья или паводка, а также время и величину опасных уровней и длительность затопления поймы.

Главное в собственно прогнозировании водности рек, особенно в период половодья, заключается в том, чтобы правильно предвычислить явления редкой повторяемости, которые могут вызвать определенные трудности в хозяйственной деятельности, а иногда и повлечь за собой значительный ущерб. Задача гидрологического прогноза состоит в том, чтобы как можно с большей заблаговременностью предсказать эти явления и дать время для подготовки к пропуску большой воды, что особенно важно в условиях ослабленного режима строительства и эксплуатации современных прудов.

Материалы и методы исследования

Исходным материалом послужили данные справочника «Водные объекты Республики Татарстан» 2006 г. издания и космические снимки программы GoogleEarthPro [1].

Результаты инвентаризации нашли отражение в 7 главе 2-го издания справочника «Водные объекты РТ» [2]. Морфометрические параметры (ширина, длина, площадь) рассчитывали для всех водоемов, независимо от типа и конструкции гидротехнических сооружений, будь то капитальная плотина или земляная насыпь. Для корректировки уже имеющейся базы данных автоматизи-

рованной системы оценки водных ресурсов (БД АСОВР) использовали дешифровку космических снимков программы Google Earth Pro [3]. Для облегчения пользования сведениями бумажного издания справочника о прудах данные систематизированы в таблицу по муниципальным районам, также дана привязка к населенным пунктам и приведены названия рек и притоков, на которых созданы искусственные водоемы. Для облегчения пользования таблицей сведения о прудах систематизированы по муниципальным районам, наименование которых вынесено отдельной горизонтальной строкой и выделено жирным шрифтом. В первой графе приведена сквозная нумерация водоемов, отражающая общее количество прудов республики. Во второй графе, предусматривающей название водоема, пруды внесены с указанием «без названия». В третьей графе отражено положение пруда относительно ближайшего населенного пункта и приведены названия рек и притоков, на которых созданы водоемы. В четвертой, пятой и шестой вертикальных графах приведены рассчитанные основные морфометрические характеристики прудов: ширина пруда у плотины (м), максимальная длина водоема (м), площадь водного зеркала (га).

База данных многолетних наблюдений АСОВР за факторами формирования весеннего стока (метеорологические и гидрологические характеристики), используется в частности для поиска года-аналога при прогнозировании переполнения прудов и подтопления их водосборов. Размер и состав набора параметров для каждой оперативно-территориальной единицы (ОТЕ) определяется наличием репрезентативных пунктов (метеостанция и гидрологический пост) и данными фактических наблюдений. Многофункциональная расчётная БД АСОВР в числе прочего снабжена и специально разработанным программным комплексом «расчётов объемов воды на водосборах прудов», работающая на постоянно обновляющейся матрице данных гидрографического анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

По итогам инвентаризации прудов территории Республики Татарстан, расположенных в русловом тальвеге малых рек или сопряженно с ним связанных с естественным режимом используемого руслового потока, проведённой в 2017–2018 гг., выявлено, что сегодня на 68 тыс. км^2 территории республики расположено 1328 искусственно созданных резервуарных хранилищ воды, если включить Куйбышевское и менее крупные водохранилища, площадью зеркала от 0,03 га (река Холодная в населённом пункте Нижнее Лешево Сармановского муниципального района) до 6450 км^2 (Куйбышевское водохранилище в границах республики). При этом количество прудов с 2006 г. заметно увеличилось (таблица).

Количество и площадь прудов на территории Республики Татарстан в 2006 и 2018 гг.

Муниципальный район	Кол-во прудов 2006 г.	Кол-во прудов 2018 г.	$S_{общ.}$ 2006 г.	$S_{общ.}$ 2018 г.
Агрызский	13	10	191,3	133,2
Азнакаевский	37	61	857,4	627,1
Аксубаевский	15	31	376,9	303,9
Актанышский	14	29	360,1	172,6
Алексеевский	9	15	60	172,4
Алькеевский	14	19	230,9	224,9
Альметьевский	18	28	141,65	200,5
Апастовский	8	27	152	113,1
Арский	18	24	220,3	577,1
Атнинский	9	14	214,9	52,8
Бавлинский	2	19	24,3	111
Балтасинский	9	19	96,1	97,3
Бугульминский	11	28	160,5	139,4
Буинский	23	42	368,9	272,1
Высокогорский	19	38	334	287,8
Верхнеуслонский	5	19	31,67	80,4
Дрожжановский	13	21	177,1	86,3
Елабужский	9	16	245,5	121,1

Окончание таблицы

Муниципальный район	Кол-во прудов 2006 г.	Кол-во прудов 2018 г.	$S_{общ}$, 2006 г.	$S_{общ}$, 2018 г.
Заинский	13	29	178,4	133,7
Зеленодольский	8	11	77,3	34,3
Кайбицкий	5	51	95,7	59,5
Камско-Устинский	4	18	75,4	59,9
Кукморский	33	37	326,1	164
Лаишевский	4	15	64,2	77,6
Лениногорский	10	29	211,86	193,1
Мамадышский	21	48	318	168,9
Менделеевский	1	17	3,6	22,4
Мензелинский	9	32	176,3	174,2
Муслюмовский	22	31	381,2	276,3
Нижнекамский	5	66	66,2	74,4
Новошешминский	8	26	268	100,1
Нурлатский	11	35	165,4	228,6
Пестречинский	18	40	329,1	268,2
Рыбно-Слободский	15	36	234,1	269,1
Сабинский	16	17	151,87	72
Сармановский	16	45	459,5	313,1
Спасский	6	19	34	180,7
Тетюшский	4	57	185,8	143,2
Тукаевский	26	113	257,3	460,2
Тюлячинский	8	18	109,8	88,2
Черемшанский	16	34	494,1	392,3
Чистопольский	11	27	217,2	288
Ютазинский	4	13	54	109,6
Итого:	540	1324	9177,95	8124,6

1. Актанышский м.р., выше с. Усы, правый приток р. Базяна. 2. Заинский м.р., с. Старое Маврино, левый приток р. Степной Зай. 3. Высокогорский м.р., Ювас, правый приток р. Ашит. 4. Буинский м. р., с. Красное поле, правый приток р. Крутайка

Статистика показывает, что количество прудов за последнее десятилетие возросло почти в 2,5 раза при сокращении общей площади водного зеркала на 11 %. Происходит это за счёт создания по инициативе муниципальных администраций, поселковых советов и частных землевладельцев большого количества мелких водоёмов. Некоторые нововведения водного и земельного кодексов упрощают решение задач ландшафтного преобразования земли и попадающих в границы водоёмов и водотоков на частных и муниципальных землях [4]. Таким образом, законодательство как бы позволяет решать некоторые вопросы благоустройства территорий в пределах границ отдельных ОТЕ без учёта их места и роли в общем природном каркасе, в частности в бассейновом пространстве водосбора малых рек. Пруды, создаваемые на реках с малыми значениями меженных расходов, удерживают весь речной сток, река ниже пруда пересыхает, и часто земли населённых пунктов, располагающихся ниже по течению, остаются обезвоженными (рисунок).

Подпор воды также может стать причиной перераспределения поступления подземного питания реки, и тогда, как правило, выше пруда начинают заболачиваться низменные пойменные зоны, что также доставляет неудобства проживающему здесь населению. Таким образом, проблема заключается в несогласованности не только социальных, но и природных интересов, поскольку создание водоёмов за счёт ресурсов речного стока приводит к перестройке его формирования. Это ломает цикл круговорота воды, приводит его к отправной точке, так как вода больше не поступает в водоём-приёмник (малые реки впадают в большие), а просто испаряется с поверхностей вновь созданных водоёмов. Прогрессивно возрастающее количество прудов на территории Республики Татарстан определяет тенденцию зарегулированности поверхностного стока. Сегодня изменения естественного режима коснулись 25,58 % от общего числа рек с постоянным течением.

Заключение

В зависимости от характеристик прудов-водохранилищ и категорий их гидротехнических сооружений надзор за их функционированием разделён по нескольким федеральным органам государственной власти. Так, Министерство энергетики РФ осуществляет надзор за гидротехническими сооружениями, находящимися в ведении, собственности или эксплуатации организаций топливно-энергетического комплекса России (ТЭК). Министерство транспорта РФ ответственно за судоходные гидротехнические сооружения. Федеральный горный и промышленный надзор Российской Федерации курирует гидротехнические сооружения хранилищ жидких токсичных отходов и других поднадзорных ему объектов. Практически по всем остальным видам гидротехнических сооружений контроль осуществляет Министерство природных ресурсов РФ. При этом надзор выполнения требований технических регламентов, а также обязательных для исполнения норм и правил в теплоэнергетике и на гидротехнических сооружениях (за исключением судоходных гидротехнических сооружений, а также гидротехнических сооружений, полномочия по осуществлению надзора за которыми переданы органам местного самоуправления) возложен на Управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [5]. Как видим, из последней ремарки, контроль может передаваться органам местного самоуправления, что приводит к негативным ситуациям в экологическом пространстве. Таким образом, массовое преобразование гидрографического каркаса территорий влечёт серьёзные последствия, которым, как реальным экологическим рискам, на проектных стадиях уделяется минимальное внимание. Сегодня приоритетный лозунг «здесь и сейчас» является мощным катализатором опаснейших проявлений локального воздействия антропогенного фактора на природный каркас периферийного пространства. Многие развивающиеся сегодня населённые пункты запруживают протекающие по их территории мелкие речки, создавая благоустроенные зоны рекреации для своих жителей, но часто формальный подход к проекту, скорость строительства, оправдываемая благой целью, оборачивается возникновением неблагоприятных, а порой и катастрофических ситуаций. Проявляется это в периоды первых же паводков, когда «неожиданно» затапливаются жилые кварталы поселений, или в засушливый период летней межени, когда начинают зашкаливать санитарно-гигиенические показатели воды. Просьбы о помощи начинают поступать уже в первых год функционирования новых запруженных объектов, открывая портал бесконечному круговороту материальных вложений в реабилитацию водных объектов. Сегодня в 2018 г. в планы финансирования, в частно-

сти в рамках борьбы с подтоплением территорий населённых пунктов, вошли г. Агрыз (Агрызский муниципальный район) с зарегулированной рекой Агрызка, г. Альметьевск (Альметьевский муниципальный район) с рекой Урсалинка, населённый пункт Бик-Утеево (Буинский муниципальный район) с рекой Була, село Старая Письмянка (Лениногорский муниципальный район) с участком реки Степной Зай, село Кармалы (Нижнекамский муниципальный район) с участком реки Шешма, село Бурметьево (Нурлатский муниципальный район) с участком реки Большой Черемшан, г. Заинск (Заинский муниципальный район) с зарегулированной и благоустроенной рекой Кармала и многие многие другие.

Список литературы

1. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. – Казань: Идель-пресс, 2006. – 504 с.

2. Водные объекты РТ. Справочник. Изд. 2-е доп. и пер. – Казань: Изд-во «Фолиант», 2018. – 512 с.

3. Автоматизированная система оценки водных ресурсов / А.Т. Горшкова [и др.] // Сборник научных трудов Института проблем экологии и недропользования АН РТ, 2014. – С. 358–367.

4. Стасюк Д.А. К вопросу о значимости определения понятий «пруд» и «обводненный карьер» в Водном кодексе Российской Федерации / Д.А. Стасюк // Государство и право: теория и практика: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, март 2013 г.). – Чита: Изд-во Молодой ученый, 2013. – С. 48–51.

5. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.02.2012 г. № 142 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по предоставлению государственной услуги по определению экспертных центров, проводящих государственную экспертизу декларации безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений, а также гидротехнических сооружений, полномочия по осуществлению надзора за которыми переданы органам местного самоуправления)». URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&nd=102160895&page=1&rdk=0#I0 (дата обращения: 06.08.2018).

References

1. Vodny`e ob``ekty` Respubliki Tatarstan. Gidrograficheskij spravochnik. – Kazan`: Idel`-press, 2006. – 504 p.

2. Vodny`e ob``ekty` RT. Spravochnik. Izd. 2-e dop. i per. – Kazan`: Izd-vo «Foliant», 2018. – 512 p.

3. Avtomatizirovannaya sistema ocenki vodny`x resursov / A.T. Gorshkova [i dr.] // Sbornik nauchny`x trudov Instituta problem e`kologii i nedropol`zovaniya AN RT, 2014. – P. 358–367.

4. Stasyuk D.A. K voprosu o znachimosti opredeleniya ponyatij «prud» i «obvodnenny`j kar`er» v Vodnom kodekse Rossijskoj Federacii / D.A. Stasyuk // Gosudarstvo i pravo: teoriya i praktika: materialy` II Mezhdunar. nauch. konf. (g. Chita, mart 2013 g.). – Chita: Izd-vo Molodoj ucheny`j, 2013. – P. 48–51.

5. Prikaz Federal`noj sluzhby` po e`kologicheskomu, texnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 29.02.2012 g. № 142 «Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta Federal`noj sluzhby` po e`kologicheskomu, texnologicheskomu i atomnomu nadzoru po predostavleniyu gosudarstvennoj uslugi po opredeleniyu e`kspertny`x centrov, provodyashhix gosudarstvennuyu e`kspertizu deklaracii bezopasnosti gidrotexnicheskix sooruzhenij (za isklyucheniem sudoxodny`x gidrotexnicheskix sooruzhenij, a takzhe gidrotexnicheskix sooruzhenij, polnomochiya po osushhestvleniyu nadzora za kotory`mi peredany` organam mestnogo samoupravleniya)». URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&nd=102160895&page=1&rdk=0#I0 (data obrashheniya: 06.08.2018).

УДК 551.791:551.312(238.222)

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНИНСКОЙ ТОЛЩИ ПЛЕЙСТОЦЕНА В ЯЛОМАНО-КАТУНСКОЙ ЗОНЕ ГОРНОГО АЛТАЯ

[1,2]Зыкин В.С., [1]Зыкина В.С., [1]Вольвах Н.Е.

[1]ФГБУН «Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева», Новосибирск, e-mail: zykin@igm.nsc.ru;

[2]ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Новосибирск

В статье обсуждаются условия формирования ининской толщи плейстоцена Яломано-Катунской зоны Горного Алтая, выполняющей долины рек Чуя и Катунь и слагающей цоколь высоких террас этих долин. Основное внимание уделено послойному описанию и анализу строения, состава и геоморфологического положения лектостратотипического разреза ининской толщи и выделенного в нем опорного разреза паводкового циклита. Проведен гранулометрический анализ отложений, относимых к паводковому циклиту. Последовательная вертикальная стратификация слоев разреза без их существенного размыва свидетельствует об опускании участка накопления ининской толщи. Рассмотрены основные генетические индикаторы, используемые для определения условий образования ининской толщи. Показано, что базальный горизонт ининской толщи представляет собой русловые фации аллювия горной реки. Остальная часть лектостратотипа толщи формировалась в озерном бассейне, в который впадала горная река. Критериями озерного генезиса ининской толщи являются следующие признаки: захоронение неокатанных остроугольных глыб и их скоплений в непосредственной близости от места их обрушения со скалистого обрыва в бассейн осадконакопления; лентовидная слойчатость дресвяников без следов размыва нижележащих слойков при формировании вышележащих слойков; хорошая сохранность дельтовых отложений реки, впадающей в бассейн со слабой гидродинамикой; вертикальный профиль, характеризующийся увеличением размера зерен снизу вверх, характерный для озерных отложений. Сравнительный литологический анализ образований, послуживших основой для выделения паводкого циклита, позволил отнести их к речным и озерным отложениям. Следы внезапных суперпаводков, обусловленных катастрофическими прорывами ледниково-подпрудных озер, в ининской толще не обнаружены.

Ключевые слова: плейстоцен, речные, озерные отложения, катастрофические суперпаводки, Горный Алтай

CONDITIONS OF THE PLEISTOCENE INYA SERIES FORMATION YALOMAN-KATUN AREA OF THE ALTAI MOUNTAINS

[1,2]Zykin V.S., [1]Zykina V.S., [1]Volvakh N.E.

[1]Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB of the RAS, Novosibirsk, e-mail: zykin@igm.nsc.ru;
[2]National Research Novosibirsk State University, Novosibirsk

The paper presents conditions of the Inya series formation of Yaloman-Katun area of the Altai Mountains that takes up Katun and Chuya river valleys and forms high terraces basement there. Main attention is devoted to layer-by-layer description and to evaluation of structure, constitution and geomorphologic location of stratotype of Inya series and the reference section of the flood cyclite separated in it. Grain size measurements of flood cyclite deposits were realized. Successive vertical stratification of the section layers without its significant erosion suggests of putting down of the Inya series deposition area. The main genetic indicators using for determination of the Inya series formation condition are taken into consideration. Basic horizon is presented to be channel facies of mountain river alluvium. The rest of stratotype is formed in lake basin in which a mountain river flowed. Criterions of lacustrine genesis of the Inya series are next indications: burying of coarse angular blocks and its accumulation across the road from area of its rockfall in the basin when underlying layers formed; good preservation of river delta deposits flowing in the basin with weak hydrodynamic; vertical profile being described by increasing of grain size up-section is specific for lake deposits. Benchmarking lithological study of deposits provided a basis for separating flood cyclite allows to refer it to the river and lacustrine deposits. The evidences of sudden superflooding been responsible for catastrophic debacle of ice-dammed lakes in the the Inya series are not detected.

Keywords: Pleistocene, river, lake deposits, catastrophic superflooding, Altai Mountains

К ининской свите относятся мощные рыхлые терригенные отложения плейстоцена, залегающие в долинах рек Катуни и Чуи Горного Алтая и составляющие основной объем выполняющих их четвертичных образований. Они слагают цоколь высоких террас этих рек. В качестве самостоятельного стратиграфического подразделения они были установлены Н.А. Ефимцевым [1]. Со времени ее выделения представления об условиях формирования ининской толщи кардинально менялись. Н.А. Ефимцев считал, что эта толща представляет горный аллювий, в формировании которого участвовали отложения неглубоких проточных озер. По мнению Б.М. Богачкина, высказанному в 1981 г., вся ининская толща представлена комплексом ледниковых образований эпохи максимального оледенения, а высокие террасы представляют ледниково-аккумуля-

тивные формы. В 1999 г. С.В. Парначев [2] отнес ининскую толщу к отложениям катастрофических паводков, выделив разрез первой пачки свиты в 250–300 м ниже устья р. Иня в качестве опорного разреза паводкового циклита. Во многих последующих работах [3–5] формирование ининской толщи связывается с прохождением в плейстоцене по долинам рек Чуя и Катунь внезапных, гляциально обусловленных суперпаводков. Новые данные, полученные авторами статьи в последнее время [6], противоречат гипотезе образования ининской толщи в результате деятельности катастрофических суперпаводков. Наличие альтернативных взглядов на условия формирования ининской толщи плейстоцена в этих долинах привело к необходимости послойного изучения геологических разрезов, послуживших основанием для обоснования различных точек зрения на ее генезис. Целью статьи является установление условий формирования ининской толщи плейстоцена, выполняющей долины рек Чуя и Катунь и выявление диагностических особенностей ее образования. Материалом послужили данные, полученные в результате проводимых с 2001 г. исследований строения, состава и геоморфологического положения рыхлых четвертичных отложений, выполняющих долины рек Чуя и Катунь в Яломано-Катунской зоне, а также морфологических особенностей обломочного материала и условий его залегания в этих долинах. Основное внимание уделяется изучению основного опорного разреза ининской толщи, предложенного в качестве ее лектостратотипического разреза [3], в котором находится опорный разрез паводкого циклита [2]. Основными методами являются литолого-генетический, гранулометрический методы и текстурный анализ. При конвергентном сходстве большинства текстур, формировавшихся в различных фациальных обстановках горных бассейнов осадконакопления, основной упор сделан на выявление признаков однозначно свидетельствующих о генезисе отложений.

Строение и условия формирования ининской толщи

Рыхлые отложения, слагающие высокие террасы рек Чуи и Катуни в Яломано-Катунской зоне, выделены Н.А. Ефимцевым [1] в ининскую толщу без обозначения стратотипа. Он указал, что наибольшим развитием и разнообразием ининская толща обладает в долине Катуни между устьями рек Чуи и Большого Ильгуменя. Из всех приведенных им разрезов наиболее представительным является разрез 180-метровой террасы, расположенный в правом борту долины р. Катунь, ниже по течению реки от устья р. Иня до скальных выходов г. Хрустальной протяженностью 700 м. Его наиболее обнаженная часть находится в овраге, тальвег которого расположен в 700 м ниже устья р. Иня, а отдельные фрагменты нижней части разреза обнажаются в уступе высокой террасы в интервале 500–700 м от устья р. Иня. В интервале от устья р. Иня до 500 м ниже его к 180-метровой террасе со стороны р. Катунь причленяется 55-метровая терраса (рис. 1, 2), закрывая низы разреза 180-метровой террасы. Изучение этого разреза имеет достаточно длительную и запутанную историю. Впервые этот разрез был схематично описан Н.А. Ефимцевым [1], позже Б.М. Богачкин в 1981 г. при описании этого разреза в обрыве 55-метровой террасы выделил в нем катунскую и яломанскую фации ининской толщи. Б.А. Борисов в 1987 г., приняв 180-метровую террасу за вал береговой морены, в разрезе, причленяющейся к ней 55-метровой террасы, 0,3 м ниже устья р. Иня выделил снизу вверх инегеньскую аллювиальную толщу, устьчуйскую морену, устьининскую, преимущественно аллювиальную толщу, куюсскую морену, эштыккольскую морену и перекрывающие их среднечетвертичные аллювиальные отложения. Из них три толщи являлись голостратотипами для трех нижнечетвертичных подгоризонтов – устьчуйского, устьининского и куюсского.

В 1999 г. С.В. Парначев [2] описал разрез 180-м террасы (преимущественно в овраге). Он расчленил его на семь пачек, каждая из которых, по его мнению, интерпретируется как след отдельного паводкового события, связанного с катастрофическим спуском высокогорных четвертичных ледниково-подпрудных водоемов. Разрез первой пачки ининской толщи мощностью 30 м был принят за опорный разрез паводкового циклита, в котором выделены селевая фация мощностью до 8 м, пойменная фация мощностью 22 м и фация самоотмостки толщиной 2 м. В своей публикации [2] он привел неточную привязку разреза, указав, что толща 180-метровой террасы вскрывается в правом борту долины р. Катунь, в 250–300 м ниже устья р. Иня. Позже И.Д. Зольников [3, 4], приведя в своих работах описание разреза С.В. Парначева [2], предложил его в качестве лектостратотипа ининской толщи. Не заметив, что описанные разными авторами разрезы относятся к разным геоморфо-

логическим уровням, он посчитал [3, 4], что только описания С.В. Парначева «адекватно» отражают строение разреза, а представления Б.А. Борисова, опубликованные в 1987 г., являются неверными. Сложное сочленение элементов разреза различных геоморфологических уровней привело к совмещению разновозрастных частей разреза, искажению его строения и выделению достаточно мощных селевых фаций паводкового циклита. Инегеньскую аллювиальную толщу, устьчуйскую морену, устьининскую, преимущественно аллювиальную толщу, куюсскую морену, эштыккольскую морену и перекрывающие их среднечетвертичные речные отложения, описанные Б.А. Борисовым в 1987 г., И.А. Зольников [3, 4] отнес к ининской толще. Разнообразие мнений о строении разреза вызвало необходимость его тщательного изучения и прослеживания границ разновозрастных геологических тел.

Ининская толща, сложенная в Яломано-Катунской зоне преимущественно темно-серыми параллельно слоистыми дресвяниками со слоями и линзами темно-серых неравномерно окатанных галечников, трансгрессивно заполняющих долины боковых притоков долины р. Катунь – рек Иня, Малый и Большой Яломан и более мелких долин более чем на 4 км от их устья. Дресвяники состоят из чередования субпараллельных протяженных плоских слойков, толщиной от 1 до 20 см, нижний из которых сложен более мелкозернистым материалом (с различным содержанием песка, гравия или дресвы), верхний – более крупнозернистым материалом, также с разным сочетанием мелкого щебня и мелкой гальки. Часто они наклонены к осевой части долины Катуни под углом 20–30°. В каждой из нижних пачек ининской свиты происходит отчетливое увеличение размеров обломков снизу вверх по разрезу.

Наиболее полный разрез ининской толщи находится в обрыве правого склона долины р. Катунь в уступе 180-м террасы (рис. 1, 2). Его наиболее обнаженный участок расположен в левом борту оврага, тальвег которого находится в 700 м ниже устья р. Иня. Овраг проходит почти перпендикулярно современному руслу р. Катунь, в месте причленения 180-метровой террасы к метаморфическим сланцам г. Хрустальной. Правый борт оврага сложен сланцами, левый борт – ининской толщей. К бровке разреза поверхность террасы снижена на 10,3 м от ее максимальной высоты. Уровень р. Катунь у устья р. Иня 701,6 м. В средней части левого борта оврага сверху вниз обнажаются следующие слои.

1. Неравномерное параллельное субгоризонтальное переслаивание плохо сортированных, преимущественно грубозернистых песков и разнозернистого, плохо сортированного, различно окатанного гравия с мелкой галькой до 3 см. Толщина слойков песка от 2 до 10 см, редко до 20 см, гравия до 3–5 см. Количество слойков гравия и их толщина увеличивается к кровле слоя. Нижняя граница отчетливая. Мощность 3,8 м.

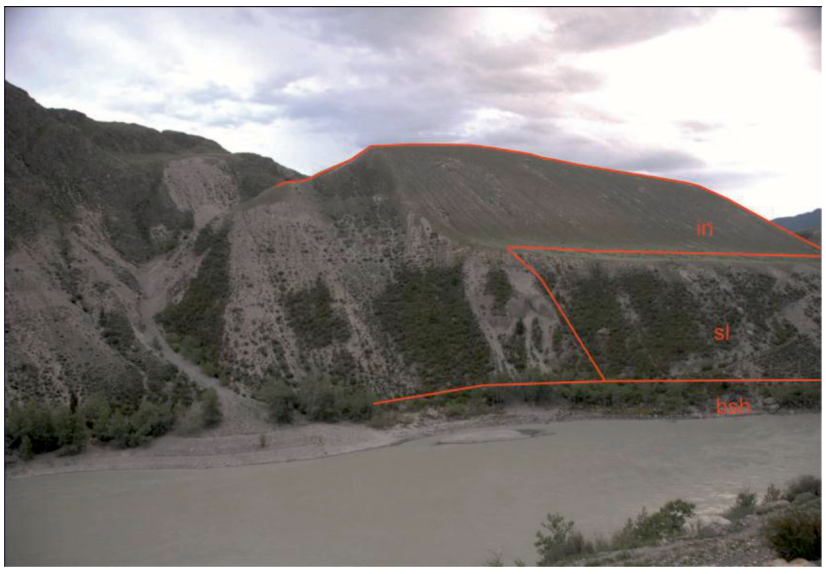


Рис. 1. Сочленение 180-м и 55-м террас в обрыве правого склона долины р. Катунь в интервале 100–700 м от устья р. Иня. bsh – башкаусская свита, in – ининская свита, sl – сальджарская свита

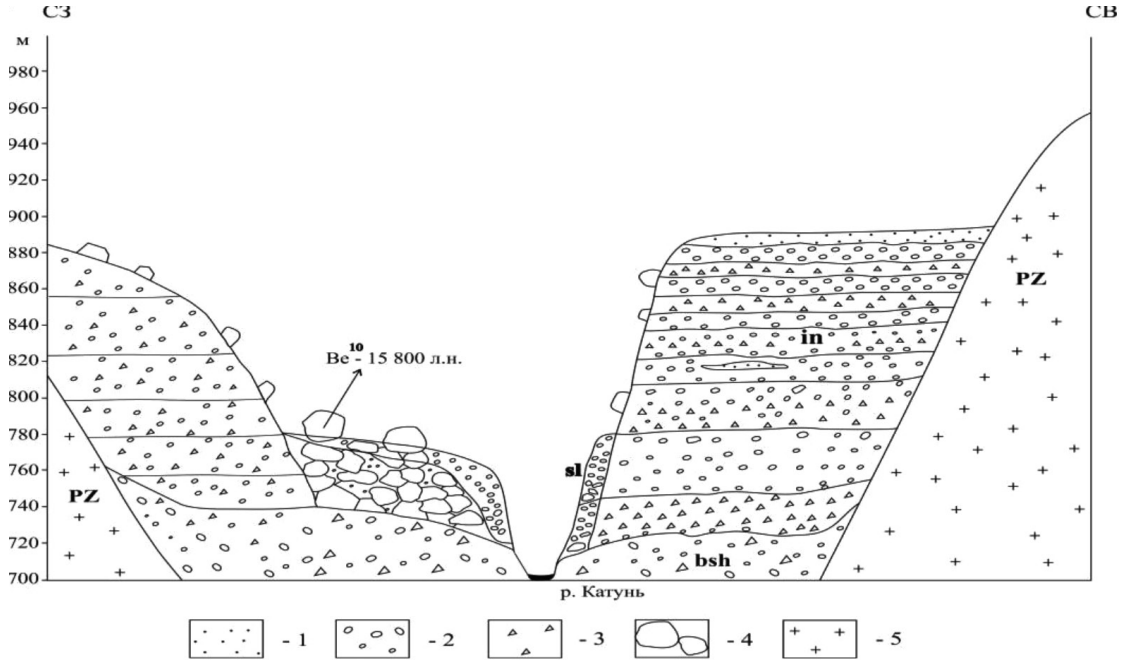


Рис. 2. Геологический разрез поперек долины р. Катунь, 500 м ниже устья р. Иня. Горизонтальный масштаб 1:25000. 1 – песок, 2 – галька, 3 – дресва, 4 – глыбы, 5 – палеозой, bsh – башкаусская свита, in – ининская свита, sl – сальджарская свита, PZ – палеозойские отложения

2. Галечник преимущественно из хорошо окатанных сланцев и известняков, часто встречаются умеренно и слабо окатанные гальки, редко присутствуют неокатанные обломки пород. Пространство между гальками заполнено разнозернистыми песками и гравием. Преобладает мелкая галька от 1 до 3 см, много гальки от 3 до 6 см, редко до 8 см. Длинные оси плоских галек лежат субгоризонтально. Слойчатость неравномерная, линзовидная, с чередованием линз толщиной от 0,1 до 0,6 м с преобладанием галек разной размерности. Присутствуют линзы грубого гравия до 0,1 м. Нижняя граница отчетливая. Мощность 7,2 м.

3. Неравномерное субгоризонтальное переслаивание слойков дресвы различной размерности толщиной от 0,3 до 0,6 м, со слойками до 0,1 м грубозернистого плохо окатанного, плохо сортированного песка с большим количеством мелкой дресвы. Слойки дресвы содержат большое количество плохо окатанного песка и умеренно окатанной мелкой гальки до 2 см. Мощность 3,4 м.

4. Галечник хорошо промытый, преимущественно мелкий до 3 см, умеренно и слабо окатанный, с неотчетливой линзовидной слойчатостью. Много дресвы, гравия и мелкого щебня. Присутствуют уплощенные гальки. С глубины 5 м от кровли слоя встречается хорошо окатанная галька до 4-6 см в поперечнике. В основании горизонт толщиной 0,5 м плохо сортированного гравия с большим количеством мелкой средне и плохо окатанной гальки, щебня и дресвы. Нижняя граница резкая неровная, слабо наклоненная в сторону современной реки. Мощность 10,8 м.

5. Дресвяник преимущественно косослойчатый, с толщиной косых серий до 3,5 м. Слойчатость обусловлена чередованием слойков от 1 до 5 см толщины, разнозернистых плохо сортированных, слабо окатанных песков, дресвяников, состоящих из уплощенных обломков сланцев, и мелкой различно окатанной плоской гальки сланцев. В нижней части встречаются неравномерно расположенные линзы до 0,6 м толщины, плохо сортированного дресвяника, обогащенного значительным количеством крупной, средней и мелкой гальки и редкими валунами до 15 см в поперечнике с мелкой субгоризонтальной и линзовидной слойчатостью до 2–3 см, редко до 10см толщины со слойками мелкой гальки. Иногда присутствуют протяженные линзы толщиной до 0,5 м преимущественно хорошо окатанной и промытой крупной гальки. Размеры гальки по слою уменьшаются сни-

зу вверх. Слой выполняет руслообразный врез. Нижняя граница резкая, неровная, наклонена вверх по оврагу. Мощность вверх по оврагу возрастает с 3,7 до 7,1 м,

6. Галечник плохо сортированный, средний, в основном хорошо и умеренно окатанный. Состоит из гальки известняков, гранитов, кварца, туфобрекчий и темноцветных сланцев. Много крупной и мелкой гальки, мелкого щебня. В нижней части преобладает мелкая галька. Пространство между гальками заполнено дресвой, мелким щебнем, галькой и гравием. К нижней части слоя содержание дресвы и мелкого щебня сланцев увеличивается. Слойчатость неравномерная, линзовидная, слабо наклонена вверх по оврагу, обусловлена чередованием линз толщиной до 0,4 м, различающихся по преобладанию галек различной размерности, а также заполнению межгалечникового пространства. В основании залегают линзы толщиной до 0,5 м крупной, хорошо окатанной гальки. Нижняя граница, неровная. Мощность 5,7 м.

7. Неравномерное переслаивание слойков дресвы и мелкой гальки с толщиной от 1 до 6 см. Они образуют субгоризонтально залегающие или очень слабо наклонные вверх по оврагу серии толщиной до 2,5 м. Слойки дресвы плотные, плохо сортированные, состоят обычно из уплощенных и вытянутых обломков сланцев до 5 мм, в них встречается много щебня и разнозернистого песка из зерен сланцев. Материал в слойках гальки плохо сортирован, обычно плохо и умеренно окатан. В слойках гальки и дресвы много плоского мелкого щебня. В основании залегают коричневато-серые, преимущественно грубозернистые, плохо сортированные пески с мелкой дресвой, гравием, редко мелкой галькой толщиной до 1 м, с параллельной, слабо наклоненной вниз по оврагу слойчатостью, с толщиной слойков до 1 см. Нижняя граница отчетливая, слабо наклонена вниз по оврагу. Мощность 14,7 м.

8. Галечник различно окатанный, плохо сортированный, преимущественно мелкий, с большим количеством средней, реже крупной гальки. Много щебня, дресвы и разнозернистых песков. Слойчатость крупная, линзовидная, неравномерная, с толщиной линз от 0,1 до 1,5 м. В линзах толщиной до 0,1 м много мелкой, преимущественно хорошо окатанной гальки, встречается крупная и средняя галька обычно хорошо окатанная, щебень и дресва сланцев. Более крупные линзы состоят в основном из грубого гравия с большим количеством дресвы и мелкого щебня сланцев, также мелкой и средней гальки. В интервале 0,5–2 м от кровли слоя расположена линза, выполняющая руслообразную ложбину, протяженностью 24 м, с плоской верхней границей и резко выгнутой нижней. Она сложена серыми, плохо сортированными, среднезернистыми, местами слабо слюдистыми песками, с частыми неравномерно расположенными линзами плохо сортированного гравия толщиной 0,1–0,3 м. Пески имеют неправильную мелкую и среднюю линзовидную слойчатость толщиной до 3 см. Нижняя граница резкая, наклонена вниз по оврагу. Мощность 8,4 м.

9. Неравномерное параллельное переслаивание слойков дресвяников и мелких галечников, образующих пары слойков. Дресвяники плохо сортированные, различно обогащенные мелким щебнем и разнозернистым песком. Галечники мелкие, преимущественно плохо окатанные, с большим количеством щебня, с различным заполнением межгалечникового пространства дресвой. Много плоской гальки и щебня. В верхней части толщина слойков дресвяника от 1 до 6 см, и галечника от 2 до 10 см. С глубины 8 м толщина слойков мелкой гальки уменьшается до 5 см, а толщина слойков дресвы увеличивается до 20 см. От кровли слоя до глубины 9 м часто встречаются мелкие валуны и крупная галька. В интервале 9–14 м крупность гальки уменьшается, преобладает мелкий щебень. Присутствуют неравномерно расположенные линзы полимиктовых грубозернистых песков толщиной до 1 см. Часто в слойках галечника увеличивается количество щебня. В интервале 14–27 м количество крупной гальки и толщина ее линз увеличивается. Нижняя граница резкая, неровная. Мощность 27 м.

10. Галечник преимущественно хорошо окатанный, плохо сортированный с большим количеством щебня, дресвы и плохо сортированного разнозернистого песка. Галька состоит в основном из темных метаморфических сланцев, а также серых песчаников, темно-серых известняков, реже из серых гранитов и гранодиоритов. Ее размеры увеличиваются снизу вверх. Слойчатость крупная, линзовидная, неравномерная от 0,3 до 3,5 м толщины. Наклон слойков в линзах до 35 градусов. Встречаются линзы толщиной до 1 м, с отчетливой градацией галек от крупных в основании слоя до мелких в его верхней части. В верхней части в линзах преобладает крупный галечник с мелкими валунами. В нижней части – мелкий. Нижняя граница отчетливая, наклонена к осевой части долины Катуни под углом 30 градусов вдоль оврага. Мощность 30 м.

Рис. 3. Базальный слой ининской свиты в ее лектостратотипическом разрезе в правом борту долины р. Катуни, 550 м ниже по течению от устья р. Иня

11. Неравномерное переслаивание слойков мелкого дресвяника и мелкого щебня с большим количеством крупной дресвы и различно окатанной, мелкой, реже средней галькой. Снизу вверх увеличивается толщина слойков и размеры обломочного материала, их слагающего. Толщина слойков дресвы 2–5 см в нижней части и 10 см в его верхней части, толщина слойков щебня 2–10 см в нижней части и до 20–30 см в верхней части. Слойки образуют неотчетливые серии до 3 м толщины, наклоненные в сторону р. Катунь под углом 20 градусов. В интервале 5–8 м от кровли находится округлый ксенолит, состоящий из различно окатанных валунов до 0,2 м в поперечнике, заполнителем служит хорошо окатанная галька различных размеров. Нижняя граница отчетливая. Мощность 25 м.

12. Галечник серый, плохо сортированный, преимущественно хорошо окатанный. Размер гальки от 1 до 10 см. Встречаются хорошо окатанные валуны светло-серого гранита до 0,3 м в поперечнике (рис. 3). Заполнителем служит плохо сортированный, различно окатанный гравий, дресва метаморфических сланцев и серые, разнозернистые, слюдистые пески. Встречается щебень. Слойчатость неотчетливая, линзовидная, слабо наклонена вдоль современной реки. Нижняя граница резкая, неровная. Мощность 2,8 м.

Все слои разреза ининской толщи имеют темно-серый цвет. Материал представлен преимущественно различно окатанными обломками метаморфических сланцев. Почти во всех слоях разреза (2, 3, 5, 6, 7, 8, 9) присутствуют неокатанные, часто остроугольные глыбы метаморфических сланцев, сложенные материалом г. Хрустальной от 0,4 до 1,5 м в поперечнике. В слое 10 они образуют небольшие скопления. Во всех слоях уплощенные гальки и обломки залегают преимущественно субгоризонтально. Ининская толща в разрезе залегает с резким, неравномерным размывом на башкаусской свите. В 350 м ниже устья р. Иня и 150 м выше тальвега оврага ее основание лежит на высоте 19,7 м от уреза воды в р. Катуни. В устье р. Иня оно уходит под урез воды в р. Катунь. Башкаусская свита здесь представлена светло-серыми, плохо сортированными гравием, дресвой, песком и алевритом с карбонатным цементом, местами с неотчетливой линзовидной и косой слойчатостью.

Ининская толща в лектостратотипическом разрезе мощностью 146 м состоит из ритмично построенных слоев. Размыв верхних частей ниже залегающих слоев разреза во время формирования выше залегающих слоев отсутствует или незначителен. Вложение или врезание выше залегающих слоев в ниже залегающие слои также отсутствует. Такой тип последовательной вертикальной стратификации слоев относится к бассейновому генетическому комплексу осадконакопления [7], который характерен

для опускающихся участков или блоков земной коры. Существенной особенностью описанного разреза, в котором слагающие его осадки примыкают к скальному уступу г. Хрустальной, сложенному метаморфическими сланцами, является наличие совершенно неокатанных глыб и обломков различных размеров этих сланцев почти во всех слоях. Это свидетельствует о залегании и захоронении этих глыб и обломков вблизи их обрушения без удаления на большое расстояние и является признаком слабой гидродинамики водной среды в озерном водоеме, формирующей эти отложения и высокой скорости осадконакопления. Преобладание в ининской толще обломочного материала преимущественно однообразного петрографического состава, представленного в основном метаморфическими сланцами и темными известняками, также позволяет предполагать его незначительный перенос от источника сноса. Присутствие в разрезе большого количества плохо окатанного и совсем неокатанного материала (щебня и дресвы) свидетельствует о поступлении в бассейн большого количества рыхлого материала с ближайших горных склонов.

При описании разреза в нем установлено 12 мощных слоев, объединенных в 7 циклически построенных пачек. Верхние слои (1–6) образуют 3 циклита мощностью 11–14 м, включающие пары слоев, состоящие в нижней части в основном из мелкого или среднего различно окатанного галечника с неравномерной линзовидной слойчатостью. В верхней части они сложены параллельно слоистыми дресвяниками или песками, имеющими слабо наклонную или субгоризонтальную параллельную слойчатость ленточного типа, с чередованием слойков с более крупным и более мелким обломочным материалом. Параллельная слойчатость ленточного типа в слоях дресвяника и песка, находящихся в верхних частях верхних циклов, характерна для озерных осадков [8]. Присутствие в этих слоях неокатанных глыб метаморфических сланцев скального выступа г. Хрустальной в непосредственной близости от обрушения подтверждает их формирование в слабо подвижной водной среде озерного бассейна. Текстурные особенности слоев галечника с неравномерной линзовидной слойчатостью небольшой толщины в нижних частях верхних циклитов, их мощность и эрозионный характер нижних границ позволяют относить их к образованиям древней долины р. Иня, впадающей в озерный бассейн. Нижележащий цикл, образованный слоями 7 и 8, резко увеличивается в мощности до 23,1 м. Наличие в слое 8 руслообразной песчаной линзы с неравномерной линзовидной слойчатостью толщиной до 1,5 м и протяженностью до 24 м позволяет отнести ее к дельтовым отложениям древней р. Ини. Увеличение зернистости вверх по разрезу в слое 7 позволяет предполагать его образование в озерном бассейне [8]. Слои 9, 10 и 11 образуют самостоятельные циклиты, в которых происходит увеличение крупности обломочного материала вверх по разрезу. В слое 9 к кровле слоя постепенно увеличивается размер галечного материала. В его верхней части встречаются мелкие валуны, отсутствующие в нижней и средних частях слоя. Наряду с наличием большого количества неокатанных обломков метаморфических сланцев г. Хрустальной эти данные свидетельствуют об озерной обстановке формирования этого слоя. В слоях 10 и 11, образующих самостоятельные циклы осадконакопления, толщина линз и слойков, а также размер зерен кластического материала в них увеличиваются вверх по разрезу, что однозначно свидетельствует об их формировании в озерном бассейне [8]. Залегающий в основании ининской толщи базальный слой 12 (рис. 3), обнажающийся в Яломано-Катунской зоне в единственном разрезе, только в 550 м от устья р. Иня, имеет максимальную мощность 2,8 м. Его строение, состав, текстурные особенности и условия залегания позволяют относить его к стрежневым фациям горной реки. В остальных частях разреза он прикрыт отложениями 55-метровой террасы. Слои 11, 12 и нижнюю часть слоя 10 описанного разреза С.В. Парначев [2] принял за опорный разрез паводкового циклита.

В приведенном описании разреза количество выделенных циклитов совпадает с числом пачек, выделенных С.В. Парначевым [2], но их внутреннее содержание и мощности, а также генетические особенности отличаются. Существенно уточнена мощность, положение и строение базального горизонта ининской толщи, послужившего С.В. Парначеву в качестве эталона селевой фации паводкового циклита. Максимальный размер валунов, находящихся в базальном горизонте, не превышает 0,3 м, тогда как С.В. Парначев [2] указывает на наличие в этом горизонте глыб, размер которых достигает 4 м. По-видимому, за крупные глыбы в базальном слое ининской тол-

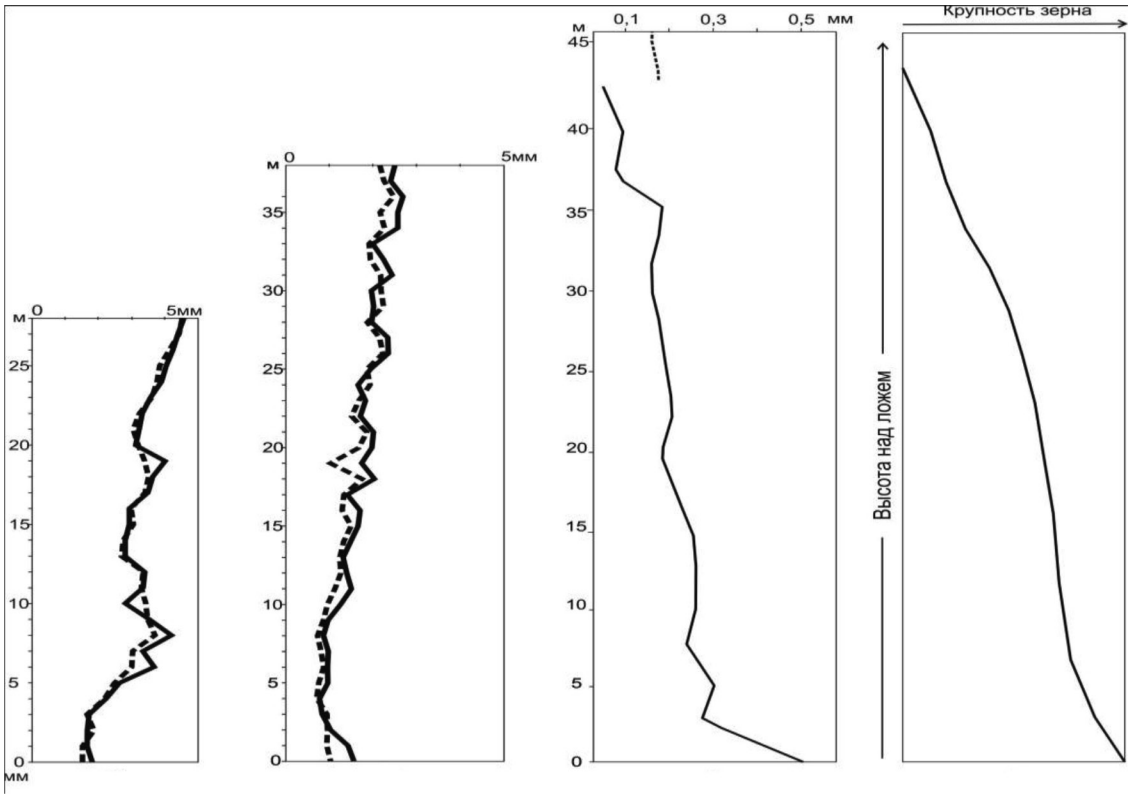
щи приняты глыбы, сползшие вниз по склону из размытых фрагментов 55-метровой террасы, сохранившихся над обнажением базального слоя. Также существенно отличается и мощность базального слоя ининской толщи – вместо 4–8 м у С.В. Парначева [2] их мощность составляет всего 2,8 м. Слой 11, отнесенный им к пойменным фациям паводкого циклита, как показано выше, имеет отчетливые признаки озерных отложений. Таким образом, детальное изучение лектостратотипического разреза ининской толщи и опорного разреза паводкового циклита не выявило в нем следов гигантских катастрофических паводков. Большая часть разреза формировалась в озерном бассейне с участием дельтовых отложений р. Иня. Фациально-генетические особенности отложений, выделенные С.В. Парначевым [2] в паводковый циклит в его опорном разрезе, позволяют относить их к речным (селевые фации) и озерным (пойменные фации) отложениям.

Отчетливые признаки озерного происхождения низов ининской толщи выявлены в обрыве левого склона долины р. Иня в разрезе этой же 180 м террасы долины р. Катунь, находящегося 500 м вверх по ее течению от устья, ниже моста через реку, приблизительно 800 м южнее описанного выше разреза. На этом участке р. Иня прорезает высокую террасу Катуни, вскрывая низы ининской толщи до 38 м мощности. Разрез представлен параллельно-слоистыми темно-серыми дресвяниками с толщиной слойков от 1 до 30 см, залегающих друг на друге без видимых перерывов в осадконакоплении. Слойки дресвяников формируют пары, состоящие из повторяющихся слойков, с относительно более мелким и более крупным обломочным материалом. Эрозионных контактов между слойками не наблюдается. Толщина слойков мелкой дресвы составляет 1–5 см в нижней части и 10 см в его верхней части, толщина слойков крупной дресвы и мелкого щебня – 2–10 см в нижней части и до 20–30 см в верхней части. На 6 уровнях этого разреза присутствуют линзы галечника длиной до 8 м и мощностью до 4,5 м. Они хорошо и умеренно окатаны, имеют неравномерную линзовидную слойчатость и слойчатость выполнения, резкую нижнюю границу и выполняют руслообразные врезы (рис. 4). В нижней части линз присутствуют мелкие валуны до 0,3 м в поперечнике. По текстурным особенностям, руслообразной форме линз галечника, их размерам и соотношению с вмещающими их отложениями они относятся к дельтовым образованиям небольшой горной реки, которую наследует современная р. Иня. Сохранность русловых отложений и соотношение с вмещающими линзы галечника породами показывает, что это речка впадала в достаточно крупный озерный бассейн. При впадении горной реки небольших размеров в быстро текущий поток суперпаводка переносимый ей материал не смог бы сформировать отчетливо обособленных отложений. Вблизи этого разреза из нижней части ининской толщи, на противоположном берегу р. Иня, в 10 м выше моста через реку получена OSL-дата 125,3 ± 8,4 тыс. лет [9], свидетельствующая об образовании ининской толщи в последнее межледниковье.

Рис. 4. Руслообразные врезы в основании линз галечников в параллельно-слоистых дресвяниках ининской толщи в разрезе левого борта долины р. Иня, 500 м выше устья

Результаты гранулометрического анализа

Распределение размеров зерен обломочного материала по вертикальному профилю является важным признаком, для заключения об обстановках формирования осадков [8, 10]. Для проведения гранулометрического анализа были отобраны точечным способом пробы из двух сечений вышеописанных разрезов ининской толщи. Это – слой 11, принятый за опорный разрез паводкового циклита (58 образцов) и разрез одного из нижних циклитов ининской толщи, в 500 м от устья р. Иня (78 образцов). Так как отложения ининской толщи имеют ритмичную слойчатость с чередованием слойков, отличающихся по крупности обломочного материала смежных слойков, то для предотвращения ошибок отбирался двойной набор проб, т.е. пробы с относительно более крупным и мелким обломочным материалом. Опробование проводилось через каждый метр. Отобранные образцы подвергались предварительной механической дезинтеграции для предотвращения слипания обломков вследствие цементирования их глинистым материалом, содержащимся в пробе. Гранулометрический анализ проводился сухим методом (ситовой анализ) проб виброгрохотом «Analysette 3» на наборе лабораторных сит марки «Analysette» с квадратными ячейками размером 0,125; 0,25; 0,5; 1, 2 и 5 мм. Фракции взвешивались на лабораторных весах с точностью измерения 0,1 г. Результаты анализа записывались в виде таблицы измеренных масс каждой отдельной фракции частиц. Для каждой пробы вычислялась медианная крупность зерна. После измерения и расчета всех проб строились графики распределения медианного размера зерен и распределение процентного соотношения содержания гранулометрических фракций в образцах по разрезу (рис. 5).



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 5. Сравнение кривых распределения размера зерен по вертикальному профилю различных отложений, а – распределение медианного размера зерен в слое 11 в разрезе правого борта долины р. Катуни; б – распределение медианного размера зерен в параллельно-слоистых дресвяниках ининской толщи в разрезе левого борта долины р. Иня; в – распределение медианного размера зерен русловых аллювиальных песчаников реки Иллинойс [8]; г – изменения размера частиц в отложениях мутьевого потока [10]

Гранулометрический анализ отложений разреза, находящегося на р. Иня, показал постепенное увеличение медианного размера обломочного материала по вертикальному профилю снизу вверх от 1,62 мм (1,04 мм для парной пробы) до 2,52 мм (2,14 мм) (рис. 5, б). Анализ отложений слоя 11, принятого за опорный разрез пойменной фации типового паводкового циклита [2] (рис. 5, а) продемонстрировал более резкое укрупнение снизу вверх медианного размера обломочного материала от 1,83 мм (1,59 мм) до 4,59 мм (4,50 мм) и постепенное преобладание крупных фракций над мелкими. Полученное распределение медианного размера обломков характерно для фаций озерных отложений, в которых идеальным разрезом является вертикальный профиль, в котором более тонкозернистые осадки сменяются более грубозернистыми береговыми образованиями [8].

Сравнительный анализ полученных вертикальных профилей циклитов ининской толщи с вертикальными литологическими моделями формирования потоковых отложений (аллювий – рис. 5, в, и мутьевой поток – рис. 5, г), близких по динамике среды с образованиями суперпаводков показал их значительные различия. Для медианного размера зерен (рис. 5, в) в вертикальном разрезе аллювия [8] характерно уменьшение медианного размера зерен вверх по разрезу, что связано с самой природой явления переноса материала потоком, так как при уменьшении несущей способности потока уменьшается и масса (размер) несомого материала. Другим типом образования градационного слоистого осадка являются мутьевые потоки, характерные для морских обстановок и крупных озер. Мутьевые потоки представляют собой особый тип плотностных течений, представляющих собой движение жидкости, обладающей большей плотностью относительно неподвижной жидкости с меньшей плотностью [10]. Они возникают на склоне дна при нарушении равновесия рыхлого осадка его. В потоках в виде суспензии несется обломочный материал различного размера и при падении скорости движении и несущей способности, из взвеси выпадают частицы в порядке уменьшения их массы. Соответственно, распределение обломков в вертикальном разрезе получается прямо градационным, т.е. от крупных к мелким. Сравнение распределения медианных размеров зерен по разрезу отложений мутьевого потока, аллювия и озерных образований позволяет полностью исключить из генезиса параллельно слоистых дресвяников ининской толщи потоковую составляющую, т.е. их происхождение за счет катастрофических паводков, мутьевых потоков или речной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

К основным критериям отнесения ининской толщи, выполняющей долину Катуни, к образованиям гигантских катастрофических паводков, по мнению их сторонников [3, 4], относится наличие в них элементов паводкового циклита, выделенного С.В. Парначевым [2]. Наиболее характерными элементами этого циклита являются селевая и пойменная фации [11, 12], выделенные в разрезе ининской свиты. За опорный разрез паводкового циклита принят разрез нижней пачки ининской толщи в 180-метровой террасе правого борта долины Катунь, в 500 м ниже устья р. Иня.

Одним из генетических индикаторов гляциальных суперпаводков, по мнению И.Д. Зольникова и его соавторов, являются глыбовники [11, 12], достигающие мощности 8 м и протягивающиеся на сотни метров, а нередко и на километры вдоль осей магистральных долин. Последовательное прослеживание ининской толщи вдоль долин рек Катунь и Чуя и ее боковых притоков не выявило широкого распространения глыбовников, как залегающих в основании ининской толщи, так и внутри нее в основании отдельных циклитов. В опорном разрезе паводкого циклита лектостратотипического разреза ининской свиты, валунно-глыбовый горизонт типичной селевой фации, состоящий по представлениям С.В. Парначева [2] из глыб до 4 м в поперечнике и полуокатанного и плохо сортированного песчано-дресвяно-щебнистого материала и достигающего мощности 8 м, оказался по составу, строению, текстурным особенностям и условия залегания типичными отложениями горной реки (рис. 3). Его максимальная мощность достигает 2,8 м (см. выше).

Кроме лектостратотипа базальные слои ининской толщи вскрываются в другом известном разрезе в левом борту долины р. Катунь в основании 220-м террасы Катуни непосредственно ниже поселка Инегень [2]. Здесь темно-серые параллельнослойчатые озерные дресвяники, лежащие в основании ининской толщи мощностью 11,2 м залегают без грубозернистого ба-

зального горизонта на хорошо промытых речных отложениях, сложенных серыми, хорошо промытыми слюдистыми песками видимой мощностью 5,8 м, с линзами хорошо окатанного галечника. Эти пески резко отличаются от песков, слагающих цоколь 180 м террасы ниже устья р. Иня, литологически они близки современному аллювию р. Катунь в районе пос. Инегень. Пески выполняют переуглубление долины, глубиной более 20 м. Эта толща образует самостоятельное стратиграфическое подразделение плейстоцена – аргутскую свиту. Ее единственный выход на поверхность ниже пос. Инегень следует считать ее стратотипическим разрезом. В основании вышележащих пачек ининской толщи этого разреза встречаются линзы, содержащие валунно-глыбовый материал на высоте 14 и 38 м над урезом воды в Катуни. Глыбы достигают 1–1,5 м, очень редко до 2 м в поперечнике. Они не окатаны, остроугольны, имеют открытые трещины кливажа и представлены метаморфическими сланцами, слагающими на данном участке левый борт долины Катуни. Их образование связано с обрушением скального уступа, подмываемого водой и захоронением вблизи этого места.

Среди четырех разрезов, указанных С.В. Парначевым [2], в которых вскрывается ининская толща, приводится разрез «160-метровой террасы» в левом борту долины Катуни в урочище Сок-Ярык. Проведенные инструментальные измерения показали, что на этом участке присутствует только 100-метровая терраса. В 1 км ниже устья руч. Сок-Ярык отложения, отнесенные к ининской толще, залегают на хорошо выраженной морене мощностью 65 м, описанной еще М.Б. Богачкиным в 1981 г. Доказательством ледникового генезиса этой толщи служит наличие в ней ледогранников и глыб до 15 м в поперечнике с открытыми трещинами кливажа, что исключает их перенос в водном потоке [13]. Залегающие с резким размывом на ледниковых отложениях толща серых, алевритистых, плохо сортированных, преимущественно мелких галечников с косой слойчатостью мощностью 30 м, относится к более молодым отложениям. Другие скопления глыбового материала в Яломано-Катунской зоне приурочены к более молодой сальджарской толще и принадлежат морене последнего сартанского оледенения [13]. В разрезе ининской толщи по р. Малый Яломан [2, 5] вскрывается только ее часть мощностью 70 м. Таким образом, во всех описанных разрезах ининской толщи, относимых к отложениям катастрофических суперпаводков [2, 3, 5], отсутствует характерный элемент паводкового циклита – селевая фация.

Одним из наиболее характерных элементов паводкового циклита по представлениям сторонников гляциальных суперпаводков [2–4] является так называемая пойменная фация, представленная параллельно-слоистыми «дресвяниками и щебнедресвяниками». Составляющие их обломки горных пород транспортируются во взвешенном состоянии и выпадают из движущейся толщи воды при резком падении скорости и несущей способности потока в эрозионной тени. Присутствие слоев мелких остроугольных обломков различных размеров с параллельной слоистостью («дресвяников и щебнедресвяников») в четвертичных отложениях долин рек Чуя и Катунь является [11, 12] «визитной карточкой суперпаводков». Широкое распространение дресвяников, состоящих преимущественно из плоских слабо окатанных обломков палеозойских сланцев, в рыхлых толщах различного возраста и генезиса долин Катуни и Чуи, обусловлено составом пород, слагающих их борта и днища, представленными палеозойскими сланцами. Дресвяники ининской толщи состоят из чередования субпараллельных протяженных плоских слойков, толщиной от 5 до 20 см, нижний из которых сложен более мелкозернистым материалом (с различным содержанием песка, гравия или дресвы), верхний – более крупнозернистым материалом, также с разным сочетанием мелкого щебня и мелкой гальки. Часто они наклонены к осевой части долины под углом 20–30°. В каждой из нижних пачек ининской свиты происходит отчетливое увеличение размеров обломков снизу вверх по разрезу. В параллельно-слоистых дресвяниках снизу вверх по разрезу постепенно увеличивается толщина слойков и размер обломков в слойках. Как показано выше, подобная последовательность осадконакопления характерна для озерных осадков.

Заключение

Проведенные детальные исследования строения, состава, геоморфологического положения лектостратотипического разреза ининской толщи плейстоцена и выделяемого в нем опорного разреза паводкового циклита в долине р. Катунь, в Яломано-Катунской зоне Горного Алтая позволили установить условия их формирования. Последовательная вертикальная стратификация

слоев разреза без их существенного размыва свидетельствует об опускании участка накопления ининской толщи. Базальный горизонт ининской толщи представляет собой русловые фации аллювия горной реки. Остальная часть лектостратотипа толщи формировалась в озерном бассейне, в который впадала горная река. Критериями озерного генезиса ининской толщи являются следующие признаки: захоронение неокатанных остроугольных глыб и их скоплений в непосредственной близости от места их обрушения со скалистого обрыва; лентовидная слойчатость дресвяников без следов размыва нижележащих слойков при формировании вышележащих слойков; хорошая сохранность дельтовых отложений реки впадающей в бассейн со слабой гидродинамикой; вертикальный профиль, с увеличением размера зерен снизу вверх, характерный для озерных отложений. В процессе исследований не удалось выявить характерного элемента паводкового циклита – селевой фации, другой специфический элемент паводкового циклита отнесен к озерным образованиям. Следы внезапных суперпаводков, обусловленных катастрофическими прорывами ледниково-подпрудных озер, в ининской толще не обнаружены.

Работа выполнена в рамках государственного задания (проект № 0330-2016-0017) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 16-05-00371.

Список литературы

1. Ефимцев Н.А. О строении и происхождении антропогеновых отложений долин рек Чуи и Катуни в Горном Алтае / Н.А. Ефимцев // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – 1964. – № 29. – С. 115–131.

2. Парначев С.В. Геология высоких алтайских террас (Яломано-Катунская зона) / С.В. Парначев. – Томск: Изд-во ИПФ ТПУ, 1999. – 137 с.

3. Зольников И.Д. Стратотипы четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны Горного Алтая / И.Д. Зольников // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49, № 9. – С. 906–918.

4. Зольников И.Д. Четвертичные отложения и рельеф долин Чуи и Катуни / И.Д. Зольников, А.А. Мистрюков. – Новосибирск: Изд-во Параллель, 2008. – 182 с.

5. Carling P.A., Martini P., Herget J., Borodavko P., Parnachov S. Megaflood sedimentary valley fill: Altai Mountains, Siberia // Megaflooding on Earth and Mars. UK: Cambridge University Press. 2009. P. 243–266.

6. Зыкин В.С. Дискуссионные проблемы и современное состояние стратиграфии и палеогеографии квартера Западной Сибири / В.С. Зыкин, В.С. Зыкина // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – М.: ГЕОС, 2017. – С. 146–148.

7. Несмеянов С.А. Генетические комплексы континентальных отложений / С.А. Несмеянов. – М.: ЗАО «Книга и бизнес», 2012. – 397 с.

8. Условия древнего осадконакопления и их распознавание / под ред. Дж. Ригби, У. Хемблина. – М.: Изд-во Мир, 1974. – 328 с.

9. Baryshnikov G. Russian Altai in the Late Pleistocene and the Holocene: Geomorphological catastrophes and landscape rebound: Fieldtrip guide / G. Baryshnikov, A. Agatova, P. Carling, J. Herget, A. Panin, G. Fdamiec, R. Nepop. – Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2015. – 137 p.

10. Седиментология / Р. Градзинский, А. Костецкая, А. Радомский, Р. Унруг. – М.: Недра, 1980. – 640 с.

11. Зольников И.Д. Геологическое строение и генезис высоких террас Чуи и среднего течения Катуни / И.Д. Зольников, Е.И. Деев, Д.В. Назаров, С.А. Котлер // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. – С. 226–228.

12. Генезис отложений высоких террас рек Чуя и Катунь / И.Д. Зольников [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 1 (17). – С. 30–40.

13. О скоплениях глыбового материала в долинах рек Чуя и Катунь и распространении последнего позднеплейстоценового оледенения на Горном Алтае / В.С. Зыкин [и др.] // Доклады РАН – 2016. – Т. 470, № 3. – С. 311–314. DOI: 10.7868/S0869565216270244.

References

1. Efimcev N.A. O stroenii i proisxozhdenii antropogenovy`x otlozhenii dolin rek Chui i Katuni v Gornom Altae / N.A. Efimcev // Byulleten` komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda. – 1964. – № 29. – P. 115–131.

2. Parnachev S.V. Geologiya vy`sokix altajskix terras (Yalomano-Katunskaya zona) / S.V. Parnachev. – Tomsk: Izd-vo IPF TPU, 1999. – 137 p.

3. Zol`nikov I.D. Stratotipy` chetvertichny`x otlozhenij Yalomano-Katunskoj zony` Gornogo Altaya / I.D. Zol`nikov // Geologiya i geofizika. – 2008. – T. 49, № 9. – P. 906–918.

4. Zol`nikov I.D. Chetvertichny`e otlozheniya i rel`ef dolin Chui i Katuni / I.D. Zol`nikov, A.A. Mistryukov. – Novosibirsk: Izd-vo Parallel`, 2008. – 182 p.

5. Carling P.A., Martini P., Herget J., Borodavko P., Parnachov S. Megaflood sedimentary valley fill: Altai Mountains, Siberia // Megaflooding on Earth and Mars. UK: Cambridge University Press. 2009. P. 243–266.

6. Zy`kin V.S. Diskussionny`e problemy` i sovremennoe sostoyanie stratigrafii i paleogeografii kvartera Zapadnoj Sibiri / V.S. Zy`kin, V.S. Zy`kina // Fundamental`ny`e problemy` kvartera: itogi izucheniya i osnovny`e napravleniya dal`nejshix issledovanij. – M.: GEOS, 2017. – P. 146–148.

7. Nesmeyanov S.A. Geneticheskie kompleksy` kontinental`ny`x otlozhenij / S.A. Nesmeyanov. – M.: ZAO «Kniga i biznes», 2012. – 397 p.

8. Usloviya drevnego osadkonakopleniya i ix raspoznavanie / pod red. Dzh. Rigbi, U. Xemblina. – M.: Izd-vo Mir, 1974. – 328 p.

9. Baryshnikov G. Russian Altai in the Late Pleistocene and the Holocene: Geomorphological catastrophes and landscape rebound: Fieldtrip guide / G. Baryshnikov, A. Agatova, P. Carling, J. Herget, A. Panin, G. Fdamiec, R. Nepop. – Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2015. – 137 p.

10. Sedimentologiya / R. Gradzinskij, A. Kosteczkaya, A. Radomskij, R. Unrug. – M.: Nedra, 1980. – 640 p.

11. Zol`nikov I.D. Geologicheskoe stroenie i genezis vy`sokix terras Chui i srednego techeniya Katuni / I.D. Zol`nikov, E.I. Deev, D.V. Nazarov, S.A. Kotler // Fundamental`ny`e problemy` kvartera: itogi izucheniya i osnovny`e napravleniya dal`nejshix issledovanij. – Rostov n/D.: Izd-vo YuNCz RAN, 2013. – P. 226–228.

12. Genezis otlozhenij vy`sokix terras rek Chuya i Katun` / I.D. Zol`nikov [i dr.] // Geologiya i mineral`no-sy`r`evy`e resursy` Sibiri. – 2014. – № 1 (17). – P. 30–40.

13. O skopleniyax gly`bovogo materiala v dolinax rek Chuya i Katun` i rasprostranenii poslednego pozdneplejstocenovogo oledeneniya na Gornom Altae / V.S. Zy`kin [i dr.] // Doklady` RAN – 2016. – T. 470, № 3. – P. 311–314. DOI: 10.7868/S0869565216270244.

УДК 550.42

СРАВНИТЕЛЬНО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АНОМАЛЬНЫХ ЗОНАХ ПОЧВ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, e-mail: elenazy@yandex.ru

Целью исследования является сравнительно-временной анализ содержания тяжелых металлов (ТМ) в аномальных зон почв Северодвинского промышленного района (СПР). Задачи работы: изучение изменения содержания ТМ в аномальных зонах почв СПР за десятилетний период времени, сравнение полученных аналитических данных и характеристика экологической ситуации, сложившейся в исследуемом районе. В 2007 г. первым автором были проведены масштабные исследования, направленные на изучение эколого-геохимического состояния почв СПР. В результате этих исследований было выявлено интегральное геохимическое аномальное поле. В 2017 г. было проведено повторное опробование почв этой аномальной зоны, сделан сравнительный анализ данных, по результатам которых и написана данная работа. Всего в рамках данной работы было отобрано и проанализировано 11 проб почв, точки отбора проб (их координаты) дублируют таковые, отобранные в 2007 г. По каждой точке отбора построены гистограммы, в которых отображены значения содержания наиболее токсичных элементов, относящихся к I и II классам опасности. Проведен сравнительный анализ значений элементов, полученных в разные годы отбора проб. Для выполнения исследований был использован метод атомно-абсорбционной спектрометрии, позволяющий определять валовое содержание ТМ в почвах. В результате данного исследования были выявлены изменения содержания ТМ в почвах аномальной зоны СПР. Установлена общая тенденция уменьшения значений содержания многих элементов, что говорит о некотором улучшении экологической ситуации в исследуемом районе за последние десять лет. Исключение составляет содержание титана, почти во всех точках отбора отмечается сильный рост его значений.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвы, геоэкология, экологический мониторинг, атомно-абсорбционная спектрометрия, аномальные зоны, классы опасности загрязняющих веществ

COMPARATIVE-TIME ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT IN ANOMALOUS ZONES IN SOILS OF THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA

Zykova E.N., Zykov S.B., Yakovlev E.Yu., Larionov N.S.

Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS, Archangelsk, e-mail: elenazy@yandex.ru

The purpose of the study was a comparative analysis of the content of heavy metals (HM) in anomalous soil zones of the Severodvinsk industrial region (SIR). The objectives of the work were: to study the change in the content of HM in abnormal soil zones (SIR) over a ten-year period of time, to compare the analytical data obtained and to characterize the ecological situation in the area under study. In 2007, the first author carried out large-scale studies aimed at studying the ecological and geochemical state of soil SIR. As a result of these studies, an integral geochemical anomalous field was identified. In 2017, repeated testing of the soils of this anomalous zone was carried out, a comparative analysis of the data based on the results was made, and this work was written. In total, 11 soil samples were taken and analyzed in the framework of this work, sampling points (their coordinates) duplicate those sampled in 2007. For each selection point, histograms are constructed in which the values of the contents of the most toxic elements belonging to Class I and II are displayed. A comparative analysis of the values of elements obtained in different years of sampling was carried out. To perform the research, the method of atomic absorption spectrometry was used, which makes it possible to determine the total content of HM in soils. As a result of this study, changes in the content of HM in the soils of the anomalous zone of the SIR were revealed. A general tendency has been found to reduce the content of many elements, indicating that there has been some improvement in the ecological situation in the area over the last ten years. The exception is the content of titanium, almost all points of selection there is a strong increase in its values.

Keywords: heavy metals, soils, geo-ecology, ecological monitoring, atomic absorption spectrometry, anomalous zones, hazard classes of pollutants

Целью настоящего исследования является сравнительно-временной анализ содержания тяжелых металлов в почвах аномальных зон Северодвинского промышленного района. Научная новизна исследования заключается в изучении изменения со временем содержания тяжелых металлов в почвах уже ранее выявленных аномальных зон исследуемого района, для мониторинга экологической ситуации. Необходимость мониторинга обоснована сильным воздействием предприятий военно-промышленного и энергетического комплексов города Северодвинска на окружающую среду исследуемого района. Особенно актуальна оценка экологической ситуации пригородной части города, где расположены дачи горожан и места сбора ягод и грибов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являются почвы аномальных зон Северодвинского промышленного района, расположенные в пригородной части на расстоянии 5–10 км от города. Важными аргументами в пользу их выбора следует считать то, что эти почвы являются наиболее подверженными техногенному воздействию и менее исследованными по сравнению с городскими почвами. Так как город Северодвинск расположен на берегу Белого моря, то для исследуемой территории характерен атмосферный перенос антропогенных тяжелых металлов на территории, расположенные южнее города [1].

Исследуемые почвы представлены двумя подтипами: болотными переходными торфяно-глеевыми и глееподзолистыми (суглинками). Болотные переходные торфяно-глеевые почвы формируются из болотных низинных почв при потере верхними горизонтами связи с минеральными грунтовыми водами. Торф чаще всего коричневого или темно-коричневого цвета, среднеразложившийся с хорошо заметными остатками растений. Степень разложения торфа до 25%, мощность органогенного горизонта 30–50 см. Характерными признаками глееподзолистых почв являются оглеение верхней части профиля, отсутствие выраженного гумусового горизонта. Мощность почвенного профиля достигает 80–100 см. Формируются эти почвы под северотаежными хвойными еловыми лесами с мохово-кустарниковым покровом, на породах преимущественно суглинистого состава. Исследовался верхний почвенный горизонт (10 см). В болотных переходных торфяно-глеевых почвах отбирался верхний слой торфа, в глееподзолистых почвах – подзолистый горизонт.

В 2007 г. первым автором были проведены масштабные исследования, направленные на изучение эколого-геохимического состояния почв СПР. В результате этих исследований было выявлено, что в исследуемых почвах происходит накопление элементов первого (Pb, Zn) и второго классов опасности (Cr, Ni, Mo, Cu) в концентрациях, превышающих ПДК [2].

В мае 2017 г. провели повторное опробование этих же почв. Аналитические исследования проводились методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС). На рис. 1 показаны точки отбора проб. Выбор точек отбора обоснован расположением эколого-геохимических аномалий выявленных в 2007 г. (результаты исследований отражены в кандидатской диссертации [2]). Точки отбора проб в 2017 г. совпадают с точками отбора в 2007 г. Сделано это с целью проведения мониторинга загрязнения почв тяжелыми металлами.

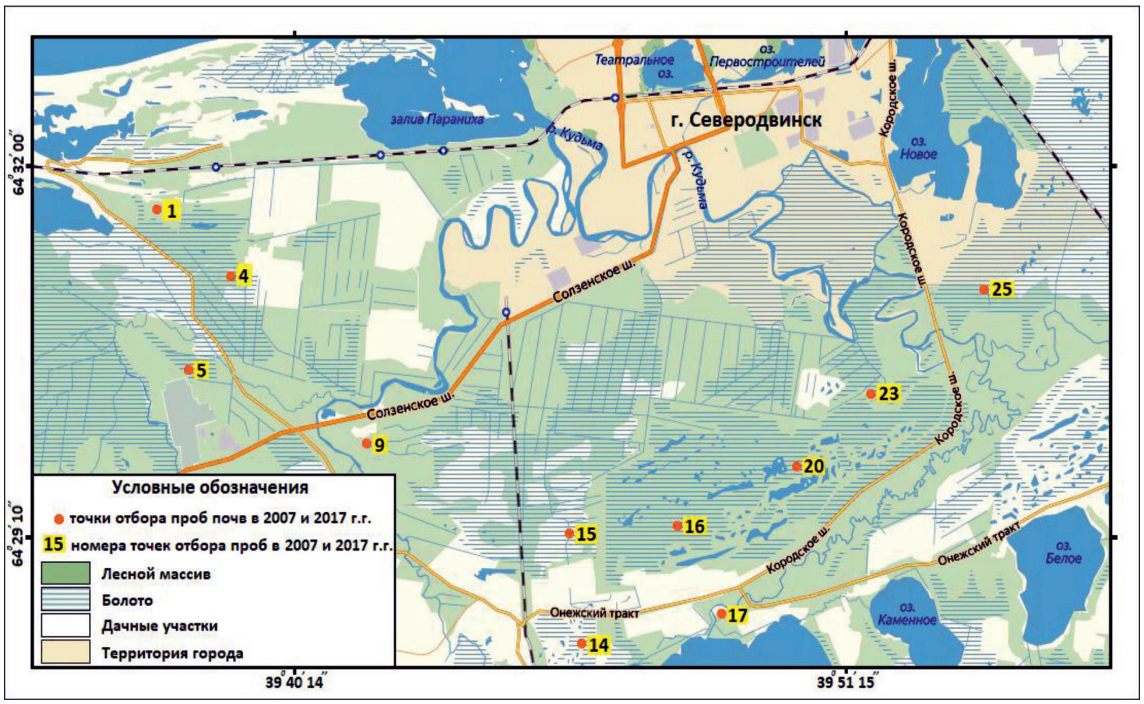


Рис. 1. Карта отбора проб почв на территории Северодвинского промышленного района

Точки с номерами 1, 4, 5, 9,17 относятся к глееподзолистому подтипу почв. Точки с номерами 14, 15, 16, 20, 23, 25 относятся к болотному переходному торфяно-глеевому подтипу почв (рис. 1).

В данной статье проведен анализ изменения значений тяжелых металлов в почвах с помощью построения гистограмм (рис. 2). На гистограммах синим цветом показаны значения валового содержания тяжелых металлов (мг/кг) в 2007 г., а красным в 2017 г. При изучении фоновых территорий исследуемые пробы характеризуются невысокими околокларковыми концентрациями. Для глееподзолистых типов почв фоновыми считались значения элементов менее 6 мг/кг, а для болотных переходных типов почв менее 2 мг/кг.

Результаты исследования и их обсуждение

Титан не отнесен ни к вредным, ни к необходимым для жизнедеятельности организмов элементам. Однако предполагается, с одной стороны, его воздействие как биологического стимулятора, а с другой – как канцерогена, хотя точных данных не приводится.

Скачкообразный рост значений титана отмечается по 10 точкам отбора. Значения этого элемента колеблются от 70 до 858 мг/кг в 2017 г., тогда как в 2007 г. значения варьировали от 8 до 100 мг/кг. Биологическое действие титана на животных и человека изучено недостаточно, и он считается для них инертным металлом.

Техногеохимия Ti специально не изучалась. Совсем недавно он относился к металлам незначительного промышленного использования. В промышленности особенно крупные объемы Ti поступают на предприятия черной металлургии, огнеупоров, катализаторов, на ТЭЦ, а также на производства: лакокрасочные, эмалевые, химические, текстильные, стекольные, пластмассовые и др. Поскольку титан отнесен к элементам, не участвующим в техногенезе, его поведение в промышленных отходах с экологической позиции не изучается. Однако техногенная миграция его в настоящее время весьма интенсивна. Масштабы техногенной миграции этого металла увеличились, золы некоторых ТЭЦ и шлаки ряда металлургических предприятий содержат до 10% и более TiO_2. Титан почти не изучен экологически. Минерально-геохимический цикл преимущественно связан с эндогенными процессами [3]. Предположительно высокие значения титана в почвах в 2017 г. связаны с масштабной утилизацией подводных лодок с титановыми корпусами на судоремонтном предприятии «Звездочка», проводимой в последние годы.

Свинец относится к элементам первого класса опасности. Главный загрязнитель окружающей среды свинцом – автотранспорт. Кроме главного источника загрязнения почв – выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания, большой вклад вносят металлургия, энергетика. Среди отраслей наиболее неблагополучных по выбросам свинца являются предприятия цветной металлургии, машиностроения, металлообработки, строительной, печатной, электротехнической промышленности. Кроме перечисленных производств обращает внимание высокое содержание свинца в пыли различных предприятий строительных материалов (бетонное, кирпичное производства). Еще более высокие концентрации свинца накапливаются в продуктах мусоропереработки, а также в районах свалок твердых промышленных отходов. В биосфере концентрации свинца в основном связаны с техногенезом, имеют четкую тенденцию к быстрому увеличению во времени – в современных почвах в районах промышленных и городских агломераций [3]. Максимальные содержания элемента установлены в 2007 г. и составили 30 мг/кг в точках № 1 и № 15. В 2017 г. максимальное значение составило 23,18 мг/кг в точке № 20. Предельно допустимые концентрации свинца в почве 32 мг/кг. Значения свинца в точках опробования не превышают ПДК, но содержания этого элемента в указанных точках достаточно велики. Болотные почвы хорошо аккумулируют в себе данный элемент.

Цинк является токсичным элементом и так же как свинец относится к элементам 1-го класса опасности. В почвах цинк широко распространен и легко подвижен, его накопление обычно происходит в поверхностных горизонтах почвы. Аномальные значения цинка сопряжены с болотными переходными торфяно-глеевыми почвами. Главная роль в загрязнении окружающей среды цинком принадлежит гальваническим предприятиям [3]. Предельно допустимые концентрации данного элемента в почвах составляют 55 мг/кг. В исследуемых почвах предельно допустимые концентрации превышены в 2007 г. в точке № 1 – 80 мг/кг и в точке № 15 – 60 мг/кг. В 2017 г. значения содержания цинка в исследуемых точках не превышают ПДК.

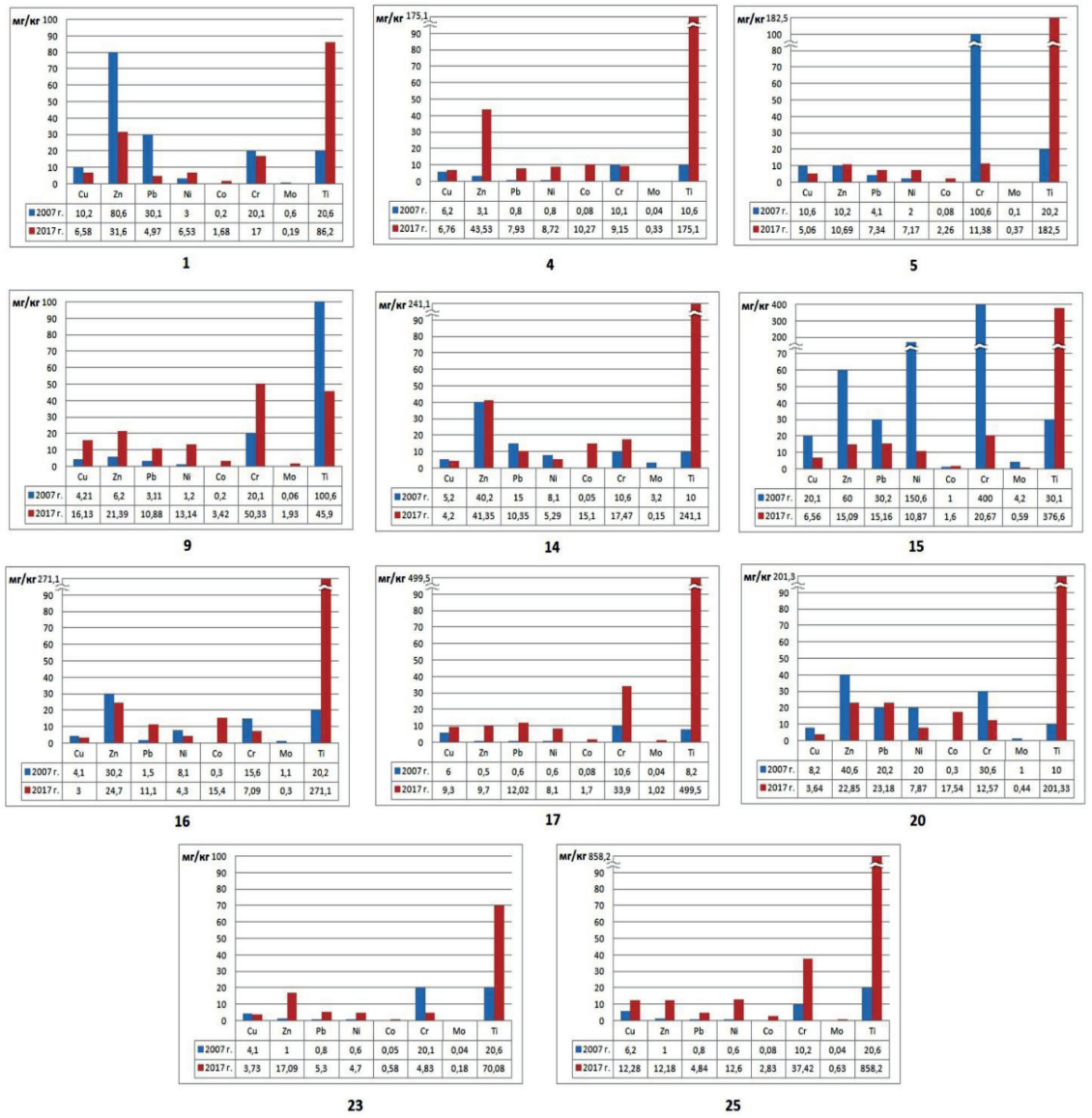


Рис. 2. Содержание элементов I и II классов опасности (мг/кг) в пробах почв аномальной зоны Северодвинского промышленного района (в 2007 и 2017 гг.)

Цинк и свинец являются наиболее токсичными тяжелыми металлами, выявленными в качестве загрязнителей почв Северодвинского промышленного района. Попадая в организм человека, данные элементы способны со временем накапливаться и вызывать тяжелые заболевания, в том числе и онкологические.

Никель относится к элементам 2-го класса опасности. Это относительно распространенный металл цветной металлургии. Загрязняют атмосферу никелем угольные и особенно мазутные ТЭЦ. Наиболее высокие концентрации никеля установлены в отходах гальванических производств. При использовании твердых бытовых отходов в качестве компостов большое количество никеля попадает в почвы [3]. Аномальное значение никеля установлено в 2007 г. в точке № 15 и составляет 150 мг/кг. В точке № 20 содержание исследуемого элемента достигает значения ПДК – 20 мг/кг. В 2017 г. значения этого элемента во всех точках отбора не превышают предельно допустимых концентраций.

Хром, так же как и никель, относится к элементам 2-го класса опасности. Предельно допустимые концентрации хрома в почвах

100 мг/кг. Самая высокая концентрация хрома в производственной пыли промышленных предприятий установлена для цветной металлургии, металлообработки, гальванических производств. Глобальный баланс перераспределения хрома показывает, что антропогенная составляющая давно превысила природную [3]. Аномальное значение хрома выявлено в 2007 г. в точке № 15 и составляет 400 мг/кг, что в 4 раза превышает ПДК. В точке № 5 в этом же году значение элемента достигает предельно допустимой концентрации 100 мг/кг. В 2017 г. значения этого элемента во всех точках отбора не превышают ПДК.

Молибден тоже является элементом 2-го класса опасности. В почвах нашей страны в большинстве случаев имеет место недостаток молибдена, особенно это характерно для таежно-лесных нечерноземных почв. Избыточность молибдена в почвах особенно типична для почв рудных районов. Техногенным источником данного элемента являются отрасли машиностроения и металлообработки, переработка бытовых и промышленных отходов, но наибольшие его объемы характерны для зол и шлаков ТЭЦ [3]. Предельно допустимые концентрации молибдена в почвах 5 мг/кг. В исследуемых точках за оба года содержания данного элемента не превышают ПДК.

Медь элемент второго класса опасности. В почвах медь является относительно малоподвижным элементом, так как легко образует труднорастворимые соединения. Техногенными источниками меди являются предприятия цветной металлургии, транспорт, сварка, гальванизация, сжигание минерального топлива. Накапливается в верхних почвенных горизонтах. Медь – экологически важнейший, жизненно необходимый элемент, характерный для всех природных и антропогенных систем. Антропогенное глобальное биосферное перераспределение меди значительно преобладает над природным [4]. Предельно допустимые концентрации меди в почвах 33 мг/кг. В исследуемых пробах почв содержания меди не превышали предельно допустимых концентраций.

Элементы первого и второго классов опасности оказывают наиболее неблагоприятное воздействие на здоровье людей [5]. Это необходимо учитывать, особенно в местах отдыха и при сельскохозяйственном использовании земель. Дачные участки горожан расположены в зоне техногенного воздействия предприятий города Северодвинска. Не меньшую угрозу для здоровья представляют леса и болота вокруг города, где местное население активно собирает грибы и ягоды. Мониторинг состояния исследуемых почв крайне необходим в сложившейся ситуации.

В результате данного исследования были выявлены изменения содержания тяжелых металлов в почвах аномальной зоны Северодвинского промышленного района. Установлена общая тенденция уменьшения значений содержания многих элементов, что говорит о некотором улучшении экологической ситуации в исследуемом районе за последние десять лет. Это связано с переходом ТЭЦ–2 с мазута на газ. ТЭЦ-1 продолжает свою работу на угле. Военно-промышленный комплекс также несколько снизил темпы производства в последние годы. Исключение составляет содержание титана, почти во всех точках отбора отмечается сильный рост его значений. Предположительно высокие значения титана в почвах в 2017 г. связаны с масштабной утилизацией подводных лодок с титановыми корпусами на судоремонтном предприятии «Звездочка», проводимой в последние годы.

Выводы

В заключение можно сказать, что в результате проведенного сравнительно-временного анализа содержания тяжелых металлов в аномальных зонах почв Северодвинского промышленного района была установлена общая тенденция уменьшения значений содержания многих элементов, что говорит о некотором улучшении экологической ситуации в исследуемом районе за последние десять лет. Это связано с переходом ТЭЦ–2 с мазута на газ. Военно-промышленный комплекс также несколько снизил темпы производства в последние годы. Исключение составляет содержание титана, почти во всех точках отбора отмечается сильный рост его значений. Предположительно высокие значения титана в почвах в 2017 г. связаны с масштабной утилизацией подводных лодок с титановыми корпусами на судоремонтном предприятии «Звездочка», проводимой в последние годы. Работы по данной тематике, проведенные в 2017 г., будут продолжены, планируется дальнейшее проведение исследовательских работ для ежегодного мониторинга загрязнения почв Северодвинского промышленного района.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций (проект № АААА-А16-116052710105-1) и УрО РАН (проект № 18-5-5-26)

Список литературы

1. Виноградова А.А. Атмосферный перенос антропогенных тяжелых металлов в районы севера европейской территории России / А.А. Виноградова, Е.И. Котова, В.Ю. Топчая // География и природные ресурсы. – 2017. – № 1. – С. 108–116.

2. Зыкова Е.Н. Накопление тяжелых металлов в почвах техногенных ландшафтов на примере Северодвинского промышленного района: дис. ... канд. геогр. наук / Институт географии РАН. – Москва, 2007. – 128 с.

3. Алексеенко В.А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов / В.А. Алексеенко, А.В. Алексеенко. – Ростов на/Д.: ЮФУ, 2013. – 198 с.

4. Семенова И.Н. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Сибай республики Башкортостан тяжелыми металлами / И.Н. Семенова, Г.Р. Ильбулова // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8–3. – С. 491–495.

5. Серегина Ю.Ю. Комплексная оценка загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова прибрежной зоны р. Белая Белорецкого района Республики Башкортостан / Ю.Ю. Серегина, И.Н. Семенова, Г.Ш. Кужина // Живые и биокосные системы: электронный научный журнал. – 2013. – № 3. URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-4/ (дата обращения: 10.06.2018).

References

1. Vinogradova A.A. Atmosferny`j perenos antropogenny`x tyazhely`x metallov v rajony` severa evropejskoj territorii Rossii / A.A. Vinogradova, E.I. Kotova, V.Yu. Topchaya // Geografiya i prirodny`e resursy`. – 2017. – № 1. – P. 108–116.

2. Zy`kova E.N. Nakoplenie tyazhely`x metallov v pochvax texnogenny`x landshaftov na primere Severodvinskogo promy`shlennogo rajona: dis. ... kand. geogr. nauk / Institut geografii RAN. – Moskva, 2007. – 128 p.

3. Alekseenko V.A. Ximicheskie e`lementy` v geoximicheskix sistemax. Klarki pochv selitebny`x landshaftov / V.A. Alekseenko, A.V. Alekseenko. – Rostov na/D.: YuFU, 2013. – 198 p.

4. Semenova I.N. Ocenka zagryazneniya pochvennogo pokrova g. Sibaj respubliki Bashkortostan tyazhely`mi metallami / I.N. Semenova, G.R. Il`bulova // Fundamental`ny`e issledovaniya. – 2011. – № 8–3. – P. 491–495.

5. Seregina Yu.Yu. Kompleksnaya ocenka zagryazneniya tyazhely`mi metallami pochvennogo pokrova pribrezhnoj zony` r. Belaya Beloreczkogo rajona Respubliki Bashkortostan / Yu.Yu. Seregina, I.N. Semenova, G.Sh. Kuzhina // Zhivy`e i biokosny`e sistemy`: e`lektronny`j nauchny`j zhurnal. – 2013. – № 3. URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-4/ (data obrashheniya: 10.06.2018).

УДК 911.6(470.631)

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РЕКРЕАЦИОННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ)

Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я., Лайпанова А.М.

ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева», Карачаевск, e-mail: kipkeeva62@mail.ru

Анализ определений выявил, что «рекреационная система» и «территориально-рекреационная система» с точки зрения формальной логики являются характеристиками, а не строго логическими конструкциями. Поэтому употребление прилагательного «территориальная» становится излишним, если изучается рекреационная система конкретного географического объекта, например речного бассейна или административного подразделения (района, области). Природно-рекреационные ресурсы Карачаево-Черкесской республики (КЧР) уникальны и являются основой для организации различных видов рекреационной деятельности. На определенном уровне социально-экономического развития общества возникает необходимость районирования природной среды и антропогенных образований. Главными признаками рекреационного районирования являются уровень рекреационной освоенности территории и структура рекреационных функций (лечебной, оздоровительной, туристской, экскурсионной). Районирование служит основой анализа, планирования и управления рекреационным хозяйством. Рекреационное районирование по содержанию является, с одной стороны, отраслевым, а с другой, комплексным, так как должно учитывать физико-географические условия и наличие природных ресурсов. При этом необходимо учесть многогранность туристской деятельности, социально-географические, туристско-технологические и другие критерии. На территории республики выявлено крайне неравномерное распределение рекреационных объектов в пространстве. Основная их часть находится в трех южных административных районах. Внутри этих средне- и высокогорных районов с максимальным пейзажным разнообразием сгущения рекреантов в свою очередь имеют очаговый характер и тяготеют к высокогорью. Разнообразие рекреационных ресурсов и типов специализации обусловило формирование на территории республики следующих рекреационных районов: Верхне-Кубанского, Зеленчукского, Урупско-Лабинского, Подкумско-Хасаутского и Черкесско-Хабезского. Преимущества туристских районов КЧР определяют в основном 3 фактора: высотность над уровнем моря, ландшафтные и природно-климатические условия. Районы включают следующий иерархический ряд рекреационных таксонов: комплексы, микрорайоны и узлы.

Ключевые слова: рекреационная привлекательность, туристско-рекреационное районирование

THE PRINCIPLES AND METHODS OF RECREATIONAL DIVISION OF DISTRICTS (ON THE EXAMPLE OF KARACHAY-CHERKESSIA)

Kipkeeva P.A., Potapenko Yu.Ya., Laypanova A.M.

Karachay-Cherkess State University of name U.D. Aliev, Karachayevsk, e-mail: kipkeeva62@mail.ru

The analysis of definitions revealed that «the recreational system» and the «territorial recreational system» from the formal logical point of view of are characteristics, but not strictly logical constructions. Therefore the using of the word «territorial» becomes excessive if we the recreational study system of a concrete geographical object, for example, of the river basin, or administrative region is studied. Natural and recreational resources of the Karachay-Cherkess Republic (KCR) are unique and a basis for the organization of different types of recreational activity. At the certain level of social and economic development of society there is a need of divising into districts of the environment and anthropogenic educations. The main signs of recreational division into districts are the level of recreational familiarity of the territory and structure of recreational functions (medical, improving, tourist, excursion). Division is a basis of the analysis, planning and management of recreational economy. Recreational division into districts is on the one hand branch, and with another complex as has to consider physiographic conditions and existence of natural resources. At the same time it is necessary to consider versatility of tourist activity, social and geographical, tourist technology and others. In the territory of the republic is revealed uneven distribution of recreational facilities in space. Their main part of them are in three southern administrative regions. In average and mountain areas with the maximum landscape variety with of condensation of recreants have focal character and are drawn towards highlands. A variety of recreational resources and types of specialization has caused formation in the territory of the republic of the following recreational areas: Verkhne-Kubansky, Zelenchuksky, Urupsko-Labinsky, Podkumsko-Hasautsky and Circassian and Habezsky. Advantages of tourist regions of KChR define generally 3 factors: altitude above sea level, landscape and climatic conditions. Areas include following hierarchical recreational taxons: complexes, residential districts and knots.

Keywords: recreational appeal, tourist – recreational division into districts

К числу востребованных туристами регионов России относится территория Карачаево-Черкесской республики (КЧР), обладающая природными ресурсами для развития лечебной, горно-спортивной и туристско-экскурсионной деятельности.

Цель исследования: разработка принципов рекреационного районирования для КЧР. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: выделить основные признаки рекреационного районирования, провести анализ распреде-

ления рекреационных объектов и выполнить районирование территории КЧР.

Материалы и методы исследования

В выполненной работе использовались методологии ландшафтных исследований [1] и рекреационной географии [2–4]. Применялись системный принцип, антропоцентрический и функциональный подходы [5] с использованием описательного, сравнительного и картографического методов. Информационный аспект туристско-рекреационных ресурсов оценивался с использованием ландшафтно-структурного анализа.

Принципы природопользования в устойчивом развитии и рекреационная привлекательность КЧР изложены в работах В.В. Онищенко, Н.С. Дега и др. [6, 7]. Дифференциация объектов по функциональной специализации выявила недостаточность информации при наличии некоторой упорядоченности. Данные, полученные авторами путем проведения полевых исследований на типовых туристско-рекреационных объектах, частично опубликованы [8, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

Районирование (вообще) – деление территории страны на районы по определенным признакам (природным, экономическим, административно-политическим, национальным и т.д.) [10]. На определенном уровне социально-экономического развития общества возникает необходимость районирования природной среды и антропогенных образований.

В процедуре районирования различаются три позиции:

1) общие принципы – признание пространственной неоднородности природной среды, цель районирования и систематика элементов районирования;

2) операциональный подход – соблюдение правил формальной логики: уточнение понятий, соблюдение правил деления объема понятий, иерархичности рекреационных подразделений и непересекаемости их границ;

3) предметно-содержательный блок, содержащий результаты иерархизации таксонов в виде матриц или карт, составленных методами полевых и камеральных исследований.

О рекреационном районировании в СССР и России

В рекреационной географии СССР для обозначения рекреационных объектов использовались следующие термины: комплекс, рекреационная система, территориальная рекреационная система (ТРС) и др.

Термином *«рекреационный комплекс»* было принято обозначать совокупность нескольких территориально-рекреационных систем (ТРС).

Рекреационная система – «сложно управляемая и частично самоуправляемая система, состоящая из взаимосвязанных подсистем: отдыхающих людей, природных и культурно-исторических территорий, комплексов технических систем, обслуживающего персонала и органа управления» [5, с. 82]. Затем в определение было добавлены такие свойства, как функциональная и территориальная целостность

В более поздних определениях РС других авторов также фигурирует управление. Например, по И.В. Зорину и В.А. Квартальнову рекреационная система – «сложная социально управляемая (частично самоуправляемая) система, центральной подсистемой которой являются субъекты туризма, а целевой функцией – наиболее полное удовлетворение их рекреационных потребностей» [11, с.165].

Термин *«территориальная рекреационная система» (ТРС)* предложен В.С. Преображенским с соавторами. Различие в понятиях «рекреационная система» и «территориальная рекреационная система» В.С. Преображенский [1] поясняет целями и способами их изучения; первая исследуется с применением моносистемной модели, а вторая – моносистемной и полисистемной. В последнем варианте элементами модели выступают или функциональные зоны, или ТРС более низкого таксономического ранга.

Термин ТРС истолковывается неодинаково: одними исследователями как вся совокупность природных и антропогенных объектов и явлений на определенной территории, другими – для обозначения отдельных типов рекреационной деятельности и т.п. Мы при анализе территориального распределения существующих единичных рекреационных объектов и «сгущений» посетителей-рекреантов не используем термин ТРС.

Приведенные выше определения рекреационной системы и ТРС с точки зрения формальной логики являются характеристиками, а не строго логическими конструкциями.

Для уяснения позиции понятия ТРС, определим его обычным (формальным) логическим приемом – через род и видовое отличие:

1) ТРС – рекреационная система определенной территории;

2) рекреационная система – рекреационная составляющая (подсистема) социоэкологической системы;

3) социоэкологическая система – биосфера и человечество (как социально-экономическая совокупность со всем его хозяйством).

Из приведенных определений следует, что употребление прилагательного «территориальная» становится излишним, если изучается рекреационная система конкретного географического объекта, например речного бассейна или административного подразделения (района, области).

В.С. Преображенский [12, с. 82], вводя термин ТРС, подчеркивал тем самым наличие у РС такого свойства как «территориальная целостность». В то же время он отмечал, что многие свойства РС обнаруживают «особое, территориальное преломление». Например, существует «территориальная избирательность отдыхающих» – выбор нравящихся им участков местности. Такая избирательность в конечном счете влияет на размещение технологических объектов РС, а это размещение и создает внутреннюю структуру системы.

В 1990-е гг. в связи со сменой экономической системы при выделении и анализе ТРС предлагалось использовать ряд дополнительных признаков.

В результате возникла ситуация, когда одним и тем же термином обозначались объекты разного ранга и содержания. Наиболее употребляемыми оказались термины «район» и «регион». Помимо физико-географических и административных районов и регионов, выделялись экологические и рекреационные. В 1992 г. правительственным указом был создан «Особо охраняемый эколого-курортный регион Кавказских Минеральных Вод» (ООЭКР КМВ), в который вошли несколько административных районов Ставропольского края, Карачаево-Черкесии и Кабардино-Балкарии. В схеме рекреационного районирования всей территории России 1995 г. показано 5 зон, которые разделяются на районы. В итоге регион КМВ стал включением двух рекреационных районов – Северо-Кавказского и Горно-Кавказского. Последний объединял горные территории всех республик Северного Кавказа. Но в одной из них (КЧР) в качестве районов фигурировали три рекреационных объекта – Домбайский, Тебердинский и Архызский, которые по площади являются включениями двух административных районов.

Проект рекреационного районирования Карачаево-Черкесии

При разработке схемы рекреационного районирования авторы опирались на изложенные выше теоретические положения и использовали свой опыт многолетних геологических, ландшафтных и геоэкологических исследований территории. Площадное распределение рекреационных ресурсов КЧР обусловлено в значительной степени сочетанием субширотных морфоструктур (МФ) с субмеридиональной речной сетью. С юга на север следуют МФ [13]: Главного хребта (ГХ), Передового хребта (ПХ), Северо-Юрской депрессии (СЮД), Скалистого (СХ) и Пастбищного (ПсХ) хребтов, Предгорной равнины (ПР). МФ отличаются друг от друга не только характером рельефа, но и составом и возрастом слагающих их горных пород. При районировании нами использован следующий иерархический ряд рекреационных таксонов: район, комплекс, микрорайон, узел (табл). В столбце «зона» показано, фрагменты каких региональных северокавказских морфоструктур входят в каждый район.

Таблица демонстрирует выдающиеся рекреационные возможности КЧР: небольшая по размерам территория насыщена уникальными природными объектами и памятниками культурно-исторического наследия, пригодными для воспроизводства интеллектуальных, эмоциональных и физических сил населения России и перспективными для развития индустрии международного туризма и отдыха.

Рекреационные объекты распределены по территории КЧР неравномерно (таблица). Основная их часть находится в южной половине республики со средне- и высокогорным рельефом и максимальным пейзажным разнообразием, сгущения рекреантов имеют очаговый характер и тяготеют к высокогорью. В Карачаевском административном районе основная масса их сосредоточена в Домбае и Теберде, в Зеленчукском – в Архызе. Там же находится абсолютное большинство отелей, гостиниц и турбаз.

Решающее значение в привлечении туристов имеет не культурно-историческая ценность (9 объектов), а транспортная доступность. Среди них на первом месте по посещаемости Нижне-Архызский историко-архитектурный комплекс и Специальная астрофизическая обсерватория (САО) в долине р. Бол. Зеленчук (рисунок).

Распределение рекреационных объектов в КЧР

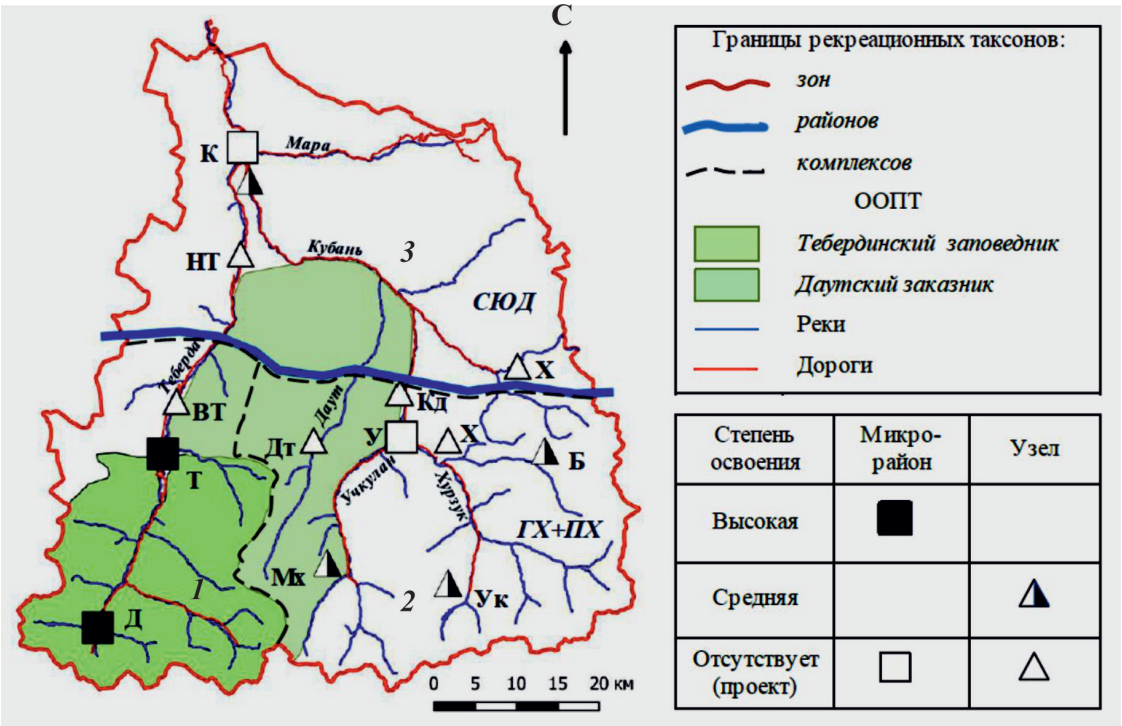
Район	Зона	Комплекс	Микрорайон	Узел	Природный объект, туристский объект	Специализация
Верхне-Кубанский	ГХ	Тебердинский	Домбай	Домбайская поляна	Леса, высокогорные луга, субнивальный и нивальный рельеф, турбаза, альплагерь, подъемники, отели	Оздоровительный, лечебно-экскурсионный, зимние виды спорта, альпинизм
			Теберда	Город-курорт	Леса, высокогорные луга, субнивальный рельеф, озеро Кара-Кель, санатории, дома отдыха, конная база	Этнографический, туристско-познавательный, лечебно-экскурсионный
				Джемагат	Мин. источник	Туристско-познавательный, лечебно-экскурсионный
				Гоначхир	Тур. лагерь, озера	Туристско-познавательный, лечебно-экскурсионный
		Учкулан-Хурзукский	Учкулан	Учкулан	Днище троговой долины, пер. Ыбчик, первая светская школа карачаевцев, музей карачаевского быта, рощи можжевельника и облепихи, горная степь	Этнографический, туристско-познавательный, лечебно-экскурсионный
				Махар	Леса, высокогорные луга, субнивальный рельеф, горная степь, мин. источник, озера, базы отдыха	Туристско-познавательный, лечебно-экскурсионный
				Узункол	Леса, высокогорные луга, субнивальный и нивальный рельеф, турбаза Уллу-Кам, альплагерь Узункол	Туристско-познавательный, лечебно-экскурсионный, альпинизм
				Бийтик-Тебе	Мин. источник Джилы-Су, стена Кукуртли, лавовый покров игнимбритов	Туристско-познавательный, лечебно-экскурсионный, альпинизм
				Хурзук	Старый квартал аула, водяная мельница, сторожевая башня, горная степь	Этнографический, туристско-познавательный
	ПХ			Карт-Джурт	Пер. Хасаука, старинное кладбище, музей У.Д. Алиева, геофизическая станция, руины рудника, Кадау-Таш	Этнографический, туристско-познавательный
	СЮД	Худес-Маринский	Карачаевск	Худес	Ущелье Чемарткол, Каменные ворота, ущелье Тохана, озеро Хурла-Кель, мин. источник, штольни Худесского месторождения	Туристско-познавательный
				Индыш	Мин. источник	Лечебно-экскурсионный
				Кол-Тебе	Урочище Гиляч – дольмены	Этнографический, культурно-исторический, туристско-познавательный
				Джингирик	Геол. памятник – шток Великан	Туристско-познавательный
				Каменно-мост	Каньон Кубани, силы юрских базальтов, казачья сторожевая башня	Этнографический, туристско-познавательный
				Карачаевск	Ущелье Шоана, Шоанинский храм, тисовая роща, Хумаринское городище; геологические памятники – корни и покровы вулканов юрского периода, слоистость песчаников (ниж. отдел юрской системы); памятники героям 1-й и 2-й мировых войн, гостиницы	Этнографический, культурно-исторический, туристско-познавательный
				Нижняя Теберда	Сентинский храм; геол. памятники: скалы каменноугольных, пермских и юрских отложений	Культурно-исторический, туристско-познавательный
				Мара	Аулы Нижняя и Верхняя Мара, этническая деревня, мин. источник, эскарп Скалистого хребта, геол. памятники – ячеистое выветривание, гора Кекле-Кая	Этнографический, культурно-исторический, туристско-познавательный
	ГХ, ПХ, СЮД			Даут	Биологический заказник, воклюз, плато Джалпак, руины аула Джазлык, оздоровительные лагеря	Этнографический, культурно-исторический, туристско-познавательный, лечебный

Продолжение таблицы

Район	Зона	Комплекс	Микрорайон	Узел	Природный объект, туристский объект	Специализация
Зеленчукский	ГХ, ПХ, СЮД	Зеленчук- Марухский	Ст. Зелен чукская		Радиотелескоп (РАТАН)	Туристско-познавательный, научный
			В. Архыз	Архызская поляна	Базы отдыха, подъемники	Лечебно-экскурсионный
				София	Водопады	Туристско-познавательный
				Кизгич	Пихтовый лес (самые высокие деревья Кавказа)	Туристско-познавательный
				Хр. Абиши-ра-Ахуба	Озера, тектонические покровы	Туристско-познавательный
			Н. Архыз		Храмы и городище аланской эпохи, лик Христа, обсерватория, музей	Этнографический, культурно-исторический, туристско-познавательный
				Лесо-Кяфар	Археологические объекты,	Культурно-исторический, туристско-познавательный
				Маруха	Ледники, водопад, руч. Дымук-чат (подушечные базальты), археологический объект (бронзовый век)	Культурно-исторический, туристско-познавательный
Урупско-Лабинский	ГХ	Загеданский		Дамхурц, Мамхурц и Макра	Леса, горные луга, озера	Туристско-познавательный
				Санчаро	Зона обороны перевалов во время Великой отечественной войны	Культурно-исторический, туристско-познавательный
				Лаштрак	Минеральные источники	Лечебно-экскурсионный
				Верховья Бол. Лабы	Леса, озера, ледники	Туристско-познавательный
	ПХ, СЮД	Лабинский		Грушевая поляна	Эталоны лиственных и смешанных лесов	Туристско-познавательный
				Пос. Рожкао	Бывший золотой прииск	Туристско-познавательный
				Пос. Азиат-ский	Гипербазиты (асбест), пещера «Южный слон»	Туристско-познавательный
				Уруп	Власенчихинское озеро (карьер)	Туристско-познавательный
Подкумско-Хасаутский	СЮД, СХ			Гум-Баши	Истоки Кумы и Подкумка, водораздел Черного и Каспийского морей, горно-лыжная станция	Туристско-познавательный, зимние виды спорта
				Бермамыт	Эскарп Скалистого хребта, вид на Эльбрус, вид на Эшкаконское водохранилище	Туристско-познавательный
				Хасаут	Минеральные источники, археологические объекты	Культурно-исторический, туристско-познавательный
	ПсХ	Учкекенский		Рим-Гора	Аланское городище	Культурно-исторический, туристско-познавательный
				Медовые водопады		Туристско-познавательный

Окончание таблицы

Район	Зона	Комплекс	Микрорайон	Узел	Природный объект, туристский объект	Специализация
Черкесско-Хабезский	ПсХ	Черкесский	Черкесск		Музеи, санаторий, отели	Лечебно-экскурсионный
				Пос. Кавказский	Кубанское водохранилище, озеро Малое	Туристско-познавательный
					Термальные воды	Лечебно-профилактический
				Джаганас	Палеонтологический объект (останки ихтиозавра), база отдыха, пещеры	Туристско-познавательный
				Усть-Джегута	Водохранилище, гостиницы	Туристско-познавательный
	СЮД, СХ	Хабезский		Пос. Важное	Казачья сторожевая башня	Культурно-исторический, туристско-познавательный
				Ст. Красногорская	Красногорский оползень, палеонтологический объект	Культурно-исторический, туристско-познавательный
			Хабез	Адиюх	Эскарп Скалистого хребта, старинная башня, гостинично-оздоровительный комплекс	Культурно-исторический, туристско-познавательный



Структурно-планировочная карто-схема состояния и развития Верхне-Кубанского рекреационного района: зоны (морфоструктуры): ГХ – Главного хребта, ПХ – Передового хребта, СЮД – Северо-Юрской депрессии; комплексы: 1 – Тебердинский, 2 – Учкулан-Хурзукский, 3 – Худес-Маринский; микрорайоны: Д- Домбай, Т – Теберда, У – Учкулан, К – Карачаевск; узлы: ВТ – Верхняя Теберда, Дт – Даут, Мх -Махар, УК – Узункол, Хр – Хурзук, Б – Бийтик-Тебе, КД – Карт-Джурт, Х – Худес, НТ – Нижняя Теберда, К – Каменномост, М – Мара

Ранее авторами было показано [14], что в условиях средне- и высокогорного рельефа границы административных районов достаточно стабильны, поскольку определяются водоразделами бассейнов рек – геоморфологическими границами бассейновых геосистем. Учитывая виды рекреационных ресурсов и соответствующие им типы рекреационной деятельности различной специализации, нами на территории КЧР выделены 5 рекреационных районов (таблица), в целом соответствующие административным границам.

В рекреационном отношении районы освоены в различной степени (таблица): Верхне-Кубанский – относительно освоенный, Зеленчукский – осваиваемый, Урупско-Лабинский – потенциальный, Подкумско-Хасаутский и Черкесско-Хабезский – точечные. Пустые графы в таблице отражают освоенность территории, недостаточную для объединения узлов в микрорайоны.

Состояние рекреационной освоенности и развития Верхне-Кубанского района представлено на рисунке.

Выводы

1. Рекреационное районирование по содержанию является, с одной стороны, отраслевым, а с другой комплексным, так как должно учитывать физико-географические условия и наличие природных ресурсов. При этом необходимо учесть многогранность туристской деятельности, социально-географические, туристско-технологические и другие критерии. Главными признаками рекреационного районирования являются уровень рекреационной освоенности территории и структура рекреационных функций (лечебной, оздоровительной, туристской, экскурсионной). Районирование служит основой анализа, планирования и управления рекреационным хозяйством.

2. Анализ определений выявил, что «рекреационная система» и «территориально-рекреационная система» с точки зрения формальной логики являются характеристиками, а не строго логическими конструкциями.

3. Природно-рекреационные ресурсы КЧР уникальны и являются основой для организации различных видов рекреационной деятельности. На территории республики выявлено крайне неравномерное распределение рекреационных объектов в пространстве. Основная их часть находится в трех южных административных районах. Внутри этих средне- и высокогорных районов с максимальным пейзажным разнообразием сгущения рекреантов в свою очередь имеют очаговый характер и тяготеют к высокогорью.

4. Разнообразие рекреационных ресурсов и типов специализации обусловило формирование на территории республики следующих рекреационных районов: Верхне-Кубанского, Зеленчукского, Урупско-Лабинского, Подкумско-Хасаутского и Черкесско-Хабезского. Преимущества туристских районов КЧР определяют в основном три фактора: высотность над уровнем моря, ландшафтные и природно-климатические условия.

Список литературы

1. Методические указания по характеристике природных условий рекреационного района / В.С. Преображенский [и др.] // Географические проблемы организации туризма и отдыха. Вып. 1. – М.: Турист, 1975. – С. 50–111.

2. Бахвалов Ф.В. Методика туристско-рекреационного районирования Карельского перешейка / Ф.В. Бахвалов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2009. – № 2. – С. 74–82.

3. Дряев М.Р. Туристско-рекреационное районирование РСО-Алания / М.Р. Дряев, Г.А. Туаев, М.А. Гобеев // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. – 2013. – Т. 1. – С. 131–133.

4. Саранча М.А. Территориальная туристско-рекреационная система как комплексное общественно-природное образование / М.А. Саранча // Вестник Удмуртского университета. Серия 6: «Биология. Науки о земле». – 2010. – Выпуск 4. – С. 58–56.

5. Кочуров Б.И. Принципы и методы составления эколого-хозяйственных карт с использованием космофотоматериалов / Б.И. Кочуров, Н.Н. Малахова // География и природные ресурсы. – 1997. – № 1. – С. 145–150.

6. Онищенко В.В. Принципы и перспективы организации интегрированного природопользования в устойчивом развитии Карачаево-Черкесии / В.В. Онищенко, Н.С. Дега, Н.М. Корчагина // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 102–110.

7. Онищенко В.В. Рекреационно-географическая привлекательность Карачаево-Черкесского сегмента шелкового пути // Историко-культурное наследие и продвижение туристских дестинаций на Северном Кавказе: материалы II Международной научно-практической конференции / В.В. Онищенко, Н.С. Дега, Ф.М. Узденова. – 2016. – С. 118–122.

8. Иванкова Т.В. Факторы стабильности населения в горных регионах (на примере Северного Кавказа) / Т.В. Иванкова, П.А. Кипкеева, Ю.Я. Потапенко // Успехи современного естествознания. 2016. – № 8. – С. 178–182. DOI: 10.17513/use.36100.

9. Кипкеева П.А. Геоэкологическая ситуация в пределах днища долины реки Теберды (Северный Кавказ) / П.А. Кипкеева, Ю.Я. Потапенко // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 108–112.

10. Энциклопедия социологии / Составитель: А. Антинази, 2009 // Интернет-портал «Словари и энциклопедии на Академике». URL: https:// dic.academic.ru/dic.nsf/socio/3325/РАЙОНИРОВАНИЕ (дата обращения: 28.06.2018).

11. Зорин И.В. Энциклопедия туризма / И.В. Зорин, В.А. Квартальнов. – М., 2000. – 364 с.

12. Преображенский В.С. Поиск в географии / В.С. Преображенский. – М.: Просвещение, 1986. – 224 с.

13. Иванкова Т.В. Ландшафтные структуры горных бассейновых систем Северного Приэльбрусья как основа оптимизации природопользования / Т.В. Иванкова, П.А. Кипкеева // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2016. – № 3. – С. 23–28.

14. Потапенко Ю.Я. Влияние структуры речных бассейнов на развитие общественно-территориальных систем (на примере Приэльбрусья) / Ю.Я. Потапенко, П.А. Кипкеева // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2016. – № 10(1). – С. 104–110.

References

1. Metodicheskie ukazaniya po xarakteristike prirodny`x uslovij rekreacionnogo rajona / B.C. Preobrazhenskij [i dr.] // Geograficheskie problemy` organizacii turizma i otdy`xa. Vy`p. 1. – M.: Turist, 1975. – P. 50–111.

2. Baxvalov F.V. Metodika turistsko-rekreacionnogo rajonirovaniya Karel`skogo pereshejka / F.V. Baxvalov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya. – 2009. – № 2. – P. 74–82.

3. Dryaev M.R. Turistsko-rekreacionnoe rajonirovanie RSO-Alaniya / M.R. Dryaev, G.A. Tuaev, M.A. Gobeev // Kurortno-rekreacionny`j kompleks v sisteme regional`nogo razvitiya: innovacionny`e podxody`. – 2013. – T. 1. – P. 131–133.

4. Sarancha M.A. Territorial`naya turistsko-rekreacionnaya sistema kak kompleksnoe obshhestvenno-prirodnoe obrazovanie / M.A. Sarancha // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya 6: «Biologiya. Nauki o zemle». – 2010. – Vy`pusk 4. – P. 58–56.

5. Kochurov B.I. Principy` i metody` sostavleniya e`kologo-xozyajstvenny`x kart s ispol`zovaniem kosmofotomaterialov / B.I. Kochurov, N.N. Malaxova // Geografiya i prirodny`e resursy`. – 1997. – № 1. – P. 145–150.

6. Onishhenko V.V. Principy` i perspektivy` organizacii integrirovannogo prirodopol`zovaniya v ustojchivom razvitii Karachaevo-Cherkesii / V.V. Onishhenko, N.S. Dega, N.M. Korchagina // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvenny`e i tochny`e nauki. – 2017. – T. 11, № 2. – P. 102–110.

7. Onishhenko V.V. Rekreacionno-geograficheskaya privlekatel`nost` Karachaevo-Cherkesskogo segmenta shelkovogo puti // Istoriko-kul`turnoe nasledie i prodvizhenie turistskix destinacij na Severnom Kavkaze: materialy` II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii / V.V. Onishhenko, N.S. Dega, F.M. Uzdenova. – 2016. – P. 118–122.

8. Ivankova T.V. Faktory` stabil`nosti naseleniya v gorny`x regionax (na primere Severnogo Kavkaza) / T.V. Ivankova, P.A. Kipkeeva, Yu.Ya. Potapenko // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. – № 8. – P. 178–182. DOI: 10.17513/use.36100.

9. Kipkeeva P.A. Geoe`kologicheskaya situaciya v predelax dnishha doliny` reki Teberdy` (Severny`j Kavkaz) / P.A. Kipkeeva, Yu.Ya. Potapenko // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvenny`e i tochny`e nauki. – 2016. – T. 10, № 3. – P. 108–112.

10. E`nciklopediya sociologii / Sostavitel`: A. Antinazi, 2009 // Internet-portal «Slovari i e`nciklopedii na Akademike». URL: https:// dic.academic.ru/dic.nsf/socio/3325/RAJONIROVANIE (data obrashheniya: 28.06.2018).

11. Zorin I.V. E`nciklopediya turizma / I.V. Zorin, V.A. Kvartal`nov. – M., 2000. – 364 p.

12. Preobrazhenskij B.C. Poisk v geografii / B.C. Preobrazhenskij. – M.: Prosveshhenie, 1986. – 224 p.

13. Ivankova T.V. Landshaftny`e struktury` gorny`x bassejnovy`x sistem Severnogo Prie`l`brus`ya kak osnova optimizacii prirodopol`zovaniya / T.V. Ivankova, P.A. Kipkeeva // E`kologicheskij vestnik nauchny`x centrov Chernomorskogo e`konomicheskogo sotrudnichestva. – 2016. – № 3. – P. 23–28.

14. Potapenko Yu.Ya. Vliyanie struktury` rechny`x bassejnov na razvitie obshhestvenno-territorial`ny`x sistem (na primere Prie`l`brus`ya) / Yu.Ya. Potapenko, P.A. Kipkeeva // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvenny`e i tochny`e nauki. – 2016. – № 10(1). – P. 104–110.

УДК 528.9:911.2

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТНО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Кузнецова Т.И.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru

В рамках создания базового хранилища цифровой картографической информации о состоянии географической среды регионов Сибири и сопредельных территорий разработаны теоретико-методические основы, структура и тематическое содержание ландшафтно-картографического модуля. Его назначением является информационное обеспечение региональных программ геоэкологического анализа. На примере Байкальского региона представлена совокупность методов модификации, согласования и структурирования междисциплинарной географической информации о природной среде в единый тематический блок на основе теории геосистем и с учетом применения возможностей современных ГИС-технологий. В рамках полисистемной средовой концепции, используемой для модификации географической информации, сформулировано содержание объекта исследования, согласно которому геосистемы рассматриваются как территориальная совокупность экологической (природной) среды, среды обитания человека как биологического вида и ресурсной среды как базы его жизнедеятельности. Такой подход обеспечил многоаспектный и многоуровневый геосистемный анализ природной среды исследуемого региона и перевод полученной информации в индикационные геоэкологические зависимости. На примере Байкальского региона, включающего территории суверенных государств России и Монголии, разработаны структура и содержание, а также последовательность создания геосистемного геоэкологического модуля цифровой картографической информации. В структурном плане он представляет собой совокупность единой базовой территориальной картографической основы и систему пространственных тематических данных геосистемного геоэкологического содержания. Благодаря своей целостности и содержанию данный тематический модуль обеспечит информацией переход от функционального оценочного этапа исследования региона к прогнозу развития геоэкологических ситуаций. Исходную информационную тематическую базу исследования составили фундаментальные картографические произведения Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и Института географии и геоэкологии АН Монголии.

Ключевые слова: Байкальский регион, геосистемный анализ, геоэкологическая индикация, картографическая информация, структура, модификация

PROJECT OF CREATING A LANDSCAPE-CARTOGRAPHIC DIGITAL INFORMATION MODULE IN THE BAIKAL REGION

Kuznetsova T.I.

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

In the framework of the creation of a basic repository of digital cartographic information on the state of the geographical environment of the regions of Siberia and adjacent territories, theoretical and methodological foundations, the structure and thematic content of the landscape-cartographic module were developed. Its purpose is the dataware for the regional programs of geoecological analysis. As exemplified by the Baikal region a set of methods for modifying, harmonizing and structuring interdisciplinary geographical information about the natural environment into a single thematic cluster based on the theory of geosystems and taking into account the application of the capabilities of modern GIS technologies is presented. In the context of the polysystem environmental concept used to modify geographic information, the content of the research object is formulated, whereby geosystems are considered as a territorial aggregate of the ecological (natural) environment, human habitat as a biological species and the resource environment as the basis of vital activity. This approach has provided a multidimensional and multilevel geosystem analysis of the natural environment of the region under investigation and the transfer of the obtained information into indicative geoecological dependencies. As exemplified by the Baikal region, which includes the territories of sovereign states of Russia and Mongolia, the structure and content, as well as the sequence of creation of a geosystem geoecological module of digital cartographic information, were developed. In the structural plan, it is a combination of a single basic territorial cartographic basis and a system of spatial thematic geosystemic and geoecological data. Due to its integrity and content, this thematic module will provide information from the functional assessment stage of the region's research to the forecast of the geoecological situation development. The initial thematic base of the research is made up of fundamental cartographic works of the V.B. Sochava Institute of Geography, SB RAS and the Institute of Geography and Geoecology, Academy of Sciences of Mongolia.

Keywords: Baikal region, geosystem analysis, geoecological indication, cartographic information, structure, modification

Базовое хранилище цифровой картографической информации о состоянии географической среды регионов Сибири и сопредельных территорий разрабатывается для справочно-информационного обеспечения региональных программ геоэкологического анализа, дающего представление о природных возможностях территории и о перспективах ее рационального использования. Задачи, касающиеся выработки стратегии освоения природной среды крупных регионов и географического прогноза его последствий, требуют создания специализированных электронных ландшафтных карт комплексного геосистемного содержания. При этом большая роль отводится не только ландшафтным картам общенаучного, но и прикладного экологического содержания. В этом плане цифровое ландшафтное картографирование предоставляет возможность построения систем географических знаний о природной среде в виде электронных те-

матических модулей – программно-целевых блоков геоинформационных систем, созданных на единой (инвариантной) территориальной основе, каждый выдел которой представляет собой ячейку сосредоточения самой разнообразной географической информации по региону, обеспечивая ее сопряженность и сопоставимость [1].

Мелкомасштабное электронное ландшафтное картографирование Байкальского региона является, на наш взгляд, целесообразным и актуальным для информационного обеспечения межгосударственного, регионального или подчиненного ему местного административного управления экологически сбалансированным развитием единой территориальной системы. Несмотря на достаточно высокую степень изученности закономерностей природной среды этого региона, по-прежнему ощущается дефицит специализированной цифровой информации, обусловленный не столько недостатком первичных данных о территории, сколько трудностями их сопоставления и анализа [2]. Разрабатываемый блок информации рассматривается как базисный: он определяет системные отношения компонентов природной среды и является основой исследования пространственно-временной организации геосистем регионального порядка, их устойчивости, изменчивости, использования и охраны.

Целью работы было создание теоретико-методических основ структурирования, модификации и интеграции географической информации в единый ландшафтно-картографический цифровой модуль, обеспечивающий возможность автоматизированного анализа и интерпретации специального содержания всех его тематических слоев с целью создания электронных карт геосистемного геоэкологического содержания как оперативного инструмента информационной поддержки управления территориями.

Материалы и методы исследования

Исходную научную основу работы составляют картографические материалы, созданные сотрудниками Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и Института географии и геоэкологии АН Монголии, которые посредством совокупности географических методов переводятся в конструктивную форму реализации практических задач геоэкологической оценки использования и охраны природной среды. По своей сути, ландшафтно-картографический модуль цифровой информации, тематические слои которого объединены общим программно-целевым замыслом и созданы на основе единой геосистемной классификации, являются систематизированным целостным произведением и сохраняют все свойства серий традиционных ландшафтных карт.

В теоретико-методологическом плане специфика данной работы заключается в дальнейшем развитии программно-целевого комплексного геоэкологического картографирования, как основного варианта территориального синтеза междисциплинарной географической информации о природной среде и ее использовании. Объектом исследования в данном случае выступают геосистемы (геоэкосистемы), или геоэкологические пространства, которые представляются «как системное единство среды обитания, среды жизнедеятельности и среды жизнеобеспечения человека в самом широком смысле слова» [3, с. 5]. Подобное полисистемное содержание исследуемого объекта отличается от таковых в покомпонентных исследованиях природной среды.

Важным этапом в комплексной программе цифрового картографирования является подготовка объективной и доступной информации об объекте исследования в соединении природных, экологических и природоохранных компонентов. В этом плане программа создания ландшафтно-картографического модуля цифровой информации Байкальского региона отражает собой многоступенчатую систему подходов к решению проблемы и включает: 1 – сбор информации; 2 – инвентаризацию существующей географической ситуации; 3 – ее оценку; 4 – прогноз изменения ситуации в результате внешнего воздействия; 5 – разработку рекомендаций по охране окружающей среды (табл. 1).

Решение поставленных задач основывается на многоаспектном и многоуровневом геосистемном анализе природной среды исследуемого региона и последующем переводе полученной информации в индикационные геоэкологические зависимости посредством использования разработанных заранее геосистемных признаков-индикаторов состояния и условий природной среды [2]. Карты оценочного, прогнозного и рекомендательного содержания разрабатываются на основе данных иерархического, регионально-типологического, динамического, функционального и ценностного геосистемного анализа с использованием совокупности методов информационного картографического мониторинга: анализа, синтеза, сравнения, оценки, умозаключения, прогнозирования [4].

Таблица 1

Проект ландшафтно-картографического модуля цифровой информации

Концепция создания ландшафтно-картографического модуля: Геосистемная геоэкологическая		
Цель: Информационное обеспечение регионального геоэкологического анализа	Задачи: Разработка концепции, структуры и содержания карт тематического модуля	
Уровни картографирования: Региональный		
Объект исследования: Геосистема – среда	Научный подход: Конструктивный	
Этапы и шаги исследования		
Разработка инвентаризационной ландшафтной карты геоэкологического содержания		
Процедуры и методы		Фондовые материалы
Формирование банка данных. Выбор и декомпозиция общенаучной ландшафтной карты. Масштабная интеграция и редукция информации. Создание специализированной классификации геосистем и легенды карты. Создание базовой карты геосистем геоэкологического содержания и ее электронной версии	Инвентаризация. Геосистемный анализ. Классификация. Структурно-функциональная модификация информации	Ландшафты (Атлас …, 2004), Эколого-ландшафтно-геохимическое районирование (Атлас …, 2004), Ландшафты бассейна оз. Байкал (Батуев, Лопаткин, 2008), Природные ландшафты Байкальского региона и их использование (Кузнецова и др., 2009), серии карт «Ландшафтная среда бассейна оз. Байкал» (Экологический …, 2015), Растительность, Ландшафты, Природное районирование, Климатическое районирование, Агроклиматические ресурсы (Национальный атлас…, 1990)
Разработка интерпретационных оценочных карт		
Процедуры и методы		Производные оценочные карты
Разработка оценочных критериев экологических условий и состояния геосистем. Разработка геосистемных признаков-индикаторов устойчивости, чувствительности, экологического потенциала геосистем	Территориальный анализ Геосистемная индикация Обобщение, пространственная группировка и комплексирование информации Целевое зонирование территории	Биологическая продуктивность растительности геосистем. Саморегулирование геосистем. Устойчивость геосистем. Чувствительность геосистем. Экологические функции геосистем. Надежность и безопасность функционирования. Экологический потенциал геосистем. Экологически благоприятные режимы использования
Разработка производных прогнозных карт		
Процедуры и методы		Производные прогнозные карты
Масштабная редукция информации. Разработка вариативных моделей геосистем на разных этапах использования	Пространственно-временная модификация, вариативный и инвариантный анализ информации	Изменчивость, возможные изменения геосистем и природные экологические риски
Разработка карт поддержки принятия решений		
Процедуры и методы		Производные рекомендательные карты
Разработка основных направлений действий и приоритетных мероприятий по использованию и охране геосистем в соответствии с регламентом функциональных и экологических зон	Логико-ситуационный анализ	Рекомендуемые режимы природопользования. Приоритетные природоохранные мероприятия. Возможные реакции на предлагаемый набор мероприятий

В целях успешной практической реализации проекта по созданию тематических модулей цифровой информации был определен ряд основных требований к программному обеспечению: 1 – программный пакет должен быть популярным и доступным, что обеспечивает широкий круг потребителей конечной продукции; 2 – конечный программный продукт должен учитывать целый комплекс возможностей потребителя (приспособленность к любым существующим персональным компьютерам, приобретение его должно быть, с одной стороны, экономически реальным, а с другой, выгодным, должен обеспечивать вывод данных в любой, удобной для потребителя форме и др.); 3 – обеспечивать своевременное обновление базы данных [5].

Выбор программного обеспечения определялся стоимостью как самого программного обеспечения, так и его технического обслуживания, а также квалификацией и навыками сотрудников. Программное обеспечение работает в среде Microsoft Windows (Windows 9x, Windows-NT). Создание цифрового модуля программного обеспечения планируется с использованием комплекта продукции *MapInfo Corporation*, включающего *MapInfo Professional v.5.0* и *MapBasic v.4.1* (язык программирования), представляющий один из стандартов настольных систем, а также *ArcView v.3x* фирмы ESRI, который является вторым стандартом настольных систем.

Результаты исследования и их обсуждение

Определены основные этапы практического создания ландшафтно-картографического модуля цифровой информации Байкальского региона: 1 – сбор информации и формирование базы тематических данных для разработки содержания ландшафтно-картографического модуля; 2 – создание единой базовой территориальной картографической основы и системы производных интерпретационных пространственных тематических слоев геосистемного геоэкологического содержания; 3 – оцифровка базовой карты и тематических слоев информационно-картографического модуля; 4 – создание проектов в среде ArcView (или рабочих наборов в MapInfo Professional); 5 – компоновка карт ландшафтно-картографического модуля с учетом общей программы создания базового хранилища цифровой картографической информации о состоянии географической среды регионов Сибири и сопредельных территорий.

Целостность тематических слоев ландшафтно-картографического модуля обеспечивали следующие требования к материалу: 1 – целесообразный выбор и ограничение числа используемых проекций и масштабов карт; 2 – простые соотношения или кратность масштабов карт; общность географических основ карт; 3 – согласованность легенд различных карт в отношении показателей и детальности; 4 – единство установок генерализации для всех карт; 5 – взаимосвязанность способов изображения; 6 – приуроченность содержания разных карт к определенным датам; 7 – учет взаимосвязей между явлениями, изображаемыми на разных картах [1].

В процессе исследования разработана структура ландшафтно-картографического модуля цифровой информации Байкальского региона. Его базисом является единая территориальная картографическая основа, которая создается с использованием общенаучной ландшафтной карты, разработанной на геосистемных принципах академика В.Б. Сочавы [6, с. 48]. Ее легенда является неизбежно громоздкой и изобилует специальной терминологией. Далее на основе базовой карты посредством многоступенчатого анализа множества геосистемных характеристик, последующей модификации и интерпретации тематических данных создается система производных карт экологического содержания (рисунок).

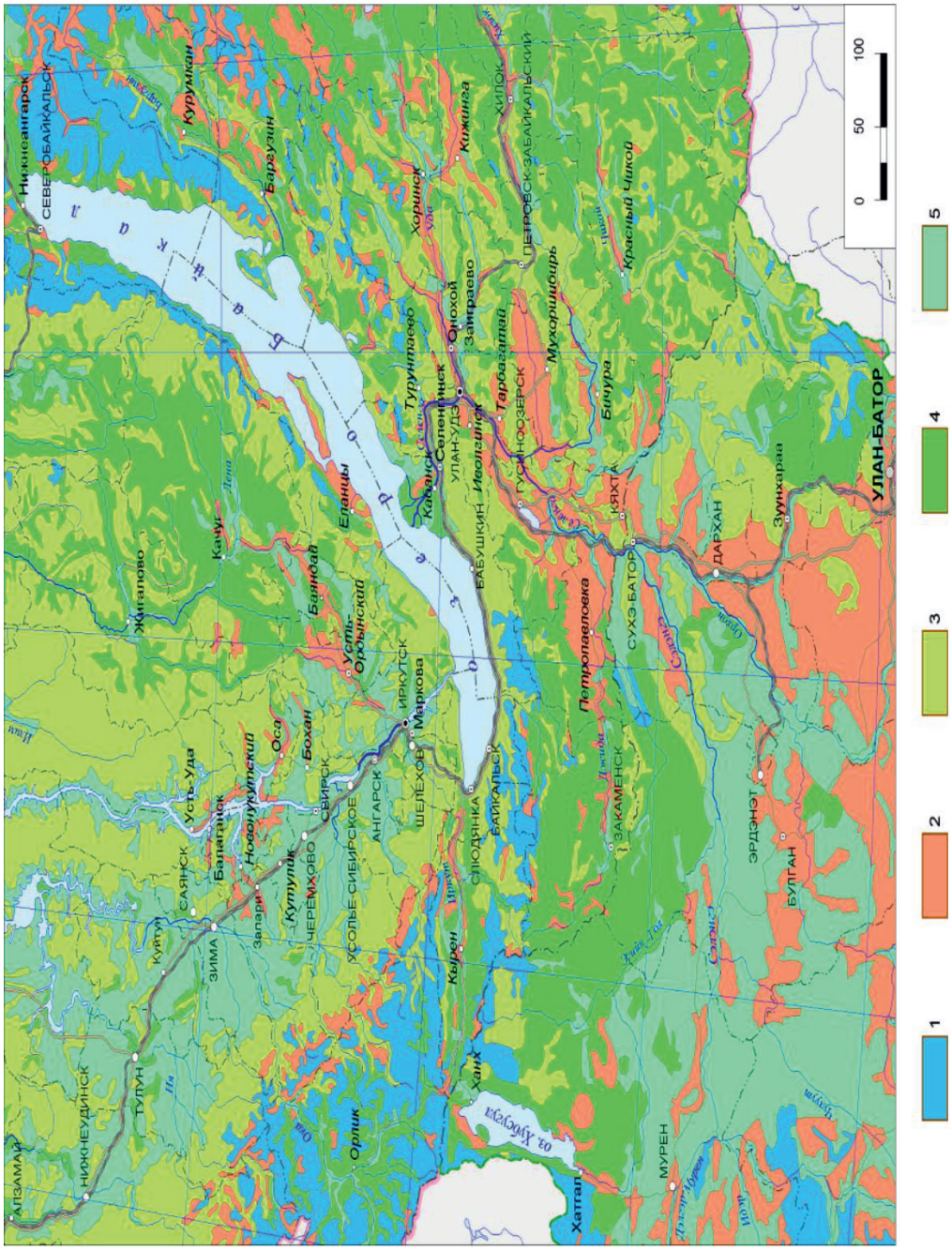
Качественная экологическая оценка условий, состояния и возможного изменения природной среды Байкальского региона проводилась с использованием признаков-индикаторов, разработанных на основе концепции о стабилизирующей динамике геосистем. Согласно этой концепции, «при естественном стремлении геосистем к изменению структуры в процессе самоорганизации всегда существует стабилизирующее их начало, способствующее сохранению структуры геосистем во времени, несмотря на многочисленные воздействия… Саморегулирование геосистем наиболее действенно в оптимальных условиях тепла и влаги» [7, с. 72]. Для этого использовалась следующая схема:

1) исследуется структура и организация геосистем определенной размерности,

2) устанавливается их функциональный тип, гидротермические характеристики местоположений, биологическая продуктивность растительности,

3) определяется относительная степень саморегулирования геосистем,

4) проводится качественная оценка устойчивости / чувствительности, экологического потенциала геосистем,



Фрагмент производной интерпретационной территориальной картографической основы Байкальского региона. (Подписи к рисунку в табл. 2).
Электронная версия фрагмента карты выполнена к.г.н. Д.А. Лопаткиным

Таблица 2

Система тематических данных геосистемного экологического содержания

Ландшафтные структуры. Интенсивность саморегулирования	Биологическая продуктивность	Экологический потенциал	Чувствительность	Функции и режимы
Наиболее неблагоприятные, риск I категории				
1. Гольцовые и подгольцовые минимальной интенсивности саморегулирования	Очень низкая	Очень низкий	Очень высокая	1, а *
Неблагоприятные, риск II категории				
2. Горнотаежные и таежные редуцированной интенсивности саморегулирования	Низкая	Низкий	Высокая	2, а, б, в, г, **
Средние, риск III категории				
3. Горнотаежные и таежные ограниченной интенсивности саморегулирования	Средняя	Средний	Средняя	3, а, б, в, г, ***
Благоприятные, риск IV категории				
4. Горнотаежные и подтаежные оптимальной интенсивности саморегулирования	Высокая	Высокий	Низкая	3, а, б, в, г, ****
Наиболее благоприятные, риск V категории				
5. Лесостепные, лугово-степные наиболее оптимальной интенсивности саморегулирования	Очень высокая	Очень высокий	Очень низкая	3, б, в, г *****

Примечание. Ландшафтно-экологические функции: 1 – средоформирующая, 2 – средостабилизирующая, 3 – средозащитная. Хозяйственные функции: а – лесохозяйственные и рекреационные, б – сельскохозяйственные, в – селитебные, г – промышленные. Режимы использования: * – строго защитный, ** – защитный, *** – защитно-эксплуатационный, **** – эксплуатационно-защитный, ***** – эксплуатационный с выделением природоохранных зон.

5) устанавливаются экологические и хозяйственные функции геосистем и характер воздействия,

6) разрабатываются оптимальные режимы использования геосистем (табл. 2).

Каждый этап исследования геосистем завершается созданием определенного класса электронных карт геосистемного геоэкологического содержания: констатационных, или инвентаризационных; оценочных; прогнозных; рекомендательных (табл. 1). Инвентаризационные карты, созданные на основе теории геосистем и методологии конструктивного подхода, усовершенствованных соответственно задачам мелкомасштабного электронного картографирования, отображают, с одной стороны, текущее состояние геосистем, как природных объектов, а с другой, комплекс условий, определяющих или лимитирующих особенности жизнедеятельности людей. На базе данных констатационной карты разрабатываются производные интерпретационные карты оценочного, прогнозного и рекомендательного содержания.

В качестве примера приводится производная классификация, которая упрощается в результате формализации посредством группировки геосистем по сходству основных классификационных признаков (табл. 2). Представленные на карте (рисунок) обобщенные подразделения геосистем являются результатом интеграции геомов как близких по материально-энергетическому обмену, структурным и динамическим особенностям, а также биологической продуктивности растительного компонента структур. Относительная оценка интенсивности саморегулирования геосистем определялась на основе характеристик «интегральной интенсивности функционирования геосистем, отражающей в том числе относительную биологическую продуктивность растительности» [6, с. 69].

Экологический потенциал (ЭП) является интегральной характеристикой условий природной среды, индицирующей в том числе степень ее комфортности для жизнедеятельности человека как биологического вида. В качестве индикаторов ЭП использованы гидротермические характеристики местоположений геосистем, биологическая продуктивность, чувствительность геосистем к внешнему воздействию.

В зависимости от значений интегральной интенсивности функционирования (редуцированного, ограниченного, оптимального развития) определялась интенсивность саморегулирования и относительные показатели устойчивости (инерционной, резистентной, адаптивной) геосистем. Характеристики ландшафтно-экологических

и хозяйственных функций геосистем были получены из ранее опубликованных фондовых источников (табл. 1) посредством редукции картографической информации.

Заключение

Разработана структура системного по методологии, геоэкологического по содержанию и геоинформационного по технологии картографирования Байкальского региона, которая позволит представить систему географических знаний о природной среде в виде модуля цифровой картографической информации как единой системы картографического обеспечения в рамках единого геоинформационного пространства. Основным свойством цифрового модуля будет обеспечение автоматизированного сопряженного пространственного-временного анализа структуры, условий и состояния природной среды Байкальского региона, а также прогнозирование возможного их изменения. Существующая перспектива постоянно дополнять и обновлять базу тематических данных будет способствовать превращению его в оперативный инструмент информационной поддержки управления крупными территориями.

Исследование выполнено в рамках тем Плана НИР Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН «Геоинформационное картографирование и математическое моделирование географической среды в условиях глобализации и воздействия на природные и социально-экономические процессы в Сибири и на сопредельных территориях» (№ 0347-2016-0004).

Список литературы

1. Коновалова Н.В. Возможности применения геоинформационных технологий при создании атласных систем регионов / Н.В. Коновалова // Геодезия и картография. – 2013. – № 1. – С. 38–43.

2. Кузнецова Т.И. Основы геоинформационного картографирования развития геоэкологических ситуаций Байкальского региона / Т.И. Кузнецова // Геодезия и картография. – 2010. – № 8. – С. 24–32.

3. Козин В.В. Средовой подход в ландшафтной экологии / В.В. Козин // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2009. – № 3 – С. 4–8.

4. Булаева Н.М. Информационная система мониторинга и комплексной экологической оценки природной среды регионов (на примере Иркутской области) / Н.М. Булаева, Е.А. Мусихина, О.С. Михайлова // Геоинформатика. – 2015. – № 1. – С. 9–14.

5. Электронное атласное картографирование для обеспечения устойчивого развития регионов Сибири / В.А. Снытко [и др.] // География и природные ресурсы. – 2003. – № 3. – С. 16–26.

6. Экологический атлас бассейна оз. Байкал / ред. А.К. Тулохонов, В.М. Плюснин, С.В. Куделя. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 145 с.

7. Коновалова Т.И. Самоорганизация геосистем юга Средней Сибири / Т.И. Коновалова. – Новосибирск: Акад. Изд-во «ГЕО», 2012. – 148 с.

References

1. Konovalova N.V. Vozmozhnosti primeneniya geoinformacionny`x texnologij pri sozdanii atlasny`x sistem regionov / N.V. Konovalova // Geodeziya i kartografiya. – 2013. – № 1. – P. 38–43.

2. Kuzneczova T.I. Osnovy` geoinformacionnogo kartografirovaniya razvitiya geoe`kologicheskix situacij Bajkal`skogo regiona / T.I. Kuzneczova // Geodeziya i kartografiya. – 2010. – № 8. – P. 24–32.

3. Kozin V.V. Sredovoj podxod v landshaftnoj e`kologii / V.V. Kozin // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. E`kologiya i prirodopol`zovanie. – 2009. – № 3 – P. 4–8.

4. Bulaeva N.M. Informacionnaya sistema monitoringa i kompleksnoj e`kologicheskoj ocenki prirodnoj sredy` regionov (na primere Irkutskoj oblasti) / N.M. Bulaeva, E.A. Musixina, O.S. Mixajlova // Geoinformatika. – 2015. – № 1. – P. 9–14.

5. E`lektronnoe atlasnoe kartografirovanie dlya obespecheniya ustojchivogo razvitiya regionov Sibiri / V.A. Sny`tko [i dr.] // Geografiya i prirodny`e resursy`. – 2003. – № 3. – P. 16–26.

6. E`kologicheskij atlas bassejna oz. Bajkal / red. A.K. Tuloxonov, V.M. Plyusnin, S.V. Kudelya. – Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy` SO RAN, 2015. – 145 p.

7. Konovalova T.I. Samoorganizaciya geosistem yuga Srednej Sibiri / T.I. Konovalova. – Novosibirsk: Akad. Izd-vo «GEO», 2012. – 148 p.

УДК 551.466.62:551.89 (571.63)

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ИСТОРИЧЕСКИМ ЦУНАМИ И ПАЛЕОЦУНАМИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ВОСТОЧНОГО ПРИМОРЬЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Лебедев И.И.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: ilya.lebedev.1994@bk.ru

Катастрофические процессы в береговой зоне, такие как цунами, являются одним из главных факторов, лимитирующих прибрежно-морское природопользование в восточной части Приморского края. Однако сложно идентифицировать повторяемость таких явлений в пространственном отношении. Данная работа посвящена анализу материалов по историческим и палеоцунами на берегу восточного Приморья с целью ведения рационального природопользования. Выделено несколько типов природопользования в данном регионе: рекреационное, селитебное, коммуникационное, промышленно-производственное. Были определены бухты, в которых береговое природопользование является наиболее развитым. Проанализирована повторяемость и состав материала современных и голоценовых цунами в этих бухтах. Использованы материалы полевого обследования осадков современных и палеоцунами за 2014–2017 гг., данные диатомового и радиоуглеродного анализов. В основу работы положено построение картосхем максимальных заплесков исторических и палеоцунами. Исследование показало, что в некоторых бухтах были выражены лишь современные катастрофические явления. Больше всего разновозрастных отложений цунами и палеоцунами было выявлено в бух. Кит и бух. Лангоу 1. Во многих местах, где заплески цунами были наиболее высокими, осадков цунами почти не было обнаружено по причине частого затопления побережья этих бухт во время наводнений. Наибольший ущерб во время последних цунами (1983, 1993 гг.) нанесен хозяйствам марикультуры, портовым сооружениям. Основные базы отдыха в рассматриваемом районе расположены в бух. Триозерье и Окуневая, где заплеск цунами был очень значительным. Наиболее уязвимым видом природопользования в данном регионе является рекреационное, в связи с тем, что достаточно сложно контролировать прибывающих «диких туристов».

Ключевые слова: исторические цунами, палеоцунами, береговая зона, прибрежно-морское природопользование

ANALYZING DATA ABOUT HISTORICAL TSUNAMI AND PALEOTSUNAMI IN EASTERN PRIMORYE COAST FOR AIMS OF NATURE MANAGEMENT

Lebedev I.I.

Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: ilya.lebedev.1994@bk.ru

Catastrophic processes in coastal zone, such as tsunami, are appeared as one of the main factors that limit coastal and marine natural resources management in eastern part of Primorsky krai. However, it hardly identify frequency these events in spatial scale. The article is concerned of the analysis data about historical tsunami and paleotsunami in Eastern Primorye coast with aim of realize of rational use of natural resources. It is educed several types of nature management in that region: recreational, residential, communication, industrial. It is determined the bays, which have the most advanced nature use. It is analyzed frequency and composition of modern and Holocene tsunami material. It is used data of modern and historical deposits received during field observations in 2014-2017, radiocarbon and diatom data. The article is based on contour maps construction of historical tsunami and paleotsunami maximum run up. It is shown that in several bays were express only modern catastrophic events. The most quantity of heterochronus deposits of historical tsunami and paleotsunami were determined in Kit Bay and Langou 1 Bay. In many places, where tsunami run up were highest, tsunami deposits weren't found, due to the frequent flooding of these bays during floods. The most damage, in time of latest tsunami (1983, 1993), were undamaged to mariculture farms, harbor facilities. The main tourist camps are located in Triozerye Bay and Okunevaya Bay, where tsunami run up was very vast. The most vulnerable type of natural management in that region is recreational, as hardly to control incoming «wildlife» tourists.

Keywords: historical tsunami, paleotsunami, coastal zone, coastal and marine nature management

Побережье Приморского края представляет собой арену взаимодействия большого количества экстремальных природных процессов. Одно из наиболее опасных из них – цунами. На побережье Приморского края и, в частности, Восточного Приморья цунами достаточно редкое событие. Было всего несколько проявлений таких процессов в XX в. (1907, 1940, 1964, 1971, 1983, 1993 гг.). Наиболее известными событиями являются последние два случая, после которых были выполнены обследования береговой зоны с описанием проявления цунами, замерами заплесков и оценкой ущерба [1–4]. Именно эти цунами оставили отложения в разрезах почв и торфяников [5]. Не стоит забывать, что исторические события, как и палеоцунами, оказали сильное влияние на строение прибрежных низменностей Восточного Приморья, что было показано на примере цунами 1983, 1993 гг. [6]. Природопользование восточной части Приморского края является достаточно уязвимым звеном при возможном воздействии катастрофических природных процессов, таких как цунами, по причине того, что большая часть

инфраструктуры располагается именно на побережье. Можно выделить несколько типов прибрежно-морского природопользования в данном районе: рекреационное, селитебное, коммуникационное, промышленно-производственное [7]. Целью статьи является анализ данных по проявлению исторических и палеоцунами как фактора, который следует учитывать при развитии природопользования на побережье Восточного Приморья. В основу работы положено построение картосхем максимальных заплесков исторических и палеоцунами для оценки возможного влияния цунами на природопользование на побережье Восточного Приморья. Схемы составлялись для бухт, в которых есть береговая инфраструктура. Были использованы материалы полевого обследования осадков современных и палеоцунами за 2014–2017 гг., данные диатомового и радиоуглеродного анализов.

Результаты исследования и их обсуждение

Ниже рассмотрено возможное влияние цунами на современное природопользование в бухтах восточной части Приморского края, сделанное на основе данных по замерам заплесков волн 1983, 1993 гг. и данным по распределению отложений палеоцунами.

Бухта Удобная. Вдается в берег между мысом Благодатный и мысом Северный. Берега бухты по бортам абразионные и абразионно-денудационные, в вершине хорошо выражена позднеплейстоценовая морская терраса (высотой до 8–10 м), берег вершины бухты около протоки из оз. Благодати низкий. Современные цунами в бухте имели высоты заплесков до 0,85 м (цунами 1983 г.) [3, 4]. На берегу озера Благодати в 500 м от моря и в 12–38 м от уреза озера найден слой крупно-среднезернистого песка (мощностью до 5 см), вероятно образованный цунами 1983 г. Осадок хорошо выражен в разрезе, имеет покровное залегание. Сортировка материала умеренная, осадок содержит примесь гравия (до 18 %) и мелкозернистого песка (до 30 %), а также характеризуется бимодальными гранулометрическими кривыми распределения. Волна цунами захватывала осадок со дна озера-лагуны, а грубый материал – с пляжа [5]. Территория имеет большое рекреационное значение, в связи с нахождением вблизи аттрактивного озера Благодати. Бухта входит в Сихотэ-Алинский государственный биосферный заповедник, по террасе и берегу озера проложена экологическая тропа, посещаемая туристами. Разрешен и выход на берег, где отдыхает население пос. Терней. При цунами опасной зоной являются пляж, низкий морской берег и берег озера около протоки (рис. 1, А).

Бухта Пластун. Вдается в западный берег залива Рында между мысом Якубовского и мысом Асташева. Южный берег бухты по большей части возвышенный, скалистый, местами прорезан долинами временных водотоков. Северный берег бухты возвышенный, причем западная его часть довольно пологая. Здесь располагается пос. Пластун (на высоте от 5 до 100 м). Цунами 1993 г. проявилось в виде быстрых приливов и отливов, колебание уровня было не более 1,3 м [2]. Обследование торфяников проводилось в вершине бухты, где заболочены низкая морская терраса и приустьевая часть руч. Осинового. Мощность торфяников на расстоянии 105–130 м от береговой линии не превышает 1 м. Прослои песка не обнаружены [5]. В бухте функционирует порт, специализирующийся на экспорте леса, нефтебаза ОАО «Тернейлес». Бухта является относительно безопасной при цунами. Исключение составляет узкая полоса берега в вершине бухты. При проявлении более сильных цунами, которых нельзя исключать, хотя следы их в разрезах береговой низменности не выявлены, в цунамиопасную зону может попасть пляж, низкая терраса около приустьевой лагуны в вершине бухты, которая не застроена, и, возможно, часть территории порта (рис. 1, Б).

Бухта Озера. Берег южной части бухты, примыкающий к входному мысу, абразионный и окаймлен кекурами. Берег в вершине бухты и северной части бухты низкий и песчаный. Здесь, за песчаными барьерными формами, расположено несколько озер лагунного происхождения. Хорошо выраженные прослои песков (мощностью до 15 см) были обнаружены в торфянике, расположенном между штормовым валом и небольшим безымянным озером на побережье к югу от оз. Мраморное. Всего обнаружено до четырех прослоев песка. Цунамигенное происхождение осадков подтверждают данные диатомового анализа. Осадок цунами представлен крупно- и среднезернистым песком с примесью гравия. Осадки штормового вала включают гравий (до 33 %). Цунами захватывало материал с пляжа, штормового вала и верхней части подводного берегового склона. Радиоуглеродное датирование торфа, подстилающего прослои песков (580 ± 80 л.н., 600 ± 50 кал. л.н., ЛУ-7104;

150 ± 90 л.н., ≤200 кал.л.н., ЛУ-7101) показало, что здесь фиксируются следы сильных цунами, произошедших до XX в. За озером песков обнаружено не было, что говорит о том, что дальность заплеска не превышала 100 м. Цунамигенные пески были найдены на южном берегу оз. Духовское. На берегу озера пляж узкий, нет штормовых валов. Вероятно, обнаруженные песчаные слои являются следами последних цунами [8]. Самый мощный осадок оставили современные цунами (1983, 1993 гг.) – почти 0,2 м. Бухта имеет довольно сильную рекреационную нагрузку в летний период. Главными объектами посещения являются Духовские озера (оз. Мраморное и оз. Духовское). В летний период отдыхает множество «диких» туристов. Все отдыхающие могут быть подвержены серьезной угрозе. В цунамиопасную зону попадают пляж, низкие барьерные формы, отделяющие озера от моря, низкие берега озер. Также в опасности находятся некоторые участки автодороги «Рудная Пристань – Терней», проходящие в непосредственной близости от воды (около озера Мраморного) [9] (рис. 1, В). Во время цунами 1993 г. на территории крестьянского хозяйства на западном берегу оз. Духовского были смыты жилой дом, имущество, электростанция и 2,5 га огорода с капустой [2].

Залив Опричник. Входные мысы, западный и восточный берега залива Опричник абразионные и абразионно-денудационные, а северный – низкий (высоты до 10 м), с галечно-валунным пляжем. Высота заплеска цунами 1983 г. равнялась 3 м [4]. Осадков цунами в торфянике в устье р. Опричнинка, находившегося в зоне затопления цунами 1983 и 1993 гг., обнаружено не было, но в разрезе торфяника в 156 м от берега приустьевой лагуны встречены редкие створки морских сублиторальных бентосных диатомей,

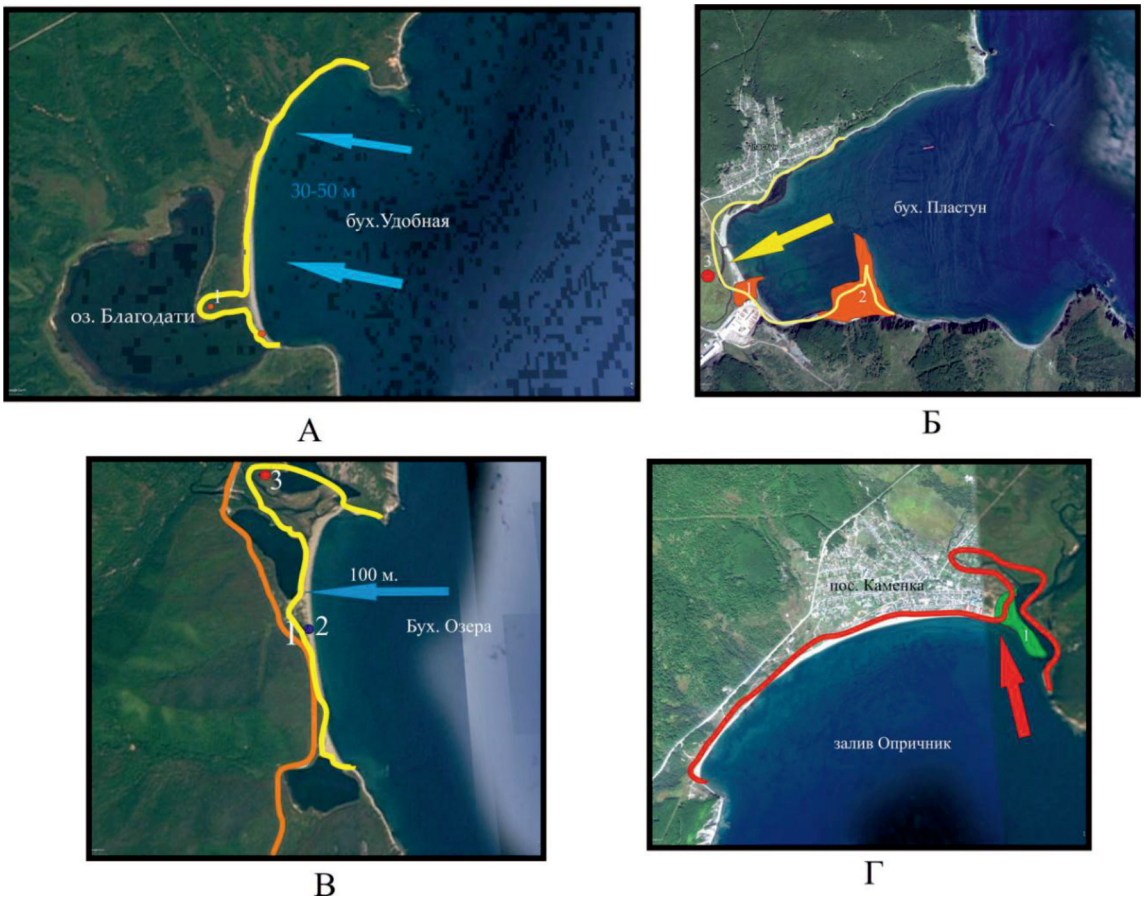


Рис. 1. Граница заплесков цунами в бухтах Удобная, Пластун, Озера и зал. Опричник. А: 1 – местонахождение изученных разрезов; Б: 1 – нефтебаза, 2 – порт, 3 – местоположение изученных разрезов; В: 1 – автодорога Рудная Пристань – Терней, 2 – местоположение точек наблюдений, где зафиксированы следы только палеоцунами, 3 – местоположение точек наблюдений, где зафиксированы следы современных цунами; Г: 1 – местоположение порта и рыбзавода

которые могут свидетельствовать о неоднократном затоплении террасы [8]. На побережье залива располагается поселок Каменка, рыбзавод «Каменский» и порт для малых рыбопромысловых судов. Цунами 1993 г. нанесло большой ущерб пос. Каменка (2 млн руб.) и судам, стоящим в бухте (4 млрд 20 млн руб.) [2]. В цунамиопасную зону попадает низкая приустьевая часть р. Опричнинки, причем затапливаться может протяженная территория вплоть до дороги, пересекающей низкую террасу, и нижняя часть поселка, расположенная на берегу реки. Судя по положению цунамигенных песков в соседней незаселенной бух. Китовое Ребро [8], высота заплеска сильных цунами может превышать 5 м, что намного выше, чем известные цунами конца XX в. (рис. 1, Г).

Бухта Лангоу 1. Бухта представляет собой седиментологическую ловушку, сохранившую наиболее подробную геологическую летопись цунамигенных событий. Здесь, в долине низкопорядкового водотока за штормовым валом, сложенным валунно-галечным материалом, расположена приустьевая лагуна. Следы наиболее древнего цунами, которое произошло около 2100 ± 60 л.н., 2090 ± 80 кал. л.н., ЛУ – 6563, зафиксированы только в одном разрезе 2310. Прослои песков из верхних частей разреза имеют исторический возраст. Здесь обнаружено до четырех прослоев песка (мощностью до 12 см) цунамигенного происхождения, два из них протягиваются вглубь суши на расстояние до 395 м. За последние 600 лет произошли 3–4 события, которые оставили осадки. Под нижним прослоем песка из подстилающего торфа получены ^{14}C 580 ± 40 л.н., 600 ± 40 кал. л.н., ЛУ – 6562, из перекрывающего – 530 ± 50 кал. л.н., ЛУ – 6558. Цунами, которое предположительно произошло в XIX – начале XX века, оставило прослои песка, под которым из торфа получены ^{14}C-даты 170 ± 60 л.н. (≤ 200 кал. л.н.), ЛУ – 6561; 120 ± 60 л.н. (≤ 200 кал. л.н.), ЛУ – 6887 [8]. Наиболее сильные цунами имеют исторический возраст. Состав материала отличается от песков, встречающихся пятнами на валунно-галечном пляже, и песчаного заполнителя штормового вала. Основная поставка материала шла с подводного берегового склона [5]. Бухта является популярным местом «дикого отдыха». Опасным с точки зрения цунами являются пляж и терраса (рис. 2, А).

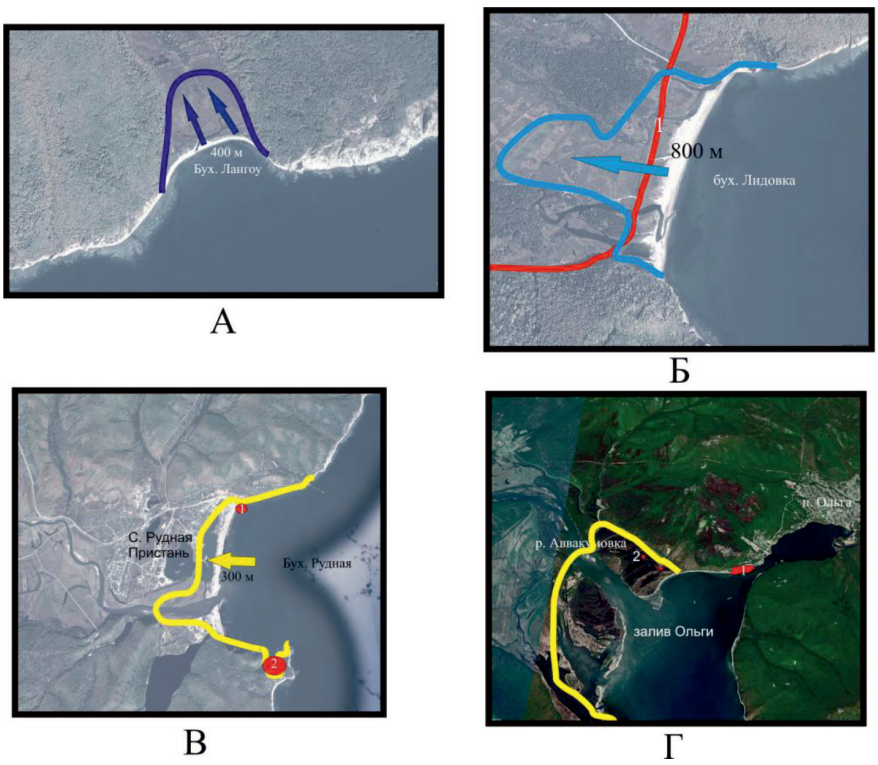


Рис. 2. Граница заплеска цунами в бухтах Лангоу 1, Лидовка, Рудная, зал. Ольга. Б: 1 – автодорога Рудная Пристань – Терней; В: 1 – пирс ОАО «Дальполиметалл», 2 – морской терминал; Г: 1 – морской порт, 2 – местоположение изученных разрезов

Бухта Лидовка. Берег вершины бухты низкий и песчаный. Ширина пляжа до 100 м. Береговая низменность часто затапливается во время сильных наводнений и нет подходящих условий для сохранности осадков. Бухта является одной из самых цунамиопасных в Приморском крае. Дальность заплеска 1983 г. равнялась 800 м, высота достигала 7 м [4] (рис. 2, Б). В разрезах береговой низменности среди суглинков встречены тонкие прослои и маломощные линзы песка, которые плохо прослеживаются вглубь суши и имеют аллювиальный генезис [8]. Опасности высоких волн цунами подвергаются близлежащая дорога «Рудная Пристань – Терней» и база отдыха «Лидовка» с общей вместимостью 10 человек. Также цунамиопасными являются пляж, устьевая зона р. Лидовка, морская терраса. Бухта является популярным местом отдыха. Все палаточные городки, которые ставятся на берегу, попадают в цунамиопасную зону.

Бухта Рудная. Бухта относится к типу открытых ингрессионных бухт, образовавшихся в результате ингрессии моря в низовья долины реки Рудной. Окаймляющее бухту побережье имеет абразионный характер [10]. Во время цунами 1940 г. высота заплеска составила 5 м. Волны перехлестнули песчаную косу и затопили участок берега шириной 300 м. Кроме того, были разрушены склады и штабеля леса на берегу. Волна зашла по реке Рудной на расстояние 1 км [11]. Предположительно, аномально высокий заплеск был связан с прохождением подводного оползня в бухте, усилившим цунами [10]. При цунами 1983 и 1993 гг. здесь наблюдались высокие заплески (4,5 м и 3,78 м), зона проникновения волн достигала 70 и 140 м соответственно [3]. В зону затопления попадали пляж, приустьевая часть реки и лагуна. В северной части лагуны в кровле колонок под слоем жидкого ила обнаружен прослой мелкозернистого песка (мощностью 2–10 см), который могло оставить одно из сильных цунами исторического возраста [8]. При обследовании района бухты и приустьевой части р. Рудная в 2017 г. не было обнаружено каких-либо осадков цунами и палеоцунами по причине частой затопляемости территории в наводнения. На территории стивидорного цеха во время цунами 1993 г. был разрушен пирс и трубопровод. Общий ущерб составил 910 млн руб [12]. Волнами цунами может затопить пирс «Дальполиметалла», гражданские постройки п. Рудная Пристань вблизи лагуны, порт, п. Смычку (рис. 2, В). Бухта относится к одной из наиболее цунамиопасных в Приморье.

Залив Ольга. Западный берег залива абразионный, местами абразионно-денудационный. Северо-западный берег залива низкий, песчаный. Северный берег залива Ольги окаймлен горами, подходящими к нему почти вплотную. В 1993 г. высота заплеска цунами достигала 1,23 м, дальность – 67 м [3]. Поиск следов цунами проводился на болотах, расположенных у р. Аввакумовка за 1 и 2 штормовыми валами в 125–165 м от береговой линии, и за первым озером в 783 м от уреза, осадки цунами не обнаружены [8]. В пределах населенного пункта находится морской порт. Наибольшей опасности во время цунами подвергается низкий берег вблизи приустьевой зоны р. Аввакумовки (рис. 2, Г).

Бухта Моряк-Рыболов. Южный и северный берега бухты абразионные и окаймлены грядой надводных и подводных камней. Берег вершины бухты низкий, песчаный. Цунами 1983 г. было более сильным, чем 1993 г., волны проникли в обширную приустьевую лагуну р. Маргаритовка. Максимальная дальность заплеска в порту составила 20 м [3, 4]. Свидетельства очевидцев говорят о том, что цунами проникло гораздо дальше по пойме р. Маргаритовка на 1,5 км (до старого моста). Осадки цунами (мощность до 4 см) обнаружены под дерном (на глубине 3–5 см) на заболоченном берегу приустьевой лагуны в 1 км от устья. В разрезах встречены два прослоя алевритового ила, подстилающий и перекрывающий слой песка, отвечающие прохождению двух волн. Гранулометрические кривые цунамигенных илов полимодальные. Материал плохо сортирован [5]. На территории поселка Моряк-Рыболов имеется портпункт. Во время цунами 1993 г. был нанесен серьезный ущерб (20,5 млн руб.) судам, разбит причал [2]. В цунамиопасную зону попадает порт, приустьевая зона и берег р. Маргаритовки. Основная часть поселка расположена на высоте более 10 м и относительно безопасна (рис. 3, А).

Бухта Валентина. Берега бухты абразионные и абразионно-денудационные. Исключение составляет северо-западный берег, к которому подступает широкая долина реки Валентиновка. Во время цунами 1983 г. (высота – 3 м, дальность заплеска – 70 м), по пойме реки волна прошла до 0,5 км вглубь суши [3]. Цунами 1993 г. было более сильным, высота заплеска – 4 м [2]. В разрезах континентальных отложений встречено до 4 прослоев мелкозернистого песка морского

происхождения. Из перекрывающего торфа над нижним песком получена ^{14}C дата 700 ± 80 л.н. (650 ± 70 кал. л.н.), ЛУ-7335 [5, 8]. Наиболее мощный прослой песка (до 11 см) оставило цунами 1993 г., покров простирается до 300 м вглубь суши и четко маркирует зону затопления в пределах низкой болотистой низменности (рис. 3, Б). После цунами и образования песчаного покрова изменилась экологическая ситуация на расположенных здесь сенокосных угодьях – улучшился дренаж и стало заметно суше. Зона затопления цунами 1983 г. была намного меньше (50–70 м) [1]. Осадки в виде тонкого слоя песка (до 1 см) обнаружены только в южной части низменности около приустьевой лагуны. Современные цунами (1993 г.) были мощнее, чем палеоцунами. На берегу бухты располагается несколько баз отдыха общей вместимостью 250 человек. Большая часть отдыхающих проживает в палаточных городках. В настоящее время строятся домики в южной части бухты. Все эти объекты расположены непосредственно в зоне затопления волн цунами, что создает серьезную угрозу для отдыхающих. Крупными первыми волнами цунами 1983 г. размыло пирс, оторвало суда вместе с кнехтами, которые оказались вырванными из земли [3, 4]. Цунами 1993 г. нанесло большой материальный ущерб рыбзаводу (1,5 млрд руб.) [2, 12], который полностью попал в зону затопления. Также были смыты в море 700 т угля [2]. В зону, опасную для цунами, попадает пляж и морская терраса.

Бухта Кит. Берега бухты по бортам абразионно-денудационные, в вершине, разделенной небольшим мысом на две части, аккумулятивные. В 1993 г. дальность заплеска цунами достигала 85 м, высота – около 4 м [2, 10]. Осадки современных цунами найдены в южной части бухты. Один из прослоев песка прослеживается на расстоянии 200 м вглубь суши. Также осадки этого цунами были найдены в кровле торфяника болотного массива в южной части бухты, как и в долине низкопорядкового водотока за лагуной (протяженность заплесков соответственно 150 и 200 м). Осадки наиболее древнего цунами обнаружены в разрезах 2,5-м лагунной террасы урочища Лагунное и около пос. Глазковка. Осадки палеоцунами представлены мелкозернистым хорошо и умеренно сортированным песком. Высота цунами была более 4,5 м, дальность заплеска – более 150 м. Из подстилающих органогенных отложений получены ^{14}C-даты 2290 ± 80 л.н. (2300 ± 120 кал. л.н.), ЛУ-7065; 2540 ± 80 л.н. (2600 ± 120 кал. л.н.), ЛУ-7063, свидетельствующие, что цунами произошло в позднем голоцене. Наибольшую протяженность вглубь суши имеет покров цунамигенного песка, образованного около 1,7 тыс. л.н., найденного в торфянике северной части бухты. Протяженность заплеска этого цунами составила 170 м, высота – более 5 м [8]. Большой ущерб от цунами 1993 г. был нанесен огородам марикультуры. В результате марикультурное предприятие п. Глазковка лишилось урожая на 2 года [2]. После цунами это предприятие так и не восстановилось и в настоящее время закрыто. Летом в бухте Кит располагаются множество отдыхающих с палатками. Зоны пляжа и низкой морской террасы (до 600 м вглубь суши) являются цунамиопасными (рис. 3, В).

Бухта Соколовская. Берега бухты на большем протяжении абразионные, абразионно-денудационные и окаймлены узкими песчаными пляжами, которые по направлению к вершине бухты расширяются. Следов цунами в вершине бухты в районе пос. Преображение не найдено, поскольку эта часть бухты закрытая и заплески цунами здесь были не высоки. Высота цунами 1983 г. равнялась 1,5 м [4]. Около р. Соколовка осадков цунами не обнаружено, поскольку они могли быть размыты в наводнения. В поселке Преображение располагается база тралового флота. Последствием цунами 1993 г. был ущерб, нанесенный базе флота в 400 млн руб. [2]. Морские пески в торфянике найдены на берегу небольшой открытой бух. Оленевод (бухта 2-го порядка). Песок желтый, от мелко- до крупнозернистого, хорошо и умеренно сортированный, слоистый – хорошо выражены две серии с градационной слоистостью, в основании которых залегает более крупный материал, а в кровле – более мелкозернистый. Возможно, фиксирует прохождение двух волн цунами. В бухте Оленевод располагается база отдыха «Оленевод», которая вмещает до 150 человек и находится на низкой морской террасе на расстоянии 10 м от берега. Зона пляжа и терраса являются цунамиопасными (рис. 3, Г).

Бухты Триозерье и Окуневая. Побережье бух. Триозерье представлено аккумулятивными образованиями и низкими денудационными поверхностями [13]. Входные мысы абразионные. Заплески цунами 1993 г. достигали 200 м при высоте 1,5 м. Во время цунами 1983 г. вода перехлестнула 3–4-метровую террасу, произошел размыв косы, отделяющей протоку из Южного и Среднего озер [6]. На побережье бухты, на расстоянии

250–300 м от берега найдены три прослоя морских песков, оставленных наиболее сильными палеоцунами, произошедшими за последние 3,5 тыс. лет. Под прослоем песка из почвы на расстоянии 250–300 м от берега получена ^{14}C-дата 2280 ± 60 л., 2260 ± 80 кал. л., ЛУ-8028. Основная поставка материала во время цунами XI в. шла с пляжа, цунами в интервалах 410–350 или 300–210 гг. до н.э. – с пляжа и подводного берегового склона, цунами 1620–1520 гг. до н.э – с морской террасы и барьерных форм, окружающих озера, это цунами сопровождалось наибольшей эрозией с образованием мощного покрова песков [14]. Вероятно, в этой бухте осадки палеоцунами были мощнее. Наибольший осадок оставило цунами между 3300 ± 70 кал. л.н. и 2500 ± 70 кал. л.н. На побережье расположено несколько баз отдыха с максимальной вместимостью 1122 человека (рис. 4, А). Большая часть этих баз располагаются на территории, потенциально подверженной волнам цунами, кроме базы, которая располагается на северном берегу второго озера. Берега бухты Окуневой на большом протяжении абразионно-денудационные, аккумулятивные участки имеют ограниченное распространение, приурочены к устьевым частям водотоков. Вдоль береговой линии тянется узкий песчаный пляж, прерываемый двумя абразионными мысами. Цунами 1993 г. проявилось в береговой зоне высотой заплеска в 1,05 м и дальностью в 200 м [6]. На побережье бухты расположено несколько туристических баз с общей вместимостью 680 человек (рис. 4, Б). Базы расположены на разном удалении от берега. В северной части бухты пляж имеет ширину до 200 м, включает участок террасы, полностью уничтоженной цунами в 1983 г. В летнее время здесь располагаются палаточные городки. Есть домики и на низкой морской террасе. Все они являются подверженными цунами, так как территория расположена близко к береговой линии на низких формах рельефа.

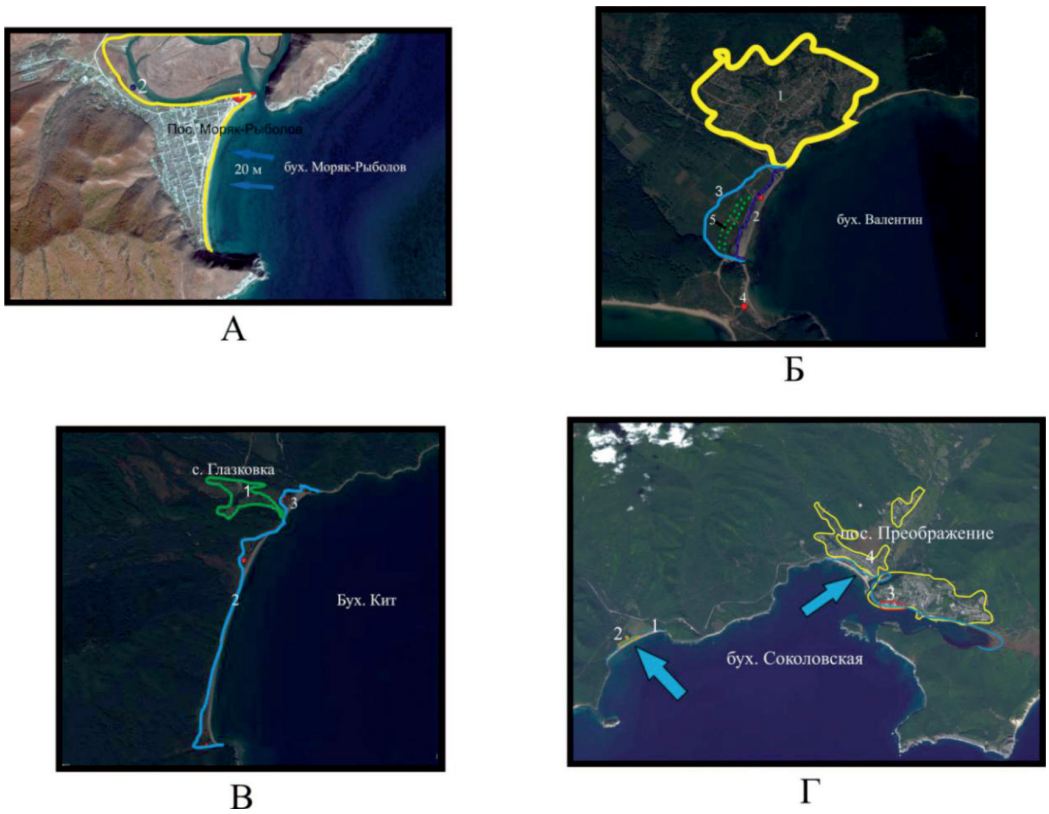


Рис. 3. Границы максимальных заплесков современных и палеоцунами на побережье бухт Моряк-Рыболов, Валентина, Кит и Соколовской. А: 1 – морской терминал пос. Моряк-Рыболов, 2 – местоположение точек обследований; Б: 1 – территория пос. Валентин, 2 – заплеск цунами 1983 г. 3 – заплеск цунами 1993 г., 4 – базы отдыха, 5 – локализация изученных разрезов; В: 1 – территория пос. Глазковка, 2 – максимальный заплеск современных и палеоцунами, 3 – локализация точек, где были проведены обследования; Г: 1 – заплеск современных цунами, 2 – территория базы отдыха «Оленевод», 3, 4 – Преображенская база тралового флота и пос. Преображение

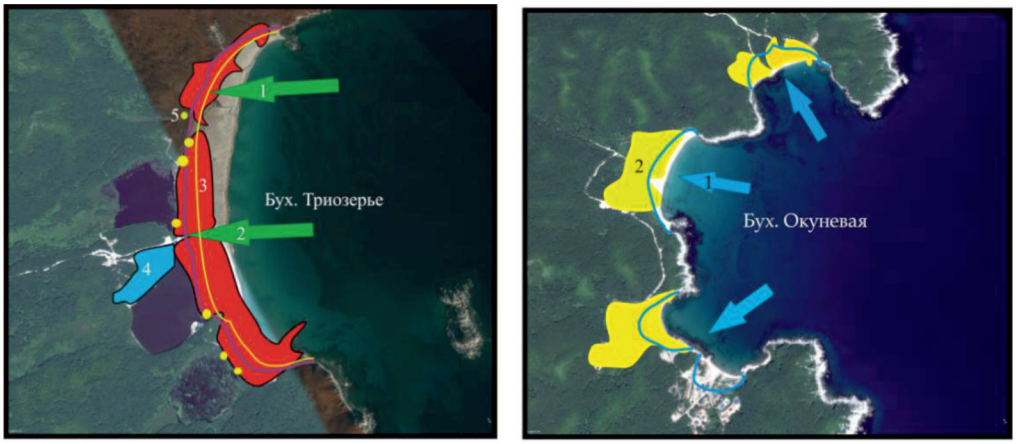


Рис. 4. Зоны заплеска современных цунами и палеоцунами в бухтах Триозерье и Окуневая. А: 1 – заплеск цунами 1983 г., 2 – заплеск палеоцунами, 3 – базы отдыха, расположенные в цунамиопасной зоне, 4 – базы отдыха, не подвергающиеся опасности цунами, 5 – местоположение изученных разрезов; Б: 1 – заплески цунами 1993 г., 2 – территории баз отдыха

Выводы

Исторические цунами и палеоцунами в восточной части Приморья проявились с разной интенсивностью. Больше всего разновозрастных отложений цунами и палеоцунами было выявлено в бух. Кит и бух. Лангоу 1. Во многих местах, где цунами проявилось наибольшим образом (бух. Лидовка, бух. Рудная), осадков цунами почти не было обнаружено, по причине регулярного затопления этих бухт во время наводнений. В некоторых бухтах были обнаружены только осадки современных цунами (бух. Удобная, бух. Пластун, зал. Опричник, бух. Лидовка, зал. Ольга, бух. Моряк-Рыболов, бух. Соколовская). При развитии природопользования в береговой зоне восточной части Приморского края должно учитываться, что побережье является достаточно уязвимым при воздействии цунами. Наибольший ущерб во время последних цунами (1983, 1993 гг.) был нанесен хозяйствам марикультуры (бух. Кит), портовым сооружениям (зал. Опричник, бух. Рудная, бух. Валентина, бух. Моряк-Рыболов, бух. Соколовская). Со времен этих событий произошла существенная трансформация природопользования в береговой зоне. Так, закрылся рыбзавод в пос. Валентин, хозяйство марикультуры в пос. Глазковка. В основном сейчас упор сделан на рекреационное природопользование, которое особо активно развивается в последние годы. Оно же является наиболее уязвимым видом природопользования, в связи с тем, что достаточно сложно контролировать прибывающих «диких туристов». Основные базы отдыха в рассматриваемом районе расположены в бух. Триозерье и бух. Окуневая, где заплески цунами и палеоцунами были очень значительными. Восточное побережье Приморского края является достаточно опасным при цунами, источники которых находятся в Японском море, вследствие близкого расположения очагов цунамигенных землетрясений и невозможности быстрого оповещения населения из-за слабонаселенности побережья и отсутствия на некоторых участках берега сотовой связи. Необходимо заблаговременно знакомить население о возможных сильных цунами, учитывать дальность заплесков при строительстве дорог, баз отдыха.

Работа выполнена при финансовой поддержке комплексной программы фундаментальных исследований «Дальний Восток», проект ВАНТ18-010.

Список литературы

1. Го Ч.Н. Проявление япономорского цунами 26 мая 1983 года на побережье СССР/ Ч.Н. Го, А.И. Иващенко, К.В. Симонов, С.Л. Соловьев // Накат цунами на берег. – Горький: ИПФ АН СССР, 1985. – С. 171–180.

2. Обследование проявлений цунами 12-13 июля 1993 г. на побережье Приморского края / Г.В. Горбунова, Г.В. Диденко, В.Д. Дьяченко, Т.В. Нагорных [и др.] // Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Проявление конкретных цунами. Цунами 1993 и 1994 годов на побережье России. – Южно-Сахалинск, 1997. – С. 7–28.

3. Полякова А.М. Опасные и особо опасные гидрометеорологические явления в северной части Тихого океана и цунами у побережья Приморья. / А.М. Полякова. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 182 с.

4. Полякова А.М. Цунами в Приморье 26 мая 1983 г. и его последствия / А.М. Полякова. – Владивосток, 1988. – 36 с.

5. Осадки цунами 1983 и 1993 гг. на побережье Приморья / Л.А. Ганзей, Н.Г. Разжигаева, Ю. Нишимура, Т.А. Гребенникова [и др.] // Океанология. – 2017. – Т. 57, № 4. – С. 628–640. DOI: 10.1134/S0001437017040075.

6. Короткий А.М. Воздействие цунами на прибрежную зону Приморья / А.М. Короткий, В.В. Куликова // Вестник ДВО РАН. – 2008. – № 6. – С. 34–47.

7. Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности. / С.И. Арзамасцев, П.Я. Бакланов, С.М. Говорушко [и др.]. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 308 с.

8. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья / Л.А. Ганзей [и др.] // Тихоокеанская геология. – 2015. – Т. 34, № 1. – С. 79–95.

9. Лебедев И.И. Реконструкция зон затопления цунами для оценки опасности ведения рекреационного природопользования в Приморье / И.И. Лебедев // Геосистемы в Северо-Восточной Азии (территориальная организация и динамика). Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2017. – С. 533–538.

10. Петренко В.С. Морфология и динамика берегов Приморья / В.С. Петренко // Записки Общества изучения Амурского края. Третьи Муравьевские чтения. – Владивосток, 2009. – С. 196–201.

11. Го Ч.Н. Некоторые данные о цунами 1 августа 1940 г. в Японском море / Ч.Н. Го, Н.И. Леонидова, Н.Н. Леонов // Волны цунами. – Южно-Сахалинск: СахКНИИ, 1972. – С. 279–283.

12. Кофф Г.Л. Риски цунами на морских побережьях (на примере южной и восточной частей Приморского края и побережья Хабаровского края) / Г.Л. Кофф. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 80 с.

13. Валуй Г.А. Петрология гранитоидов и дифференциация расплавов в малоглубинных условиях. Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 245 с.

14. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Арсланов Х.А., Гребенникова Т.А., Лебедев И.И., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Горбунов А.О., Наумов Ю.А. Проявление палеоцунами в позднем голоцене на побережье бухты Триозерье, Японское море // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 166–172.

References

1. Go Ch.N. Proyavlenie yaponomorskogo czunami 26 maya 1983 goda na poberezh`e SSSR/ Ch.N. Go, A.I. Ivashhenko, K.V. Simonov, S.L. Solov`ev // Nakat czunami na bereg. – Gor`kij: IPF AN SSSR, 1985. – P. 171–180.

2. Obsledovanie proyavlenij czunami 12–13 iyulya 1993 g. na poberezh`e Primorskogo kraya / G.V. Gorbunova, G.V. Didenko, V.D. D`yachenko, T.V. Nagorny`x [i dr.] // Geodinamika tektonosfery` zony` sochleneniya Tixogo okeana s Evraziej. Proyavlenie konkretny`x czunami. Czunami 1993 i 1994 godov na poberezh`e Rossii. – Yuzhno-Saxalinsk, 1997. – P. 7–28.

3. Polyakova A.M. Opasny`e i osobo opasny`e gidrometeorologicheskie yavleniya v severnoj chasti Tixogo okeana i czunami u poberezh`ya Primor`ya / A.M. Polyakova. – Vladivostok: Dal`nauka, 2012. – 182 p.

4. Polyakova A.M. Czunami v Primor`e 26 maya 1983 g. i ego posledstviya / A.M. Polyakova. – Vladivostok, 1988. – 36 p.

5. Osadki czunami 1983 i 1993 gg. na poberezh`e Primor`ya / L.A. Ganzej, N.G. Razzhigaeva, Yu. Nishimura, T.A. Grebennikova [i dr.] // Okeanologiya. – 2017. – T. 57, № 4. – P. 628–640. DOI: 10.1134/S0001437017040075.

6. Korotkij A.M. Vozdejstvie czunami na pribrezhnuyu zonu Primor`ya / A.M. Korotkij, V.V. Kulikova // Vestnik DVO RAN. – 2008. – № 6. – P. 34–47.

7. Pribrezhno-morskoe prirodopol`zovanie: teoriya, indikatory`, regional`ny`e osobennosti. / S.I. Arzamascev, P.Ya. Baklanov, S.M. Govorushko [i dr.]. – Vladivostok: Dal`nauka, 2010. – 308 p.

8. Osadki istoricheskix i paleoczunami na poberezh`e Vostochnogo Primor`ya / L.A. Ganzej [i dr.] // Tixookeanskaya geologiya. – 2015. – T. 34, № 1. – P. 79–95.

9. Lebedev I.I. Rekonstrukciya zon zatopleniya czunami dlya ocenki opasnosti vedeniya rekreacionnogo prirodopol`zovaniya v Primor`e / I.I. Lebedev // Geosistemy` v Severo-Vostochnoj Azii (territorial`naya organizaciya i dinamika). Materialy` Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Vladivostok: TIG DVO RAN, 2017. – P. 533–538.

10. Petrenko V.S. Morfologiya i dinamika beregov Primor`ya / V.S. Petrenko // Zapiski Obshhestva izucheniya Amurskogo kraya. Tret`i Murav`evskie chteniya. – Vladivostok, 2009. – P. 196–201.

11. Go Ch.N. Nekotory`e danny`e o czunami 1 avgusta 1940 g. v Yaponskom more / Ch.N. Go, N.I. Leonidova, N.N. Leonov // Volny` czunami. – Yuzhno-Saxalinsk: SaxKNII, 1972. – P. 279–283.

12. Koff G.L. Riski czunami na morskix poberezh`yax (na primere yuzhnoj i vostochnoj chastej Primorskogo kraya i poberezh`ya Xabarovskogo kraya) / G.L. Koff. – Vladivostok: Dal`nauka, 2010. – 80 p.

13. Valuj G.A. Petrologiya granitoidov i differenciaciya rasplavov v maloglubinny`x usloviyax. Vostochno-Sixote`-Alinskij vulkanicheskij poyas. – Vladivostok: Dal`nauka, 2014. – 245 p.

14. Ganzej L.A., Razzhigaeva N.G., Nishimura Yu., Arslanov X.A., Grebennikova T.A., Lebedev I.I., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Gorbunov A.O., Naumov Yu.A. Proyavlenie paleoczunami v pozdnem golocene na poberezh`e buxty` Triozer`e, Yaponskoe more // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 8. – P. 166–172.

УДК 630.182(571.53/.55)

К ОЦЕНКЕ ИНДИКАТОРОВ ЭКОСИСТЕМНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГОРНОТАЁЖНЫХ СОСНЯКОВ ЮЖНОСИБИРСКОГО ТИПА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Малых О.Ф.

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, e-mail: mas16o@yandex.ru

В качестве основных индикаторов экосистемного биоразнообразия рассмотрены: представленность, фрагментарность и нарушенность. Южносибирские сосновые ландшафты составляют 5,2% от общей площади Забайкальского края и представлены двумя классами – горно-таёжным и подгорным. Класс горно-таёжных сосняков на территории края включает 4 группы ландшафтов. Нижний пояс хребта Черского (700–800 м) рассматривается как природная основа экосистемного биоразнообразия горно-таёжных сосняков южносибирского типа. Объектом исследования являются склоновые травяные горнотаёжные сосняки с кустарниковым подлеском. Оценка их разнообразия рассматривается на уровне внутрипоясного порядка, связанного с экспозиционными и другими различиями лесорастительных условий хребта Черского. В нижнем поясе доминируют пологие участки и склоновые урочища (3°–10°) на северо-западных, и западных склонах. Склоны с крутизной от 20° до 35° расположены на южных, юго-западных и юго-восточных экспозициях. Расчлененность рельефа, разная крутизна склонов и их экспозиций обусловливают мозаичность местности – небольшие размеры лесных выделов – 40% до 10 га и 33% от 10 до 30 га. Экологические ареалы насаждений представлены шестью типами леса. При этом рододендроновый тип леса в Забайкальском крае является наиболее характерным и коренным для горно-таёжных сосняков южно-сибирского типа. До начала XXI века сосняки рододендроново-травяные в районе исследования располагались сплошными массивами. Серия лесных пожаров, возникших с 2000 г. с периодичностью 3–5 лет, явилась основным фактором нарушенности экосистем и оказывает значительное влияние на уровень биоразнообразия лесного массива. Показателем нарушенности природных экосистем является фрагментация местообитаний коренных насаждений. В настоящее время коренные леса составляют от 4% до 9% лесной растительности ландшафтных комплексов. Степень нарушенности оценивается периодичностью пожаров и площадями, ими пройденными. Полученные материалы позволяет оценить значимость природных и антропогенных факторов в обосновании региональных индикаторов экосистемного разнообразия и возможных изменений состояния геосистем во времени.

Ключевые слова: Забайкальский край, экосистемное разнообразие, южносибирские, горно-таёжные сосновые леса

ON THE ASSESSMENT OF INDICATORS OF ECOSYSTEM DIVERSITY OF MOUNTAIN TAIGA PINE TREES THE SOUTH SIBERIAN TYPE ZABAYKALSKY

Malykh O.F.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, e-mail: mas16o@yandex.ru

As the main indicators of ecosystem biodiversity are considered: representation, fragmentation and disturbance. South Siberian pine landscapes make up 5.2% of the total area of the TRANS – Baikal territory and are represented by two classes-mountain taiga and mountain. The class of mountain-taiga pine forests in the territory of the region includes 4 groups of landscapes. The object of the study is the slope of herbal mountain pine trees with shrub undergrowth. The assessment of their diversity is considered at the level of intra-belt order associated with the exposure and other differences of forest growth conditions of the Chersky range. The ruggedness of the terrain, different steepness of slopes and exposures, determine the mosaicity of the area – the small size of forest areas and 40% to 10 hectares and 33% from 10 to 30 hectares. Ecological habitats of plantations is represented by six forest types. At the same time rhododendron type of forest in the TRANS-Baikal region is the most characteristic and indigenous for the mountain-taiga pine forests of the South Siberian type. Until the beginning of the XXI century, rhododendron-grass pine forests in the study area were located in solid arrays. A series of forest fires that have occurred since 2000 at intervals of 3-5 years, it was the main factor of ecosystem disturbance and has a significant impact on the level of forest biodiversity. The indicator of natural ecosystem disturbance is the fragmentation of indigenous habitats. Currently, indigenous forests make up from 4% to 9% of forest vegetation of landscape complexes. The degree of disturbance is estimated by the frequency of fires and the areas they have passed.

Keywords: Transbaikal territory, ecosystem diversity, South Siberian, mountain taiga pine forests

Важным инструментом осуществления мониторинга биологического разнообразия признается использование индикаторов – качественных и количественных характеристик биоты, позволяющих оценивать ее состояние, степень нагрузок на нее со стороны хозяйственной деятельности, проводить сравнительный анализ в пространстве и во времени, выявлять тенденции изменений и принимать адекватные управленческие решения [1].

Основными показателями в системе индикаторов экосистемного биоразнообразия являются представленность, фрагментарность и нарушенность [2].

К настоящему времени основные закономерности структурной организации лесного покрова как целостной системы в масштабах Северной Азии раскрыты в работах [3, 4]. В качестве системообразующих факторов, формирующих структуру региональных биогеоценозов, в них рассматривается зонально-секторно-поясный состав биоты, отражающий в интегральной форме и палеогеографию, и более близкую трансформацию растительного покрова и почвенно-климатические факторы.

На территории края проходит восточный предел Алтае-Саянской флористической провинции по границе сплошного распространения многолетней мерзлоты, где урало-сибирская полидоминантная тайга сменяется ангаридским типом, отличающимся значительной редуцированностью собственно таёжных черт. Фоновым типом геосистем в крае являются североазиатские лиственничные байкало-джугджурского типа [5]. Южносибирская горная область в сложном полигенетическом комплексе южносибирских, байкало-джугджурских и даурско-монгольских формаций представлена в Забайкальском крае своей переферийной частью [6]. Южносибирские фации заходят далеко на север вглубь Байкало-Джугджурской горнотаёжной области по склонам среднегорных хребтов, обуславливающих оптимальные лесорастительные условия для основных лесообразующих пород Забайкальского края. В районе исследования на склонах среднегорного хребта Черского сосновые леса приурочены преимущественно к участкам редкоостровного, островного и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород. Для фациальной структуры физико-географических областей, занимающих отдельные части территории края, характерны островные (фрагментарные) проявления природных особенностей одной области в пределах смежной.

Таёжный тип растительности, сохраняя свою территориальную целостность, как бы трансформируется в пределах каждого сектора, каждой области и приобретает специфические черты.

Цель исследования – выявление региональных индикаторов экосистемного разнообразия сосняков Забайкальского края на примере горно-таёжных экосистем нижнего пояса среднегорного хребта Черского.

Методика исследования: в качестве базовой основы для оценки данного индикатора использовалась ландшафтная карта. Показатели ландшафтного разнообразия определялись картографическим методом с помощью программы ArcGIS. В анализе разнообразия экосистем внутрипоясного порядка связанных с экспозиционными и другими различиями лесорастительных условий – материалы лесоустройства 1994 г. использовались как базовые для сравнения с современным состоянием. Современное состояние оценивалось по космическим снимкам и результатам экспедиционных работ.

Результаты исследования и их обсуждение

Южносибирские сосновые ландшафты составляют 5,2% от общей площади Забайкальского края и представлены двумя классами горно-таёжными и подгорными [7]. Из них сосновые горно-таёжные составляют 3,6%, подгорные 1,6% территории края. Горно-таёжные сосняки включают 4 группы ландшафтов. Это 103 контура общей площадью 1578,2 тыс. га, средняя площадь контуров 13,5 тыс. га. Объект исследования относится к группе склоновые травяные сосняки с кустарниковым подлеском (рис. 1).

Видовое ландшафтное разнообразие горно-таёжных сосняков выражено числом классификационных образований ландшафтов на данную площадь и составляет 0,0043 ед/тыс. км. Средний показатель для Забайкальского края 0,28 ед/тыс. км, по РФ 0,2 ед/тыс. км. Мозаичность ландшафтов определяется плотностью контуров на определенной территории и в данном случае составляет 0,065 контура/тыс. км.

Сосняки края в основных своих ареалах приурочены к нижним склонам среднегорных хребтов и распространением рельефообразующих массивов песков, приуроченных к основаниям бортов впадин забайкальского типа [8] – в данном случае Читино-Ингодинской впадины. На склонах хребтов аккумуляция основной массы песков мощностью до 100–150 м связана с абсолютными отметками 800–900 м. Почвы, сформированные на песках, горные лесные с хорошо выраженным профилем, имеют хороший дренаж и достаточно прогреваемые. Горные лесные экосистемы формируются в условиях таёжного среднегорья хр. Черского на базе гидрографических бассейнов ручьев и речек, длина которых не превышает 10–15 км. Основной закономерностью пространственной дифференциации горнотаёжных ландшафтов является вертикальная поясность (рис. 2).

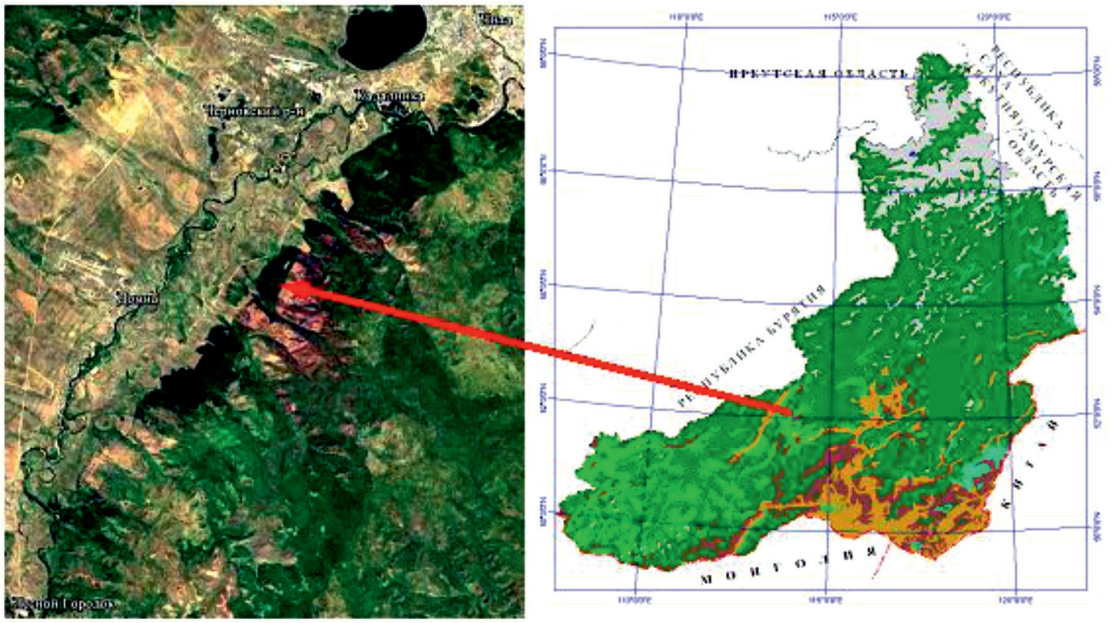


Рис. 1. Объект исследования в пространственной дифференциации горнотаёжных экосистем южносибирского типа

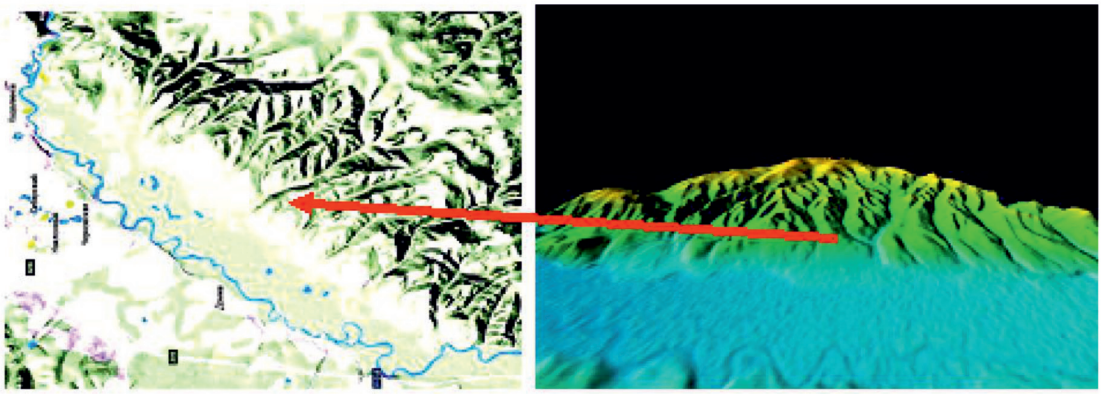


Рис. 2. Долина р. Ингоды и участок хр. Черского в районе исследования

Нижний пояс хребта Черского (700–800 м) рассматривается как природная основа экосистемного биоразнообразия горно-таёжных сосняков южносибирского типа.

В результате сопряженного таксационного, картографического анализа и полевых исследований выделено 4 группы ландшафтных комплексов: пологие участки, склоны разной крутизны и разных экспозиций, долины горных рек и ручьев.

Установлено, что в нижнем поясе доминируют пологие участки и склоновые урочища (3°–10°) на северо-западных и западных склонах. Склоны с крутизной от 20° до 35° расположены на южных, юго-западных и юго-восточных экспозициях. Расчлененность рельефа, разная крутизна склонов и их экспозиций обусловливают мозаичность местности – небольшие размеры лесных выделов – 40% до 10 га и 33% от 10 до 30 га.

Ненарушенные сосновые леса по своей структуре просты – древесный ярус один и преимущественно образован только сосной. Из других древесных пород в составе сосняков часто встречается лиственница, береза, осина. Обобщенная структура древостоев нижнего пояса хр. Черского представлена на рис. 3.

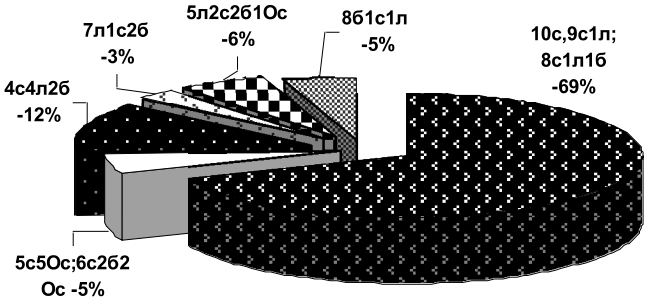


Рис. 3. Обобщенная структура древостоев нижнего пояса хр. Черского

Рис. 4. Структура насаждений по типам леса нижнего пояса хр. Черского

Экологические ареалы насаждений или лесорастительное разнообразие экотопов представлено шестью типами. При этом рододендроновый тип леса в Забайкальском крае является наиболее характерным и коренным для горно-таёжных сосняков южносибирского типа (рис. 4).

На начало 1960-х гг. сосняки рододендроново-травяные располагались сплошными массивами на делювиальных песчаных отложениях [9]. По данным лесоустроительных материалов 1994 г., которые мы сравниваем с современным состоянием – массивы сосняков рододендронового типа еще сохранялись, но в структуре появились насаждения с формулой древостоя 5с5б, 4с3б3Ос, 8б1л1Ос.

На момент исследования сплошных массивов рододендроново-травяных сосняков уже нет. С увеличением степени аридных условий и нарушенности экосистем нижнего пояса хр. Черского формируется злаково-разнотравный тип леса. Характерным для структуры этого типа леса является увеличение мелколиственных пород, разнообразия травяно-кустарничкого покрова и развитие злаковых.

Нарастание каменистости, сухости, бедности почв определяет среду обитания сосновых насаждений горнокаменистого типа леса. Для нижнего пояса они не характерны и составляют 4% площадей. Увлажнение, связанное с мерзлотой, уменьшение температур почвы и воздуха определяет развитие багульникового типа леса. Незначительная доля площадей (2%) показывает, что этот тип леса также не характерен для нижнего пояса. Сосна в них присутствует, но в структуре насаждений преобладает лиственница и береза. В осоковом типе леса в днищах падей и по долинам рек дополнительная влага и развитие мерзлоты создают условия, в которых преобладают ерники с участием лиственницы и березы, участки лугов с кустарниками.

Индикатором экосистемного разнообразия, отражающим динамическое состояния геосистем, является степень их нарушенно-

сти. Одним из показателей нарушенности природных экосистем является фрагментация местообитаний коренных насаждений. Наиболее наглядным пространственным выражением фрагментации становится включение в природные экосистемы сельскохозяйственных земель, линейных сооружений, объектов строительства, промышленности и транспорта. В районе исследования эти факторы присутствуют, но в очень незначительной степени. Антропогенное воздействие на лесной массив выразилось в создании дорог, вырубке просек, использовании части земель под пашню, посадке культур сосны. Разрушение растительного покрова от пожаров и ливневых осадков привело к локальным проявлениям водной эрозии (склоновым оврагам). Способствовали водной эрозии грунтовые дороги, проходящие вдоль склонов. Общая доля площади антропогенного воздействия составляет в настоящее время около 4,5 %.

Природные пожары с периодичностью 20–50 лет позволяют горно-таёжным соснякам сохранять достаточную степень устойчивости. Серия лесных пожаров, возникших с 2000 г. с периодичностью 3–5 лет, явилась основным фактором нарушенности экосистем и оказывает значительное влияние на уровень биоразнообразия лесного массива.

Одним из критериев биоразнообразия лесов является их возрастной состав. До возникновения обширных лесных пожаров приспевающие древостои составляли 37,9 %, спелые и перестойные – соответственно 10,0 и 0,3 %. После пожаров эти категории насаждений, которые считаются наиболее ценными массивами для сохранения редких растений и других организмов, погибли. Общие запасы древесины на модельной площади, в которой основную долю составляли запасы сосна (78 %), снизились на две трети части. В настоящее время коренные леса составляют от 4 % до 9 % лесной растительности ландшафтных комплексов. Лесистость территории снизилась с 82,2 % до 52,6 %, доля гарей и редколесий составляет около 50 % (рис. 5).

На площадях, неоднократно пройденных пожарами, лесорастительные условия, характерные для коренных светлохвойных лесов, трансформируются, нарушая и замедляя процесс их восстановления [10]. В структуре лесных кварталов за 2000–2017 гг. стали преобладать участки крупных гарей, сухостой и площади производных послепожарных сообществ.

Сохранение высокого уровня пожарного воздействия за последние двадцать лет привело к снижению экологического и ресурсного потенциала горнотаёжных сосновых геосистем южносибирского типа, время восстановления которых значительно увеличивается [11, 12].

Заключение

На основе картографического метода с помощью программы ArcGIS, таксационных материалов и использования данных дистанционного зондирования осуществлен метод оценки экосистемного разнообразия лесных территорий, отражающий современное состояние горно-таёжных сосняков на региональном уровне.

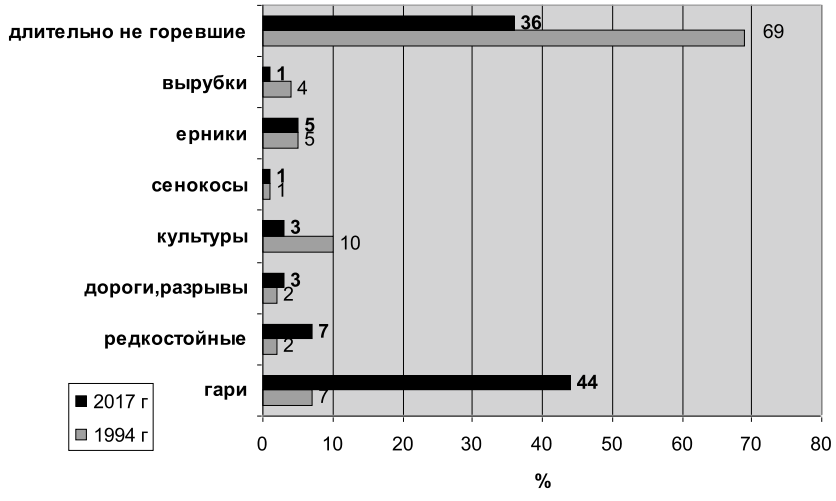


Рис. 5. Динамика структуры земель лесного фонда по данным 1994 и 2017 гг.

Экосистемное разнообразие сосновых горно-таёжных экосистем южносибирского типа характеризуется представленностью данных экосистем в ландшафтной структуре Забайкальского края. Оценка их разнообразия рассматривается на уровне внутрипоясного порядка, связанного с экспозиционными и другими различиями лесорастительных условий хребта Черского. Индикатор нарушенности рассматриваемых экосистем характеризуется динамикой структуры земель лесного фонда, породного и возрастного состава насаждений, типов леса, под воздействием неоднократно пройденных пожаров.

Полученные материалы позволяют оценить значимость природных и антропогенных факторов в обосновании региональных индикаторов экосистемного разнообразия и возможных изменений состояния геосистем во времени.

Список литературы

1. Яшина Т.В. Индикаторы оценки биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях Алтае-Саянского экорегиона // Руководство по использованию / Т.В. Яшина. – Красноярск: Типография «Город», 2011. – 56 с.

2. Заугольнова Л.Б. Параметры мониторинга биоразнообразия лесов России на федеральном и региональном уровнях / Л.Б. Заугольнова, Л.Г. Ханина // Лесоведение. – 2004. – № 3. – С. 3–14.

3. Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы / [Отв. ред. А.С. Исаев]; Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. – М.: Наука, 2008. – 453 с.

4. Огуреева Г.Н. Оробиомы как базовые единицы региональной оценки биоразнообразия горных территорий / Г.Н. Огуреева, М.В. Бочарников // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 52–81.

5. Сочава В.Б. Географические аспекты сибирской тайги / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1980. – 256 с.

6. Назимова Д.И. Лесорастительные зоны юга Сибири и современное изменение климата / Д.И. Назимова, В.Г. Царегородцев, Н.М. Андреева // География и природные ресурсы. – 2010. – № 2. – С. 55–63.

7. Помазкова Н.В. Ландшафтное разнообразие территории Забайкальского края / Н.В. Помазкова, Л.М. Фалейчик // Вестник ЗабГУ. – 2013. – № 9 (100). – С. 23–36.

8. Еникеев Ф.И. Гляциальный морфогенез и россыпеобразование Восточного Забайкалья / Ф.И. Еникеев – Чита: ЧитГУ, 2009. – 370 с.

9. Панарин И.И. Леса Центрального Забайкалья / И.И. Панарин. – Чита: Забайкальский филиал ГО СССР, 1966. – 320 с.

10. Состояние и естественное возобновление сосновых лесов после пожаров в пригородной зоне г. Читы / В.П. Макаров [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 10. – С. 79–83.

11. Последствия лесных пожаров в Центральных районах Забайкальского края / Л.В. Буряк [и др.] // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 6. – С. 94–102.

12. Makarov V.P., Malykh O.F., Zima Ju.V. Natural pine communities of the Onon-Argun steppe // Int. J. Ecol. Econ. Stat. 2017. № 38. P. 95–107.

References

1. Yashina T.V. Indikatory` ocenki bioraznoobraziya na osobo oxranyaemy`x prirodny`x territoriyax Altae-Sayanskogo e`koregiona // Rukovodstvo po ispol`zovaniyu / T.V. Yashina. – Krasnoyarsk: Tipografiya «Gorod», 2011. – 56 p.

2. Zaugol`nova L.B. Parametry` monitoringa bioraznoobraziya lesov Rossii na federal`nom i regional`nom urovnyax / L.B. Zaugol`nova, L.G. Xanina // Lesovedenie. – 2004. – № 3. – P. 3–14.

3. Monitoring biologicheskogo raznoobraziya lesov Rossii: metodologiya i metody` / [Otv. red. A.S. Isaev]; Centr po problemam e`kologii i produktivnosti lesov RAN. – M.: Nauka, 2008. – 453 p.

4. Ogureeva G.N. Orobiomy` kak bazovy`e edinicy regional`noj ocenki bioraznoobraziya gorny`x territorij / G.N. Ogureeva, M.V. Bocharnikov // E`kosistemy`: e`kologiya i dinamika. – 2017. – T. 1, № 2. – P. 52–81.

5. Sochava V.B. Geograficheskie aspekty` sibirskoj tajgi / V.B. Sochava. – Novosibirsk: Nauka, 1980. – 256 p.

6. Nazimova D.I. Lesorastitel`ny`e zony` yuga Sibiri i sovremennoe izmenenie klimata / D.I. Nazimova, V.G. Czaregorodcev, N.M. Andreeva // Geografiya i prirodny`e resursy`. – 2010. – № 2. – P. 55–63.

7. Pomazkova N.V. Landshaftnoe raznoobrazie territorii Zabajkal`skogo kraya / N.V. Pomazkova, L.M. Falejchik // Vestnik ZabGU. – 2013. – № 9 (100). – P. 23–36.

8. Enikeev F.I. Glyacial`ny`j morfogenez i rossy`peobrazovanie Vostochnogo Zabajkal`ya / F.I. Enikeev – Chita: ChitGU, 2009. – 370 p.

9. Panarin I.I. Lesa Central`nogo Zabajkal`ya / I.I. Panarin – Chita: Zabajkal`skij filial GO SSSR, 1966. – 320 p.

10. Sostoyanie i estestvennoe vozobnovlenie sosnovy`x lesov posle pozharov v prigorodnoj zone g. Chity` / V.P. Makarov [i dr.] // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 10. – P. 79–83.

11. Posledstviya lesny`x pozharov v Central`ny`x rajonax Zabajkal`skogo kraya / L.V. Buryak [i dr.] // Sibirskij lesnoj zhurnal. – 2016. – № 6. – P. 94–102.

12. Makarov V.P., Malykh O.F., Zima Ju.V. Natural pine communities of the Onon-Argun steppe // Int. J. Ecol. Econ. Stat. 2017. № 38. P. 95–107.

УДК 556:551.5(282.256.164.6)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ НА РЕКЕ ИШИМ

[1]Мезенцева О.В., [1,2]Волковская Н.П.

[1]Омский государственный педагогический университет, Омск, e-mail: mezolga@yandex.ru;
[2]ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Омск

Климатические, ландшафтные и гидрологические особенности Западно-Сибирской равнины достаточно изучены. При этом актуально изучение происходящих изменений в отдельных водосборах рек из-за участившихся в последние годы наводнений. Статья посвящена анализу изменений основных климатических факторов формирования максимального уровня воды реки Ишим по рядам ежегодных данных. Для анализа использовались гидрометеорологические данные за период 1936–2017 гг. Были выявлены тенденции изменения климатических факторов. Установлено, что повышение максимальных запасов воды в снежном покрове за период наблюдений с 1966 г. происходит на 1–9 мм за 10 лет, при снижении за период с 1991 по 2017 гг. осеннего увлажнения на 2–4 мм в лесостепной и на 20 мм за 10 лет в лесной зоне. Определено, что повышение суммы средней температуры воздуха за зимний период с 1966 по 2017 г. на 5–10% с замедлением повышения в современный период. Обнаружено значительное уменьшение глубины промерзания почвы на 9–17 см за 10 лет. Выявлено, что зарегулирование стока в вернем и среднем течении реки значительно не повлияло на максимальные уровни реки на территории Тюменской области. В нижнем течении реки отмечается снижение отклонений от среднемноголетних значений максимальных уровней воды. Рассмотренные тенденции можно принять при коррекции и разработке новых методик прогнозирования максимальных уровней весеннего половодья р. Ишим по отдельным створам с учетом ландшафтных особенностей водосбора реки.

Ключевые слова: максимальные уровни воды, осадки, осеннее увлажнение водосбора, максимальный запас влаги в снежном покрове, прогноз уровней воды

SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF HYDRO-CLIMATIC FACTORS OF FORMATION OF MAXIMUM WATER LEVELS ON THE ISHIM RIVER

[1]Mezentseva O.V., [1,2]Volkovskaya N.P.

[1]Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: mezolga@yandex.ru;
[2]Ob-Irtysh Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Omsk

The climatic, landscape and hydrological features of the West Siberian Plain have been sufficiently studied. At the same time, it is important to study the current changes in some watersheds of rivers because of floods that have become more frequent in recent years. The article is devoted to the analysis of changes in the main climatic factors for the formation of the maximum water level of the Ishim River according to the annual data series. Hydrometeorological data for the period 1936 – 2017 were used for the analysis. Tendencies of climatic factors change were revealed. It has been established that the increase in the maximum water reserves in the snow cover over the observation period since 1966 occurs by 1-9 mm over 10 years, with the autumnal humidification falling by 2-4 mm in the forest-steppe and by 20 mm for 10 years in the period from 1991 to 2017 years in the forest zone. It is determined that an increase in the average air temperature over the winter from 1966 to 2017 by 5-10% with a slowdown in the current period. A significant decrease in the depth of freezing of the soil by 9-17 cm over 10 years has been found. It was revealed that regulation of runoff in the upper and middle reaches of the river did not significantly affect the maximum river levels in the territory of the Tyumen region. In the lower course of the river there is a decrease in deviations from the mean annual values of the maximum water levels. The considered tendencies can be accepted at correction and development of new techniques for forecasting the maximum levels of spring high water Ishim within for individual sections, taking into account the landscape features of the catchment area of the river.

Keywords: maximum water levels, precipitation, the autumn moisture of the watershed, the maximum amount of moisture in snow cover, forecast of water levels

Наводнения причиняют значительный материальный ущерб. В 2017 г. на реке Ишим наблюдались максимальные уровни воды за период регулирования ее стока (1968–1970 гг.). На отдельных участках Ишима был превышен максимальный уровень за весь период инструментальных наблюдений. По высоте уровня этот год был близок к катастрофическому наводнению 1941 г., охватившему тогда территории двух крупнейших бассейнов Сибири – Оби и Енисея [1]. В многоводные годы на реке Ишим уровень воды поднимается на 5–11 м. Каждый дополнительный метр подъёма уровня в условиях плоского рельефа приводит к затоплению обширных территорий, к ухудшению естественного дренирования, к увеличению заболачивания.

Целью исследования является изучение пространственно-временной изменчивости

гидролого-климатических факторов формирования максимальных уровней воды на р. Ишим и их современных трендов.

Материалы и методы исследования

На первом этапе исследования было рассмотрено влияние географической среды и воздействие антропогенной деятельности на водный объект, как основных геоэкологических факторов формирования параметров стока. На следующем этапе исследована пространственно-временная изменчивость климатических факторов (приземной температуры воздуха, атмосферных осадков, глубины промерзания почвы) за весь период регулярных инструментальных наблюдений. Исходными материалами для исследования динамики температуры воздуха, атмосферных осадков, снежного покрова, сезонного стока, максимального уровня воды в работе использовались данные Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России (Росгидромет) [2]. Для исследования были использованы методы комплексного гидролого-географического анализа; математические методы и программные средства обработки данных (MicrosoftExcel, GidroStatistica, STATISTICA).

Значимость линейных трендов оценивалась по методике работы [3]. Проверка однородности рядов рассчитана при уровне значимости 5 %.

Результаты исследования и их обсуждение

Бассейн р. Ишим расположен частично в северной части Казахского мелкосопочника и южной части Западно-Сибирской равнины, имеет грушевидную форму, в верхней части шириной около 700, средней – 300 и нижней – 150 км. Площадь его водосбора составляет 177000 км^2 (в пределах Российской Федерации – 59000 км^2), а длина реки 2450 км (в пределах РФ – 667 км). Территории бессточных бассейнов, тяготеющих к реке, включены в площадь водосбора. Форма водосбора Ишима способствует равномерному притоку талой воды с водосбора в его нижней части и при дальнейшем транзите – наложению на местный сток в средней части.

Река Ишим зарегулирована водохранилищами в верхнем течении. С вводом в эксплуатацию Вячеславского и Сергеевского водохранилищ [4] в 1968–1970 гг. среднее многолетнее значение максимального за год уровня у г. Ишим и с. Викулово изменилось только на ±3–4 %. При этом увеличилась вариация максимального уровня (коэффициент вариации увеличился с 0,54 до 0,60) у г. Ишим. У с. Викулово коэффициент вариации, напротив, незначительно уменьшился от 0,52 до 0,47. На рис. 1 показан многолетний ход максимальных уровней воды на р. Ишим в отклонениях от среднемноголетнего за зарегулированный период с 1968 по 2015 гг.

Наиболее влияющим на формирование максимальных уровней воды р. Ишим климатическим фактором является максимальный запас воды в снежном покрове, разрушение которого и вызывает основную фазу режима реки – весеннее половодье. Коэффициент корреляции максимальных уровней весеннего половодья и средних по бассейну запасов воды в снежном покрове достигает 0,54 в природной зоне степей, а также 0,42 – в лесостепной и лесной зоне.

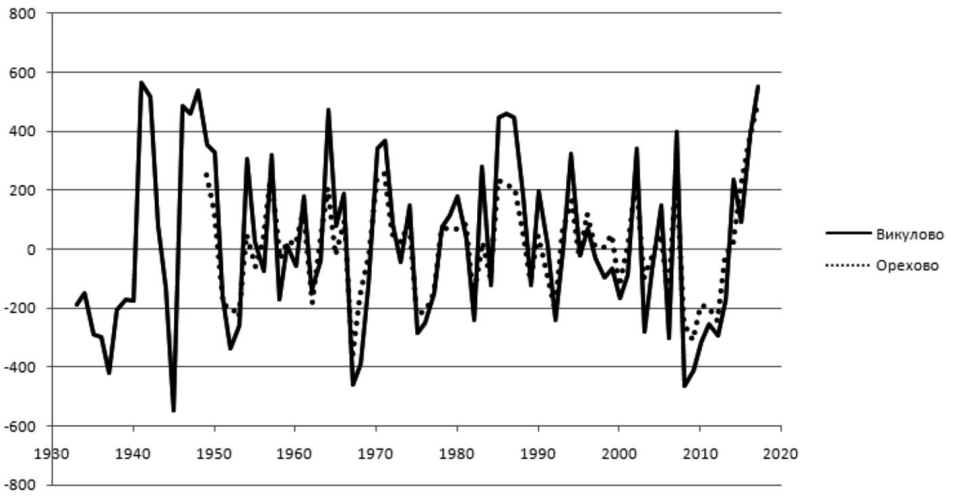


Рис. 1. Хронологический график максимальных уровней воды на р. Ишим в отклонениях от среднемноголетнего за период регулирования стока 1968–2017 гг.

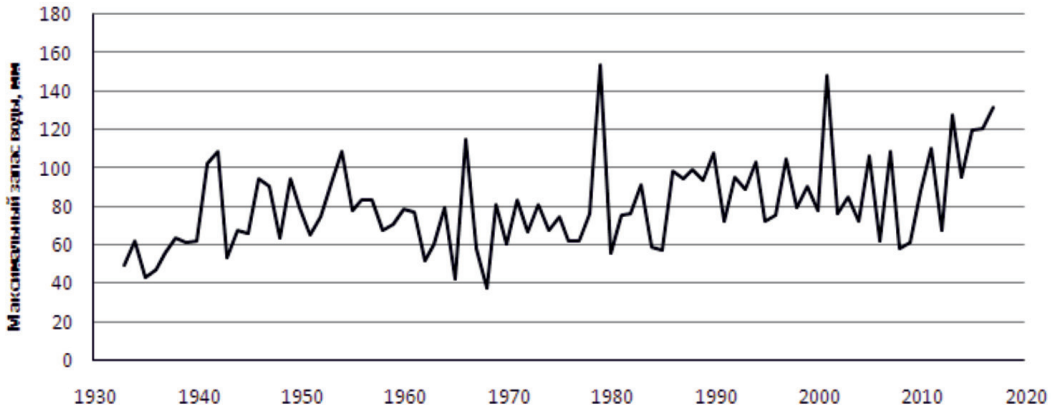


Рис. 2. Хронологический график осредненного по водосбору р. Ишим максимального запаса воды в снежном покрове

Максимальный запас воды в снежном покрове за период инструментальных наблюдений проанализирован по 7 постам водосбора Ишима: Ильинка, Ишим, Мергень, Стрехнино, Абатский, Викулово, Орехово. Анализ подтвердил значительные колебания максимального запаса воды в снеге по годам и показал общую тенденцию к увеличению. Осредненные данные о запасах воды на водосборе показаны на рис. 2.

Максимальный запас влаги в снежном покрове по территории изменяется от 80 мм в зоне лесостепей до 120 мм в лесной природной зоне (табл. 1) [5]. Отмечаются его значительные временные колебания по годам для всех природных зон. Так, если наименьшие значения максимального количества влаги по пунктам в бассейне Ишима наблюдаются от 28 до 59 мм, то максимальные значения варьируют от 130 мм в лесостепной зоне до 209 мм в лесной зоне. В среднем за 1991–2017 гг. в большинстве пунктов наблюдений прослеживается увеличение количества влаги в снежном покрове относительно предыдущего периода 1966–1990 гг.

Разброс значений стабильно максимального количества влаги в снеге высокий и в лесостепной и в лесной природных зонах коэффициент вариации достигает 0,22–0,34, в степной – 0,40. В последние десятилетия (1991–2017 гг.) отклонения от среднемноголетнего значения сокращаются в лесной зоне с 0,28 до 0,26 и увеличиваются в лесостепной зоне в среднем с 0,27 до 0,31. В большинстве пунктов наблюдений за период 1990–2017 гг. по отношению к периоду 1965–1989 гг. происходит рост среднемноголетнего запаса воды в снеге на 3–5 %.

При анализе трендов среднемноголетнего запаса воды в за период с 1966 по 2017 г. по данным метеопостов выявлено, что в многолетнем ходе максимальных запасов воды в снежном покрове незначительное увеличение с интенсивностью 1–6 мм за 10 лет отмечается во всех пунктах наблюдений всех природных зон. Изменение максимального запаса воды в снеге с 1991 по 2017 г. характеризуется положительным трендом во всех природных зонах с интенсивностью 1–9 мм за 10 лет. В целом значения максимальных запасов воды в снежном покрове с 1966 по 2017 г. слабо увеличились. В основном рост произошел в 90-х годах по всему бассейну р. Ишим.

Осадки выпавшие в сентябре и октябре, формируют осеннее увлажнение бассейна. Осеннее увлажнение изменяется от 68 мм в лесостепной зоне до 94 мм в лесной зоне. Минимальные значения сумм осадков за сентябрь и октябрь по пунктам в бассейне среднего и нижнего Ишима наблюдаются от 23 до 43 мм, максимальные же значения варьируются от 133 до 196 мм. В среднем за период 1991–2017 гг. прослеживается увеличение количества осенних осадков относительно предыдущего периода 1966–1990 гг. Севернее с. Ильинка произошел рост среднемноголетнего осеннего увлажнения за период 1991–2017 в среднем на 9–12 % по отношении к среднему за период 1966–1990 гг.

Анализ трендов многолетнего хода осеннего увлажнения за период с 1966 по 2017 г. по данным метеопостов выявил, что незначительное его увеличение с интенсивностью 1–3 мм за 10 лет отмечается во всех природных зонах бассейна р. Ишим. Изменение осеннего увлажнения с 1991

по 2017 г. характеризуется отрицательным трендом в зоне лесостепи и у с. Викулово в лесной зоне с интенсивностью 2–4 мм за 10 лет, в лесной же зоне у с. Орехово интенсивность снижения более значительна и достигает 20 мм за 10 лет.

В целом значения максимальных запасов воды в осеннем увлажнении с 1966 по 2017 г. слабо увеличились. Выявлена общая тенденция к снижению осеннего увлажнения в период с 1991 по 2017 г. Отрицательный тренд осеннего увлажнения обнаружен в природных зонах нижнего Ишима.

Средняя температура воздуха в зимний период с ноября по март влияет на состояние поймы р. Ишим и водосбора, влияя на глубину промерзания почвы при небольшой высоте снежного покрова, изменяет условия стока в зимний и весенний период. Тенденции изменения температуры воздуха исследованы по пунктам с наиболее продолжительными рядами наблюдений – у г. Ишим в лесостепной природной зоне и у с. Викулово в лесной зоне. Средняя температура воздуха в зимний период в бассейне Ишима в период с 1936 по 2017 г. изменялась от –11,8 °С до –14,2 °С (табл. 2).

Минимальные значения зимней температуры для пунктов в бассейне среднего и нижнего Ишима варьируют по территории от –21,2 °С до –16,0 °С, максимальные же значения варьируют от –9,7 °С до –7,5 °С. В среднем в зонах лесостепи и степи в пределах бассейна прослеживается повышение температуры за период 1991–2017 гг. относительно предыдущего периода 1966–1990 гг. Отмечается повышение средних и экстремальных температур в лесостепной зоне.

Разброс значений средней температуры воздуха год от года невысокий, в лесостепной и в лесной природных зонах коэффициент вариации составляет 0,14–0,24. В период 1991–2017 гг. в лесостепной и лесной зоне в пределах бассейна р. Ишим отмечается снижение отклонений от среднемноголетних значений.

Таблица 1

Статистические характеристики максимального запаса воды в снежном покрове (мм) для отдельных пунктов наблюдений по природным зонам

Период	Средний за период	Максимум	Минимум	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Зона лесостепи					
г. Ишим					
1936–1965	82	132	28	30	0,37
1966–1990	88	146	44	25	0,28
1991–2017	93	160	46	28	0,30
Зона лесная (подзона подтайги)					
с. Орехово					
1966–1990	116	209	58	31	0,27
1991–2017	120	200	59	31	0,26

Таблица 2

Статистические характеристики средней температуры воздуха (°С) для отдельных пунктов метеонаблюдений

Период	Средний за период	Минимум	Максимум	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Зона лесостепи г. Ишим					
1936–1965	–14,2	–18,8	–9,5	2,0	0,14
1966–1990	–13,4	–21,2	–8,3	2,6	0,19
1991–2017	–12,1	–16,2	–8,0	2,1	0,17
Зона лесная (подзона подтайги) с. Викулово					
1937–1965	–13,7	–18,2	–9,7	2,0	0,15
1966–1990	–12,4	–21,2	–7,5	3,0	0,24
1991–2017	–11,8	–16,0	–8,1	2,0	0,17

Анализ наличия статистически достоверных линейных трендов по рядам наблюдений за средней температурой воздуха в зимний период с 1966 по 2017 г. по постам в бассейне среднего и нижнего Ишима выявил, что в многолетнем ходе температуры воздуха в зимний период отмечается положительный тренд с интенсивностью 0,26–0,56 °С за 10 лет. Межгодовая изменчивость температуры воздуха в зимний период с 1991 по 2017 г. характеризуется стабилизацией тренда с повышением температуры в лесостепной и лесной зонах с интенсивностью всего 0,08–0,12 °С за 10 лет.

В целом значения температуры воздуха в зимний период с 1966 по 2017 г. увеличились на 5–10 %. Выявлена общая тенденция к замедлению повышения температуры в период с 1991 г. по 2017 г. Анализ однородности рядов ежегодных температур воздуха в зимний период по критериям Стьюдента и Фишера показал достоверность трендов и выявил статистически неоднородные ряды наблюдений. Что подтверждает значительные изменения зимней температуры воздуха на водосборе реки Ишим в современный период. Возможной причиной таких изменений является изменчивость атмосферной циркуляции [6].

Для бассейна р. Ишим характерно глубокое *промерзание почвы в зимний период*, которое может значительно влиять на высоту подъема уровней воды. При быстром снеготаянии в весенний период вода не просачивается в грунт, а стекает по замершей почве, быстро достигая русла реки и вызывая быстрый подъем уровня. Средняя глубина промерзания почвы в бассейне среднего и нижнего Ишима за период с 1966 по 2017 г. изменялась от 95 см в лесной зоне до 113 см в лесостепной зоне. Минимальные значения глубины промерзания почвы по пунктам наблюдались от 22 см в лесной до 58 см в лесостепной зоне, максимальные же значения варьируют от 144 см в лесостепной до 210 см в степной зоне.

При анализе результатов многолетних инструментальных наблюдений за период с 1966 по 2017 г. в бассейне среднего и нижнего Ишима выявлено уменьшение глубины промерзания почвы с различной интенсивностью: на севере бассейна в лесной природной зоне она уменьшалась в среднем на 9–15 см за 10 лет; а в лесостепной зоне глубина промерзания уменьшалась в среднем на 14–17 см за 10 лет. Тенденция к стабилизации глубины промерзания отмечается с 1980 г. В период с 1980 по 2017 г. интенсивность положительного тренда в лесостепной природной зоне сократилась до 5–11 см за 10 лет, в лесной зоне у села Усть-Ишим до 5 см за 10 лет. Анализ выявил неоднородность рядов наблюдений глубины промерзания почвы. Исходя из этого можно весь ряд инструментальных наблюдений представить в виде двух временных отрезков: первый – с начала инструментальных наблюдений до 1979 г., второй – с 1980 г. по настоящее время. Такая же тенденция ранее выявлена и в бассейне среднего Иртыша [7].

Заключение

В работе показано, что с вводом каскада водохранилищ в верхнем и среднем течении Ишима, максимальные уровни весеннего половодья в пределах территории РФ значительно не изменились. При этом в нижнем течении реки отмечается небольшое снижение отклонений от среднемноголетних значений.

Выполненный анализ изменений пространственно-временной изменчивости факторов максимального стока показал наличие значительной вариации год от года климатических факторов, влияющих на максимальные уровни р. Ишим. Доказано существование тенденций повышения максимальных запасов воды в снежном покрове за период с 1991 по 2017 г., снижения осеннего увлажнения в лесной зоне (подтайга), повышения суммы средней температуры воздуха за зимний период с 1936 г. по 2017 г., значительного уменьшения глубины промерзания почвы.

Рассмотренные тенденции возможно принять при коррекции и разработке новых методик прогнозирования максимальных уровней весеннего половодья р. Ишим в пределах Тюменской области. Тем самым в дальнейшем обеспечивается возможность повышения качества гидрологических прогнозов по отдельным створам с учетом ландшафтных особенностей водосбора реки.

Список литературы

1. Бураков Д.А. Наводнения в бассейнах Сибири / Д.А. Бураков, Ю.В. Авдеева, В.Ф. Космакова // Сборник трудов СибНИГМИ, вып. 105 «Гидрометеорология Сибири», 2006. – С. 83–102. URL: http://sibnigmi.ru/documents/papers_v105.pdf (дата обращения: 11.07.2018).

2. Метеорологический информационный сайт ФГБУ «ВНИИГМИ–МЦД» [Электронный ресурм]. – URL: http://meteo.ru/data (дата обращения: 19.04.2018).

3. Метеорологические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб.: ГГИ, 2010. – 162 с. URL: http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/gidro-6.pdf (дата обращения: 11.05.2018).

4. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Иртыш. – 2014. URL: http://www.nobwu.ru/index.php/ndvskiovo (дата обращения: 14.06.2018).

5. Волковская Н.П. Пространственно-временная изменчивость максимального запаса влаги в снежном покрове и глубины промерзания почвы и их влияние на минимальный сток реки Ишим // Современное научное знание: теория, методология, практика: сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Международный научно-информационный центр «Наукосфера». – 2018. – Часть 1. – С. 64–68. URL: http://is.nkzu.kz/publishings/%7BCB82D3B5-E786-4140-8746-D3437B4ED7BF%7D.pdf (дата обращения: 14.06.2018).

6. Sherstyukov A.B., Sherstyukov B.G. Spatial Features and New Trends in Thermal Conditions of Soie and Depth ins Seasonal Thawing in the Permafrost Zone // Russian Meteorology and Hydrology. – 2015. – V. 40. – № 2. – P. 73–78. DOI: 10.3103/S1068373915020016.

7. Мезенцева О.В., Волковская Н.П. Пространственно-временная изменчивость глубины промерзания почвы и её влияние на минимальный сток рек Омской области / О.В. Мезенцева, Н.П. Волковская // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием (Омск, 21 апреля 2017). – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2017. – С. 79–82. URL: file:///C:/Users/08042017/Downloads/sbornik_effekt_prirod.pdf (дата обращения: 11.07.2018).

References

1. Burakov D.A. Navodneniya v bassejnax Sibiri / D.A. Burakov, Yu.V. Avdeeva, V.F. Kosmakova // Sbornik trudov SibNIGMI, vy`p. 105 «Gidrometeorologiya Sibiri», 2006. – P. 83–102. URL: http://sibnigmi.ru/documents/papers_v105.pdf (data obrashheniya: 11.07.2018).

2. Meteorologicheskij informacionny`j sajt FGBU «VNIIGMI–MCzD» [E`lektronny`j resurm]. – URL: http://meteo.ru/data (data obrashheniya: 19.04.2018).

3. Meteorologicheskie rekomendacii po ocenke odnorodnosti gidrologicheskix xarakteristik i opredeleniyu ix raschetny`x znachenij po neodnorodny`m danny`m. – SPb.: GGI, 2010. – 162 p. URL: http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/gidro-6.pdf (data obrashheniya: 11.05.2018).

4. Sxema kompleksnogo ispol`zovaniya i oxrany` vodny`x ob``ektov bassejna reki Irty`sh. – 2014. URL: http://www.nobwu.ru/index.php/ndvskiovo (data obrashheniya: 14.06.2018).

5. Volkovskaya N.P. Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost` maksimal`nogo zapasa vlagi v snezhnom pokrove i glubiny` promerzaniya pochvy` i ix vliyanie na minimal`ny`j stok reki Ishim // Sovremennoe nauchnoe znanie: teoriya, metodologiya, praktika: sbornik nauchny`x statej po materialam V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 2-x chastyax. Mezhdunarodny`j nauchno-informacionny`j centr «Naukosfera». – 2018. – Chast` 1. – P. 64–68. URL: http://is.nkzu.kz/publishings/%7BCB82D3B5-E786-4140-8746-D3437B4ED7BF%7D.pdf (data obrashheniya: 14.06.2018).

6. Sherstyukov A.B., Sherstyukov B.G. Spatial Features and New Trends in Thermal Conditions of Soie and Depth ins Seasonal Thawing in the Permafrost Zone // Russian Meteorology and Hydrology. – 2015. – V. 40. – № 2. – P. 73–78. DOI: 10.3103/S1068373915020016.

7. Mezenceva O.V., Volkovskaya N.P. Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost` glubiny` promerzaniya pochvy` i eyo vliyanie na minimal`ny`j stok rek Omskoj oblasti / O.V. Mezenceva, N.P. Volkovskaya // E`kologo-e`konomicheskaya e`ffektivnost` prirodopol`zovaniya na sovremennom e`tape razvitiya Zapadno-Sibirskogo regiona: materialy` VII Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem (Omsk, 21 aprelya 2017). – Omsk: Izd-vo OmGPU, 2017. – P. 79–82. URL: file:///C:/Users/08042017/Downloads/sbornik_effekt_prirod.pdf (data obrashheniya: 11.07.2018).

УДК 552:549.902:548.3

ХИМИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АМОРФНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

[1]Мелконян Р.Г., [2]Шабельская Н.П., [2]Миюц Е.В.

[1]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет МИСиС», Москва;
[2]ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: nina_shabelskaya@mail.ru

В работе представлена химическая классификация аморфных горных пород, в первую очередь вулканического и осадочного происхождения. Подробно рассмотрены понятия «твердый раствор», «химическое соединение» с точки зрения кристаллохимии. Показано, что возможны четыре варианта упорядочения замещающих атомов в твердом растворе: вероятностное, упорядоченность ближнего и дальнего порядка, полностью упорядоченное. Приведена классификация горных пород по генезису – вулканические и метаморфические. Дана характеристика горных пород – обсидиана и перлита, приведены отличительные особенности вулканических стекол. Показано, что образование перлитов возможно как при полной или частичной гидратации обсидиана, так и в результате прямого остывания вулканической стеклообразной лавы. Такие перлиты называют «первичными». Они обладают наиболее востребованными высокими технологическими свойствами. Выделено, что применение перлитов напрямую связано с их происхождением, которое, в свою очередь, определяет физико-химические и минералогические особенности горных пород. В первую очередь речь идет о степени пористости структуры, виде и распределении областей кристаллических включений. Обсуждены неметаллические системы – минералы, стекла, полупроводники, ферриты с точки зрения образования в них твердых растворов. Предложено разделение ряда горных пород по принципу образуемых ими дисперсных систем. В качестве примера аморфная горная порода – перлит рассмотрена с точки зрения связнодисперсной системы. Показана общность между искусственными композиционными материалами и перлитом. Сделано заключение, что эта горная порода может быть рассмотрена как твердый раствор с твердой дисперсной фазой и твердой дисперсионной средой.

Ключевые слова: вулканические горные породы, осадочные горные породы, перлит, классификация, связнодисперсная система, твердый раствор

CHEMICAL CLASSIFICATION OF AMORPHOUS ROCKS

[1]Melkonyan R.G., [2]Shabelskaya N.P., [2]Miyutz E.V.

[1]National University of Science and Technology, Moscow;
[2]Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, e-mail: nina_shabelskaya@mail.ru

The paper presents the chemical classification of amorphous rocks, primarily of volcanic and sedimentary origin. The concepts of «solid solution», «chemical compound» from the point of view of crystal chemistry are considered in detail. It is shown that four variants of the order of the substituting atoms in the solid solution are possible: probabilistic, near and far order, fully ordered. The classification of rocks by Genesis – volcanic and metamorphic. The characteristic of rocks – obsidian and perlite-is given, distinctive features of volcanic glasses are given. It is shown that the formation of perlites is possible both at full or partial hydration of obsidian and as a result of direct cooling of volcanic glass-like lava. Such perlites are called «primary». They have the most popular high technological properties. It is emphasized that the use of perlite is directly related to their origin, which, in turn, determines the physical, chemical and mineralogical features of rocks. First of all, we are talking about the degree of porosity of the structure, the form and distribution of the areas of crystalline inclusions. Non – metallic systems-minerals, glasses, semiconductors, ferrites in terms of formation of solid solutions in them are discussed. The separation of a number of rocks on the basis of the dispersion systems formed by them is proposed. As an example, the amorphous rock – perlite is considered from the point of view of the connected dispersed system. The similarity between artificial composite materials and perlite is shown. It is concluded that this rock can be considered as a solid solution with a solid dispersed phase and a solid dispersion medium.

Keywords: volcanic rocks, sedimentary rocks, perlite, classification, cohesive system, solid solution

К аморфным горным породам принято относить природные агрегаты минералов, из которых состоит земная кора. Эти агрегаты характеризуются, как правило, более или менее постоянным составом и могут содержать как один минерал (так называемые простые, или мономинеральные, горные породы), так и несколько минералов (в этом случае речь идет о сложных, или полиминеральных, горных породах) [1].

Само понятие «минерал» (от лат. minera – руда) определяет объекты природного происхождения с приблизительно однородными химическим составом и физическими свойствами. До настоящего времени нет четкости в отношении классификации горных пород: являются ли они соединением или твердым раствором?

Относительно понятия «твердый раствор» в кристаллохимии известны четыре варианта упорядочения замещающих атомов [2–4]: вероятностное (распределение хаотично в любой точке кристаллической структуры); упорядоченность ближнего порядка (наблюдается наличие порядка в распределении атомов в ближних коорди-

национных сферах); упорядоченность дальнего порядка (реализуется упорядоченность ближнего и дальнего порядка, однако она не достигает 100%); полностью упорядоченное (с химической точки зрения в этом случае речь идет о новом соединении промежуточного состава).

Однако четкие границы между понятиями «соединение» и «твердый раствор» провести невозможно: в химической лаборатории, а тем более – в природе обычно реализуются объекты, которые можно отнести к достаточно упорядоченным твердым растворам и, одновременно, к недостаточно упорядоченным веществам. В качестве примера можно упомянуть силикаты с их полостями и каналами, в которых располагается переменное количество примесных ионов.

В этой связи в данном исследовании была предпринята попытка создания химической классификации горных пород на основе отнесения их к дисперсным системам.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны аморфные горные породы, в частности вулканические стекла. Методы исследования опираются на законы кристаллохимии и петрографии. В качестве исходной гипотезы принята классификация неорганических материалов по степени упорядочения примесных атомов (в твердых растворах).

Результаты исследования и их обсуждение

Как известно, по генезису горные породы классифицируют на магматические (вулканические) и осадочные (метаморфические). Магматические горные породы разделяются на эффузивные (излившиеся) и интрузивные (глубинные). Горные породы осадочного происхождения могут быть хемогенными, обломочными, органогенными. Для метаморфических горных пород известно разделение на сланцевые и не сланцевые.

Породы вулканического происхождения, содержащие большое количество кремнезема, это обсидианы, пемзы, пехштейны, перлиты. Эти породы относят к аморфным. Применение некоторых подобных минералов ведет свое начало из глубины веков.

В этой связи следует отметить вулканическое стекло – обсидиан. Со времен эпохи палеолита известно применение этого яркого и относительно прочного минерала в виде ножей, наконечников стрел, скребков. Согласно данным археологических раскопок, изделия из обсидиана служили людям в быту наряду с кремниевыми орудиями. В более поздние века отдельные кусочки природного стекла научились подвергать обработке с получением зеркал. Как известно, обсидиан – минерал, чем-то напоминающий янтарь своей прозрачностью и красивой игрой света и тени, и одновременно – агат своей неповторимой окраской. В качестве украшений этот минерал находит спрос и ныне.

С середины прошлого века интерес к вулканическим стеклам приобретает промышленную направленность. Так, например, профессор М.П. Воларович с сотрудниками занимался изучением процессов плавления обсидианов и вязкости их расплавов. Академик П.П. Будников [5] провел ряд исследований и предложил использовать в строительстве в качестве мягкого заполнителя вспученное вулканическое стекло. Еще одним направлением переработки высококремнеземистых горных пород, в частности армянских пемз, стало их применение в качестве исходного сырья для производства бутылки тёмно-зелёного цвета.

За годы изучения и промышленного использования аморфных горных пород было предпринято несколько попыток их классификации. Одной из первых классификаций вулканического стекла может считаться предложенная В.П. Петровым. Согласно его представлениям, при длительной гидратации обсидиана, которая может протекать миллионы лет, образуется перлит. В.П. Петров выделил [6] зональные потоки. В целом кислые лавовые потоки имеют больший объем и меньшую протяженность по сравнению с основными. По глубине залегания в толще вулканических стекол можно выделить несколько областей. Наиболее глубоко расположенные плотные стекла – обсидианы – имеют тенденцию к окристаллизованию с увеличением глубины залегания. В результате частичной гидратации обсидианов образуются перлиты или обводненные стекла. Наиболее близко к поверхности располагаются пемзы – пористые кислые стекла. Технологические свойства рассматриваемых минералов в существенной степени определяются степенью их гидратации. В таблице приведена классификация стекол вулканического происхождения по степени гидратации.

Физико-химические и технологические свойства вулканических стекол

Наименование вулканического стекла	Химический состав			Особенности структуры	Основные технологические свойства
	Тип стекла	Содержание			
		SiO_2	H_2O		
Обсидиан	кислые	Более 65%	Менее 1%	Имеет стеклянный блеск, плотность 2,5–2,6 г/см^3	При длительной термообработке вспучивается в один прием
Перлит	кислые	Более 65%	Более 1%	Способен распадаться на отдельные шарики – перлы, пористость 5–30%	При краткой термообработке вспучивается в один или два приема
Пемза	кислые	Более 65%	Более 1%	Имеет поры различного размера, пористость 30%, плотность 2–2,5 г/см^3	Применяют без дополнительной термообработки
Смоляной камень	кислые	Более 65%	Более 1%	Имеет поры различного размера, пористость 5–30%, плотность 2,4–2,5 г/см^3	Вспучивается при частичной дегидратации с последующей термообработкой
Тахилит	основные и средние	Менее 65%	Около 1%	Структура плотная	Не способен к вспучиванию
Вулканический шлак	основные и средние	Менее 65%	–	Имеет крупные поры	Применяют без дополнительной термообработки

Исключительно высокие технологические свойства характерны для перлита. Ряд исследований показывает, что образование перлитов возможно как при полной или частичной гидратации обсидиана, так и в результате прямого остывания вулканической стеклообразной лавы. Именно такие перлиты, обладающие наиболее ценными технологическими свойствами, принято называть «первичными». В качестве нового сырьевого материала для промышленности строительных материалов первичные перлиты были введены профессором В.В. Наседкиным [7–9].

В настоящее время общие запасы перлитов оцениваются величиной более двадцати пяти миллионов тонн [10].

Месторождения различных вулканических стекол сильно различаются по условиям добычи, транспортировки, характера залегания полезных ископаемых и, как следствие, удобства эксплуатации. Как правило, эти месторождения располагаются в областях молодого вулканизма. Такая особенность связана с самим характером этих минералов, так как стеклообразное состояние может существовать только вблизи от поверхности Земли. В более глубинных областях под действием высоких температур и давления происходит частичная кристаллизация горных пород. Вследствие этого основные области месторождений вулканических стекол располагаются на территории бывших стран СНГ и России, охватывая территории Украины на границе с Румынией, Венгрией, Словакией и Польшей, через районы Таджикистана, Киргизии, Казахстана до Дальнего Востока.

Применение перлитов напрямую связано с их происхождением, которое, в свою очередь, определяет физико-химические и минералогические особенности горных пород. В первую очередь речь идет о степени пористости структуры, виде и распределении областей кристаллических включений [11].

Кроме классификации по происхождению, горные породы и минералы характеризуют по их химическому составу. Поскольку лаву можно рассматривать как затвердевший расплав горных пород, вышедших на поверхность Земли, рассмотрим возможность образования твердых растворов на основе эффузивных пород.

Раствором называют гомогенную (одинаковую) систему переменного состава, состоящую из растворителя (компонента в большем количестве), растворенного вещества (одного или нескольких) и продуктов их взаимодействия [12]. Различают истинные растворы, в которых размер частиц растворенного вещества не превышает 1 нм, и коллоидные растворы, с размером частиц 1–1000 нм (системы с большим размером частиц растворенного вещества являются грубодисперсными). Коллоидные системы являются дисперсным, содержат две (и более) фазы. Такие системы состоят из дисперсной

фазы (локальные включения), распределенной в дисперсионной среде (сплошная фаза). Эти фазы не смешиваются и являются химически инертными друг по отношению к другу. Фазой принято называть гомогенную часть гетерогенной системы, отделенную от окружающей ее среды поверхностью раздела.

Дисперсные системы являются обязательно гетерогенными. По агрегатному состоянию дисперсионной среды выделяют системы с газообразной (аэрозоли), жидкой (золи, гели) и твердой (твердые растворы) дисперсионной средой. Дисперсная фаза может быть также газообразной, жидкой, твердой (рис. 1).

Горные породы и минералы могут быть отнесены к дисперсным системам с твердой дисперсионной средой.

Магматические горные породы интрузивного типа, формирование которых протекает на большой глубине, характеризуются наличием крупных кристаллов, в основном кварца, полевых шпатов, слюды. Такая система может быть отнесена к твердым растворам с твердой дисперсной фазой и твердой дисперсионной средой. К такому типу дисперсных систем относится, например, гранит.

Магматические горные породы эффузивного типа, которые образуются при извержении вулкана, имеют мелкозернистое, скрытокристаллическое или аморфное строение. К таким горным породам относится, например, обсидиан. Основными минералами обсидиана являются кварц и полевой шпат. При содержании воды менее 1% обсидиан – однородное вулканическое стекло. Если содержание воды более 1%, горная порода вспучивается при нагревании, образуется перлит. Таким образом, горная порода перлит относится к твердым гетерогенным системам.

В общем случае можно утверждать, что к твердым растворам относятся гомогенные (однородные по составу в любой своей части) кристаллические фазы переменного состава, которые образуются в двух или более компонентных системах. Используя классическое определение понятия «раствор», можно показать, что кристаллическая фаза, находящаяся в большем количестве, будет растворителем, в меньшем количестве (одна или несколько) – растворенным веществом. При этом растворитель в твердом растворе – обязательно твердое вещество при обычных условиях. Растворенное вещество может быть в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное). При неограниченной растворимости компонентов системы друг в друге образуется непрерывный ряд твердых растворов. В реальных условиях концентрация растворенного вещества не может превышать некоторое предельное значение (без изменения физико-химических характеристик вещества) и существование твердых растворов ограничено некоторыми областями составов, которые образуют области гомогенности. К твердым растворам относятся [12] многие металлические сплавы (например, аустенит, представляющий собой равномерно распределенные атомы углерода в элементарной ячейке железа) и неметаллические системы – минералы (в частности, драгоценные камни, состоящие из распределенных оксидов различных металлов в матрице кремнезема), стекла (со времен М.В. Ломоносова известны рубиновые стекла, полученные распределением мелких вкраплений золота в стекле), полупроводники (арсениды галлия, индия и т.п.), ферриты (никель-цинковые, марганец-цинковые ферриты и т.д.).

Для перлита по химическому составу основными компонентами являются [13] оксиды кремния (IV) (SiO_2, до 75%), алюминия (Al_2O_3, до 16%), калия (K_2O, до 5%), натрия (Na_2O, до 4%), железа (III) (Fe_2O_3, до 3%), магния (MgO, до 1%), кальция (CaO, до 2%). Воды в составе породы до 6%.

Образование перлита из вулканического стекла (обсидиана) под воздействием подземных вод может свидетельствовать в пользу тезиса о его стеклообразном состоянии [14].

По текстурным признакам выделяют перлиты – массивный, полосчатый, брекчиевидный, пемзовидный.

На рис. 2 приведено схематически строение горной породы перлит. Его структуру можно представить как сфероидальную: в целом аморфная, стеклообразная порода состоит из шариков, похожих на жемчужины (их диаметр составляет от 1 до 15 мм), которые либо вкраплены в стекло поодиночке, либо слагают всю породу. Характерным признаком перлита можно считать вулканическое стекло с перлитовой отдельностью (мелкими скорлуповатыми шариками), распределенными в матрице.

С подобной точки зрения перлит может быть представлен как композиционный материал естественного происхождения, состоящий из твердой стеклообразной матрицы с включениями твердых капель перлов. В этой связи горная порода перлит может быть рассмотрена как твердый раствор с твердой дисперсной фазой и твердой дисперсионной средой.

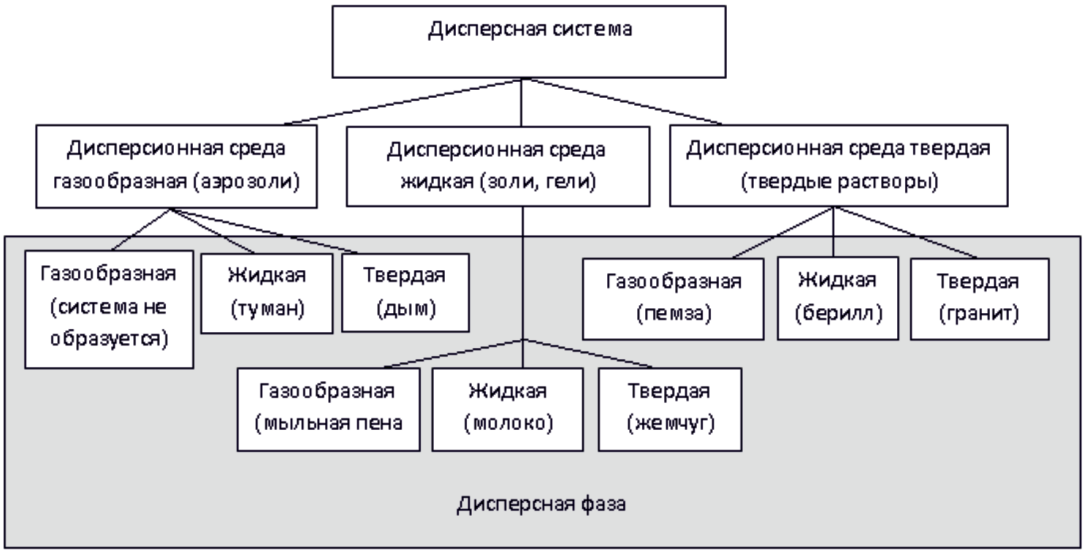


Рис. 1. Классификация дисперсных систем

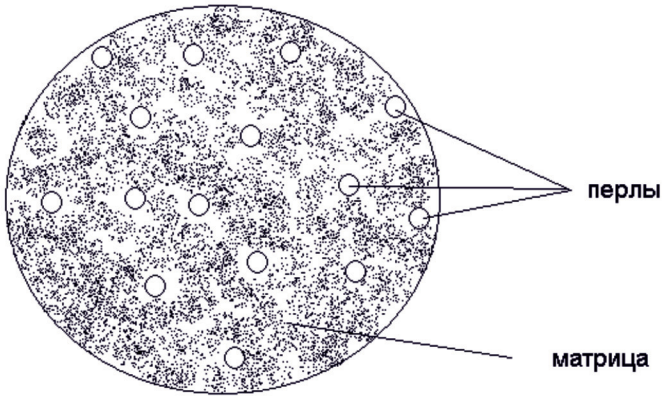


Рис. 2. Схематическое изображение породы перлит

Заключение

Таким образом, предложена химическая классификация ряда горных пород по принципу образуемых ими дисперсных систем. Горная порода перлит рассмотрена с точки зрения связнодисперсной системы. Показана общность между искусственными композиционными материалами и перлитом. Сделано заключение, что эта горная порода может быть рассмотрена как твердый раствор с твердой дисперсной фазой и твердой дисперсионной средой.

Список литературы

1. Тюменцева О.В. Минералы и горные породы: учебное пособие / О.В. Тюменцева. – Омск: СибАДИ, 2013. – 72 с.

2. Урусов В.С. Кристаллохимия. Краткий курс / В.С. Урусов, Н.Н. Еремин. – М.: Изд-во МГУ, 2010. – 256 с.

3. Сережкин В.Н. Стереохимия кремния в кислородсодержащих соединениях / В.Н. Сережкин, В.С. Урусов // Кристаллография. – 2017. – Т. 62, № 1. – С. 43–53.

4. Урусов В.С., Еремин Н.Н. Локальная структура твердых растворов по результатам компьютерного моделирования и экспериментальным данным / В.С. Урусов, Н.Н. Еремин // Журнал структурной химии. – 2015. – Т. 56, № 4. – С. 786–800.

5. Будников П.П. Вулканические водосодержащие стекла / П.П. Будников, А.Е. Рохваргер. – М.: Знамя, 1969. – 326 с.

6. Петров В.П. Современное состояние и перспективы развития перлитовой промышленности / В.П. Петров. – М.: Наука, 1981. – С. 5–16.

7. Геология, минералогия и генезис палыгорскитовых глин борщевского месторождения Калужской области и перспективы их технологического использования / В.В. Наседкин [и др.] // Геология рудных месторождений. – 2014. – Т. 56, № 3. – С. 237–258.

8. Наседкин В.В. Кислый вулканизм и водосодержащие стекла Северо-Востока СССР / В.В. Наседкин. – М.: Наука, 1983. – 196 с.

9. Микроскопическое изучение «кремнистых пород» Сарбайской свиты медногорского рудного района (Южный Урал) / В.В. Дьяконов [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2014. – № 1. – С. 93–96.

10. Обзор рынка перлита в СНГ / Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: ИнфоМайн, 2010. – 13 с.

11. Исследование процессов и разработка технологии комплексной переработки перлитов / С.А. Сагарунян [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. – 2015. – № 5. – С. 91–93.

12. Черкасова Т.Ю. Основы кристаллографии и минералогии: учебное пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского Политехнического университета, 2014. – 207 с.

13. Мелконян Г.С. Гидротермальный способ приготовления комплексного стекольного сырья «КАНАЗИТ» на основе горных пород и продуктов их переработки / Г.С. Мелконян. – Ереван: Изд-во «Айастан», 1977. – 238 с.

14. Использование горных пород и промышленных отходов для производства стеклообразных пеноматериалов / Р.Г. Мелконян [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S1. – С. 350–368.

References

1. Tyumenceva O.V. Mineraly` i gorny`e porody`: uchebnoe posobie / O.V. Tyumenceva. – Omsk: SibADI, 2013. – 72 p.

2. Urusov V.S. Kristalloximiya. Kratkij kurs / V.S. Urusov, N.N. Eremin. – M.: Izd-vo MGU, 2010. – 256 p.

3. Serezhkin V.N. Stereoximiya kremniya v kislorodsoderzhashhix soedineniya / V.N. Serezhkin, V.S. Urusov // Kristallografiya. – 2017. – T. 62, № 1. – P. 43–53.

4. Urusov V.S., Eremin N.N. Lokal`naya struktura tverdy`x rastvorov po rezul`tatam komp`yuternogo modelirovaniya i e`ksperimental`ny`m danny`m / V.S. Urusov, N.N. Eremin // Zhurnal strukturnoj ximii. – 2015. – T. 56, № 4. – P. 786–800.

5. Budnikov P.P. Vulkanicheskie vodosoderzhashhie stekla / P.P. Budnikov, A.E. Roxvarger. – M.: Znamya, 1969. – 326 p.

6. Petrov V.P. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy` razvitiya perlitovoj promy`shlennosti / V.P. Petrov. – M.: Nauka, 1981. – P. 5–16.

7. Geologiya, mineralogiya i genezis paly`gorskitovy`x glin borshhevskogo mestorozhdeniya Kaluzhskoj oblasti i perspektivy` ix texnologicheskogo ispol`zovaniya / V.V. Nasedkin [i dr.] // Geologiya rudny`x mestorozhdenij. – 2014. – T. 56, № 3. – P. 237–258.

8. Nasedkin V.V. Kisly`j vulkanizm i vodosoderzhashhie stekla Severo-Vostoka SSSR / V.V. Nasedkin. – M.: Nauka, 1983. – 196 p.

9. Mikroskopicheskoe izuchenie «kremnisty`x porod» Sarbajskoj svity` mednogorskogo rudnogo rajona (Yuzhny`j Ural) / V.V. D`yakonov [i dr.] // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby` narodov. Seriya: Inzhenerny`e issledovaniya. – 2014. – № 1. – P. 93–96.

10. Obzor ry`nka perlita v SNG / Izd. 2-e, dop. i pererab. – M.: InfoMajn, 2010. – 13 p.

11. Issledovanie processov i razrabotka texnologii kompleksnoj pererabotki perlitov / S.A. Sagarunyan [i dr.] // Trudy` Kol`skogo nauchnogo centra RAN. – 2015. – № 5. – P. 91–93.

12. Cherkasova T.Yu. Osnovy` kristallografii i mineralogii: uchebnoe posobie; Tomskij politexnicheskij universitet. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo Politexnicheskogo universiteta, 2014. – 207 p.

13. Melkonyan G.S. Gidrotermal`ny`j sposob prigotovleniya kompleksnogo stekol`nogo sy`r`ya «KANAZIT» na osnove gorny`x porod i produktov ix pererabotki / G.S. Melkonyan. – Erevan: Izd-vo «Ajastan», 1977. – 238 p.

14. Ispol`zovanie gorny`x porod i promy`shlenny`x otxodov dlya proizvodstva stekloobrazny`x penomaterialov / R.G. Melkonyan [i dr.] // Gorny`j informacionno-analiticheskij byulleten` (nauchno-texnicheskij zhurnal). – 2018. – № S1. – P. 350–368.

УДК 504.75.05(470.26)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ

Пунгин А.В., Чайка К.В., Федураев П.В., Парфенова Д.А.

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград, e-mail: APungin@kantiana.ru

Ввиду своей симбиотической природы и морфологических особенностей лишайники очень чувствительны к изменениям условий окружающей среды, они зарекомендовали себя в качестве тест-объекта для оценки состояния атмосферной среды. В настоящее время во многих областях мира наблюдается эффект эвтрофикации воздуха, вызванный поступлением в атмосферу большого количества химически активных соединений азота (аммиак, оксиды азота, аммоний, нитраты). Повышенное осаждение соединений азота оказывает негативное воздействие на функционирование наземных экосистем. Особенно остро проблема загрязнения ощущается в городах: так, например, в Калининграде ежегодно фиксируются превышения допустимых концентраций по содержанию диоксида азота и взвешенных веществ. В связи с тем, что физико-химические методы дают качественные и количественные характеристики состояния загрязнения атмосферного воздуха, но не позволяют судить о биологических последствиях загрязнения, перспективным является применение современных лихеноиндикационных методов, позволяющих в сочетании со стандартным подходом, получить наиболее полную информацию о состоянии воздушного бассейна города. Для биоиндикационного исследования был выбран стандартизированный метод оценки разнообразия эпифитных лишайников – VDI 3957 Part 13. По результатам исследования было показано, что на территории города увеличивается доля видов-индикаторов эвтрофикации (нитрофитов) и снижается доля референтных видов по сравнению с фоновыми территориями. Согласно лихеноиндикационному картированию, большая часть обследованной городской территории характеризуется низким качеством воздуха (62%, 24 квадрата). Наименьшую долю (5%, 2 квадрата) составляют зоны с высоким качеством атмосферного воздуха, покрывающие территории городских парков. Очень сильное влияние эвтрофицирующих соединений установлено в подавляющем числе квадратов – 95%. Таким образом, для большей части обследованной территории г. Калининграда характерно очень низкое качество воздуха с очень сильным воздействием эвтрофицирующих соединений.

Ключевые слова: лишайники, лихеноиндикация, качество воздуха, Калининград

GEOECOLOGICAL EVALUATION OF THE ATMOSPHERIC AIR CONDITION OF THE CITY OF KALININGRAD WITH THE APPLICATION OF THE LICHEN INDICATION MAP METHOD

Pungin A.V., Chayka C.V., Feduraev P.V., Parfenova D.A.

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, e-mail: APungin@kantiana.ru

Due to their symbiotic nature and morphological features, lichens are very sensitive to changes in environmental conditions, they have proven themselves as a test object for assessing the status of the atmospheric environment. At present, in many regions of the world, the effect of air eutrophication is observed, caused by the entry into the atmosphere of a large number of chemically active nitrogen compounds (ammonia, nitrogen oxides, ammonium, nitrates). Increased deposition of nitrogen compounds has a negative impact on the functioning of terrestrial ecosystems. The problem of pollution is especially acute in cities, for instance, in Kaliningrad, the excess of permissible concentrations of nitrogen dioxide and suspended matter is recorded annually. As physical and chemical methods give qualitative and quantitative characteristics of the status of atmospheric air pollution, but do not allow one to judge the biological consequences of pollution, it is promising to use modern lichen indication methods that, in combination with a standard approach, could obtain the most complete information on the state of air in the city. For the lichen indication study, a standardized method for assessing the diversity of epiphytic lichens, VDI 3957 Part 13, was chosen. The study showed that the proportion of eutrophication indicator types (nitrophytes) increases in the city and the proportion of reference species decreases compared to the background territories. According to the lichen indication method, most of the surveyed urban area is characterized by poor air quality (62%, 24 squares). The smallest proportion (5%, 2 squares) are zones with high quality of atmospheric air covering the territory of city parks. A very strong effect of eutrophication compounds is found in the overwhelming number of squares – 95%. The most part of the city of Kaliningrad is characterized by a very low air quality with a very strong effect of eutrophication compounds.

Keywords: lichens, lichen indication method, air quality, Kaliningrad

Лишайники очень чувствительны к изменениям условий окружающей среды, особенно, вызванным загрязнением атмосферы, эвтрофикацией (химически активными формами азота) и изменением климата [1, 2]. Высокая чувствительность лишайников объясняется тем, что таллом лишайника представляет собой комплексную симбиотическую ассоциацию между грибом (микобионт) и зеленой водорослью и/или ци-

анобактерией (фотобионт). В отличие от высших растений, у лихенизированных грибов отсутствует какой-либо защитный слой (кутикула), поэтому загрязняющие компоненты могут легко проникнуть в гифы гриба и клетки водорослей [3, 4].

Лишайники зарекомендовали себя в качестве объекта для проведения биомониторинговых исследований и в данной области активно используются уже более пятидесяти лет [4]. Видовое разнообразие лихенобиоты является индикатором состояния атмосферной среды [5–7]. В настоящее время во многих областях мира наблюдается эффект эвтрофикации воздуха, вызванный поступлением в атмосферу большого количества эвтрофицирующих соединений. К ним относятся химически активные формы азота: аммиак (NH_3), монооксид азота (NO), диоксид азота (NO_2), закись азота (N_2O), аммоний (NH_4^+), нитраты (NO_3^-) и другие соединения, которые в воздухе находятся в растворенном виде и в составе твердых частиц, являются крайне подвижными и трансформируются друг в друга. Загрязнение эвтрофицирующими соединениями – результат деятельности промышленных и мусороперерабатывающих предприятий, птице- и животноводческих ферм, сельскохозяйственного сектора, а также автотранспорта [8, 9].

По составу загрязняющих веществ атмосферный воздух Калининграда является типичным для современных городов с развитой транспортной инфраструктурой. В городе мониторинг загрязнения воздуха осуществляется на 16 постах, ежегодно регистрируются превышения допустимых концентраций по содержанию диоксида азота, взвешенных веществ, формальдегиду, бенз(а)пирену [10]. Согласно государственному докладу об экологической обстановке в Калининградской области [10], основными источниками загрязнения атмосферного воздуха города Калининграда являются автотранспорт, предприятия жилищно-коммунального хозяйства, машиностроения и судоремонта, электроэнергетики, строительной, мебельной и пищевой промышленности. Физико-химические методы дают качественные и количественные характеристики состояния загрязнения атмосферного воздуха, но не позволяют судить о биологических последствиях загрязнения. Кроме того, посты мониторинга не покрывают равномерной сетью всю территорию города, а располагаются точечно. В связи с этим для оценки качества воздуха перспективным является применение современных лихеноиндикационных методов, что позволит, в сочетании с физико-химическими методами контроля, получить наиболее полную информацию о состоянии воздушного бассейна административного центра региона. Цель исследования – оценить качество атмосферного воздуха города Калининграда лихеноиндикационным методом.

Материалы и методы исследования

Для учета загрязнения атмосферного воздуха в г. Калининграде был выбран стандартизированный метод оценки разнообразия эпифитных лишайников, разработанный Союзом немецких инженеров (VDI). Данный метод предназначен для определения качества воздуха и оценки влияния эвтрофицирующих соединений [3]. Территория Калининграда была разбита на сеть квадратов площадью один квадратный километр (1х1 км), где производился учет видового разнообразия и встречаемости лишайников на 5–10 отдельно стоящих, пряморастущих, здоровых деревьях таких видов, как *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L. и др. Обследование проводилось в весенне-осенний период 2016–2018 гг. в 39 квадратах на территории города Калининграда.

Решетки для учета лишайников размещались в четырех сегментах на высоте полутора метров от земли, с экспозицией по сторонам света (север, восток, юг, запад). Решетка для учета лишайников состоит из пяти квадратов, каждый из которых имел размер 10х10 см. В каждом квадрате были идентифицированы виды лишайников и посчитана частота встречаемости по всем видам в сегменте. Лишайники, идентификация видовой принадлежности которых была затруднена в полевых условиях, были определены с использованием стандартных лихенологических методов на базе Гербария (KLGU) Института живых систем БФУ им. И. Канта. Виды-индикаторы эвтрофикации (нитрофиты) рассматривались отдельно от других лишайников – референтных видов. Был произведен расчет значения разнообразия лишайников (FDW) отдельно для референтных (FDW_{Ref}) и видов-индикаторов эвтрофикации (FDW_{Eu}). Комбинированный индекс качества воздуха (LGI) определялся по матрице (рис. 1).

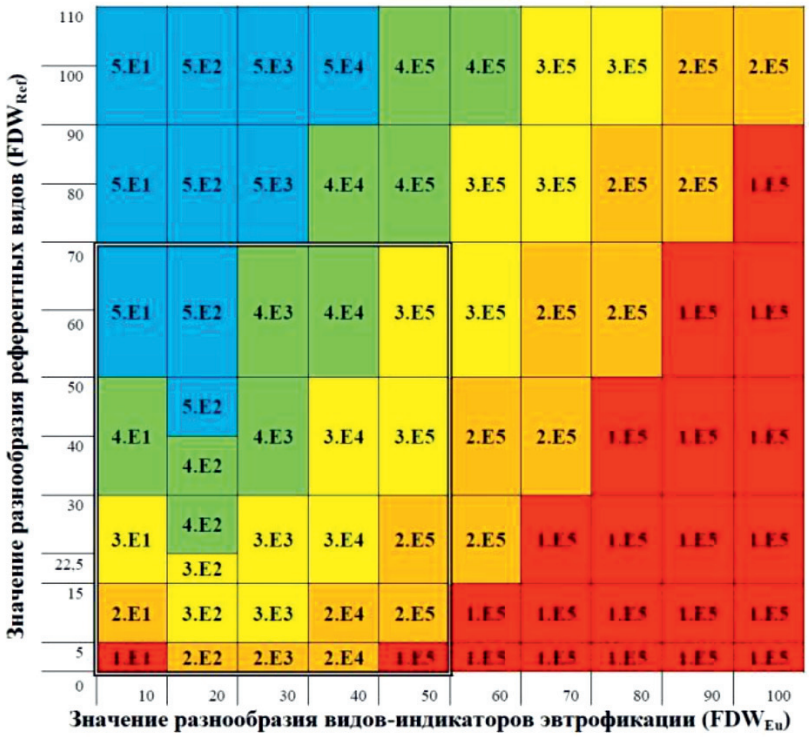


Рис. 1. Матрица оценки качества воздуха (LGI) путем комбинации значений разнообразия референтных видов и видов-индикаторов эвтрофикации [3, 6, 11]

Показатели, входящие в состав комбинированного индекса качества воздуха

Первый показатель	Качество воздуха	Второй показатель	Влияние эвтрофицирующих соединений
1	очень низкое	E5	очень сильное
2	низкое	E4	сильное
3	среднее	E3	среднее
4	высокое	E2	низкое
5	очень высокое	E1	очень низкое

Интерпретация комбинированного индекса качества воздуха (LGI) проводилась согласно таблице [5]. Для сравнения полученных по г. Калининграду данных с фоновой территорией, где условно антропогенное воздействие ниже, были заложены пробные площадки на северо-восточной окраине города Зеленоградска (в основании Куршской косы), в лесопарковой зоне города Светлогорска и в окрестностях поселка Гастеллово Славского района Калининградской области.

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010, IBM SPSS Statistics Base, для проверки достоверности различий использовали U-критерий Манна – Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение

В г. Калининграде было обследовано 313 деревьев в 39 квадратах и 25 деревьев на фоновых территориях. В результате проведенных исследований по учету видового разнообразия лишайников, был составлен список эпифитных лишайников г. Калининграда, насчитывающий 68 видов [11–13], среди которых 18 видов, согласно методике [3], относятся к группе индикаторов эвтрофикации (нитрофитные лишайники). На фоновых территориях выявлено 43 вида (12 видов нитрофитов): на северо-восточной окраине г. Зеленоградска обнаружено 30 видов лишайников, на пробной площадке в лесопарковой зоне Светлогорска – 15 видов, в окрестностях пос. Гастеллово – 34 вида.

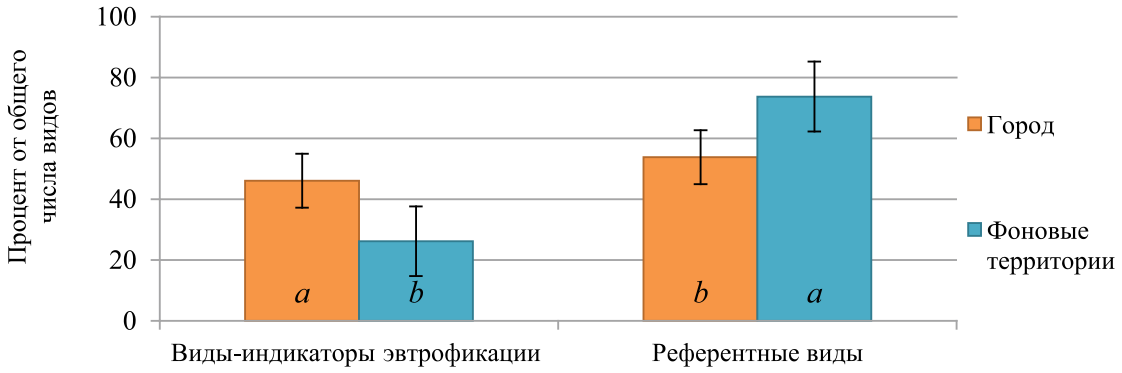


Рис. 2. Процентное соотношение видов – индикаторов эвтрофикации и референтных видов в г. Калининграде и на фоновых территориях (индексами a и b обозначены достоверно различающиеся данные $p < 0,01$)

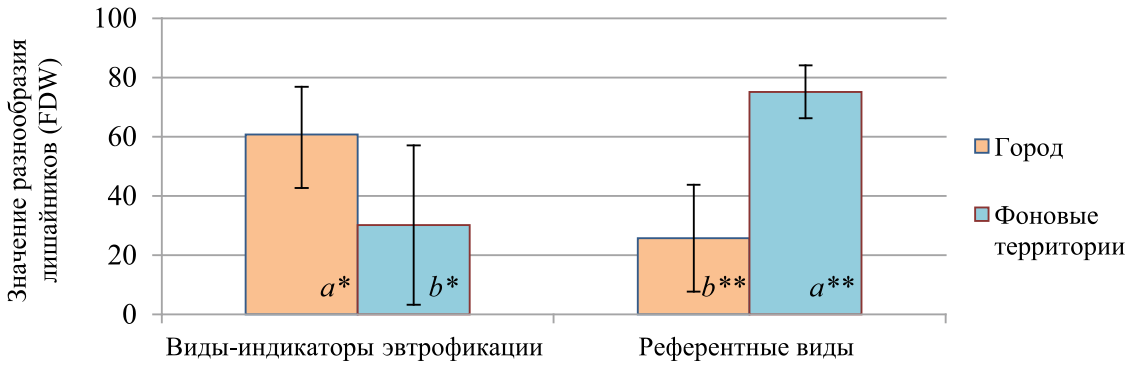


*Рис. 3. Разнообразие видов – индикаторов эвтрофикации и референтных видов в г. Калининграде и на фоновых территориях (индексами a и b обозначены достоверно различающиеся данные, * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$)*

В городе распределение количества видов лишайников в квадратах учета неравномерно и колеблется от 9 до 32 видов, со средним показателем 23,2 ± 6,16. В г. Калининграде среднее число видов эпифитных лишайников на одном дереве (форофите) составляет 11,1 ± 3,4 с вариацией от 3 до 25 видов на одном форофите, что достоверно ниже ($p < 0,001$) по сравнению с фоновыми территориями – 15,4 ± 3,9, где наименьшее разнообразие эпифитов на одном дереве обнаружено в лесопарковой зоне на территории города Светлогорска – 8 видов, а максимальное (23 вида) на окраине города Зеленоградска и в окрестностях пос. Гастеллово. В Калининграде число видов-индикаторов эвтрофикации варьирует от 5 до 14 видов, что составляет 25,0–66,7 % в пересчете на процентное отношение от общего числа видов в квадрате, со средним значением для города 46,1 ± 8,9 % (рис. 2). Число референтных лишайников варьирует от 4 до 24 видов, что в процентном отношении составляет 33,3 – 75,0 %, со средним – 53,9 ± 8,9 %. В свою очередь, на фоновых территориях число видов-индикаторов эвтрофикации варьирует от 2 до 12 видов (13,3–35,3 %), со средним значением в 26,2 ± 11,5 %; видовое разнообразие референтных видов находится в пределах 13–22 видов (64,7–86,7 %), со средним 73,8 ± 11,5 %. При проведении сравнительного анализа процентного соотношения видов-индикаторов эвтрофикации и референтных видов в Калининграде и на фоновых территориях было установлено наличие достоверных различий на уровне $p < 0,01$.

Значение разнообразия референтных видов лишайников (FDW_{Ref}) в городе Калининграде колебалось от 2,2 до 92,5 со средним значением 25,7 ± 18,1. На фоновых территориях FDW_{Ref} составил 75,1 ± 8,9, что, согласно оценки разли-

чий с применением U-критерия Манна – Уитни, достоверно больше ($p < 0,01$) по сравнению с городской территорией. Как видно из рис. 3, разнообразие видов – индикаторов эвтрофикации (60,8 ± 16,1; от 20,8 до 91,6) значительно ($p < 0,05$) превышает фоновые территории, где FDW_{Eu} колебалось от 0,4 до 52,7 со средним значением 30,2 ± 26,9. Таким образом, на территории города, ввиду наличия особой экологической обстановки, связанной с загрязнением атмосферного воздуха и изменением микроклиматических условий, увеличивается доля видов-индикаторов эвтрофикации и снижается доля референтных видов по сравнению с фоновыми территориями.

На основании проведенных расчетов значений разнообразия видов-индикаторов эвтрофикации и референтных видов для каждого обследованного квадрата, а также определенных по матрице индексов LGI, была построена растровая картосхема качества атмосферного воздуха и влияния эвтрофицирующих соединений на территории г. Калининграда (рис. 4).

Как видно из рис. 4, территорий с очень высоким качеством воздуха в г. Калининграде выявлено не было. Большая часть обследованной городской территории характеризуется низким качеством воздуха (62 % от обследованной территории, 24 квадрата). Квадраты с низким и средним качеством воздуха занимают соответственно 20 % и 13 % обследованной территории, наименьшую долю (5 %, 2 квадрата) составляют зоны с высоким качеством атмосферного воздуха, покрывающие территории городских парков. В подавляющем числе квадратов (95 %) установлено очень сильное влияние эвтрофицирующих соединений. На основании полученных нами результатов лихеноиндикационного картирования г. Калининграда можно заключить, что для большей части обследованной территории характерно очень низкое качество воздуха с очень сильным воздействием эвтрофицирующих соединений.

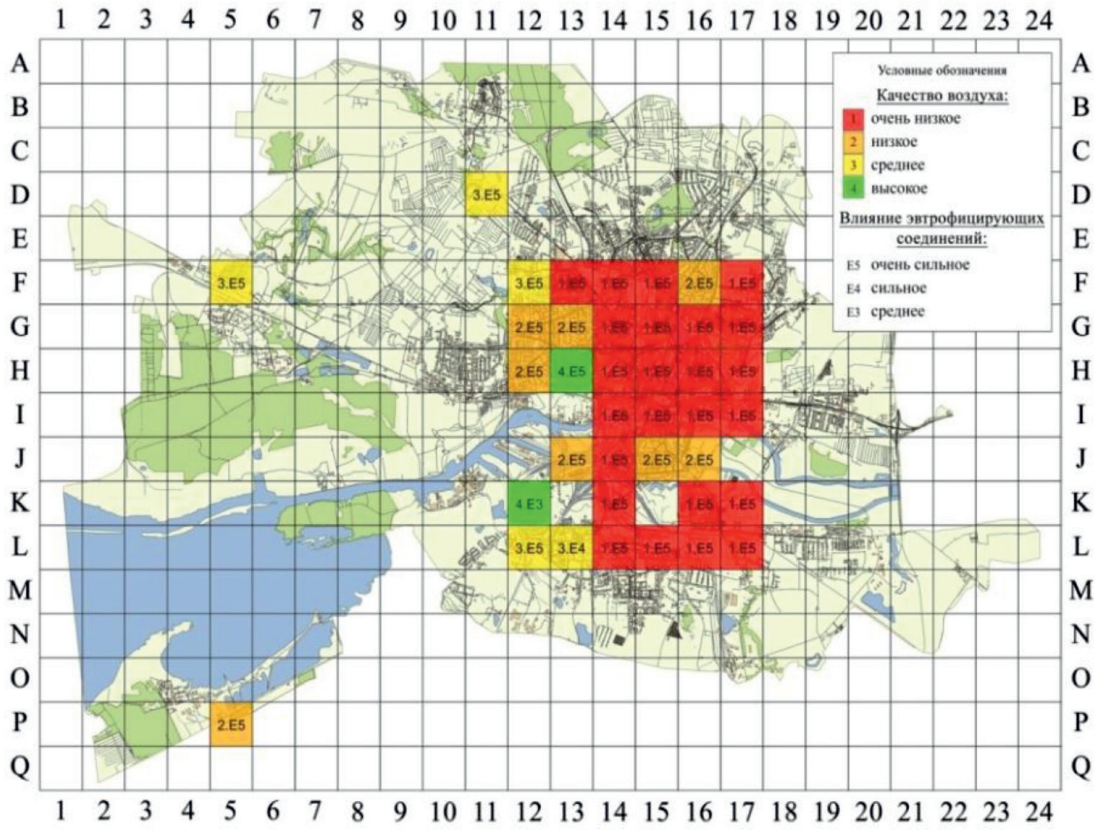


Рис. 4. Картосхема качества атмосферного воздуха и влияния эвтрофицирующих соединений на территории г. Калининграда согласно лихеноиндикационному картированию

В исследовании с применением данной методики в Германии в земле Гессен были получены схожие результаты, исследование проводилось на 20 пробных площадках, расположенных в г. Гиссен, Вецлар и на фоновых территориях [6]. В центральных частях городов и вблизи крупных автомагистралей качество воздуха было очень низким, в удалении от центра города происходило увеличение видового разнообразия лихенобиоты, а, следовательно, на повышении уровня качества воздуха до «среднего». Наилучший уровень качества воздуха – очень высокое качество воздуха со средним воздействием эвтрофицирующих соединений (5.E3) установлен в поселке Шлоссборн, расположенном на северо-западе от Франкфурта-на-Майне, в горном массиве Таунус. Исследователи пришли к выводу, что удаленность от городских агломераций, интенсивного автопотока и землепользования, расположение в лесистой, горной местности вносят существенный вклад в качество атмосферного воздуха данного населенного пункта. Очень важно отметить тот факт, что на всех обследованных территориях, кроме Шлоссборн, было отмечено очень сильное влияние эвтрофицирующих соединений (E5). Таким образом, авторами было показано, что как в сельских, так и в городских местностях в атмосферном воздухе присутствует избыток биодоступных соединений для лишайников [6].

В центральной части г. Калининграда имеется густая сеть автомобильных дорог, в том числе с очень высокой транспортной нагрузкой: улица Александра Невского, Советский, Ленинский и Московский проспекты. Таким образом, в настоящее время наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха с привнесением эвтрофицирующих соединений на территорию города, вносит автомобильный транспорт, что подтверждено рядом исследований [6, 14].

Для улучшения качества атмосферного воздуха в г. Калининграде необходимо провести модернизацию транспортной схемы; при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог проводить мероприятия по озеленению автомагистралей – осуществлять высадку не только деревьев, но и кустарников для абсорбции поллютантов, увеличить долю муниципального электротранспорта; выделять специальные полосы для движения велосипедистов; проводить политику экологического просвещения населения, подчеркивая необходимость перехода на велотранспорт. Реализация данных мер позволит существенно улучшить состояние воздушной среды в административном центре Калининградской области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00149.

Список литературы

1. Insarov G.E., Schroeter B. Lichen monitoring and climate change // Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens. NATO Science Series, IV. V. 7. Dordrecht: Kluwer, 2002. P. 183–201. DOI: 10.1007/978-94-010-0423-7_13.

2. Nash III T.H. Nitrogen, its metabolism and potential contribution to ecosystems // Lichen biology. Cambridge University Press. 2010. P. 218–235. DOI: 10.1017/CBO9780511790478.

3. VDI 3957 Part 13. Biological measurement procedures for determining and evaluating the effects of ambient air pollutions by means of lichens (bioindication). Mapping the diversity of epiphytic lichens as an indicator of air quality. Berlin. 2005. 27 p.

4. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л.Г. Бязров. – М.: Научный мир, 2002. – 336 с.

5. Van Herk C.M., Aptroot A., van Dobben H.F. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming // Lichenologist 34. 2002. P. 141–154. DOI: 10.1006/lich.2002.0378

6. Windisch U., Pungin A., Meckel T. Effects of road traffic pollution on lichen diversity as well as nitrogen and chlorophyll content of Parmelia sulcata in Hesse // Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. 2016. V. 76. Nr. 4. P. 128–135.

7. Цуриков А.Г. Лишайники Юго-Востока Беларуси (опыт лихеномониторинга): монография / А.Г. Цуриков. – М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2013. – 276 с.

8. Clark C.M., Bell M.D., Boyd J.W., Compton J.E., Davidson E.A., Davis C., Fenn M.E., Geiser L., Jones L., Blett T.F. Nitrogen-induced terrestrial eutrophication: cascading effects and impacts on ecosystem services // Ecosphere. 2017. V. 8. № 7. P. 1–17. DOI: 10.1002/ecs2.1877.

9. Bobbink R., Hicks K., Galloway J., Spranger T., Alkemade R., Ashmore M., Bustamante M., Cinderby S., Davidson E., Dentener F., Emmett B., Erisman J-W., Fenn M., Gilliam F., Nordin A., Pardo L., De Vries W. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis // Ecological applications. 2010. V. 20. № 1. P. 30–59. DOI: 10.1890/08-1140.1

10. Государственный доклад об экологической обстановке в Калининградской области в 2014 году // Правительство Калининградской области: Служба по экологическому контролю и надзору Калининградской области. – 2015. URL: http://gov39.ru/vlast/sluzhby/ecology/zip/doklad_2014.pdf (дата обращения: 31.05.2018).

11. Pungin A., Dedkov V. Assessment of air quality by lichen indication method in the central part of Kaliningrad // Research Journal of Chemistry and Environment. 2017. V. 21(2). P. 32–39.

12. Пунгин А.В. Видовое разнообразие эпифитных лишайников города Калининграда / А.В. Пунгин, Д.А. Парфенова // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета (г. Тверь, 8–11 ноября 2017 г.). – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – С. 334–339.

13. Pungin A., Windisch U., Skrypnik L., Chaika C., Feduraev P. Biomonitoring the effects of eutrophication in Kaliningrad (Russia) with lichens and tree barks // Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. 2017. V. 77. Nr. 4. P. 137–142.

14. Nadler L., Stetzka K.M. Analysis of nitrogen contents in foliose lichens Parmelia sulcata and Xanthoria parietina and

air quality assessment according to VDI 3957 Part 13 around selected ambient air monitoring stations in Saxony (Germany) // Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. 2014. V. 74. Nr. 6. P. 255–262.

References

1. Insarov G.E., Schroeter B. Lichen monitoring and climate change // Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens. NATO Science Series, IV. V. 7. Dordrecht: Kluwer, 2002. P. 183–201. DOI: 10.1007/978-94-010-0423-7_13.

2. Nash III T.H. Nitrogen, its metabolism and potential contribution to ecosystems // Lichen biology. Cambridge University Press. 2010. P. 218–235. DOI: 10.1017/CBO9780511790478.

3. VDI 3957 Part 13. Biological measurement procedures for determining and evaluating the effects of ambient air pollutions by means of lichens (bioindication). Mapping the diversity of epiphytic lichens as an indicator of air quality. Berlin. 2005. 27 p.

4. Byazrov L.G. Lishajniki v e`kologicheskom monitoringe / L.G. Byazrov. – M.: Nauchny`j mir, 2002. – 336 p.

5. Van Herk C.M., Aptroot A., van Dobben H.F. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming // Lichenologist 34. 2002. P. 141–154. DOI: 10.1006/lich.2002.0378

6. Windisch U., Pungin A., Meckel T. Effects of road traffic pollution on lichen diversity as well as nitrogen and chlorophyll content of Parmelia sulcata in Hesse // Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. 2016. V. 76. Nr. 4. P. 128–135.

7. Czurikov A. G. Lishajniki Yugo-Vostoka Belarusi (opy`t lixenomonitoringa) : monografiya / A.G. Czurikov. – M-vo obrazovaniya RB, Gomel`skij gos. un-t im. F. Skoriny`. – Gomel`: GGU im. F. Skoriny`, 2013. – 276 p.

8. Clark C.M., Bell M.D., Boyd J.W., Compton J.E., Davidson E.A., Davis C., Fenn M.E., Geiser L., Jones L., Blett T.F. Nitrogen-induced terrestrial eutrophication: cascading effects and impacts on ecosystem services // Ecosphere. 2017. V. 8. № 7. P. 1–17. DOI: 10.1002/ecs2.1877.

9. Bobbink R., Hicks K., Galloway J., Spranger T., Alkemade R., Ashmore M., Bustamante M., Cinderby S., Davidson E., Dentener F., Emmett B., Erisman J-W., Fenn M., Gilliam F., Nordin A., Pardo L., De Vries W. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis // Ecological applications. 2010. V. 20. № 1. P. 30–59. DOI: 10.1890/08-1140.1

10. Gosudarstvenny`j doklad ob e`kologicheskoj obstanovke v Kaliningradskoj oblasti v 2014 godu // Pravitel`stvo Kaliningradskoj oblasti: Sluzhba po e`kologicheskomu kontrolyu i nadzoru Kaliningradskoj oblasti. – 2015. URL: http://gov39.ru/vlast/sluzhby/ecology/zip/doklad_2014.pdf (data obrashheniya: 31.05.2018).

11. Pungin A., Dedkov V. Assessment of air quality by lichen indication method in the central part of Kaliningrad // Research Journal of Chemistry and Environment. 2017. V. 21(2). P. 32–39.

12. Pungin A.V. Vidovoe raznoobrazie e`pifitny`x lishajnikov goroda Kaliningrada / A.V. Pungin, D.A. Parfenova // Bioraznoobrazie: podxody` k izucheniyu i soxraneniyu: materialy` Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashhennoj 100-letiyu kafedry` botaniki Tverskogo gosudarstvennogo universiteta (g. Tver`, 8–11 noyabrya 2017 g.). – Tver`: Tver. gos. un-t, 2017. – P. 334–339.

13. Pungin A., Windisch U., Skrypnik L., Chaika C., Feduraev P. Biomonitoring the effects of eutrophication in Kaliningrad (Russia) with lichens and tree barks // Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. 2017. V. 77. Nr. 4. P. 137–142.

14. Nadler L., Stetzka K.M. Analysis of nitrogen contents in foliose lichens Parmelia sulcata and Xanthoria parietina and air quality assessment according to VDI 3957 Part 13 around selected ambient air monitoring stations in Saxony (Germany) // Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. 2014. V. 74. Nr. 6. P. 255–262.

УДК 911:338.47(571.6)

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ЕЁ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ

Ткаченко Г.Г., Корниенко О.С.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: tkatchenko-gri@mail.ru

В работе проведена сравнительная оценка транспортной инфраструктуры для субъектов Дальнего Востока России по состоянию на 1995 и 2015 гг. по трём ключевым видам транспорта – автомобильный, железнодорожный и морской. Оценены конкурентные преимущества и недостатки регионов, предопределенные существующим потенциалом транспортной инфраструктуры и тем, насколько интенсивно он используется регионами. Построен рейтинг регионов Дальнего Востока и выделены три группы по уровню развитости транспортной инфраструктуры. Проведён сравнительный анализ транспортной инфраструктуры двух временных срезов с помощью предложенного авторами индекса, который позволил определить характер динамики развития транспорта для регионов. Отмечены регионы, которые улучшили свои показатели, которые остались без изменений и те, в которых показатели изменились в отрицательную сторону. Произведена оценка активности использования транспортного потенциала с помощью предложенного авторами индекса, что позволило выявить регионы, которые активно используют свой существующий потенциал транспортной инфраструктуры и те, которые не в полной мере используют свои возможности. С помощью коэффициента корреляции Спирмена выполнена оценка зависимости транспортной инфраструктуры регионов и основных экономических показателей. Показано, насколько значительно на Дальнем Востоке влияние транспортной инфраструктуры на экономическое положение регионов в целом, а также отмечены экономические показатели, для которых влияние транспорта наиболее ярко выражено. Отмечается важность транспортной функции для исследуемого региона и несоответствие состояния транспортной инфраструктуры и потребностей, возлагаемых на регион в новых социально-экономических условиях, что обуславливает необходимость более интенсивного развития транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: Дальний Восток, транспорт, инфраструктура, рейтинг регионов, ранжирование, коэффициент корреляции Спирмена

DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE FAR EAST AND ITS INTERRELATION WITH AN ECONOMIC SITUATION

Tkachenko G.G., Kornienko O.S.

Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: tkatchenko-gri@mail.ru

In the work the comparative estimation of a transport infrastructure is carried out for the subjects of the Russian Far East as of 1995 and 2015 by three key types of transport, i.e.- the automobile, railway and sea ones. The competitive advantages and drawbacks of regions, which are predetermined by the existing potential of the transport infrastructure and how intensively it is used by the regions, are estimated. The rating of the Far East's regions has been constructed and three groups have been singled out by development of the transport infrastructure. The comparative analysis of the transport infrastructure of two time periods has been carried out by the index offered by the authors, which allowed us to define the character of dynamics of development of transport for regions. The following regions are distinguished: the regions, which improved their indexes; the regions, which remained without changes and those, in which their indexes did not change to a negative side. Having used the index offered by the authors, activity of use of the transport potential was estimated, that allowed us to reveal the regions, which actively use the existing potential of a transport infrastructure and those, which do not use their possibilities to the full extent. Using Spearman rank correlation coefficient, an estimation of dependence between the transport infrastructure of regions and the basic economic indexes has been conducted. The importance of the influence of the transport infrastructure on the economic situation of regions as a whole in the Far East is shown; the economic indexes, for which the transport influence is well-pronounced, are also noted. The importance of the transport function for the region and contradiction between the state of a transport infrastructure and the requirements imposed on the region under new social and economic conditions is marked. It conditions necessity of more intensive development of the transport infrastructure.

Keywords: the Far East, transport, an infrastructure, the rating of regions, ranging, Spearman rank correlation coefficient

В современных условиях развития общества, когда среди важнейших конкурентных преимуществ особенно велика роль различного рода коммуникаций, развитие транспорта во всех его проявлениях по-прежнему во многом определяет место регионов и стран в системе пространственного взаимодействия на различных территориальных уровнях. И это особенно важно с учетом того, что сегодня в мире особенно велика роль фактора транспортной конкурентоспособности через проявление минимизации транспортных издержек при формировании стоимости товара в процессе его перемещения. Специфи-

кой развития транспорта на Дальнем Востоке являются региональные географические факторы: обширная территория, большие расстояния, окраинность положения на континенте, окружающие страны и территории, акватории океанов, в целом достаточно суровые климатические условия, и как следствие – сравнительно низкая освоенность и заселенность территории, ограниченность транспортных коммуникаций, что влечет за собой существенные социально-экономические проблемы. Транспортная инфраструктура и в настоящее время развивается здесь, преодолевая трудности, которые сегодня уже во многом не характерны для наиболее заселенной западной части страны. В связи с этим изучение динамики развития транспортной инфраструктуры и ее влияние на экономическое состояние Дальнего Востока является актуальным направлением региональных исследований.

Материалы и методы исследования

В данной работе проводилась оценка транспортной инфраструктуры Дальнего Востока в региональном разрезе. С целью проследить произошедшие изменения оценка проводилась для разных временных срезов. В данной работе представлены результаты для 1995 г. и по настоящее время (2015 г.), сопоставленные друг с другом. Также аналогичные исследования проводились для промежуточных периодов [1].

Исследование проводилось в три этапа. Для первой части был применён метод рангов, который активно используется при сравнительных оценках объектов в рамках единого географического пространства [2]. Данный метод позволяет выявить роль и значимость каждого из регионов для Дальнего Востока, отметить их сильные и слабые стороны.

Транспортный потенциал регионов Дальнего Востока оценивался по шести показателям для трёх основных видов транспорта (морской, автомобильный и железнодорожный). Три показателя отражали наличие транспортной инфраструктуры и три – интенсивность использования регионами имеющейся транспортной инфраструктуры.

На основе статистических данных было проведено ранжирование регионов по рангам от 1 до 9, в соответствии с общим количеством субъектов Дальнего Востока России. Ранг 1 присваивался району с наихудшим показателем, ранг 9 – с наилучшим.

Для отслеживания изменений за 20 лет был посчитан индекс динамики транспортной инфраструктуры ($I_{дти}$) как разность показателей за 2015 и 1995 гг. При положительном значении уровень транспортной инфраструктуры в регионе возрос, при отрицательном упал.

На следующем этапе для изучения продуктивности использования регионом своего транспортного потенциала мы ввели и рассчитали индекс активности использования транспортной инфраструктуры ($I_{аити}$) как разность рангов использования транспортной инфраструктуры (сумма рангов б) и ее наличия (сумма рангов а). Если $I > 1$, то регион активно использует свой потенциал транспортной инфраструктуры; если $I < -1$, то – недостаточно; если $-1 \leq I \leq 1$, то в регионе наблюдается примерное соответствие существующего и используемого потенциалов транспортной инфраструктуры.

Третьим этапом была оценка зависимости экономического положения Дальнего Востока от транспортной инфраструктуры с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Для этого были отобраны 7 наиболее экономически значимых статистических показателей и сопоставлены с полученными ранее результатами.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенного ранжирования для расчёта потенциала транспортной инфраструктуры, а также расчеты индекса активности его использования для 1995 и 2015 гг. представлены в табл. 1. В результате расчетов нами было получено числовое выражение транспортной инфраструктуры для Дальнего Востока, которое позволило составить рейтинг регионов и выделить три группы по уровню развитости транспортной инфраструктуры (регионы с высоким, средним и низким уровнем). Анализируя полученные результаты, отмечено, что по транспортной инфраструктуре абсолютным лидером и с большим отрывом является Приморский край. Он по всем показателям на протяжении всего исследуемого отрезка времени занимает 1–2 места (за исключением лишь одного показателя в 2015 г. – плотность ж/д путей, когда Приморский край занял третье место в макрорегионе) (табл. 1). Следом за ним расположились Сахалинская область и Хабаровский край. В средней группе без изменений находится Амурская область. К группе аутсайдеров по-прежнему относятся три северных региона – это Магаданская область, Камчатский край и Чукотский АО.

Что касается произошедших изменений в рейтинге регионов по Дальнему Востоку, то наиболее очевиден рост транспортной инфраструктуры в Хабаровском крае ($I_{дти} = 6$). Также немного улучшили свои позиции в макрорегионе Еврейская АО и Чукотский АО ($I_{дти} = 2$). Остальные регионы либо остались на прежних позициях, либо их показатели снизились. Сильнее всего транспортная инфраструктура снизилась у Республики Саха и у Магаданской области ($I_{дти} = –3$), в результате чего Республика Саха в рейтинге регионов свои позиции уступила Хабаровскому краю, а Магаданская область – Камчатскому краю.

В типологии регионов по уровню развитости транспортной инфраструктуры Хабаровский край перешёл из второй группы в первую, Еврейская АО из третьей во вторую, а Республика Саха из второй в третью. Остальные регионы остались в тех же группах.

При анализе транспортной инфраструктуры по видам транспорта можно отметить ряд особенностей. Для автомобильного транспорта изменения суммы рангов потенциала инфраструктуры и состояния ее использования (что определяет развитие автомобильной составляющей транспортной инфраструктуры) среди регионов произошли разнонаправленно и с разной интенсивностью. Наибольшее снижение выявлено по Республике Саха и Магаданской области (за счет снижения объёмов перевозки грузов), а наибольший рост – по Хабаровскому краю и Чукотскому АО (за счет более интенсивного наращивания объёмов перевозки грузов). Изменения в остальных регионах оцениваются как несущественные (табл. 1). На современном этапе группа в составе Приморского и Хабаровского краев и Амурской области определена нами как лидирующая по развитию автомобильной составляющей транспортной инфраструктуры на Дальнем Востоке. По сравнению с 1995 г. она расширилась за счет включения в нее Хабаровского края. Группа регионов с наименьшим уровнем развития автомобильного транспорта расширилась за счет Магаданской области, кроме которой в нее стабильно попадают Камчатский край и Чукотский АО.

Для железнодорожного транспорта изменения суммы рангов потенциала инфраструктуры и состояния ее использования среди регионов Дальнего Востока произошли разнонаправленно, но с меньшей степенью интенсивности, чем для автомобильного, что определяет более статичное развитие первого. Наибольшее, хотя и незначительное снижение выявлено по Приморскому краю, наибольший рост – по Хабаровскому краю (за счёт наращивания объёмов перевозки грузов) и Еврейской АО (за счёт относительного увеличения плотности железнодорожных путей). Изменения в остальных регионах оцениваются нами как несущественные либо отсутствуют. На современном этапе Приморский край продолжает оставаться лидером по развитию железнодорожного транспорта Дальнего Востока. Хабаровский край по этому показателю вышел на второе место, потеснив Амурскую и Сахалинскую области, с которыми, в свою очередь, сравнялась Еврейская АО. Нужно отметить, что, как и в 1995 г., три региона Дальнего Востока попрежнему не имеют железных дорог – Магаданская область, Камчатский край и Чукотка.

Семь регионов Дальнего Востока имеют выход к морю (табл. 1). Амурская область и Еврейская АО выхода к морю не имеют, поэтому их показатели суммы рангов потенциала морской инфраструктуры и состояния ее использования в сравнении с другими регионами минимальны. Существенных изменений по исследуемым показателям в развитии морского транспорта в рассматриваемые годы не выявлено. Что касается региональных различий, то Приморский край как за счет сравнительно высокого потенциала соответствующей инфраструктуры, так и уровня ее использования по-прежнему занимает первое место по степени развития морского транспорта. Далее следуют Хабаровский край и Сахалинская область, имея равную сумму рангов, но отличаясь друг от друга преимуществом соответственно по имеющемуся и используемому потенциалу морской транспортной инфраструктуры. По потенциалу имеющейся транспортной инфраструктуры лидирующие позиции за 20 лет не изменились и принадлежат Приморскому краю и Сахалинской области, а по используемому потенциалу – Приморскому и Хабаровскому краям.

Среди прибрежных регионов Республика Саха имеет наименьший уровень развития морского транспорта, что выражается в минимальных показателях грузооборота и имеющейся портовой инфраструктуры. В связи с особенностями климата побережье Якутии используется в основном для внутрирегионального грузооборота, в то же время обладает существенным, но все еще слабо освоенным географическим потенциалом транзитных перевозок как довольно протяженный участок Северного морского пути.

Таблица 1

Ранжирование регионов Дальнего Востока по показателям, характеризующим динамику состояния (развития) транспортной инфраструктуры (1995 г. / 2015 г.). Составлено по: [3–6]

Транспорт	Показатели	Регионы Дальнего Востока								
		Республика Саха	Камчатский край	Приморский край	Хабаровский край	Амурская область	Магаданская область	Сахалинская область	Еврейская автономная область	Чукотский автономный округ
Автомобильный	а) Плотность дорог с твердым покрытием	2/2	3/3	8/9	4/5	6/7	5/4	7/6	9/8	1/1
	б) Перевозки грузов	9/6	2/1	8/8	6/9	7/7	4/2	5/5	3/4	1/3
	Сумма рангов	*11/8*	*5/4*	*16/17*	*10/14*	*13/14*	*9/6*	*12/11*	*12/12*	*2/4*
	Iаити	7/4	–1/–2	0/–1	2/4	1/0	–1/–2	–2/–1	–6/–4	0/2
Железнодорожный	а) Плотность путей	4/4	2/2	8/7	5/5	6/6	2/2	9/8	7/9	2/2
	б) Отправлено грузов	6/6	2/2	9/8	7/9	8/7	2/2	5/5	4/4	2/2
	Сумма рангов	*10/10*	*4/4*	*17/15*	*12/14*	*14/13*	*4/4*	*14/13*	*11/13*	*4/4*
	Iаити	2/2	0/0	1/1	2/4	2/1	0/0	–4/–3	–3/–5	0/0
Морской	а) Длина причалов	3/3	6/6	9/9	7/7	1,5/1,5	4/4	8/8	1,5/1,5	5/5
	б) Грузооборот портов	3/3	6/6	9/9	8/8	1,5/1,5	5/5	7/7	1,5/1,5	4/4
	Сумма рангов	*6/6*	*12/12*	*18/18*	*15/15*	*3/3*	*9/9*	*15/15*	*3/3*	*9/9*
	Iаити	0/0	0/0	0/0	1/1	0/0	1/1	–1/–1	0/0	–1/–1
Транспортная инфраструктура	Потенциал	9/9	11/11	25/25	16/17	13,5/14,5	11/10	24/22	17,5/18,5	8/8
	Используемый потенциал	18/15	10/9	26/25	21/26	16,5/15,5	11/9	17/17	8,5/9,5	7/9
	Транспортная инфраструктура	27/24	21/20	51/50	37/43	30/30	22/19	41/39	26/28	15/17
	Iдти	–3	–1	–1	6	0	–3	–2	2	2
	Рейтинг регионов	5/6	8/7	1/1	3/2	4/4	7/8	2/3	6/5	9/9
	Группа	2/3	3/3	1/1	2/1	2/2	3/3	1/1	3/2	3/3
	Iаити	5/3	–0,5/–2	0/–1	2/3	0/1	0,5/–1	–2/–1	–5/–3	0/1

П р и м е ч а н и е . Показатели транспорта: а) отражающие наличие инфраструктуры; (б) отражающие интенсивность использования инфраструктуры

Результаты расчета индекса активности использования потенциала транспортной инфраструктуры демонстрируют положительную динамику для Хабаровского края, Амурской и Сахалинской областей, Еврейской АО и Чукотского АО (табл. 1). Изменение типа использования потенциала транспортной инфраструктуры с «недостаточного» на «соответствующий» характерно только для Сахалинской области. Отрицательная динамика индекса зафиксирована для Республики Саха, Камчатского и Приморского краев, Магаданской области. Только для Камчатского края определено изменение типа использования потенциала транспортной инфраструктуры с «соответствующего» на «недостаточный». К 2015 г. по типу использования транспортной инфраструктуры можно выделить регионы «активного использования» – Республика Саха и Хабаровский край; «соответствующего использования» – Приморский край, Амурская, Магаданская и Сахалинская области, Чукотский АО; «недостаточного использования» – Камчатский край и Еврейская АО. Существенным недостатком является то, что за рассмотренный период времени ни один из регионов Дальнего Востока не смог изменить тип использования потенциала транспортной инфраструктуры с «соответствующего» на «активный».

Далее оценивалась зависимость экономического положения регионов от транспортной инфраструктуры (табл. 2). Значительных изменений за 20 лет во взаимосвязях не произошло. Все коэффициенты остались в прежних числовых диапазонах, что доказывает сильную или заметную связь экономического уровня региона от уровня развитости транспортной инфраструктуры. Самые высокие коэффициенты получены по таким показателям, как производство продукции сельского хозяйства, оборот торговли, и стоимость основных фондов. То есть, эти показатели наиболее сильно зависят от наличия и уровня использования транспортной инфраструктуры. При этом оптовая торговля ориентируется больше на морской транспорт и железнодорожный, а сельское хозяйство на автомобильный и железнодорожный. Внешняя торговля обусловлена в первую очередь уровнем развитости морского транспорта и соответственно более развита в регионах с развитым морским транспортом (Приморский край, Сахалинская область). Промышленное производство больше ориентировано на морской и железнодорожный транспорт. Валовый региональный продукт за 20 лет стал более зависим от морского транспорта, хотя в 1995 г. самым значимым видом транспорта для ВРП был железнодорожный.

Таблица 2

Взаимозависимость транспортной инфраструктуры от основных экономических показателей на Дальнем Востоке (1995 г. / 2015 г.) Составлено по: [3–6]

Виды транспорта	ВРП	Стоимость основных фондов	Обрабатывающие производства*	Производство электроэнергии, газа и воды	Производство продукции сельского хозяйства	Оборот оптовой торговли	Внешнеторговый оборот	Среднее значение
Автомобильный	0,438/ 0,367	0,629/ 0,525	0,379/ 0,517	0,338/ 0,500	0,721/ 0,800	0,504/ 0,617	0,279/ 0,450	0,470/ 0,539
Железнодорожный	0,529/ 0,467	0,754/ 0,617	0,521/ 0,650	0,471/ 0,517	0,738/ 0,750	0,646/ 0,700	0,463/ 0,550	0,589/ 0,607
Морской	0,363/ 0,513	0,463/ 0,563	0,638/ 0,688	0,388/ 0,363	0,263/ 0,188	0,513/ 0,713	0,763/ 0,613	0,484/ 0,520
Транспортная инфраструктура	0,667/ 0,600	0,833/ 0,750	0,700/ 0,767	0,583/ 0,583	0,783/ 0,800	0,783/ 0,800	0,683/ 0,683	0,719/ 0,712

Примечание : 0,7–0,9 сильная связь; 0,5–0,7 заметная; 0,3–0,5 умеренная связь; 0,1–0,3 слабая.
**для 1995 г. использовался показатель объём промышленного производства.*

Выводы

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что значительных трансформаций за 1995–2015 гг. в потенциале транспортной инфраструктуры и её использования не произошло. Несмотря на то, что транспортная инфраструктура является важным фактором для экономического развития Дальнего Востока (что подтверждено расчётами авторов в данном исследовании) за прошедший период времени её развитию было уделено недостаточно внимания. Выгодное географическое положение региона, его возрастающая контактная роль для страны в целом обуславливают рост значимости логистических функций транспортного комплекса Дальнего Востока. Поэтому необходимость модернизации и ускоренного развития транспортной инфраструктуры на Дальнем Востоке особенно актуальны в связи с еще нерешенными задачами социально-экономического характера. Среди них устойчивое развитие территориально-хозяйственных структур, создание новых транспортных коридоров, создание новых производственных мощностей, реализация региональных преимуществ, например таких, как освоение природно-ресурсного потенциала, комплексное развитие прибрежных территорий и др.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Проект № 17-05-41044).

Список литературы

1. Корниенко О.С. Оценка транспортной инфраструктуры и ее влияние на экономическое положение регионов Дальнего Востока России / О.С. Корниенко, Г.Г. Ткаченко // Геосистемы в Северо-Восточной Азии. Типы, современное состояние и перспективы развития: материалы всерос. конф. (Владивосток, 24–25 апр. 2018 г.). – Владивосток, 2018. – С. 353–360.

2. Корниенко О.С. Сравнительная оценка потенциалов регионов Дальнего Востока / О.С. Корниенко // Региональные исследования. – 2014. – № 1. – С. 42–49.

3. Дальний Восток России (Положение Приморского края в сравнении с другими субъектами ДВФО). 2008: доклад. – Владивосток: Приморскстат, 2008. – 112 с.

4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011: Стат. сборник / Росстат. – М., 2011. – 990 с.

5. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016: Стат. сборник / Росстат. – М., 2016. – 1326 с.

6. Регионы России. Стат. Сборник в 2-х т. Том 2 / Госкомстат России. – М., 2001. – 827 с.

References

1. Kornienko O.S. Ocenka transportnoj infrastruktury` i ee vliyanie na e`konomicheskoe polozhenie regionov Dal`nego Vostoka Rossii / O.S. Kornienko, G.G. Tkachenko // Geosistemy` v Severo-Vostochnoj Azii. Tipy`, sovremennoe sostoyanie i perspektivy` razvitiya: materialy` vseros. konf. (Vladivostok, 24–25 apr. 2018 g.). – Vladivostok, 2018. – P. 353–360.

2. Kornienko O.S. Sravnitel`naya ocenka potencialov regionov Dal`nego Vostoka / O.S. Kornienko // Regional`ny`e issledovaniya. – 2014. – № 1. – P. 42–49.

3. Dal`nij Vostok Rossii (Polozhenie Primorskogo kraya v sravnenii s drugimi sub``ektami DVFO). 2008: doklad. – Vladivostok: Primorskstat, 2008. – 112 p.

4. Regiony` Rossii. Social`no-e`konomicheskie pokazateli. 2011: Stat. sbornik / Rosstat. – M., 2011. – 990 p.

5. Regiony` Rossii. Social`no-e`konomicheskie pokazateli. 2016: Stat. sbornik / Rosstat. – M., 2016. – 1326 p.

6. Regiony` Rossii. Stat. Sbornik v 2-x t. Tom 2 / Goskomstat Rossii. – M., 2001. – 827 p.

УДК 622.276.43

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ЗАВОДНЕНИЕ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ С ПОВЫШЕННОЙ ВЯЗКОСТЬЮ НЕФТИ

Чикиров Руст.Р., Мамчистова Е.И., Чикиров Русл.Р.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: rrchikirov@gmail.com

При разработке объектов с повышенной вязкостью нефти эффективность заводнения снижается из-за неравномерности продвижения фронта нагнетаемой воды. Данное явление связано с разницей подвижности добываемого флюида с агентом закачки. Частично описанная проблема может решаться за счет организации нестационарного заводнения, однако анализ научных работ и реализованных проектов показал низкий опыт в рассматриваемой области. Целью данной работы является определение критериев для ранжирования месторождений для получения максимального эффекта от реализации нестационарного заводнения с учетом реологических свойств нефти, геологического строения и фильтрационно-емкостных свойств целевого объекта и составление программы геолого-технических мероприятий для реализации на разрабатываемых месторождениях. Для анализа физики процесса и исключения погрешностей от неопределенных факторов на реальных объектах разработки, оценки метода циклической закачки проводились на синтетических моделях. Одним из достижений работы авторов было создание унифицированного инструмента ранжирования объектов по потенциальной эффективности применения циклического заводнения. Принципом работы созданной формы является первичный анализ геологических и промысловых данных для определения объектов разработки с перспективой применения нестационарного заводнения. Инструмент был апробирован при поиске участков опытно-промышленных работ на месторождениях Оренбургской области. В ходе работы выделены три участка, по которым, для количественного эффекта, проведены дополнительные расчеты на актуальных гидродинамических моделях. Результатом работы явилось включение предложенных мероприятий в планы недропользователя. Сформированные решения применимы для ряда месторождений Оренбургской области с суммарными извлекаемыми запасами более 10 млн т.

Ключевые слова: нестационарное заводнение, циклическое заводнение, повышенная вязкость нефти, изменение направления фильтрационных потоков, гидродинамические методы увеличения нефтеотдачи, оптимизация системы ППД

UNSTEADY WATERFLOODING AS AN EOR METHOD FOR HIGH-VISCOUS OIL RESERVOIRS

Chikirov Rust.R., Mamchistova E.I., Chikirov Rusl.R.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, e-mail: rrchikirov@gmail.com

In the development of objects with high viscosity of oil flooding efficiency is reduced due to the uneven progress of the front of the injected water. This phenomenon is due to the difference in the mobility of the produced fluid with the injection agent. Partly, the described problem can be solved by the organization of non-stationary flooding, but the analysis of scientific works and implemented projects showed low experience in the field. The purpose of this work is to determine the criteria for the ranking of deposits to obtain the maximum effect from the implementation of non-stationary flooding, taking into account the rheological properties of oil, geological structure and filtration-reservoir properties of the target object, and the preparation of a program of geological and technical measures for implementation in the developed fields. To analyze the physics of the process and to exclude errors from uncertain factors at the real objects of development, estimates of the cyclic injection method were carried out on synthetic models. One of the achievements of the authors was the creation of a unified tool for ranking objects on the potential effectiveness of cyclic flooding. The principle of the created form is the primary analysis of geological and field data to determine the objects of development with the prospect of using non-stationary flooding. The tool was tested in the search for experimental and industrial work in the fields of the Orenburg region. In the course of the work, three areas were identified, for which, for the quantitative effect, additional calculations were carried out on actual hydrodynamic models. The result of the work was the inclusion of the proposed measures in the subsoil user plans. The developed solutions are applicable for a number of fields of the Orenburg region with total recoverable reserves of more than 10 million tons.

Keywords: unsteady waterflooding, cyclic waterflooding, high oil viscosity, a change in fluid flows, fluid-dynamic methods of enhanced oil recovery, optimization of water injection system

Значительное количество нефтяных месторождений в РФ на сегодняшний день находится на 3-4 стадиях разработки. Часть из этой группы месторождений характеризуется повышенной обводненностью, существенно опережающей отборы от начальных извлекаемых запасов (НИЗ). При этом ряд месторождений имеют еще и повышенную вязкость нефти. В частности, только к деятельности компаний Волго-Уральской провинции к такой категории относится более 10 млн т остаточных извлекаемых запасов, для эффективной выработки которых не достаточно традиционных подходов.

Одной из ключевых причин опережающей обводненности пластов с повышенной вязкостью нефти является высокий коэффициент мобильности. Под коэффициентом

мобильности (М) понимается отношение вязкости нефти к вязкости закачиваемой воды. Чем выше коэффициент мобильности, тем большие темпы роста обводненности, что в свою очередь влияет на коэффициент охвата и эффективность выработки [1].

Цель исследования: изучить вопрос эффективности применения нестационарного заводнения (НЗ), как одного из гидродинамических методов увеличения нефтеотдачи, в условиях повышенной вязкости нефти.

Материалы и методы исследования

Термин НЗ в отечественной литературе зачастую является обобщающим и подразумевает циклическое заводнение (ЦЗ), основанное на периодическом изменении режимов нагнетания, вплоть до полной остановки закачки. В рамках настоящей статьи будем понимать тождественность НЗ и ЦЗ.

Циклическая закачка на текущий момент распространена во всём мире [2]. Одним из первых наших соотечественников, отметивших возможную перспективность метода, был профессор М.Л. Сургучев. Ещё в середине XX в. он обратил внимание, что нестационарное заводнение (ввиду климатических условий) положительно влияет на динамику обводненности, благодаря пропитке высокопроницаемых пропластков [3]. Метод циклической закачки развивается и за рубежом, если рассматривать РФ, то в условиях повышенной вязкости подобные решения применялись на месторождениях ОАО «Удмуртнефть», где внедрялась циклическая закачка на объектах башкирского яруса среднего карбона с вязкостью нефти до 150 мПа*с.

Для повышенной вязкости нефти, профиль вытеснения в немалой степени осложняется еще и неоднородностью по проницаемости отдельных слоев. Даже незначительная разница проницаемости в пропластках отчетливо влияет на равномерность продвижения фронта вытеснения [4]. Данный факт становится причиной частых прорывов воды от нагнетательных скважин. Циклическая закачка позволяет в большей степени задействовать вязкостные, гравитационные и капиллярные силы пласта. То есть в период остановки нагнетательной скважины происходит пропитка высокопроницаемых пропластков нефтью из низкопроницаемых, а в период восстановления нагнетания – вытеснение нефти и, соответственно, снижение обводненности. Одним из преимуществ данного метода, безусловно, является низкозатратность, так как реализация циклического заводнения на месторождениях с уже сформированной системой поддержания пластового давления (ППД) не требует уникального оборудования.

В связи с тем, что опыт применения НЗ на таких пластах невелик, авторы проанализировали физику процесса, исключив погрешности, вносимые реальными объектами разработки. Для оценки метода циклической закачки в условиях пласта с повышенной вязкостью нефти была создана синтетическая модель, состоящая из пяти связанных пропластков с проницаемостями 50, 60, 70, 80 и 100 мД – типичными для рассматриваемых пластов региона [5]. Проницаемость по площади принята однородной (рис. 1).

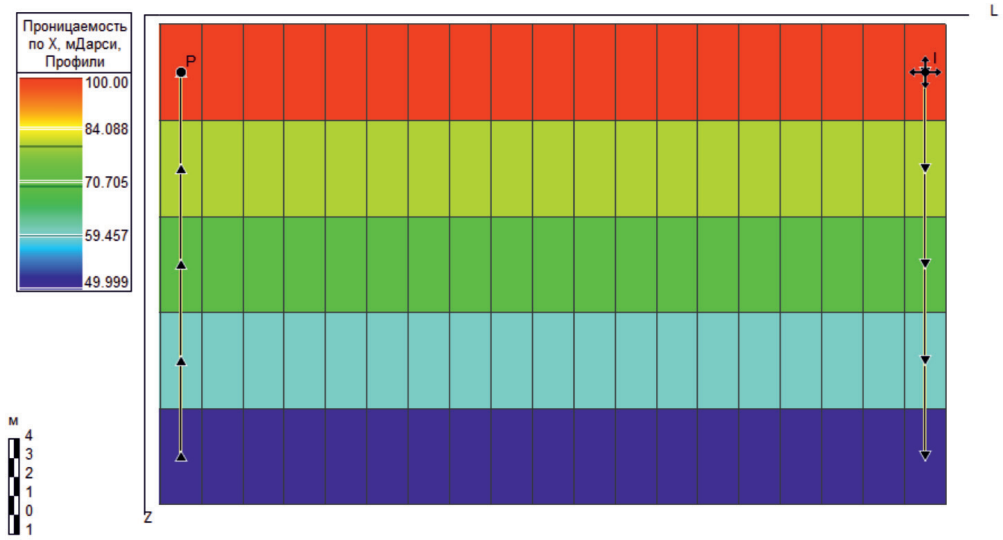


Рис. 1. Распределение проницаемости по пропласткам на модели

Для оценки влияния реологических свойств нефти рассматривались два случая: с вязкостью нефти 1 мПа*с (М = 1) и 30 мПа*с (М = 30). В обеих моделях приемистость была задана, исходя из целевой компенсации 100%, расстояние между скважинами 250 м. Расчёты подтвердили представления о неравномерности фронта вытеснения в связи с повышенной вязкостью нефти. Так, при коэффициенте мобильности М = 1 через 10 месяцев обводненность составила не более 2% (рис. 2), а в модели при М = 30 через те же 10 месяцев обводненность превысила 44% (рис. 3).

Результаты исследования и их обсуждение

Стационарное заводнение привело к преждевременному языковому обводнению в связи с высоким коэффициентом мобильности. При этом при расчетах до предельной обводненности 98% КИН в модели с М = 1 составил 0,546, а в модели с М = 30 только 0,443.

Далее, на рассматриваемых моделях следовала серия расчетов определения оптимального цикла закачки и простоя (остановки) нагнетательной скважины в диапазоне от 0,5 сут. до 45 сут.

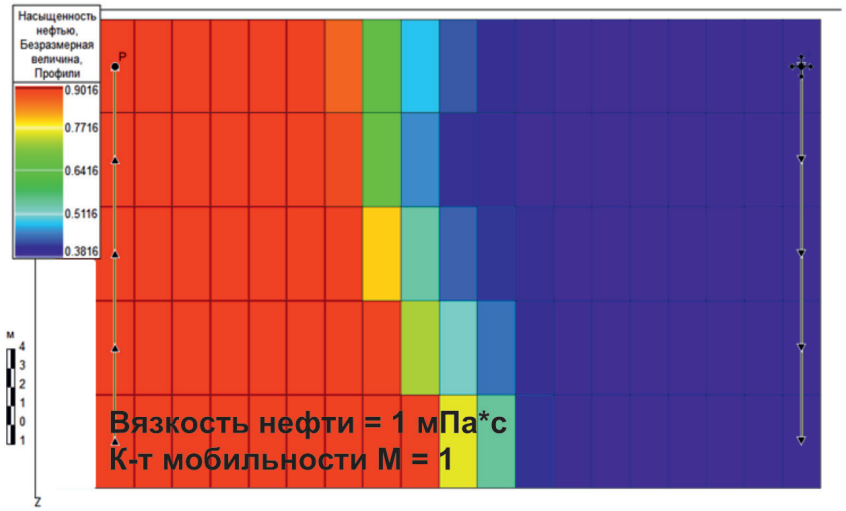


*Рис. 2. Распределение насыщенности в условиях вязкости нефти (1 мПа*с, М = 1) через 10 месяцев заводнения*

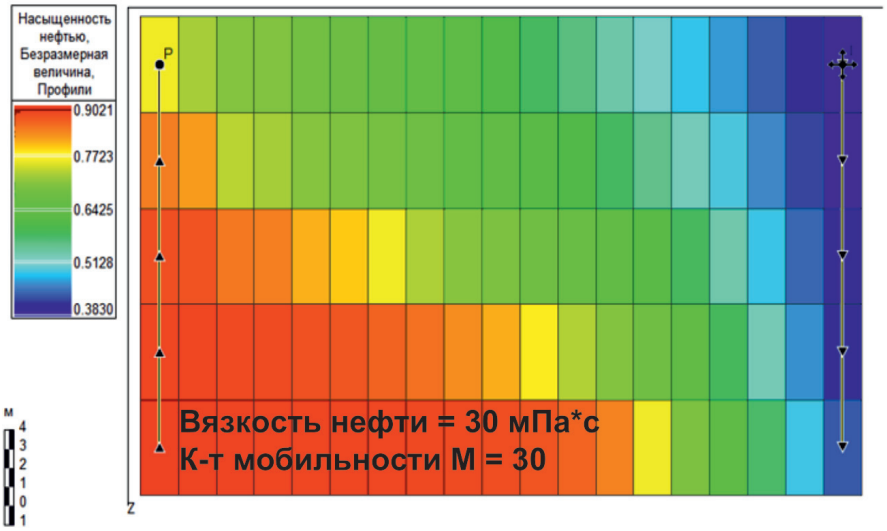


*Рис. 3. Распределение насыщенности в условиях повышенной вязкости нефти (30 мПа*с, М = 30) через 10 месяцев заводнения*

По итогам расчетов выбраны наиболее эффективные периоды закачки/остановки – 14 суток/14 суток. На рис. 4 приведены результаты расчетов на модели с М = 30 на стадии зрелой выработки (обводненность около 80 %) и результаты через 14 суток после остановки нагнетания. Расчеты показали выравнивание фронта вытеснения нагнетаемой водой, что связано с интенсификацией перетоков между низко- и высокопроницаемыми зонами пласта. Данное явление происходит за счёт перераспределения пластового давления, а также влияния капиллярных и гравитационных сил.

Расчет практического применения вышеописанного метода проведен на реальном месторождении – терригенный пласт нефтяного месторождения Х Волго-Уральского региона.

Основной проблемой разработки рассматриваемого пласта является опережающая выработку обводнённость (текущие отборы от НИЗ 49 % при обводнённости 92 %). Вязкость нефти пласта – 25,5 мПа*с, что относится к категории пластов с повышенной вязкостью в соответствии с российской классификацией запасов.

Расчёт проведен по трём участкам, которые были определены на основе анализа остаточных извлекаемых запасов (рис. 5), преждевременного обводнения добывающих скважин, неравномерности профилей притока и приемистости. Выбранные участки характеризуются неравномерной выработкой по разрезу, образованием застойных зон не вырабатываемой нефти. В качестве примера, по участку № 1, приведен разрез текущей нефтенасыщенности на 01.06.2016 из гидродинамической модели (ГДМ) (рис. 6).

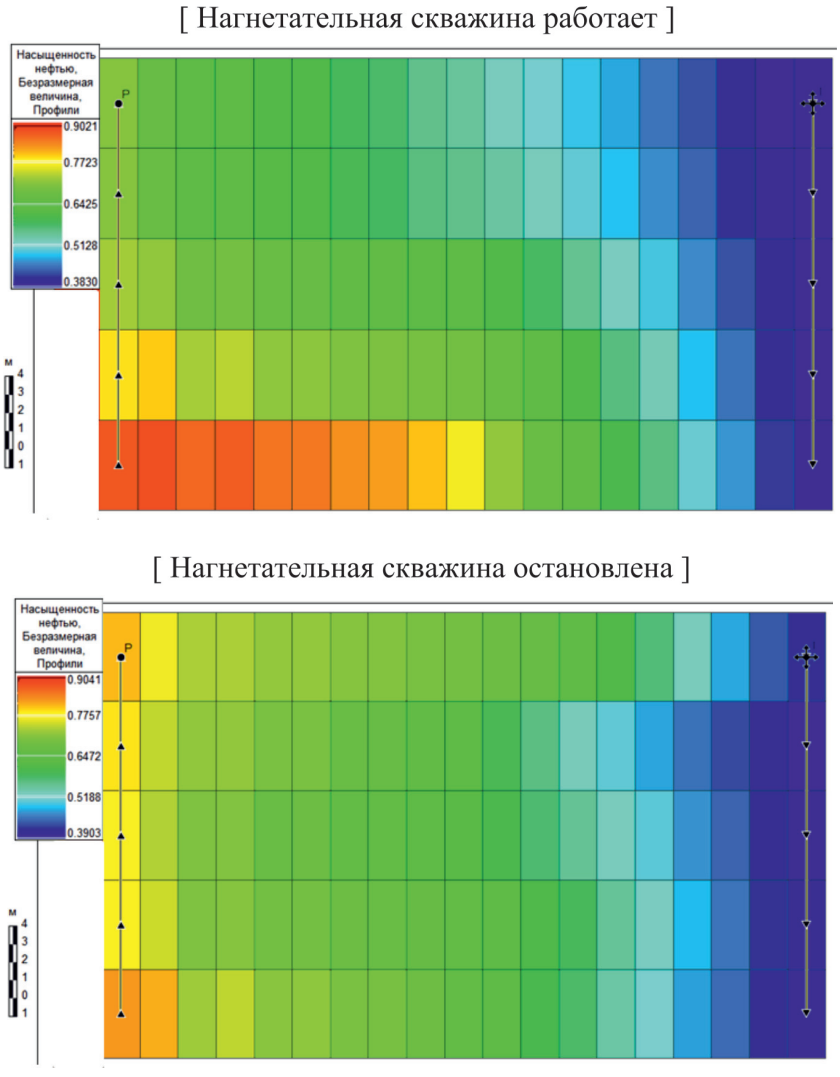


Рис. 4. Процесс перераспределения нефти в пласте

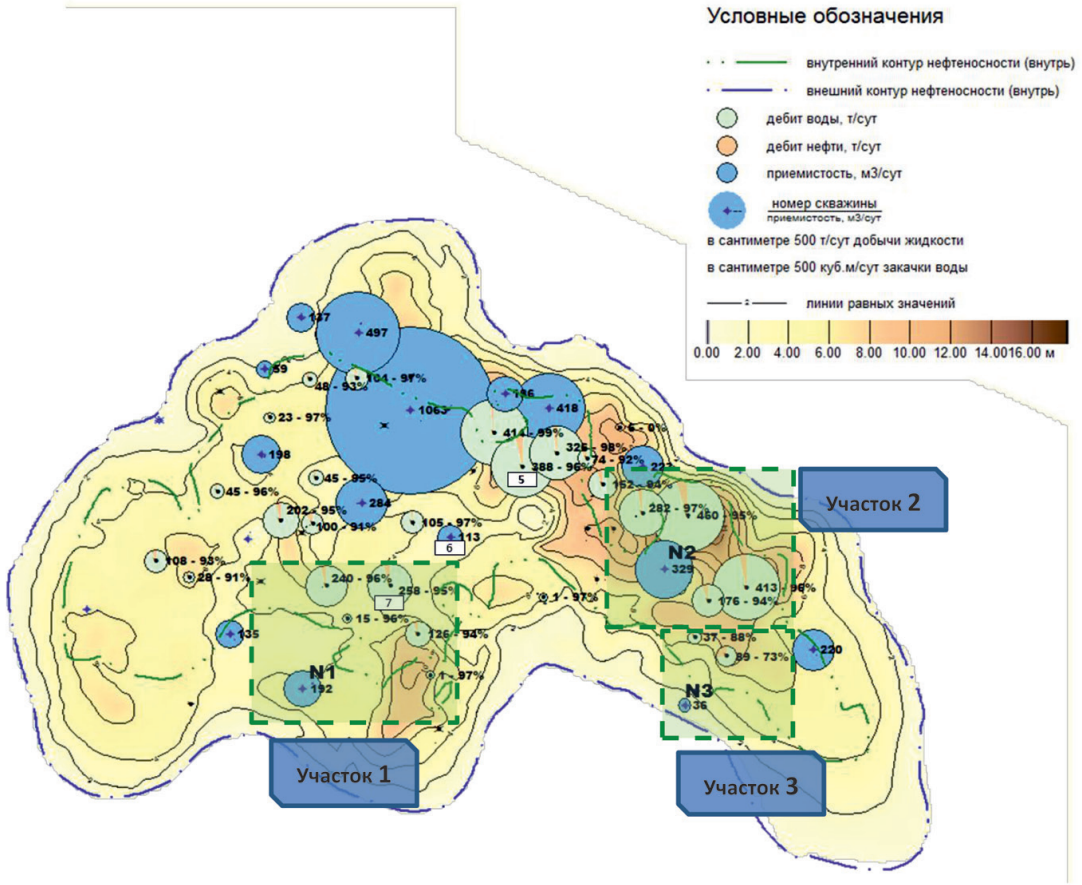


Рис 5. Карта текущих отборов на структуре остаточных нефтенасыщенных толщин

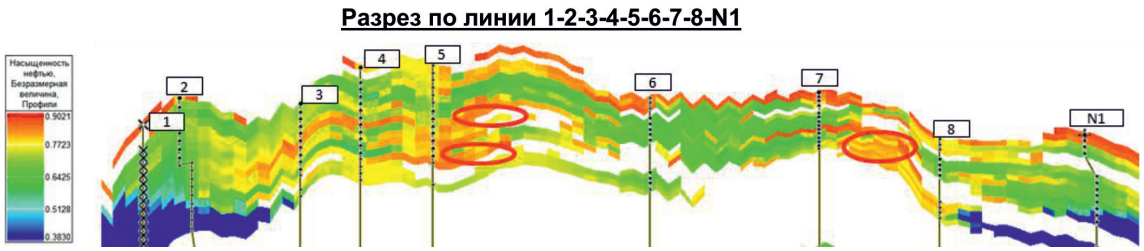


Рис. 6. Разрез из гидродинамической модели

Таблица 1

Режимы нагнетательных скважин по участкам

Участок/ скважина	Базовый режим (приемистость), м^3/сут	Режим 1 (приемистость), м^3/сут	Режим 2 (приемистость), м^3/сут
1 (N1)	250	450	150
2 (N2)	320	320	50
3 (N3)	70	150	50

Таблица 2

Сравнение накопленных показателей за прогнозный год

Участок	Вариант	Накопленная добыча жидкости, тыс. т	Накопленная добыча нефти, тыс. т	Накопленная добыча воды, тыс. т	Накопленная закачка, тыс. м^3	Период увеличения/ограничения закачки, сут	Доп. добыча нефти абс/отн., тыс. т / %	Сокращение добычи воды абс/отн., тыс. т / %	Снижение обводненности, %
1	Базовый	212,4	8,2	204,2	91,3	–	–	–	–
	Цикл. воздействие	201,8	11,5	190,3	109,5	15/15	3,3/40,2	13,9 / 6,8	1,84
2	Базовый	372,0	23,4	348,6	116,9	–	–	–	–
	Цикл. воздействие	345,9	27,9	318,0	67,5	11/11	4,5/19,2	30,6 / 8,8	1,78
3	Базовый	31,7	10,8	20,9	25,6	–	–	–	–
	Цикл. воздействие	29,0	13,5	15,5	36,5	9/7	2,7/25,0	5,4 / 25,8	12,48
Дополнительная добыча нефти за прогнозный год абс/отн., тыс. т / %							10,5 / 24,8	49,9 / 8,7	2,3

Многовариантные расчеты на гидродинамической модели позволили выбрать наиболее эффективные уровни закачки и периоды циклики для каждого анализируемого участка. Сравнение проводилось по дополнительной добыче нефти относительно базового варианта, в котором приёмистость принималась из расчёта среднегодовых показателей за 2016 г. Ввиду особенности климатических условий необходима реализация НЗ без остановок нагнетательного фонда. При этом в вариантах с ЦЗ приёмистость варьировалась в большую и меньшую стороны, по сравнению с базовым вариантом (табл. 1), а под циклами понимается длительность изменения режима. Расчеты проведены на период прогноза один год.

Суммарный эффект по рассмотренным участкам составил 10,5 тыс. т нефти или 8,7 % (табл. 2). Согласно анализу выработки запасов, прирост добычи нефти связан именно с вовлечением застойных зон в разработку, что свидетельствует об увеличении коэффициента нефтеотдачи. Также отмечается снижение добычи воды на 49.9 тыс. т, т.е. эксплуатационных затрат (табл. 2). Обводненность снизилась на 2,3 %.

Заключение

Таким образом, для месторождений с повышенной вязкостью нефти, находящихся на 3–4 стадиях разработки, циклическое заводнение может являться одним из доступных инструментов для увеличения нефтеотдачи.

Выводы

1. В условиях пластов с повышенной вязкостью нефти стационарное заводнение может являться одной из причин преждевременного языкообразного обводнения.

2. Циклическая закачка позволяет снизить обводненность продукции, добычу воды и, как следствие, эксплуатационные затраты.

3. Благодаря низкозатратности и простоте реализации, нестационарное заводнение, как способ увеличения нефтеотдачи на месторождениях с повышенной вязкостью, является одним из оптимальных решений, позволяющих увеличить конечную нефтеотдачу.

Список литературы

1. Чалов С.В. О применении циклического заводнения на нефтяном месторождении / С.В. Чалов, В.В. Поплыгин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2010. – Т. 9, № 5. – С. 65–69.

2. Романова М.Ю. Анализ эффективности нестационарного заводнения как гидродинамического метода увеличения нефтеотдачи пластов в Западной Сибири / М.Ю. Романова, И.А. Синцов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11–4. – С. 735–738.

3. Владимиров И.В. Нестационарные технологии нефтедобычи (этапы развития, современное состояние и перспективы). – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2004. – 216 с.

4. Heriot-Watt Institute of Petroleum Engineering, Reservoir engineering 2010. – 925 p.

5. Тараканова О.Э. Нестационарное заводнение как способ повышения эффективности реализованной системы поддержания пластового давления / О.Э. Тараканова, М.М. Галиуллин, Н.В. Дубовецкая // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 11. – С. 49–53.

References

1. Chalov S.V. O primenenii ciklicheskogo zavodneniya na neftyanom mestorozhdenii / S.V. Chalov, V.V. Poply`gin // Vestnik Permskogo nacional`nogo issledovatel`skogo politexnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo. – 2010. – T. 9, № 5. – P. 65–69.

2. Romanova M.Yu. Analiz e`ffektivnosti nestacionarnogo zavodneniya kak gidrodinamicheskogo metoda uvelicheniya nefteotdachi plastov v Zapadnoj Sibiri / M.Yu. Romanova, I.A. Sinczov // Fundamental`ny`e issledovaniya. – 2015. – № 11–4. – P. 735–738.

3. Vladimirov I.V. Nestacionarny`e texnologii neftedoby`chi (e`tapy` razvitiya, sovremennoe sostoyanie i perspektivy`). – M.: OAO «VNIIOE`NG», 2004. – 216 p.

4. Heriot-Watt Institute of Petroleum Engineering, Reservoir engineering 2010. – 925 p.

5. Tarakanova O.E`. Nestacionarnoe zavodnenie kak sposob povy`sheniya e`ffektivnosti realizovannoj sistemy` podderzhaniya plastovogo davleniya / O.E`. Tarakanova, M.M. Galiullin, N.V. Duboveczkaya // Neftyanoe xozyajstvo. – 2013. – № 11. – P. 49–53.

УДК 911:311.313(571.54/.55)

ПРОСТРАНСТВО ПРИГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ: ПРОЦЕССЫ «СЖАТИЯ» И МОНОЦЕНТРИЗМА

Шворина К.В.

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» СО РАН, Чита, e-mail: Gorina08@yandex.ru

Статья посвящена вопросам социодемографического развития приграничной зоны Забайкальского края – районов непосредственно граничащих с Китаем и Монголией. В статье приводится характеристика процесса социально-экономического «сжатия» пространства приграничных районов Забайкальского края, проявляющегося на примере явления «моноцентризма» или централизации территории – все большего стягивания и концентрации населения в крупных поселениях на всех статусных уровнях. Оно связано преимущественно с активными миграционными перемещениями и постепенной потерей демографических ресурсов населенными пунктами, что напрямую влияет на их статус и жизнеспособность, в особенности в сельской местности. Данное явление способствует усилению асимметричности в системах городского и сельского расселения, возникновению проблем эффективного размещения производственных сил и объектов инфраструктуры при возрастающей нагрузки на города и крупные населенные пункты. Показатель моноцентризма приграничной зоны Забайкальского края рассчитан на основе веса районных центров в общей численности населения района. Он характеризуется поступательным увеличением и демонстрирует подъемы и спады в социально-экономическом развитии. Общая социодемографическая ситуация в пограничном регионе – Забайкальском крае характеризуется проявлением неблагоприятных тенденций в развитии демографической ситуации. Возрастающая депопуляция населения, трансформация института семьи и брака, тенденции распространения семей с одним ребенком являются результатом изменения демографического поведения жителей региона, что ослабляет демографические возможности его успешного развития и усиливает социально-демографические риски. Для районов приграничной зоны Забайкальского края характерно значительное демографическое истощение ресурсов, обусловленное высокой естественной и миграционной убылью населения.

Ключевые слова: Забайкальский край, моноцентризм, социально-экономическое «сжатие», демографическое развитие, социальная инфраструктура

SPACE OF THE BORDER TERRITORY OF THE TRANSBAIKAL TERRITORY: PROCESSES OF COMPRESSION AND MONOCENTRISM

Shvorina K.V.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, e-mail: Gorina08@yandex.ru

The article is devoted to the issues of socio-demographic development of the border zone of the Trans-Baikal Territory – the regions directly bordering China and Mongolia. The article describes the process of social and economic «compression» of the space of the Transbaikal Region's border areas, which is manifested by the example of the phenomenon of «monocentrism» or centralization of the territory, increasingly tightening and concentration of the population in large settlements at all status levels. It is mainly associated with active migration movements and the gradual loss of population resources by populated areas, which directly affects their status and viability, especially in rural areas. This phenomenon contributes to the strengthening of asymmetry in urban and rural settlement systems, the emergence of problems in the effective deployment of productive forces and infrastructure facilities, with increasing pressure on cities and large settlements. The monocentrism index of the transborder zone of the Transbaikalian Territory is calculated on the basis of the weight of regional centers in the total population of the region. It is characterized by a progressive increase, and demonstrates the ups and downs in socio-economic development. The overall socio-demographic situation in the border region – the Trans-Baikal Territory is characterized by unfavorable trends in the development of the demographic situation. The increasing depopulation of the population, the transformation of the family and marriage institution, the tendencies of the spread of families with one child are the result of a change in the demographic behavior of the inhabitants of the region, which weakens the demographic potential for its successful development and enhances socio-demographic risks. For the areas of the border zone of the Trans-Baikal Territory, there is a significant demographic depletion of resources, due to the high natural and migration loss of the population.

Keywords: Transbaikal territory, monocentrism, socio-economic «compression», demographic development, social infrastructure

Для многих приграничных территорий Российской Федерации актуальной является проблема сохранения и закрепления численности населения. Демографическое истощение ресурсов территории сопровождается постепенным сокращением сети населенных пунктов. Данный процесс можно охарактеризовать через явление социально-экономического и демографического «сжатия» пространства. По мнению А.И. Трейвиша, одна из трактовок «сжатия» пространства понимается как «процесс физического сокращения обжитых и интенсивно освоенных территорий» [1, с. 20]. В стране оно имеет разную специфику развития и интенсивность протекания от места

к месту, однако общий тренд развития прослеживается для всех регионов. Явление «сжатия» представляет собой составляющую единого процесса – трансформации социально-экономического пространства регионов страны. В условиях фронтира данное явление может значительно повлиять на территориальную организацию жизнедеятельности населения. Кроме того, зачастую «эффект границы» вносит свои коррективны в деформацию освоенного пространства.

Социально-экономическое «сжатие» на территории может проявляться за счет физического сокращения сельскохозяйственных земель, исчезновения населенных пунктов, сокращения сети социальной инфраструктуры и др. Опосредованно оно может также проявляться за счет явления «моноцентризма» или централизации территории – стягивании и концентрации населения в крупных поселениях на всех статусных уровнях. Оно связано преимущественно с активными миграционными перемещениями и постепенной потерей демографических ресурсов населенными пунктами, что напрямую влияет на их статус и жизнеспособность, в особенности в сельской местности. Данное явление способствует усилению асимметричности в системах городского и сельского расселения, возникновению проблем эффективного размещения производственных сил и объектов инфраструктуры при возрастающей нагрузки на города и крупные населенные пункты.

Усиливающаяся пространственная неоднородность системы расселения территории отражается на ее конфигурации, устойчивости населенных пунктов, особенно в сельской местности. Населенные пункты в пространстве пограничья – показатели освоенной и заселенной территории. В этом же аспекте выступают объекты социальной инфраструктуры. Их ликвидация может иметь значительные последствия для территорий, особенно в области здравоохранения и образования, способствовать снижению уровня качества жизни ее населения, потери ее миграционной привлекательности, постепенному исчерпанию демографических ресурсов. В совокупности это означает замирание социальных и экономических процессов.

Цель исследования: в данной статье предлагается рассмотреть некоторые особенности протекания процесса социально-экономического «сжатия» на территории пограничных районов Забайкальского края.

Материалы и методы исследования

Для исследования вопросов социально-экономического «сжатия» и моноцентризма приграничных районов Забайкальского края использовалась статистическая информация баз данных Забайкалкрайстата и переписей населения региона за 1979, 1989 и 2010 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Процесс социально-экономического «сжатия» можно представить с нескольких сторон: с демографической – охарактеризовать исчерпание демографических ресурсов территориии и их последствия, с другой стороны, отразить изменения в социальной инфраструктуре – сокращении числа объектов.

Демографические аспекты ситуации

Общая социодемографическая ситуация в пограничном регионе – Забайкальском крае характеризуется проявлением неблагоприятных тенденций в развитии демографической ситуации. Возрастающая депопуляция населения, трансформация института семьи и брака, тенденции распространения семей с одним ребенком являются результатом изменения демографического поведения жителей региона, что ослабляет демографические возможности его успешного развития и усиливает социально-демографические риски. Происходящие трансформации экономического развития отмечают и зарубежные исследователи. По мнению китайского исследователя Цзе Ши, «за долгие годы отсутствия внимания «центра» Сибирь и Дальний Восток превратились в зону «депрессии», особенно – по сравнению со смежными быстро развивающимися странами АТР» [2, с. 38]. В целом геодемографическая ситуация в регионе характеризуется поступательным истощением демографических ресурсов территорий, что делает все более «проницаемым» приграничное пространство страны.

В системе расселения отмечается усиление процессов асимметричности в размещении городского и сельского населения в регионе. Основные изменения в структуре расселения связаны с сокращением населения и числа пунктов. Число выделяемых городов в регионе осталось прежним, значительно уменьшился их демографический потенциал. Уменьшилось число пунктов с людностью 3,1–5,0 и 5,1–10,0 тыс. чел. Значительно сократилось число населенных пунктов в сельской местности. Увели-

чился удельный вес пунктов, переходных к пустующим, с численностью до 300 чел. по сравнению с концом прошлого века, на современном этапе они сосредотачивают 12,6% от массива жителей сельской местности [3]. Общая тенденция региональной системы расселения Забайкальского края связана с дальнейшим увеличением мелкоселенности, что определяет усиление нежизнеспособности небольших по людности населенных пунктов и сокращение сети расселения, возрастание разрежённости пограничного пространства региона.

Более динамично протекают процессы непосредственно в приграничной зоне Забайкальского края. Географически к данной территории относятся районы: Акшинский, Борзинский, Забайкальский, Ононский, Кыринский, Краснокаменский, Калганский, Нерчинско-Заводский и Приаргунский. Для этих районов характерно значительное сокращение численности населения, в большей степени выраженное для сельских территорий, социально-экономическое развитие которых демонстрирует кризисную ситуацию (табл. 1) [4–6]. К данной группе относятся практически все районы, кроме Краснокаменского, Борзинского и Забайкальского. В структуре системы расселения первых представлены крупные для региона города (Краснокаменск и Борзя), обладающие промышленным и транспортным потенциалом, что в некоторой степени позволяет сдерживать миграционные потери населения. В отношении Забайкальского района играет роль граница с Китаем – крупный международный пункт пропуска в условиях безработицы позволяет местным жителям искать источники дохода в развитии челночного бизнеса.

Наблюдаются изменения в возрастной структуре населения – на фоне незначительного увеличения прослойки молодежи наблюдается сокращение трудоспособного населения и рост лиц пенсионного возраста (табл. 1) [4, 6]. Нарастающая депопуляция в районах приводит к постепенному обезлюдеванию значительных пространств приграничной зоны. Необходимо отметить, что для большей части районов произошло снижение коэффициента естественного прироста населения, незначительные увеличения характерны только для Забайкальского, Нерчинско-Заводского, Ононского и Приаргунского районов (рис. 1) [4, 5].

Естественные потери и снижение рождаемости дополняются высокой миграционной убылью населения в приграничной зоне. Все рассматриваемые районы характеризуются нарастающим оттоком населения, особенно из сельской местности, в том числе и Забайкальский район, для которого ранее была характерна положительная динамика миграции (рис. 2) [4, 5]. Центрами концентрации выступают города и крупные населенные пункты, однако и их статусность не может гарантировать стабильности социально-экономического положения. Так, по данным службы занятости 74% незанятого трудоспособного населения Краснокамеснкого района сосредотачивает г. Краснокаменск, 54,3% пгт. Забайкальск, 30,3% г. Борзя [7, 8]. Во многом это связано с занятостью местных жителей в международной челночной торговле.

Таблица 1

Динамика некоторых показателей демографического развития приграничных районов с 2010 г. к 2016 г.

	численность населения, %	численность возрастных групп, %		
		моложе трудоспособного	трудоспособного	старше трудоспособного
Акшинский	–26,4	7,9	–41,0	7,6
Борзинский	–13,8	0,3	–19,2	12,7
Забайкальский	–4,0	6,1	–1,3	22,6
Калганский	–26,3	–8,0	–24,9	11,6
Краснокаменский	–12,3	–0,9	–22,4	17,7
Кыринский	–23,4	3,6	–20,9	10,5
Нерчинско-Заводский	–22,5	0,2	–28,7	13,0
Ононский	–29,6	2,6	–33,9	15,7
Приаргунский	–25,0	3,1	–20,5	14,7

Примечание. «–» сокращение численности населения к 2016 г.

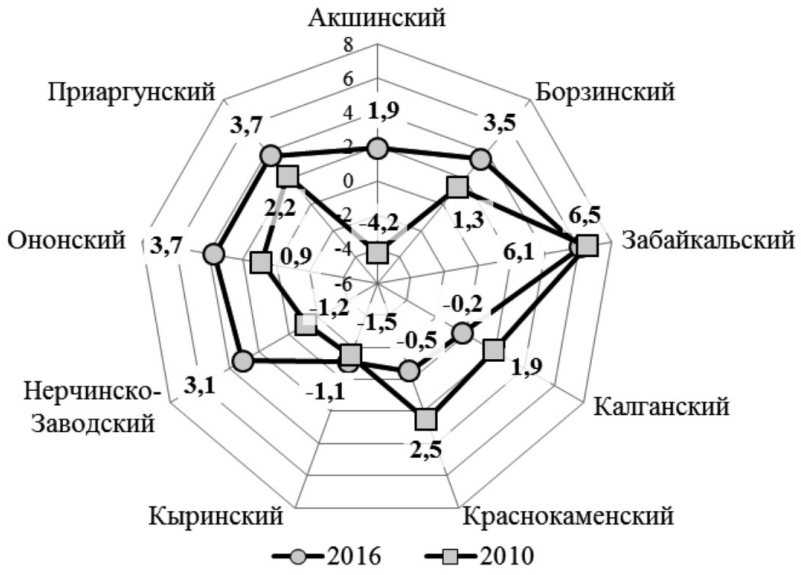


Рис. 1. Динамика коэффициента естественного прироста населения приграничных районов в 2010 и 2016 гг.

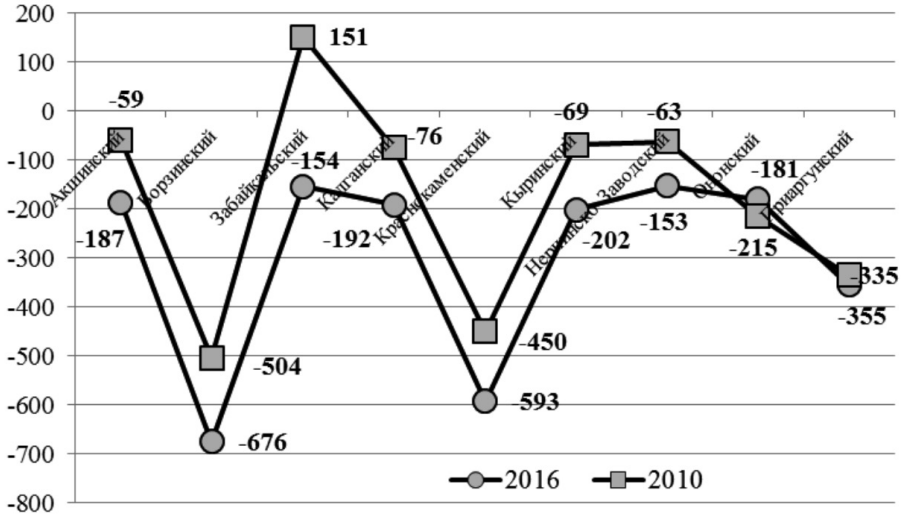


Рис. 2. Миграционный прирост (убыль) населения в 2010 г. и 2016 гг., чел.

Наблюдается истощение ресурсов населенных пунктов, особенно в сельской местности, за счет естественной убыли и высокой миграционной активности населения. Во многом этому способствует безработица, снижение уровня жизни населения. Продолжающееся измельчание населенных пунктов способствует постепенному «сжатию» освоенного пространства. Примером изменений в размещении населения по территории районов выступает показатель моноцентризма – удельный вес районного центра в общей численности жителей конкретного района. Данный показатель характеризуется поступательным увеличением и демонстрирует подъемы и спады в социально-экономическом развитии. В этом отношении среди рассматриваемых приграничных районов лидерство принадлежит городам – Краснокаменску и Борзе, а также пгт. Забайкальск – они сосредотачивают более половины населения своих районов (а города почти все) (рис. 3) [8–10].

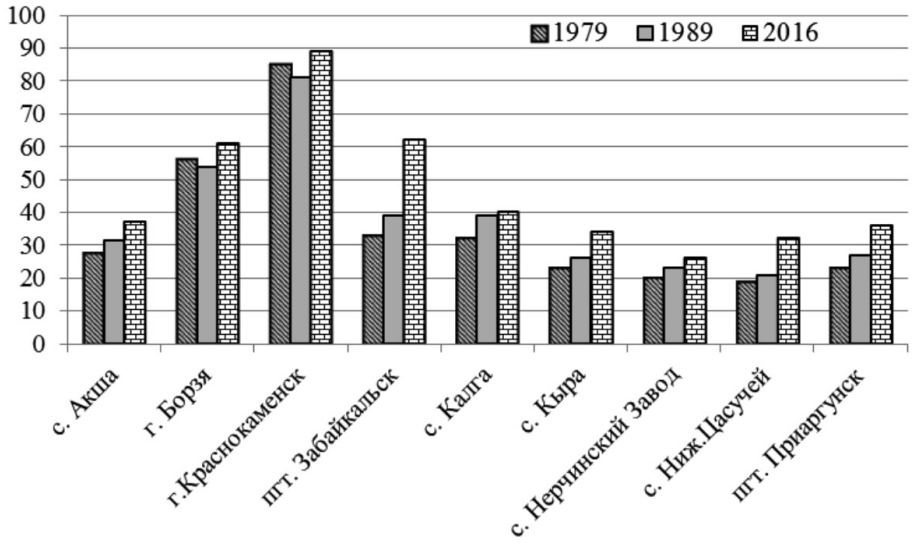


Рис. 3. Динамика удельного веса районных центров в общей численности населения районов, %

Таблица 2

Число объектов сферы обслуживания на 1000 чел. населения

	объекты бытового обслуживания населения		магазины, киоски, палатки		аптеки, аптечные магазины		объекты общепита	
	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013
Акшинский	1,2	1,4	11,5	10,4	0,3	0,2	2,1	2,0
Борзинский	2,1	1,9	9,8	7,5	0,2	0,2	1,3	1,3
Забайкальский	2,5	2,4	9,7	9,5	0,4	0,2	2,2	2,2
Калганский	0,9	0,7	9,8	7,3	0,5	0,4	0,8	0,6
Краснокаменский	1,1	1,2	6,6	6,2	0,4	0,3	1,1	0,9
Кыринский	0,8	1,3	9,6	8,1	0,5	0,3	1,6	1,5
Нерчинско-Заводский	0,6	0,8	10,1	9,3	1,4	1,6	2,1	2,2
Ононский	1,5	1,0	10,6	7,8	0,3	0,2	1,8	0,4
Приаргунский	1,6	1,6	9,4	7,6	0,2	0,1	1,5	1,2

Изменения в социальной инфраструктуре

За рассматриваемый период времени в системе расселения районов приграничной зоны изменений не произошло – количество населенных пунктов осталось прежним. Вообще, для Забайкальского края в этом аспекте характерен инертный характер протекания. Всего территория со времени проведения переписи 1989 г. – периода социально-экономического и демографического расцвета региона – потеряла 38 территориальных пунктов [3, с. 167]. В отношении числа объектов социальной инфраструктуры «сжатие» пространства территории проявилось за счет их сокращения. В большей степени это наблюдается в отношении объектов бытового обслуживания – только для Борзинского, Забайкальского, Калганского, Ононского и Приаргунского районов в 2016 г. по сравнению с 2013 г. их число осталось прежним (табл. 2) [11, 12]. В 2016 г. число объектов социально-бытовой сферы в расчете на 1000 человек населения районов превышают показатели 2013 г. В особенности это касается торговых точек, магазинов, аптек и объектов общепита. Незначительное снижение прослеживается для объектов бытового обслуживания населения [11, 12]. Ситуация объясняется общим сокращением численности населения районов, что в первую очередь сказывается на количестве объектов социальной инфраструктуры и в меньшей на сфере обслуживания. Постепенно количество последних сократится за счет снижения числа пользователей услугами.

Таблица 3

Число объектов социальной инфраструктуры на 1000 чел. населения

	все виды спортивных сооружений		все учреждения культурно-досугового типа		образовательные организации	
	2015	2013	2015	2013	2015	2013
Акшинский	218	218	106	174	13	13
Борзинский	198	324	166	164	21	29
Забайкальский	85	101	85	102	9	10
Калганский	20	47	83	117	9	10
Краснокаменский	175	174	179	205	20	22
Кыринский	145	145	103	146	12	13
Нерчинско-Заводский	164	166	104	173	17	17
Ононский	86	84	160	198	13	13
Приаргунский	130	130	118	160	18	18

Что касается числа объектов спортивных сооружений, то их количество практически повсеместно осталось прежним, за исключением Борзинского, Забайкальского и Калганского районов (табл. 3) [11, 12]. Значительные сокращения во всех районах характерны для учреждений культурно-досугового типа. Также отмечается сокращение числа образовательных организаций в районах Борзинском, Забайкальском, Калганском и Краснокаменском и Кыринском.

Заключение

Для приграничной территории Забайкальского края на современном этапе характерен процесс постепенной социально-экономической трансформации, проявляющейся в нескольких направлениях. С одной стороны, изменения в демографическом развитии территории приводят к моноцентризму районных центров, измельчанию населенных пунктов и истощению их демографических ресурсов. С другой стороны, отмечается постепенное сокращение объектов социальной инфраструктуры.

Список литературы

1. Трейвиш А.И. «Сжатие» пространства: трактовки и модели / А.И. Трейвиш // Сжатие социально-экономического пространства: новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. – М.: Институт географии РАН, 2010. – С. 16–31.

2. Цзе Ши. Китайский фактор на новом этапе развития восточных регионов России / Цзе Ши // ЭКО. – 2017. – № 3 (513). – С. 37–47.

3. Горина К.В. Демографическая характеристика структур городской и сельской местности Забайкальского края / К.В. Горина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Т. 26, № 3 (174). – С. 166–174.

4. Социально-экономическое положение городских округов и муниципальных районов Забайкальского края. Стат. сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2017. – 145 с.

5. Социально-экономическое положение муниципальных районов и городских округов Забайкальского края. Стат. сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2011. – 154 с.

6. Возрастно-половой состав населения Забайкальского края по итогам всероссийской переписи населения 2010 года (часть I), Стат. сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2012. – 133 с.

7. Паспорта социально-экономического положения муниципальных районов Забайкальского края за 2017 г., представленные Службой занятости населения Забайкальского края.

8. Всесоюзная перепись населения 1979 г. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus79_reg1.php (дата обращения: 04.05.2018).

9. Всесоюзная перепись населения 1989 г. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=6 (дата обращения: 20.04.2018).

10. Численность населения сельских населенных пунктов Забайкальского края Стат. сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2017. – 60 с.

11. Объекты инфраструктуры муниципальных образований Забайкальского края. Стат. сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2017. – 74 с.

12. Объекты инфраструктуры муниципальных образований Забайкальского края. Стат. сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2014. – 103 с.

References

1. Trejvish A.I. «Szhatie» prostranstva: traktovki i modeli / A.I. Trejvish // Szhatie social`no-e`konomicheskogo prostranstva: novoe v teorii regional`nogo razvitiya i praktike ego gosudarstvennogo regulirovaniya. – M.: Institut geografii RAN, 2010. – P. 16–31.

2. Czze Shi. Kitajskij faktor na novom e`tape razvitiya vostochny`x regionov Rossii / Czze Shi // E`KO. – 2017. – № 3 (513). – P. 37–47.

3. Gorina K.V. Demograficheskaya xarakteristika struktur gorodskoj i sel`skoj mestnosti Zabajkal`skogo kraya / K.V. Gorina // Nauchny`e vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvenny`e nauki. – 2014. – T. 26, № 3 (174). – P. 166–174.

4. Social`no-e`konomicheskoe polozhenie gorodskix okrugov i municipal`ny`x rajonov Zabajkal`skogo kraya. Ctat. sb. / Zabajkalkrajstat. – Chita, 2017. – 145 p.

5. Social`no-e`konomicheskoe polozhenie municipal`ny`x rajonov i gorodskix okrugov Zabajkal`skogo kraya. Ctat. sb. / Zabajkalkrajstat. – Chita, 2011. – 154 p.

6. Vozrastno-polovoj sostav naseleniya Zabajkal`skogo kraya po itogam vserossijskoj perepisi naseleniya 2010 goda (chast` I), Stat. sb. / Zabajkalkrajstat. – Chita, 2012. – 133 p.

7. Pasporta social`no-e`konomicheskogo polozheniya municipal`ny`x rajonov Zabajkal`skogo kraya za 2017 g., predstavlenny`e Sluzhboj zanyatosti naseleniya Zabajkal`skogo kraya.

8. Vsesoyuznaya perepis` naseleniya 1979 g. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus79_reg1.php (data obrashheniya: 04.05.2018).

9. Vsesoyuznaya perepis` naseleniya 1989 g. URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=6 (data obrashheniya: 20.04.2018).

10. Chislennost` naseleniya sel`skix naselenny`x punktov Zabajkal`skogo kraya Stat. sb. / Zabajkalkrajstat. – Chita, 2017. – 60 p.

11. Ob``ekty` infrastruktury` municipal`ny`x obrazovanij Zabajkal`skogo kraya. Stat. sb. / Zabajkalkrajstat. – Chita, 2017. – 74 p.

12. Ob``ekty` infrastruktury` municipal`ny`x obrazovanij Zabajkal`skogo kraya. Stat. sb. / Zabajkalkrajstat. – Chita, 2014. – 103 p.