

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300

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 электронному каталогу «Почта России» – П7816

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.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.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.т.н., профессор Галкин А.Ф. (Ухта); 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 Кузьяков 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.б.н. Сибикеев С.Н. (Саратов); 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 бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО ИД «Академия Естествознания»

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

Адрес редакции и издателя: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

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

Подписано в печать – 31.05.2021

Дата выхода номера – 30.06.2021

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 15,88

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/5-2021

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)**СТАТЬИ**

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА И ОЗЕЛЕНЕНИЯ ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК В ГОРОДЕ МОСКВЕ <i>Довганюк А.И.</i>	7
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР АССОЦИАТИВНЫМИ РИЗОБАКТЕРИЯМИ В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ И ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ <i>Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А.</i>	13
МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ САДОВЫХ ФОРМ <i>JUNIPERUS L.</i> В УСЛОВИЯХ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ <i>Мамытова М.Т., Ахматов М.К., Абдрашитова Ж.К.</i>	19
ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДОВ И УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТОВЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ САЛАТА ЛИСТОВОГО (<i>LACTUCA SATIVA L.</i>) <i>Плотникова Л.Я., Самойлов В.Н.</i>	24
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА <i>Савченкова В.А., Суховей М.В., Провин К.Н.</i>	31
СНИЖЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННОГО ГЕРБИЦИДА С ПОМОЩЬЮ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ТАБАЧНОЙ РАССАДЫ <i>Соболева Л.М., Плотникова Т.В.</i>	39

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КАВИТАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОДТОВАРНОЙ ВОДЫ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ <i>Ананьев К.М., Алексеева Е.А., Твердохлебов В.П.</i>	45
ТЕНДЕНЦИИ ВЕСЕННЕГО РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ УРАЛА В КОНТЕКСТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ <i>Гурьевских О.Ю., Иванова Ю.Р., Скок Н.В., Юровских А.М., Янцер О.В., Куянцова Н.Б., Прокошева И.В., Тертица Т.К.</i>	51
ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ГОРОДОВ У СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСКУРСИЯХ <i>Дебеляя И.Д., Морозова Г.Ю.</i>	62
НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ КАК ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ РОССЫПЕЙ <i>Кунгурова В.Е., Газзаева Е.М.</i>	69
ДИНАМИКА ЗА 50 ЛЕТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДОЛИ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЕЛЬ <i>Мазуркин П.М., Ефимова Е.А.</i>	81
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАЙОНЕ ОСТРОВА ВАРАНДЕЙ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В ПЕЧОРСКОМ МОРЕ <i>Мискевич И.В., Деменков О.В.</i>	88

ОРДОВИКСКИЙ ВАЛ – ЮЖНОЕ ОБРАМЛЕНИЕ ОРЕНБУРГСКОГО ВАЛА
(ОРЕНБУРГСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

*Политыкина М.А., Багманова С.В., Панкратьев П.В.,
Степанов А.С., Коломоец А.В., Петрищев В.П., Демурия Г.Д.* 94

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ИНДЕКСА ОСАДКОВ (SPI)

Салмин А.С., Асауляк И.Ф., Белолобцев А.И. 101

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ
НА СОСТОЯНИЕ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (*HIPPORHAE RHAMNOIDES*)

Тотубаева Н.Э., Эсиркепова М., Кожобаев К.А. 110

ВЛИЯНИЕ СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО ГАЗА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ
В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Яковенко А.А., Котова Е.И. 117

Физико-математические науки (25.00.30)

СТАТЬИ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ТОКОВ МОЛНИЙ
РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ ПО СУБЪЕКТАМ ЮГА РОССИИ

Аджиев А.Х., Керефова З.М., Кузьмин В.А. 123

CONTENTS
Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)
ARTICLES

ANALYSIS OF THE STATE OF LANDSCAPING AND LANDSCAPING OF CHILDREN'S PLAYGROUNDS IN MOSCOW <i>Dovganyuk A.I.</i>	7
THE EFFECT OF PLANT GROWTH-PROMOTING ASSOCIATIVE RHIZOBACTERIA ON SOME PLANTS OF <i>BRASSICACEAE</i> IN CONDITIONS OF NORMAL MOISTURE AND SOIL DROUGHT <i>Lebedev V.N., Vorobeykov G.A., Uraev G.A.</i>	13
MORPHOMETRIC INDICATORS OF GARDEN FORMS OF <i>JUNIPERUS L.</i> IN THE CONDITIONS OF THE CHUY VALLEY <i>Mamytova M.T., Akhmatov M.K., Abdrashitova Zh.K.</i>	19
THE EFFECT OF LEDS AND UV-RADIATION ON THE GROWTH AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF LETTUCE (<i>LACTUCA SATIVA L.</i>) <i>Plotnikova L.Ya., Samoilov V.N.</i>	24
DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR PRELIMINARY DETERMINATION OF THE CAUSES OF FOREST FIRE <i>Savchenkova V.A., Sukhovoy M.V., Provin K.N.</i>	31
DECREASING PHYTOTOXICAL EFFECT OF SOIL HERBICIDE BY FERTILIZERS AND GROWTH STIMULATORS FOR TOBACCO SEEDLING GROWING <i>Soboleva L.M., Plotnikova T.V.</i>	39

Earth sciences (25.00.00)
ARTICLES

USING CAVITATION FOR PURIFICATION OF PRODUCTION WATER OF OIL FIELDS <i>Ananov K.M., Alekseeva E.A., Tverdokhlebov V.P.</i>	45
TRENDS IN THE SPRING DEVELOPMENT OF VEGETATION IN THE CONTEXT OF THE LANDSCAPE DIVERSITY OF THE URALS IN THE CONTEXT OF CLIMATIC CHANGES <i>Guryevskikh O.Yu., Ivanova Yu.R., Skok N.V., Yurovskikh A.M., Yantser O.V., Kuyantseva N.B., Prokosheva I.V., Tertitsa T.K.</i>	51
FORMATION OF IDEAS ABOUT SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT DURING ECOLOGICAL EXCURSIONS AMONG HIGHER EDUCATION INSTITUTE STUDENTS <i>Debelaya I.D., Morozova G.Yu.</i>	62
NEOGENE-QUATERNARY DEPOSITS OF THE COASTAL ZONE OF SOUTH-WESTERN KAMCHATKA AS AN INTERMEDIATE RESERVOIR TO FORM COASTAL-MARINE PLACERS <i>Kungurova V.Ye., Gazzaeva E.M.</i>	69
DYNAMICS OVER 50 YEARS OF THE RELATIVE SHARE OF LAND CATEGORIES <i>Mazurkin P.M., Efimova E.A.</i>	81
ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITIES IN THE AREA OF THE VARANDEI ISLAND ON THE GEOECOLOGICAL SITUATION IN THE PECHORSKY SEA <i>Miskevich I.V., Demenkov O.V.</i>	88

ORDOVIK SHAFT – SOUTHERN FRAME OF THE ORENBURG SHAFT
(ORENBURG OIL AND GAS–CONDENSATE DEPOSIT)

*Politykina M.A., Bagmanova S.V., Pankratev P.V.,
Stepanov A.S., Kolomoets A.V., Petrishev V.P., Demuria G.D.* 94

ANALYSING TIME SERIES OF STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI)

Salmin A.S., Asaulyak I.F., Belolyubtsev A.I. 101

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS
ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SEA BUCKTHORN
(*HIPPOPHAE RHAMNOIDES*) ON THE COAST OF LAKE ISSYK-KUL

Totubaeva N.E., Esirkepova M., Kozhobaev K.A. 110

EFFECT OF ASSOCIATED GAS COMBUSTION ON SOIL POLLUTION
IN THE ARCTIC OIL FIELD

Yakovenko A.A., Kotova E.I. 117

Physical and mathematical sciences (25.00.30)

ARTICLES

DISTRIBUTION OF THE AVERAGE VALUES OF LIGHTNING CURRENTS
OF DIFFERENT POLARITY IN THE SUBJECTS OF THE SOUTH OF RUSSIA

Adzhiev A.Kh., Kerefova Z.M., Kuzmin V.A. 123

СТАТЬИ

УДК 712.256

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА И ОЗЕЛЕНЕНИЯ
ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПЛОЩАДОК В ГОРОДЕ МОСКВЕ****Довганюк А.И.***ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет РГАУ – МСХА
имени К.А. Тимирязева», Москва, e-mail: alexadov@mail.ru*

Работа посвящена анализу организации среды детских игровых площадок в г. Москве. В соответствии с действующими нормативными документами детские игровые площадки должны находиться в жилой застройке в непосредственной близости от жилых домов. Комплекс имеющихся нормативно-правовых документов, непосредственно связанный с организацией территории детской игровой площадки, в настоящее время представляет собой недостаточно разработанный и недостаточно согласованный между собой комплекс документов. В работе предпринята попытка проанализировать комплекс нормативно-правовых документов и разработать методику оценки, основанную на действующих документах, которая была бы способна всесторонне описать имеющиеся детские игровые площадки. Предложена шкала, состоящая из общих требований по расположению площадки, а также из требований, предъявляемых к оборудованию. Каждый из 12 предложенных пунктов имеет градацию от 0 (полностью не соответствует) до 2 (полностью соответствует). В соответствии с предложенной шкалой был проведен анализ 58 детских игровых площадок, расположенных в г. Москве. Выявлены несоответствия в организации территории (размеров площадки, расположении площадок относительно жилых домов, парковочных территорий, деревьев и т.д.), а также в наполнении ее элементами благоустройства и озеленения. Особенно неблагоприятная ситуация отмечена с озеленением детских игровых площадок. Более чем на 80% детских игровых площадках отсутствует непосредственно связанное с площадкой озеленение. Отмечена важность озеленения площадок, особенно для возрастной группы 1–3 года в связи с особым сенсорным типом игры, реализуемой этой возрастной группой детей. Озеленение будет способствовать развитию образного мышления и формированию навыков общения с растительным миром. Сделан вывод об отсутствии единого стиливого и композиционного замысла в формировании единого образа детской площадки.

Ключевые слова: детская игровая площадка, озеленение детских площадок, благоустройство детских площадок, игровое оборудование, виды игры, пространственная организация детских площадок

**ANALYSIS OF THE STATE OF LANDSCAPING AND LANDSCAPING
OF CHILDREN'S PLAYGROUNDS IN MOSCOW****Dovganyuk A.I.***Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, e-mail: alexadov@mail.ru*

The work is devoted to the analysis of the organization of the environment of children's playgrounds in Moscow. In accordance with the current regulations, children's playgrounds should be located in residential buildings in the immediate vicinity of residential buildings. The complex of existing legal documents directly related to the organization of the territory of the children's playground is currently not sufficiently developed and coordinated with each other set of documents. The paper attempts to analyze a set of regulatory and legal documents and develop an assessment methodology based on existing documents that would be able to comprehensively describe the existing children's playgrounds. A scale consisting of the general requirements for the location of the site, as well as the requirements for the equipment, is proposed. Each of the 12 suggested points has a gradation from 0 (completely does not correspond to) up to 2 (fully compliant). In accordance with the proposed scale, an analysis of 58 children's playgrounds located in Moscow was carried out. Inconsistencies were found in the organization of the territory (the size of the site, the location of the sites relative to residential buildings, parking areas, trees, etc.), as well as in filling it with elements of landscaping and landscaping. A particularly unfavorable situation was noted with the landscaping of children's playgrounds. More than 80% of children's playgrounds do not have landscaping directly related to the playground. The importance of landscaping of playgrounds is noted, especially for the age group of 1-3 years in connection with the special sensory type of game implemented by this age group of children. Gardening will contribute to the development of imaginative thinking and the formation of communication skills with the plant world. It is concluded that there is no single stylistic and compositional idea in the formation of a single image of the playground.

Keywords: children's playground, landscaping of playgrounds, landscaping of playgrounds, play equipment, types of games, spatial organization of playgrounds

Игра – один из важнейших видов деятельности для детей. Через игру ребенок познает мир и учится взаимодействовать как с окружающими его предметами и объектами, так и с людьми. Именно поэтому окружающий ребенка мир должен

быть комфортным, устойчивым и безопасным [1]. Организация комфортной, устойчивой и безопасной среды (КУБ-среды) для ребенка на всех объектах ландшафтной архитектуры, с которыми ребенок взаимодействует, представляет интерес и нема-

люю сложность для любого ландшафтного архитектора. Ландшафтный архитектор работает со средой, проектируя и реализуя элементы благоустройства и озеленения для каждой конкретной территории. Детская игровая площадка – особый мир ребенка, организация предметно-пространственной среды этого мира – сложная и интересная задача. Организация этой среды должна не только отвечать задачам оздоровления и обучения ребенка, но и предполагать игровую составляющую.

В настоящий момент в России реализуется несколько программ по созданию комфортной среды, улучшению условий озеленения и благоустройства ряда городских территорий, в частности федеральный проект «Формирование комфортной городской среды», паспорт которого утвержден протоколом заседания проектного комитета по национальному проекту «Жилье и городская среда» от 21 декабря 2018 г. № 3. Попадают под эту программу и детские игровые площадки. Однако отсутствие методических указаний по формированию комфортной, устойчивой и безопасной среды для ребенка на детских игровых площадках самым негативным образом сказывается на результате. Имеющиеся нормативно-правовые документы зачастую противоречат друг другу в деталях, а предлагаемые там элементы благоустройства и озеленения не решают основную задачу – создания КУБ-среды для ребенка. Ландшафтные архитекторы формируют предметно-пространственную среду исходя из сиюминутных предложений по материалам и элементам озеленения и благоустройства. Проведенные нами ранее исследования показали, что имеющееся детское игровое оборудование не интересно ребенку, более 30% детей используют его не по назначению [2]. Социологические исследования показали, что дети видят свой игровой мир – территорию детской игровой площадки совершенно по-другому. Ее предметно-пространственное наполнение должно включать иные игровые комплексы.

Важно учитывать возрастные изменения в игровых пристрастиях ребенка [3, 4]. Каждому возрасту ребенка соответствует свой тип игры. Выделяют как сенсорные и сенсорно-моторные игры с минимальным взаимодействием между детьми, так и спортивные групповые соревнования. Таким образом, озеленение и благоустройство детской игровой площадки должно соответствовать возрастным особенностям взаимодействия ребенка с элементами среды.

Цель исследования: провести анализ благоустройства и озеленения детских игровых площадок, расположенных в жилых районах г. Москвы.

Задачи работы предполагают критический анализ действующих нормативно-правовых документов, разработку методики оценки соответствия предметно-пространственной среды детской игровой площадки действующим нормативам, а также проведение анализа среды и разработку предложений по формированию на детских игровых площадках КУБ-среды для ребенка.

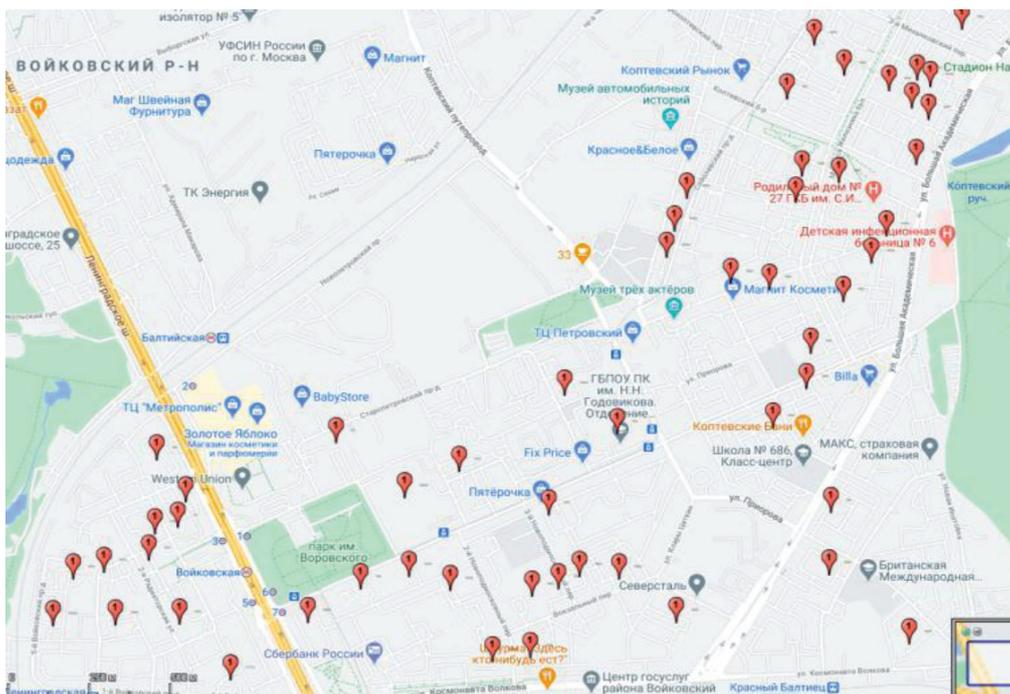
Материалы и методы исследования

В настоящее время нормативно-правовое обеспечение благоустройства и озеленения детских игровых площадок связано с группой национальных ГОСТов, принятых в 2012–2013 гг. и методическими рекомендациями 2019 г. Кроме того, действуют отдельные нормативно-правовые документы регионального (московского) уровня. Необходимо выделить ГОСТ Р 52301-2013, ТСН 30-307-2002 г. Москвы (МГСН 1.02-02), письмо Минрегиона России от 14.12.2010 № 42053-ИБ/14, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 и Приказ Минстроя России № 897 / приказ Минспорта России № 1128 от 27.12.2019. На основе анализа указанных нормативных документов предложена схема анализа предметно-пространственной среды детских игровых площадок.

Было обследовано 58 детских игровых площадок (рис. 1). Анализируемые детские игровые площадки расположены в Северном административном округе г. Москвы.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведенные выше нормативно-правовые документы предусматривают несколько обязательных условий по размещению детской игровой площадки на территории и наполнению её элементами благоустройства. Необходимо предусмотреть корректное расстояние от окон жилого дома (ТСН 30-307-2002, Приложение к письму Минрегиона России от 14.12.2010 № 42053-ИБ/14) и парковки (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, табл. 4.4.1) до границ детской площадки [5–7]. Площадь детской игровой площадки должна соответствовать норме на одного жителя (0,5–0,7 м²) и средним рекомендуемым размерам площадок в зависимости от возрастной группы детей, предусмотренным нормативно-правовыми документами [5, 6].



Расположение исследуемых детских игровых площадок

Утвержденные нормативы предусматривают требования к инсоляции детской игровой площадки (не менее 5 ч светового дня), расстоянию до деревьев (деревья с восточной и северной сторон площадки должны высаживаться не ближе 3 м, а с южной и западной – не ближе 1 м от края площадки до оси дерева). Обязательными элементами благоустройства являются «мягкие» виды покрытия, наличие элементов сопряжения поверхности площадки с газоном в виде бортовых камней со скошенными или закругленными краями, наличие скамей и урн на территории площадки, функционального освещения на высоте не менее 2,5 м. ГОСТ Р 52301-2013 предусматривает размещение на детской игровой площадке информационного стенда (доски) с перечнем и назначением детского игрового оборудования, телефонами экстренных служб и правилами эксплуатации площадки [8]. Все указанные выше требования в полном объеме нашли отражение в утвержденных в 2019 г. методических рекомендациях по благоустройству общественных и дворовых территорий средствами спортивной и детской игровой инфраструктуры [9].

Обязательным элементом является озеленение территории, однако требования к подбору растений для озеленения

ограничены двумя пунктами: не допускается применение растений с колючками на площадках дошкольного типа и растений с ядовитыми плодами на площадках всех видов. Не указаны рекомендуемые формы организации декоративных посадок.

С учетом указанных требований нормативно-правовых документов, предъявляемых к обустройству детских игровых площадок, была составлена балльная схема описания (анкета), предусматривающая максимальное количество баллов в случае полного удовлетворения требованиям нормативных документов территории и элементов площадки и штрафные санкции за частичное выполнение или невыполнение этих требований (табл. 1).

В соответствии с разработанной анкетой была проведена оценка состояния благоустройства и озеленения территории 58 детских игровых площадок (табл. 2).

По результатам оценки состояния детских игровых площадок можно выделить основные негативные моменты и тенденции, наблюдаемые в Москве. Детские игровые площадки в существующих жилых районах сделаны формально. При этом расположение детской игровой площадки относительно жилого дома и ее площадь

в большинстве случаев соответствуют регламенту. Однако прочие показатели очень далеки от идеала. Особенно в негативную сторону выделяется ситуация с расположе-

нием площадок относительно санкционированных и несанкционированных парковок. Только в 20 % случаев выдерживаются требуемые расстояния.

Таблица 1

Анкета анализа детской площадки (методика оценки)

Наименование показателя	Критерий оценки	Балл
1. Общие требования		
1.1. Соответствие расстояния от границы площадки до окон жилого дома требованиям регламентирующих документов	2 балла – в соответствии с ТСН 30-307-2002; 1 балл – нарушение не более 50% расстояния; 0 баллов – нарушение более 50% расстояния	
1.2. Соответствие площади детской площадки требованиям регламентирующих документов	2 балла – в соответствии с ТСН 30-307-2002 – 0,5–0,7 м ² на одного жителя; 1 балл – нарушение не более 50% (0,26–0,49 м ²); 0 баллов – нарушение более 50% (< 0,25 м ²)	
1.3. Соответствие инсоляционного режима требованиям регламентирующих документов	2 балла – в соответствии с ТСН 30-307-2002 – более 5 ч в день; 1 балл – нарушение не более 50% (2,5 ч в день); 0 баллов – нарушение более 50% (< 2,4 ч в день)	
1.4. Соответствие расстояния от детской игровой площадки до парковки	2 балла – в соответствии с СанПиН; 1 балл – нормы нарушает несанкционированная парковка (без разметки); 0 баллов – не соответствует СанПиН	
1.5. Соответствие расстояния от площадки до деревьев требованиям регламентирующих документов	2 балла – в соответствии с ТСН 30-307-2002; 1 балл – деревья присутствуют рядом с территорией, ближе допустимых нормативов; 0 баллов – деревья присутствуют на территории площадки	
2. Требования по оборудованию		
2.1. Наличие информационного стенда	2 балла – в соответствии с нормативом (наличие и содержание); 1 балл – имеется, но не соответствует нормативу; 0 баллов – отсутствует	
2.2. Соответствие типа покрытия площадки требованиям регламентирующих документов	2 балла – в соответствии с нормативом (наличие и содержание); 1 балл – имеется, но не соответствует нормативу (повреждения на большой площади); 0 баллов – отсутствует	
2.3. Соответствие элементов сопряжения поверхности площадки с газоном требованиям регламентирующих документов	2 балла – в соответствии с ТСН 30-307-2002; 1 балл – в соответствии с ТСН 30-307-2002, но повреждены; 0 баллов – не соответствуют ТСН 30-307-2002	
2.4. Наличие озеленения и корректность используемых растений	2 балла – в соответствии с ТСН 30-307-2002; 1 балл – отсутствует; 0 баллов – присутствуют колючие и ядовитые растения	
2.5. Состояние игрового оборудования	2 балла – состояние отличное без повреждений; 1 балл – состояние хорошее и удовлетворительное, имеются повреждения, не влияющие на безопасность эксплуатации; 0 баллов – состояние неудовлетворительное	
2.6. Наличие и соответствие требованиям регламентирующих документов скамей и урн	2 балла – имеются в состоянии, позволяющем нормальную эксплуатацию, установлены на твердом покрытии; 1 балл – имеются в состоянии, позволяющем нормальную эксплуатацию, установлены на мягком покрытии; 0 баллов – отсутствуют или имеются в состоянии, не позволяющем нормальную эксплуатацию	
2.7. Наличие и соответствие требованиям регламентирующих документов элементов освещения	2 балла – имеется, в соответствии с ТСН 30-307-2002; 1 балл – имеется, не соответствует ТСН 30-307-2002; 0 баллов – отсутствует	

Таблица 2

Балльная оценка состояния благоустройства и озеленения территорий
детских игровых площадок

Показатель	Средний балл (0 – мин, 2 – макс)
1.1. Соответствие расстояния от границы площадки до окон жилого дома требованиям регламентирующих документов	1,59
1.2. Соответствие площади детской площадки требованиям регламентирующих документов	1,45
1.3. Соответствие инсоляционного режима требованиям регламентирующих документов	1,16
1.4. Соответствие расстояния от детской игровой площадки до парковки	0,43
1.5. Соответствие расстояния от площадки до деревьев требованиям регламентирующих документов	0,69
2.1. Наличие информационного стенда	1,10
2.2. Соответствие типа покрытия площадки требованиям регламентирующих документов	1,41
2.3. Соответствие элементов сопряжения поверхности площадки с газоном требованиям регламентирующих документов	0,81
2.4. Наличие озеленения и корректность используемых растений	0,24
2.5. Состояние игрового оборудования	1,21
2.6. Наличие и соответствие требованиям регламентирующих документов скамей и урн	1,05
2.7. Наличие и соответствие требованиям регламентирующих документов элементов освещения	0,86

Лучше обстоят дела с элементами благоустройства. Информационный стенд, покрытия площадок и элементы сопряжения поверхности площадки и газона, скамьи и урны более чем в 50% случаев удовлетворяют требованиям нормативно-правовых документов. Однако наполнение детских площадок игровым оборудованием и его взаимное расположение вызывает большие вопросы. Например, на ряде обследуемых территорий качалки, предназначенные для сенсорно-моторной игры детей возрастной категории 1–3 года, располагаются в непосредственной близости от детских игровых комплексов, которые предназначены для ролевых групповых взаимодействий детей 4–7 лет. Более того, нередко игровое оборудование, предназначенное для младших детей, располагается на транзитных путях движения взрослых по территории площадки или путях игровых перемещений более взрослых детей.

Состояние озеленения детских игровых площадок удручающее. Практически все детские игровые площадки «вписаны» в существующие условия озеленения территорий жилых дворов. Данное озеленение в подавляющем большинстве случаев сделано жителями без учета норм расположения растений относительно жилых домов и строений. Поэтому «вписать» площадку с соблюдением норм расположения деревьев оказалось практически невозможно.

Взрослые деревья расположены в пределах детской игровой площадки (более 60% площадок), что увеличивает опасность получения травмы ребенком во время активных игр, а также затрудняет уход за территорией площадки в осенне-зимний период. Специализированное озеленение отсутствует практически на всех площадках. Важно указать важную роль озеленения и работы с растениями для детей возрастной категории 1–3 года. В период сенсорной и сенсорно-моторной игры ребенок должен познакомиться с разнообразными элементами живой природы, которые могут дать только растения.

Заключение

Наличие большого количества нормативов, которые нередко не уточняют друг друга, а наоборот, включают в себя взаимоисключающие тезисы, привело к деградации понятия детская игровая площадка в существующих жилых районах мегаполиса. Отсутствие единого стилевого и композиционного замысла привело к появлению в пределах жилой застройки безликих детских игровых площадок, единственная роль которых заключается в доведении нормы площади города под детскими игровыми площадками до рекомендуемой. Благоустройство детских игровых площадок не в полной мере соответствует нормативным показателям. Обоснованное компо-

зиционными принципами формирование озеленения на детских игровых площадках не выявлено.

Список литературы / References

1. Довганюк А.И. Ландшафт ребенка // Доклады ТСХА: сборник статей. М.: Издательство РГАУ – МСХА. 2021. Вып. 293. С. 34–36.

Dovganyuk A. I. Landscape of the child // Doklady TSKHA : sbornik statej. M.: Izdatel'stvo RGAU – MSKHA. 2021. Vyp. 293. P. 34–36 (in Russian).

2. Егорова К.В., Довганюк А.И. Рекомендации по созданию развивающих площадок для детей раннего и дошкольного возраста // Вестник ландшафтной архитектуры. М.: Редакция журнала МЭСХ. 2013. С. 13–16.

Egorova K.V., Dovganyuk A.I. Recommendations for creating educational platforms for children of early and preschool age // Vestnik landshaftnoj arhitektury. M.: MESKH. 2013. P. 13–16 (in Russian).

3. Дьяченко О.М., Лаврентьева Т.В. Психологические особенности развития дошкольников. М.: Эксмо, 2009. 176 с.

Dyachenko O.M., Lavrentieva T.V. Psychological features of preschool children ' s development. M.: Eksmo, 2009. 176 p. (in Russian).

4. Фаина Н.В., Довганюк А.И. К вопросу о соответствии детского игрового оборудования возрастной категории ребенка (на примере детских площадок района Марьино г. Москвы) // Вестник ландшафтной архитектуры. М.: МЭСХ, 2019. Вып. 19. С. 76–81.

Fadina N.V., Dovganyuk A.I. On the question of the compliance of children's play equipment with the age category of a child (on the example of playgrounds in the Maryino district of Moscow) // Vestnik landshaftnoj arhitektury. M.: MESKH, 2019. Vyp. 19. P. 76–81 (in Russian).

5. ТСН 30-307-2002 г. Москвы (МГСН 1.02-02) Нормы и правила проектирования комплексного благоустройства на территории города Москвы. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200029835> (дата обращения: 28.03.2021).

TSN 30-307-2002 Moskvyy (MGSN 1.02-02) Norms and rules for designing complex landscaping on the territory of the city of Moscow. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200029835> (date of the application: 28.03.2021) (in Russian).

6. Об утверждении Предложений по благоустройству придомовой территории в части детской спортивно-игровой инфраструктуры (письмо Минрегиона России от 14.12.2010 № 42053-ИБ/14). [Электронный ресурс] URL: <https://legalacts.ru/doc/pismo-minregiona-rossii-ot-14122010-n-42053-ib14/> (дата обращения: 20.04.2021).

On the approval of Proposals for the improvement of the house territory in terms of children's sports and game infrastructure (letter from the Ministry of Regional Development of Russia from 14.12.2010 N 42053-IB/14). [Electronic resource]. URL: <https://legalacts.ru/doc/pismo-minregiona-rossii-ot-14122010-n-42053-ib14/> (date of the application: 20.04.2021) (in Russian).

7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388> (дата обращения: 28.03.2021).

SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03. Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects. [Electronic resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388> (date of the application: 20.04.2021) (in Russian).

8. ГОСТ Р 52301-2013 Оборудование и покрытия детских игровых площадок. Безопасность при эксплуатации. Общие требования. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105947> (дата обращения: 20.04.2021).

9. Методические рекомендации по благоустройству общественных и дворовых территорий средствами спортивной и детской игровой инфраструктуры. [Электронный ресурс]. URL: <https://ppt.ru/docs/prikaz/minstroy/n-897-pr-227183> (дата обращения: 20.04.2021).

Methodological recommendations for the improvement of public and courtyard territories by means of sports and children's play infrastructure. [Electronic resource]. URL: <https://ppt.ru/docs/prikaz/minstroy/n-897-pr-227183> (date of the application: 20.04.2021) (in Russian).

УДК 631.8:581.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР АССОЦИАТИВНЫМИ РИЗОБАКТЕРИЯМИ В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ И ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ

¹Лебедев В.Н., ¹Воробейков Г.А., ²Ураев Г.А.

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, e-mail: antares-80@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург, e-mail: uraev.ga@yandex.ru

Эксперименты проводились в вегетационных условиях по изучению влияния ростостимулирующих растений ризобактерий (PGPR) (Вариоворакс, Мизорин, Флавобактерин) в качестве биоудобрения на обработку горчицы белой сорта Рапсодия и редьки масличной сорта Радуга, выращенных при нормальных условиях и почвенной засухи. На протяжении всего вегетационного периода изучались основные морфофизиологические показатели данных растений. В условиях обеспечения нормального увлажнения препараты на основе ассоциативных ризобактерий увеличивают продуктивность данных культур. Недостаток воды в почве нарушает водный статус растений, в результате происходит снижение общей оводненности растительного организма. По этой причине растения, характеризующиеся более высоким содержанием воды и стабильным водным режимом, отличаются сравнительно более высокими показателями продуктивности. Стабилизация основных физиологических процессов горчицы и редьки, снижение нарушений функциональной активности их водного статуса, наряду с накоплением основных элементов минерального питания, стабилизацией других физиологических процессов, способствует сохранению продуктивности и качества зеленой массы, а также урожая семян в условиях недостатка почвенной влаги. В результате обработки экспериментальных данных было отмечено также, что у инокулированных растений отмечена более высокая водоудерживающая способность. Наилучшие результаты получены при использовании бактериальных препаратов: Вариоворакс (*Variovorax paradoxus*, strain 5C-2) и Мизорина (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7). Проведена оценка экономического эффекта в условиях нормального увлажнения и при дефиците влаги в почве. Проведенная оценка экономического эффекта показывает, что при инокуляции растений повышается как урожайность, так и уровень доходов сельскохозяйственных предприятий от реализации семян.

Ключевые слова: инокуляция, продуктивность, минеральное питание, интродукция, ризобактерии, способствующие росту растений (PGPR), засуха, водный стресс, ассоциативные ризобактерии, экономический эффект

THE EFFECT OF PLANT GROWTH-PROMOTING ASSOCIATIVE RHIZOBACTERIA ON SOME PLANTS OF *BRASSICACEAE* IN CONDITIONS OF NORMAL MOISTURE AND SOIL DROUGHT

¹Lebedev V.N., ¹Vorobeykov G.A., ²Uraev G.A.

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, e-mail: antares-80@yandex.ru;

²Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Sankt-Petersburg, e-mail: uraev.ga@yandex.ru

The problem of safe agricultural products production and use of biological methods in order to increase crops productivity are examined in the article. Experiments were carried out in vegetative conditions to study the effect of growth-stimulating plants of rhizobacteria (PHPR) (Variovorax, Mizorin, Flavobacterin) as a biofertilizer on the treatment of white mustard var. Rhapsody (k-4278) and oilseed radish var. Rainbow (k-8), grown under normal conditions and soil drought. In the conditions of normal humidifying bacterial preparations increase efficiency of the given cultures. At a short-term soil drought processing of seeds rhizobacterias promotes smaller infringement of water mode, an increase in the content of the main elements of mineral nutrition and stabilization of other physiological processes that leads to preservation of the general and seed efficiency of the given plants. Therefore, plants with higher water content, have higher resistance to the effects of drought and are characterized by better productivity. As a result of processing the experimental data, it was also noted that inoculated plants had a higher water-holding capacity. The stabilization of the main physiological processes of mustard and radish, the reduction of violations of the metabolic water status, along with the accumulation of the main elements of mineral nutrition, contributes to the preservation of the productivity and quality of the biomass, and increased seed's yield in conditions of soil drought. The best results are received when using the following bacterial preparations: Variovorax (*Variovorax paradoxus*, strain 5C-2) and Mizorin (*Arthrobacter mysorens*, strain 7).

Keywords: inoculation, germinating capacity, productivity, mineral nutrition, stimulation of growth, introduce, Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR), drought, water stress, associative rhizobacteria, economic effect

Одной из основных задач современного земледелия является замена химических соединений, способных загрязнить продукцию и окружающую среду токсическими веществами, на более экологически безопас-

ные способы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Усиление деятельности азотфиксирующих организмов является одним из таких безвредных способов [1–3]. В наше время особое вни-

мание уделяется применению ассоциативных штаммов ризобактерий (plant-growth-promoting rhizobacteria – PGPR), которые способствуют повышению продуктивности при снижении химизации земледелия, а также положительно влияют на экономическую эффективность сельскохозяйственного предприятия. Микроорганизмы, создавая тесную связь с растением, усиливают азотфиксацию на корнях, стимулируют выработку растениями фитогормонов, улучшают минеральное питание, повышают устойчивость растений к таким неблагоприятным условиям, как засуха [3–5].

Засуха – природный фактор, часто воздействующий на ростовые процессы растений и снижающий их продуктивность. Действие недостатка почвенной влаги приносит серьезный экономический ущерб, так как нередко приводит к критическому падению урожая. Для формирования будущего урожая особенно опасна засуха, приходящаяся в период бутонизации и цветения культур [6]. В данный период онтогенеза, который является критическим к недостатку почвенной воды, происходит снижение целого комплекса биохимических и физиологических процессов, что делает растительный организм наиболее чувствительным к стрессу [7].

В наше время особо актуально проводить исследования по влиянию ризобактерий на рост и развитие растений в связи с их благоприятным влиянием на урожай. Также большое значение имеет проведение исследований в области влияния ризосферных микроорганизмов на продуктивность культур при неблагоприятных факторах, в частности при засухе [8].

Цель нашей работы заключалась в определении эффективности влияния штаммов ассоциативных ризобактерий на физиологические процессы и сохранение продуктивности горчицы белой и редьки масличной белой в условиях нормального увлажнения и почвенной засухи в критический период.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на двух видах однолетних крестоцветных культур: горчице белой (*Sinapis alba* L.), сорт Рапсодия, (к-4278) и редьке масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.), сорт Радуга (к-8). Сортовые семена капустных растений из ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова.

Согласно рекомендациям [9], в процессе посева была проведена инокуляция семян такими бактериальными препарата-

ми, как Вариоворакс (*Variovorax paradoxus*, штамм 5С-2), Мизорин (*Arthrobacter myso-rens*, штамм 7) и Флавобактерин (*Flavobacterium sp.* штамм 30). Все использованные в процессе работы штаммы прошли предварительный скрининг и были отобраны как самые эффективные. Бактериальные препараты были созданы на основе ассоциативных азотфиксирующих штаммов и предоставлены лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ВНИИСХМ.

Растения выращивались в вегетационных опытах по стандартной методике [9] на территории агробиостанции университета в Ленинградской области. Опыты проводились на супесчаной дерново-слабоподзолистой почве со слабокислой реакцией среды и средней обеспеченностью доступными формами фосфора и калия, а также средним содержанием гумуса (1,5–1,8%). В каждый вегетационный сосуд для создания более высокоэффективной системы «растение – бактерия» до посева семян вносилось комплексное минеральное удобрение азофоска из расчета $N_{0,1}P_{0,1}K_{0,1}$ д.в. на каждый кг почвы [9; 10].

В условиях вегетационных опытов растения выращивали при 70% влажности почвы от полной влагоемкости (нормальные условия). Для части растений после вступления их в критический период (фазу бутонизации) создавалась кратковременная почвенная засуха. На протяжении десяти дней влажность почвы не превышала 30%, а после была повышена до нормальных условий увлажнения и сохранялась на таком уровне до окончания вегетационного периода.

Все морфометрические параметры измерялись в соответствии с фазами развития растений, а из физиологических процессов изучались показатели, рекомендованные как наиболее надежные критерии уровня засухоустойчивости растений [11; 12]. Показатели водного режима (общая оводненность надземных органов, водоудерживающая способность) изучались после завершения периода засухи [10]. Определение основных элементов минерального питания (азота, фосфора и калия) проводили стандартным методом мокрого озоления сухой массы растений в лаборатории ВНИИСХМ. Оценка семенной продуктивности учитывалась в фазу полной спелости в конце вегетации. Обработка результатов проводилась статистическим методом дисперсионного анализа с использованием табличного процессора Microsoft Excel.

Анализ экономического эффекта проводился при помощи оценки абсолютного изменения дохода от реализации семян по отношению к контролю. Более подробно этот подход оценивания экономического эффекта был нами рассмотрен в статье [13].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате вегетационного опыта установлено негативное влияние недостатка почвенной влаги на такой интегральный ростовой показатель, как высота растений. Анализ полученных данных свидетельствует, что предпосевная обработка семян ассоциативными штаммами способна снизить тормозящий эффект на ростовые процессы, которые связаны с влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды (табл. 1). Растения в опытных вариантах с применением инокуляции, подвергнутые кратковременной засухе, к фазе активного цветения были существенно выше необработанных на 23–27% (горчица белая) и 2–14% (редька масличная). Наибольший эффект был отмечен при использовании ризобактерий *Variovorax paradoxus* (127% у горчицы и 114% у редьки) и *Arthrobacter mysorens* (123% у горчицы и 104% у редьки).

Засуха способна влиять на изменение оводненности тканей растительного организма в сторону ее уменьшения из-за нару-

шения способностей поглощать воду и сохранять в клетках. Способность растений не изменять свою оводненность представляет собой адаптационный механизм к дефициту почвенной влаги. Однако иногда при засухе механизмы поддержки водоудерживающих сил начинают отказывать и общее содержание воды в клетках падает. Возникающий в засушливый период дефицит влаги в почве может приводить к необратимым последствиям ухудшения водного статуса. Следовательно, растения, содержащие большее количество воды, являются наиболее засухоустойчивыми и потенциально более продуктивными в отношении накопления сухого вещества и урожайности семян.

При нормальном увлажнении растения горчицы белой и редьки масличной в фазу начала цветения имели среднюю оводненность 83–86% и 73–85% соответственно (табл. 2). Почвенная засуха снижала данный показатель водного режима до 65–71% в опытах с горчицей и 44–64% у редьки. Предпосевная инокуляция бактериальными препаратами способствовала стабилизации водного режима путем поддержания общего содержания воды в надземных органах на постоянном уровне у исследованных нами культур, несмотря на то что в конце периода засухи растения опытных вариантов испытывали значительный водный дефицит.

Таблица 1

Влияние инокуляции семян ассоциативными ризобактериями на высоту растений горчицы белой и редьки масличной, см

Вариант	Горчица белая			Редька масличная		
	НУ*	ПЗ**	ПЗ/НУ***	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ
Контроль	43,5	32,0	0,74	76,0	62,5	0,82
Вариоворакс	46,6	40,6	0,87	82,0	71,0	0,87
Мизорин	49,0	39,3	0,80	77,4	65,0	0,84
Флавобактерин	53,4	40,2	0,75	76,8	63,8	0,83
НСР _{0,05}	3,57	3,1	–	0,7	10,4	–

Примечание: НУ* – нормальное водоснабжение; ПЗ** – почвенная засуха; ПЗ/НУ*** – коэффициент стабильности развития растений.

Таблица 2

Содержание воды в растениях в зависимости от штамма ризобактерий (фаза цветения), %

Вариант	Горчица белая			Редька масличная		
	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ	НУ	ПЗ	ПЗ/НУ
Контроль	83	65	0,78	73	44	0,60
Вариоворакс	85	69	0,81	85	64	0,76
Мизорин	86	71	0,83	81	61	0,75
Флавобактерин	85	71	0,84	78	61	0,79
НСР _{0,05}	1,4	3,2	–	2,8	1,9	–

Кроме того, нами также было отмечено, что у инокулированных растений редьки масличной имеется более высокая водоудерживающая способность, особенно при обработке штаммом Вариоворакса. Однако наибольшая водоудерживающая способность у горчицы белой была характерна для растений, инокулированных при посеве Мизорином и Флавобактерином.

Известно [4; 8; 14], что одним из способов, повышающих засухоустойчивость растений, является улучшение их минерального питания в результате взаимодействия с ассоциативными ризобактериями. Это особенно актуально в связи с тем, что засуха, по нашим данным, негативно отражается на поступлении основных минеральных элементов (табл. 3).

Использование биопрепаратов при нормальном условии увлажнения почвы способствовало повышению содержания азота в сухом веществе с 1,70 до 2,29% (горчица) и с 2,16 до 2,76% (редька). Кроме того, наблюдалось также возрастание в надземных органах концентрации фосфора до 1,30–1,42% и до 0,76–0,94% соответственно. При этом контрольные варианты (без инокуляции) отличались минимальными значениями этих показателей. Однако растения инокулированных вариантов по-

сле перенесения почвенной засухи снижали содержание азота, фосфора и калия менее значительно.

Анализ продуктивности семян показал, что предпосевная обработка культур ассоциативными штаммами увеличивает количество семян (табл. 4). Следует отметить, что после переживания недостатка влаги в почве опытные варианты с применением биопрепаратов, по сравнению с контролем, характеризовались более высокими показателями семенной продуктивности. В отсутствие засухи масса семян у редьки возросла на 20% в варианте с Вариовораксом, а у горчицы на 80% в опыте с Мизорином, относительно контроля. Инокулированные растения при почвенной засухе отличались большей массой семян, чем контрольные, на 75–88% (горчица) и на 20–49% (редька).

Таким образом, урожай семян горчицы белой и редьки масличной заметно изменяется в зависимости от обеспеченности почвы доступной влагой и инокуляции семян бактериальными препаратами. При этом у данных культур в опытных вариантах, где проводилась предпосевная инокуляция ассоциативными ризобактериями, отмечалась более выраженная семенная продуктивность, которая лучше сохранялась при действии почвенной засухи.

Таблица 3

Влияние ризобактерий на содержание азота, фосфора и калия в надземных органах растений, %

Вариант	Горчица белая						Редька масличная					
	НУ			ПЗ			НУ			ПЗ		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	1,70	1,00	1,60	1,29	0,81	1,20	2,29	0,43	2,01	1,95	0,34	2,14
Вариоворакс	2,16	1,42	2,30	2,09	1,22	2,05	2,29	0,94	2,72	2,20	0,91	3,25
Мизорин	2,02	1,42	2,31	1,86	1,21	1,99	2,76	0,92	2,35	2,04	0,75	2,95
Флавобактерин	2,10	1,30	2,63	1,70	1,04	2,21	2,41	0,76	2,25	2,00	0,59	3,00
НСР _{0,05}	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,10	0,30	0,22	0,04	0,22	0,32

Таблица 4

Урожай семян инокулированных растений при нормальном водоснабжении и после почвенной засухи (на 1 сосуд)

Вариант	Горчица белая				Редька масличная			
	НУ		ПЗ		НУ		ПЗ	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
Контроль	492	3,0	282	0,8	554	3,14	372	1,67
Вариоворакс	752	4,2	500	1,4	580	3,77	516	2,49
Мизорин	888	5,4	524	1,5	556	3,72	489	2,31
Флавобактерин	832	5,0	488	1,5	602	3,45	452	2,00
НСР _{0,05}	36,4	0,4	22,4	0,3	49,0	0,30	50,8	0,32

Примечание: 1* – количество семян (шт./сосуд), 2** – масса семян (г/сосуд).

Рассмотренные выше факторы влияют и на экономический эффект сельскохозяйственного предприятия (табл. 5).

Таблица 5
Доход от реализации семян растений при нормальном водообеспечении и после почвенной засухи, руб. за 100 г семян

Вариант	Горчица белая		Редька масличная	
	НУ	ПЗ	НУ	ПЗ
Контроль	207	32	452	162
Вариоворакс	442	98	569	334
Мизорин	671	110	538	294
Флавобактерин	582	102	541	235

Доходы сельскохозяйственных предприятий от реализации семян горчицы белой и редьки масличной находятся в зависимости от обеспеченности почвы водой и инокуляции семян бактериальными препаратами. При нормальном водообеспечении инокуляция семян горчицы белой может привести к значительному увеличению дохода от реализации семян. По нашей оценке, увеличение доходов находилось в пределах 2,1–3,3 раза у горчицы и в пределах 1,2–1,3 раза у редьки. Аналогичное влияние наблюдается и в условиях почвенной засухи: увеличение дохода в интервале 3,1–3,5 раза (горчица) и 1,5–2,1 раза (редька).

Выводы

Вегетационные опыты с горчицей белой и редькой, семена которых были инокулированы ассоциативными ризобактериальными штаммами, в условиях почвенной засухи характеризуются меньшими нарушениями роста в высоту, лучшей перманентной оводненностью растительных тканей и относительно высокой водоудерживающей способностью. Стабилизация основных физиологических процессов горчицы и редьки, снижение нарушений функциональной активности их водного статуса, наряду с накоплением основных элементов минерального питания, способствует сохранению продуктивности и качества зеленой массы, а также урожая семян в условиях недостатка почвенной влаги.

Наиболее эффективной по сумме исследованных показателей оказалась предпосевная инокуляция семян горчицы белой (*Sinapis alba* L.) сорта Рапсодия и редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg.) сорта Радуга Варивораксом

(*Variovorax paradoxus*, штамм 5С-2) и Мизорином (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7). В наших опытах данные препараты на основе ассоциативных ризобактериальных штаммов не только стимулировали морфофизиологические процессы и продуктивность в условиях нормального увлажнения, но и способствовали снижению негативного влияния стрессовых условий засухи на рассмотренные параметры.

Кроме того, проведенная оценка экономического эффекта показывает, что растения, семена которых были инокулированы ассоциативными ризобактериальными штаммами, позволяют увеличить уровень доходов сельскохозяйственных предприятий. Однако следует отметить, что при условии предпосевной обработки семян биопрепаратами недостаток почвенной влаги по-разному влияет на уровень экономического дохода от реализации семян выбранных капустных растений.

Список литературы / References

1. Артамонова М.Н., Потатуркина-Нестерова Н.И., Беззубенкова О.Е. Роль бактериальных симбионтов в растительно-микробных ассоциациях // Вестник Башкирского университета. 2014. №1(19). С. 81–84.
2. Lebedev V.N., Potaturkina-Nesterova N.I., Bezzubenkova O.E. The role of bacterial symbionts in plant-microbial associations // Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2014. № 1 (19). P. 81–84 (in Russian).
3. Лебедев В.Н. Ассоциативные штаммы бактерий как современный элемент экологизации выращивания капустных растений // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2014. № 168. С. 49–53.
4. Lebedev V.N. Associative bacterial strains as a modern element of greening the cultivation of cabbage plants // Izvestiya RGPU im. A.I. Gercena. 2014. № 168. P. 49–53 (in Russian).
5. Лебедев В.Н., Ураев Г.А. Оценка эффективности инокуляции семян четырех видов горчиц ассоциативными азотфиксирующими штаммами ризобактерий // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–25. С. 5594–5598.
6. Lebedev V.N., Uraev G.A. Evaluation of the effectiveness of inoculation of seeds of four mustard species by associative nitrogen-fixing strains of rhizobacteria // Fundamental'nye issledovaniya. 2015. № 2–25. P. 5594–5598 (in Russian).
7. Белимов А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Санкт-Петербург, 2008. 46 с.
8. Belimov A.A. Interaction of associative bacteria and plants depending on biotic and abiotic factors: avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk, Sankt-Peterburg, 2008. 46 p. (in Russian).
9. Shrivastava U.P. Characterization of diazotrophic rhizobacteria under various conditions. International Journal of Applied Sciences and Biotechnology. 2013. Vol. 1(3). P. 110–117.
10. Воробейков Г.А., Бредихин В.Н., Лебедев В.Н., Юргина В.С. Биология критического периода растений в условиях нарушения влажности почвы // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2015. № 173. С. 49–53.
11. Vorobejkov G.A., Bredihin V.N., Lebedev V.N., Yurgina V.S. Biology of the critical period of plants under conditions of soil moisture disturbance // Izvestiya RGPU im. A.I. Gercena. 2015. № 173. P. 49–53 (in Russian).
12. Штерншис М.В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник

Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2 (18). С. 92–100.

Shternshis M.V. Trends in the development of biotechnology of microbial plant protection products in Russia // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2012. № 2 (18). P. 92–100 (in Russian).

8. Юргина В.С. Морфофизиологические особенности и продуктивность редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями в условиях нормального увлажнения и почвенной засухи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2011. 18 с.

Yurgina V.S. Morphophysiological features and productivity of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg) under seed inoculation by associative rhizobacteria under conditions of normal moisture and soil drought: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Sankt-Peterburg, 2011. 18 p. (in Russian).

9. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К., Круглов Ю.В., Кандыбин Н.В., Лаптев Г.Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. М.: Россельхозакадемия, 2005. 154 с.

Tihonovich I.A., Kozhemyakov A.P., Chebotar' V.K., Kruglov Yu.V., Kandybin N.V., Laptev G.Yu. Biological products in agriculture: methodology and practice of application of microorganisms in crop production and feed production. M.: Rossel'hozakademiya, 2005. 154 p. (in Russian).

10. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А., Пильщикова Н.В., Кошкин Е.И., Крастина Е.Е., Земский В.Г., Можяева Л.В., Петров-Спиридонов А.Е., Геллерман Я.М., Кондратьев М.Н., Калинин М.И., Крастина Е.Е., Каменская К.И. Практикум по физиологии растений. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.

Tret'yakov N.N., Karnauhova T.V., Panichkin L.A., Pil'shchikova N.V., Koshkin Ye.I., Krastina Ye.Ye., Zemskiy V.G., Mozhayeva L.V., Petrov-Spiridonov A.Ye., Gellerman YA.M., Kondrat'yev M.N., Kalinkevich M.I., Krastina Ye.Ye., Kamenskaya K.I. Workshop on plant physiology. M.: Agropromizdat, 1990. 271 p. (in Russian).

11. Гунес А., Инал А., Адак М.С., Багчи Е.Г., Цицек Н., Ераслан Ф. Влияние засухи до и после зацветания растений нута на ряд физиологических параметров – возможных критериев засухоустойчивости // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 1. С. 64–72.

Gunes A., Inal A., Adak M.S., Bagci E.G., Cicek N., Eraslan F. The effect of drought before and after chickpea flowering on a number of physiological parameters-possible criteria for drought resistance // Fiziologiya rastenij. 2008. Vol. 55. № 1. P. 64–72 (in Russian).

12. Fatih C., Murat E., Mehmet S., Arzu C. The Role of Beneficial Microorganisms in the Protection of Plants Growing in Natural Landscape Areas. Siirt. 2017. P. 427–442.

13. Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А. Повышение продуктивности растений семейства капустных (*Brassicaceae* Burnett.) при инокуляции семян бактериальными препаратами на основе ассоциативных штаммов // Успехи современного естествознания. 2017. № 5. С. 41–45.

Lebedev V.N., Vorobejkov G.A., Uraev G.A. Increasing the productivity of plants of the cabbage family (*Brassicaceae* Burnett.) when inoculating seeds with bacterial preparations based on associative strains // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 5. P. 41–45 (in Russian).

14. Bhattacharyya P.N., Jha D.K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2012. Vol. 28 P. 1327–1350.

УДК 581.143.23 (575.2)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ САДОВЫХ ФОРМ *JUNIPERUS L.* В УСЛОВИЯХ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ

Мамытова М.Т., Ахматов М.К., Абдрашитова Ж.К.

Ботанический сад им. Э. Гареева Национальной Академии наук КР, Бишкек,
e-mail: medet60@mail.ru

Изучены морфометрические показатели пяти садовых форм *Juniperus L.*, относящихся к можжевельникам со стелющейся формой, в условиях Чуйской долины. Изучены четыре морфометрических показателя: общая длина ростовых побегов, средняя длина трофических побегов, диаметр корневой шейки и количество вновь образовавшихся побегов. Результаты исследований показали, что садовые формы можжевельников различаются по морфометрическим показателям. Две формы можжевельников подрода *Sabina* отличаются высокими показателями общей длины ростовых побегов, средней длины трофического побега, диаметром корневой шейки и трехлетним приростом этих показателей, а также количеством вновь образовавшихся трофических побегов, что свидетельствует о скорости их роста. Две формы: *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip' и *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', характеризуются средними показателями, а *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta' – наименьшими. Для исследованных садовых форм можжевельников основными морфометрическими показателями являются особенности роста ростовых побегов, захватывающих и трофических, заполняющих пространство. Скорость роста имеет важное значение, так как быстрорастущие садовые формы можжевельников раньше дают декоративный эффект, а показатели прироста в высоту принимаются во внимание при проведении озеленительных работ. Природно-климатические условия и режим орошения Чуйской долины оказались благоприятными для роста и развития побегообразующей системы изученных садовых форм можжевельников. Для подведения итогов интродукции, помимо морфометрических показателей, изучаются зимостойкость, укореняемость черенков, сохранность формы роста, генеративное развитие и декоративность. Ассортимент хвойных растений, используемых в озеленении Чуйской долины, пополнится пятью новыми садовыми формами можжевельников.

Ключевые слова: морфометрические показатели, длина побегов, диаметр корневой шейки, вновь образовавшиеся побеги, интродукция

MORPHOMETRIC INDICATORS OF GARDEN FORMS OF *JUNIPERUS L.* IN THE CONDITIONS OF THE CHUY VALLEY

Mamytova M.T., Akhmatov M.K., Abdrashitova Zh.K.

Botanical Garden named after E. Gareev of the NAS KR, Bishkek, e-mail: medet60@mail.ru

The morphometric parameters of five garden forms of *Juniperus L.*, belonging to creeping junipers in the Chuy valley, were studied. Four morphometric parameters were studied: the total length of growth shoots, the average length of trophic shoots, the diameter of the root collar, and the number of newly formed shoots. The research results showed that the garden forms of junipers differ in morphometric parameters. Two forms of junipers of the subgenus *Sabina* are distinguished by high indicators of the total length of growth shoots, the average length of the trophic shoot, the diameter of the root collar and a three-year increase in these indicators, as well as the number of newly formed trophic shoots, which indicates the rapidity of their growth. The two forms, *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip' and *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', are average, while *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta' is the least. For the studied garden forms of junipers, the main morphometric indicators are the growth features of growth shoots, exciting and trophic, filling the space. The growth rate is important, since the fast-growing garden forms of junipers give a decorative effect earlier, and the growth rates in height are taken into account when carrying out landscaping work. The natural and climatic conditions and the irrigation regime of the Chuy valley turned out to be favorable for the growth and development of the shoot-forming system of the studied garden forms of junipers. To summarize the introduction, in addition to morphometric indicators, winter hardiness, rooting rate of cuttings, preservation of the growth form, generative development and decorativeness are studied. The assortment of conifers used in the landscaping of the Chui Valley will be replenished with five new garden forms of junipers.

Keywords: morphometric parameters, length of shoots, diameter of the root collar, newly formed shoots, introduction

Ботанический сад им. Э. Гареева НАН КР расположен в г. Бишкек – административном центре Чуйской долины, на высоте около 800 м над уровнем моря.

Ассортимент можжевельников, используемых в озеленении Чуйской долины, довольно скудный и включает *Juniperus virginiana L.*, *Juniperus sabina L.*, *Juniperus horizontalis Moench.*, *Juniperus chinensis L.* и *Juniperus communis L.* Также в садовых центрах можно приобрести привезенные

из Европы некоторые формы можжевельников, однако они не адаптированы к местным климатическим условиям. В связи с этим для расширения ассортимента можжевельников в озеленении необходимы исследования по их интродукции. При этом особый интерес представляют исследования морфометрических показателей в иных климатических условиях интродукции.

Особенности морфометрических параметров побегов относятся к одним из основ-

ных показателей адаптации растений в новых природно-климатических условиях произрастания. Для этого важно установить различия в динамике роста побегов у изученных нами садовых форм *Juniperus L.*

Можжевельник (*Juniperus*) – род хвойных растений семейства Кипарисовые (*Cupressaceae*), который насчитывает более 70 видов, произрастающих в Северном полушарии – от полярной зоны до горных тропиков [1].

Рост и развитие можжевельников изучены в естественных условиях Пятигорья, Приэльбрусья [2] и лесостепи Украины [3]. Сусловой Е.П. [4] проведены исследования сезонного роста и развития вегетативных побегов сортов можжевельника горизонтального на юго-востоке Украины, с целью отбора для озеленения промышленных городов.

Ряд работ посвящен росту и развитию можжевельников в условиях интродукции Адыгеи [5], Волгоградской области [6], Ботанического сада Петра Великого БИН РАН [7] и Ботанического сада ОГУ [8].

Цель исследования: изучить сезонные и годовые морфометрические показатели садовых форм *Juniperus L.* в условиях Чуйской долины.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований служили пять садовых форм *Juniperus L.*: *Juniperus sabina* 'Tamariscifolia', *Juniperus sabina* 'Aurea', *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta', *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip' и *Juniperus squamata* 'Blue Carpet'. Они были привезены саженцами размером 15 см: *Juniperus sabina* 'Tamariscifolia' и *Juniperus sabina* 'Aurea' в 2012 году, а остальные три формы в октябре 2015 г.

Все исследованные можжевельники относятся к стелющимся формам, которые имеют два вида побегов. Во-первых, ростовые побеги, захватывающие пространство, и, во-вторых, трофические, заполняющие крону. Учитывая эти особенности, проводились измерения общей длины ростовых побегов и средней длины трофических побегов.

Для изучения морфометрических показателей определяли такие параметры, как общая длина ростовых и средняя трофических побегов, количество новых образовавшихся ростовых побегов и диаметр корневой шейки. Длину измеряли метровой и сантиметровой линейкой, а диаметр корневой шейки штангенциркулем один раз в месяц с мая по ноябрь. Данные приведены по годам.

Повторность опытов 10-кратная. Для обработки полученных результатов применяли программу MS Excel [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования проведены на маточных растениях, произрастающих в питомнике лаборатории экспериментальной ботаники.

Климат Чуйской долины резко континентальный. Самый теплый месяц года – июль, самый холодный – январь. Зима холодная с частыми оттепелями и неустойчивым снеговым покровом, который держится от 75 до 90 дней. Весна характеризуется поздними заморозками. Лето сухое и жаркое, с низкой влажностью воздуха и температурой до 25–34 °С. Осень сухая и теплая, с ранним наступлением заморозков. Почвы относятся к северным малокислотным сероземам, весьма маломощные и легкосуглинистые. Глубина почв в Ботаническом саду НАН КР составляет 30 см, а количество гумуса – 1–2%. Влияние засушливых условий летнего периода компенсируется регулярными поливами. Полив осуществляется по арычной системе с середины мая по октябрь месяцы еженедельно.

Морфометрические показатели садовых форм начали изучать у *Juniperus sabina* 'Tamariscifolia' и *Juniperus sabina* 'Aurea' после шести лет первичных интродукционных испытаний, а у *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta', *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip' и *Juniperus squamata* 'Blue Carpet' через три года.

В таблице 1 представлены результаты исследований общей длины ростовых побегов садовых форм *Juniperus L.* и трехлетнего прироста длины за 2018–2020 гг. Количество ростовых побегов в зависимости от садовой формы было от 3 до 5. Наибольшие первоначальная и в течение трех лет общая длина ростовых побегов наблюдаются у *Juniperus sabina* 'Aurea' и *Juniperus sabina* 'Tamariscifolia'. Значительный трехлетний прирост общей длины, более 300 см, характерен также для этих двух форм. Средние показатели общей длины ростовых побегов и прироста отмечены у *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', о чем свидетельствует достоверность отклонения. Общая длина ростовых побегов и ее прирост двух садовых форм *Juniperus horizontalis* меньше в сравнении с тремя предыдущими. Таким образом, две формы можжевельников подрода *Sabina* отличаются высокой скоростью роста ростовых побегов.

Таблица 1

Общая длина ростовых побегов, см (2018–2020 гг.)

№	Садовые формы	Первоначальная общая длина ростовых побегов, 25.05.2018	Общая длина ростовых побегов			Трехлетний прирост общей длины ростовых побегов
			27.10.2018.	25.10.2019	27.11.2020	
1	<i>Juniperus sabina</i> 'Tamariscifolia'	374,24 ± 13,00	415,08 ± 15,44	584,21 ± 15,96	719,16 ± 14,92	344,92
2	<i>Juniperus sabina</i> 'Aurea'	439,19 ± 10,44	513,22 ± 15,65	672,31 ± 17,20	820,23 ± 15,44	381,04
3	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Andorra Compacta'	57,08 ± 1,16	83,11 ± 12,04	109,25 ± 2,40	132,15 ± 13,16	75,07
4	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Blue Chip'	96,41 ± 2,28	114,53 ± 3,00	147,47 ± 3,65	176,53 ± 3,18	80,12
5	<i>Juniperus squamata</i> 'Blue Carpet'	173,81 ± 3,68	190,28 ± 5,21	230,71 ± 5,09	267,82 ± 5,93	94,01

Примечание: Т – достоверность отклонения. $T_{1-2, 3-4} < 2,1$; $T_{1-3, 1-5, 2-4, 3-5, 1-4, 2-3, 2-5, 4-5} > 2,1$.

Таблица 2

Средняя длина трофического побега, см (2018–2020 гг.)

№	Садовые формы	Первоначальная средняя длина трофического побега, 25.05.2018	Средняя длина трофического побега			Трехлетний прирост средней длины трофического побега
			27.10.2018.	25.10.2019	27.11.2020	
1	<i>Juniperu sabina</i> 'Tamariscifolia'	51,70 ± 1,68	59,60 ± 2,28	81,90 ± 3,16	111,75 ± 4,56	60,05
2	<i>Juniperus sabina</i> 'Aurea'	49,18 ± 1,16	59,18 ± 1,93	86,75 ± 2,82	121,12 ± 4,93	71,94
3	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Andorra Compacta'	10,25 ± 0,22	14,83 ± 0,41	22,5 ± 0,47	27 ± 0,58	16,75
4	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Blue Chip'	22,87 ± 0,31	27,12 ± 0,33	40,87 ± 1,28	50,5 ± 1,70	27,63
5	<i>Juniperus squamata</i> 'Blue Carpet'	7,33 ± 0,28	10,91 ± 0,41	24,75 ± 0,60	32,08 ± 1,01	24,75

Примечание: Т_{1-2, 4-5} < 2,1; Т_{1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 2-4, 2-5, 3-4, 3-5} > 2,1.

В табл. 2 представлены данные средней длины трофического побега в период с 2018 по 2020 г. Трехлетним приростом длины более 60 см отличается трофический побег *Juniperus sabina* 'Aurea' и *Juniperus sabina* 'Tamariscifolia'. Прирост длины трофического побега *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip' и *Juniperus squamata* 'Blue Carpet' 27,63 и 24,75 см, что статистически равно и имеет средние показатели. Наименьший прирост длины характерен для трофического побега *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta'. Данные измерения средней длины трофического побега показали, что прирост его больше у тех садовых форм, у которых и прирост общей длины ростовых побегов больше. Ростовые показатели трофических побегов характеризуют особенности наполнения и формирования

кроны той или иной садовой формы можжевельников. Природно-климатические условия и режим орошения Чуйской долины оказались благоприятными для роста и развития побегообразующей системы исследуемых объектов.

Таким образом, для исследованных садовых форм можжевельников основными морфометрическими показателями являются особенности роста ростовых побегов, захватывающих и трофических, заполняющих пространство.

Одним из морфометрических показателей древесных растений является диаметр корневой шейки, по которому можно судить о росте побега в толщину (табл. 3). У двух форм *Juniperus sabina* данные диаметра корневой шейки (40,28 и 48,36 мм) и его утолщение за три года (31,08 и 26,26 мм)

наибольшие и равны, о чем свидетельствуют статистические данные достоверности отклонения. Между остальными садовыми формами можжевельников по диаметру корневой шейки имеются достоверные различия. При сравнении результатов исследований трех садовых форм следует отметить, что для *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip' характерен наименьший первоначальный диаметр корневой шейки, однако в следующие три года он стал толще на 5,07 мм. У *Juniperus squamata* 'Blue Carpet' и *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta' корневая шейка стала толще соответственно на 2,98 и 3,78 мм. Таким образом, по данным диаметра корневой шейки и его прироста можжевельники можно распределить в следующем порядке: две садовые формы можжевельника казацкого, *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta', *Juniperus squamata* 'Blue Carpet' и *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip'.

К одним из морфометрических показателей также относится количество вновь

образовавшихся побегов (табл. 4). Садовые формы, путем их вегетативного размножения, позволяют сохранять и передавать ценные признаки материнского растения потомству неизменными. Наши исследования показали, что у разных экземпляров одной формы сохраняется одинаковое количество трофических побегов, в связи с чем в проведении статистической обработки не было необходимости. Полученные данные свидетельствуют, что большое количество новых трофических побегов появляется у *Juniperus sabina* 'Tamariscifolia' и *Juniperus sabina* 'Aurea' – 233 и 179 штук соответственно. Три другие садовые формы отличались значительно меньшим количеством новых побегов (от 50 до 71 штуки), что, видимо, связано с их сравнительно молодым возрастом. Но даже с учетом этих возрастных различий следует отметить, что у двух садовых форм *Juniperus sabina* L. быстрее наполняется крона и формируется ассимилирующий аппарат.

Таблица 3

Диаметр корневой шейки, мм (2018–2020 гг.)

№	Садовые формы	Первоначальный диаметр корневой шейки, 25.05.2018	Диаметр корневой шейки			Утолщение корневой шейки за три года
			27.11.2018	25.10.2019	27.11.2020	
1	<i>Juniperus sabina</i> 'Tamariscifolia'	40,28 ± 1,14	55,48 ± 1,28	63,14 ± 2,57	71,36 ± 2,83	31,08
2	<i>Juniperus sabina</i> 'Aurea'	48,36 ± 1,41	57,57 ± 2,44	65,55 ± 2,76	74,62 ± 3,35	26,26
3	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Andorra Compacta'	7,43 ± 0,33	8,32 ± 0,35	9,47 ± 0,48	11,21 ± 0,43	3,78
4	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Blue Chip'	3,23 ± 0,11	3,46 ± 0,12	4,36 ± 0,18	8,30 ± 0,24	5,07
5	<i>Juniperus squamata</i> 'Blue Carpet'	6,44 ± 0,28	7,57 ± 0,24	8,22 ± 0,38	9,42 ± 0,41	2,98

Примечание: $T_{1-2} < 2,1$; $T_{1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 2-4, 2-5, 3-4, 3-5, 4-5} > 2,1$.

Таблица 4

Количество образовавшихся новых трофических побегов, шт. (2016–2020 гг.)

№	Садовые формы	Кол-во трофических побегов 26.07.2016	Количество образовавшихся новых трофических побегов					Кол-во образовавшихся новых трофических побегов за пять лет
			31.10.2016	27.11.2017	27.10.2018	25.10.2019	27.11.2020	
1	<i>Juniperus sabina</i> 'Tamariscifolia'	21	24	30	40	59	80	233
2	<i>Juniperus sabina</i> 'Aurea'	14	17	21	27	41	56	162
3	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Andorra Compacta'	6	6	8	9	12	15	50
4	<i>Juniperus horizontalis</i> 'Blue Chip'	7	7	9	12	18	25	71
5	<i>Juniperus squamata</i> 'Blue Carpet'	6	6	8	11	14	18	57

Заключение

Результаты исследований показали, что пять садовых форм *Juniperus* L., относящихся к можжевельникам со стелющейся формой, различаются по морфометрическим показателям. Две формы можжевельников подрода *Sabina* отличаются высокими показателями общей длины ростовых побегов, средней длины трофического побега, диаметром корневой шейки и трехлетним приростом этих показателей, а также количеством вновь образовавшихся трофических побегов, что свидетельствует о скорости их роста. Две формы: *Juniperus horizontalis* 'Blue Chip' и *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', характеризуются средними показателями, а *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compacta' – наименьшими. Для исследованных садовых форм можжевельников основными морфометрическими показателями являются особенности роста ростовых побегов, захватывающих и трофических, заполняющих пространство. Скорость роста имеет важное значение, так как быстрорастущие садовые формы можжевельников раньше дают декоративный эффект, а показатели прироста в высоту принимаются во внимание при проведении озеленительных работ. Природно-климатические условия и режим орошения Чуйской долины оказались благоприятными для роста и развития изученных садовых форм можжевельников. Для подведения итогов интродукции, помимо морфометрических показателей, изучаются зимостойкость, укореняемость черенков, сохранность формы роста, генеративное развитие и декоративность. Ассортимент хвойных растений, используемых в озеленении Чуйской долины, пополнится пятью новыми садовыми формами можжевельников.

Список литературы / References

1. Аксенов Е.С., Аксенова Н.А. Декоративные садовые растения. Т. 1 (Деревья и кустарники). М.: Издательство АБФ, АСТ, 2000. С. 328–335.
 Aksenov E.S., Aksenova N.A. Ornamental garden plants. Vol. 1 (Trees and shrubs). M.: Izdatel'stvo ABF, AST, 2000. P. 328–335 (in Russian).
 2. Сурсо М.В., Барпзут О.С. Можжевельники Пятигорья и Приэльбрусья: краткая морфологическая характеристика и особенности роста // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. № 2 (326). С. 7–13.

Surso M.V., Barpzut O.S. Junipers of Pyatigorye and Elbrus: a brief morphological characteristics and growth features // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal. 2012. No. 2 (326). P. 7–13 (in Russian).

3. Колодяженская Т.И. Динамика роста вегетативных побегов мезофанерофитов рода *Juniperus* L. в связи с климатическими условиями лесостепи Украины // Вестник ИРГСХА. 2013. № 58. С. 22–28.

Kolodyazhenskaya T.I. Growth dynamics of vegetative shoots of mesophanerophytes of the genus *Juniperus* L. in connection with climatic conditions of the forest-steppe of Ukraine // Vestnik IRGSKHA. 2013. No. 58. P. 22–28 (in Russian).

4. Суслова Е.П. Сорты *Juniperus horizontalis* Moenh. и перспективы их использования на Юго-Востоке Украины // Промышленная ботаника. 2012. Т. 12. С. 194–200.

Suslova E.P. *Juniperus horizontalis* Moenh. cultivars and prospects of their use in the South-East of Ukraine // Promyshlennaya botanika. 2012. Vol. 12. P. 194–200 (in Russian).

5. Кучинская Е.А. Влияние экологических факторов на сезонный ритм развития голосеменных интродуцентов Адыгеи // Научный журнал КубГАУ. 2006. № 23 (7). С. 1–8.

Kuchinskaya E.A. Influence of ecological factors on the seasonal rhythm of development of gymnosperms introduced in Adygea // Nauchnyy zhurnal KubGAU. 2006. No. 23 (7). P. 1–8 (in Russian).

6. Цой М.В., Семенютина А.В. Оценка роста и развития видов рода *Juniperus* L. в условиях интродукции Волгоградской области // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 20–27.

Tsoi M.V., Semenyutina A.V. Assessment of the growth and development of species of the genus *Juniperus* L. in the conditions of introduction of the Volgograd region // Uspekhii sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. No. 9. P. 20–27 (in Russian).

7. Фирсов Г.А., Орлова Л.В., Волчанская А.В. Коллекция растений рода *Juniperus* L. (Cupressaceae) в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН // Бюллетень Главного ботанического сада. 2019. № 1 (205). С. 18–27.

Firsov G.A., Orlova L.V., Volchanskaya A.V. Collection of plants of the genus *Juniperus* L. (Cupressaceae) in the Peter the Great Botanical Garden of the BIN RAS // Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada. 2019. No. 1 (205). P. 18–27 (in Russian).

8. Кухлевская Ю.Ф. Морфометрические значения параметров вегетативных и генеративных органов некоторых представителей семейства Cupressaceae Bartl. Ботанического сада ОГУ // Оренбургские горизонты: прошлое, настоящее, будущее: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 275-летию Оренбургской губернии и 85-летию Оренбургской области (г. Оренбург, 21–22 ноября 2019 г). Оренбург: Издательство: ООО «Фронтир», 2019. С. 337–341.

Kukhlevskaya Yu.F. Morphometric values of parameters of vegetative and generative organs of some representatives of the Cupressaceae Bartl family. OSU Botanical Garden // Orenburgskiyeh gorizonty: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye: Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 275-letiyu Orenburgskoy gubernii i 85-letiyu Orenburgskoy oblasti (g. Orenburg, 21–22 noyabrya 2019 g). Orenburg: Izdatel'stvo: OOO «Frontir», 2019. P. 337–341 (in Russian).

9. Борздова Т.В. Основы статистического анализа и обработка данных с применением Microsoft Excel: учеб. пособие. Минск: ГИУСТ БГУ, 2011. 75 с.

Borzdova T.V. Fundamentals of statistical analysis and data processing using Microsoft Excel: ucheb. posobiye. Minsk: GIUST BGU, 2011. 75 p. (in Russian).

УДК 635.52:581.1:58.035

ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДОВ И УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТОВЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ САЛАТА ЛИСТОВОГО (*LACTUCA SATIVA* L.)

Плотникова Л.Я., Самойлов В.Н.

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»,
Омск, e-mail: lplotnikova2010@yandex.ru

Влияние спектров освещения на рост и биохимические показатели растений было изучено на примере сортов салата листового Афицион (зеленый) и Скороход (краснолистный). Растения выращивали по технологии глубоководной гидропоники при искусственном 16-часовом освещении. В экспериментах использовали: дуговые лампы высокого давления (НЛ, контроль), СД-светильники с диодами белого холодного и красного (λ_{\max} 660 нм) спектра; СД-светильники с добавлением УФ-диодов (λ_{\max} 365 нм), обеспечивающих 5,1% или 8,9% светового потока. Сорт Афицион под НЛ имел более высокую сырую массу (на 20%), чем Скороход, за счет повышенного содержания воды. При добавлении УФ-радиации (5,1% потока фотонов) отмечено умеренное снижение продуктивности двух сортов (на 12-15%). У зеленого сорта под УФ определено увеличение содержания хлорофиллов, каротиноидов, аскорбиновой кислоты (на 16-30%), но при увеличении потока УФ содержание веществ снижалось. Краснолистный сорт отставал по сырой массе от Афициона, однако существенного подавления роста под СД-светильниками и при УФ-облучении (за исключением УФ в дозе 8,9% потока) не отмечено. Сорт Скороход под НЛ имел большее содержание пигментов фотосинтеза, антоцианов и аскорбиновой кислоты, чем Афицион. При выращивании краснолистного сорта под СД-светильниками содержание пигментов увеличилось на 22-30%. Добавление УФ-излучения к спектрам НЛ и СД-светильников стимулировало увеличение содержания хлорофиллов (18-24%), каротиноидов (10%), антоцианов (60-75%), аскорбиновой кислоты (12-24%). Краснолистный сорт показал более интенсивный синтез физиологически активных соединений при УФ-облучении, чем зеленый, поэтому перспективен для получения качественных овощей в производстве.

Ключевые слова: *Lactuca sativa* L., светодиоды, УФ-радиация, рост, пигменты, антоцианы

THE EFFECT OF LEDS AND UV-RADIATION ON THE GROWTH AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF LETTUCE (*LACTUCA SATIVA* L.)

Plotnikova L.Ya., Samoilov V.N.

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, e-mail: lplotnikova2010@yandex.ru

The influence of light spectra on the growth and biochemical parameters of plants was studied on the example of two lettuce cultivars Aficion (green) and Skorokhod (red-leaved). The plants were grown using deep-water hydroponics technology under artificial 16-hour lighting. In the experiments, a set of lamps were used: high-pressure sodium lamps (SL, control), LEDs with diodes of the white cold and red (λ_{\max} 660 nm) spectrum; LEDs with the addition of UV diodes (λ_{\max} 365 nm), providing 5.1% or 8.9% of the photon flux. The cv. Aficion under SL had a higher crude mass (by 20%) than Skorokhod due to the higher water content. With the addition of UV-radiation (5.1% of the photon flux), there was a moderate decrease in the productivity of the two cultivars (by 12-15%). In cv. Aficion, an increase in the content of chlorophylls, carotenoids, and ascorbic acid was observed under UV (by 16-30%), but with the enhancement of UV-radiation, the content of substances was decreased. The red-leaved cv. Skorokhod lagged behind the growth rate of Aficion, but there was no significant suppression of growth under SL and UV-radiation (with the exception of UV at a dose of 8.9% photon flux). The cv. Skorokhod under SL had a higher content of photosynthetic pigments, anthocyanins, and ascorbic acid than cv. Aficion. When growing the red-leaved cultivar under SL, the pigment content increased by 22-30%. The addition of UV-radiation to the spectra of SL and LEDs stimulated an increase in the content of chlorophylls (18-24%), carotenoids (10%), anthocyanins (60-75%), and ascorbic acid (12-24%). The red-leaved cultivar under UV-radiation has shown more intensive synthesis of physiologically active compounds than green one, so it can be used to produce vegetables with a high quality.

Keywords: *Lactuca sativa* L., LEDs, UV-irradiation, growth, pigments, anthocyanins

Салат листовой (*Lactuca sativa* L.) относится к наиболее распространенным в мире листовым овощам. В странах Западной Европы ежегодно производится до 3 млн т салата-латука. В России производство салата в 2018 г. составляло 15 тыс. т, но его продукция постоянно растет [1]. В последние годы, в связи с введением в строй новых тепличных комплексов, появляется возможность увеличения ассортимента салата. Краснолистные сорта отличаются от зеле-

ных повышенным содержанием физиологически активных веществ (хлорофиллов, каротиноидов, антоцианов, витаминов и др.). Антоцианы относятся к вторичным фенольным метаболитам и проявляют антиоксидантное, сердечно-сосудистое, противовоспалительное действие [2]. В связи с этим окрашенные сорта перспективны для обеспечения полноценного рациона населения. Известно, что растения способны улавливать лучи видимой части спектра (фото-

синтетически активная радиация – ФАР, длина волны $\lambda = 400\text{--}700$ нм), а также ультрафиолетовые (УФ, $\lambda < 400$ нм) и инфракрасные ($\lambda > 700$ нм). На примере разных видов отмечено регулирующее влияние УФ-радиации на морфогенез растений и устойчивость к стрессовым факторам среды [3; 4].

Перспективным направлением овощеводства считается многоуровневое выращивание продукции в закрытых помещениях (полная светокультура, вертикальное земледелие). При такой технологии используют светодиодные светильники (Light-emitting diode – LED), которые позволяют гибко регулировать интенсивность и спектры освещения, а также выделяют мало тепла [5]. На примере сортов салата было показано, что добавление УФ-радиации к видимой части спектра оказывало различное влияние на синтез фотосинтетических пигментов и антоцианов [3; 4; 6]. В связи с этим необходимы дополнительные исследования действия на салат УФ-радиации в сочетании со светодиодными светильниками.

Целью работы было изучение влияния видимого и ультрафиолетового излучения на рост и физиолого-биохимические показатели зеленого и красностного сортов салата при выращивании в условиях полной светокультуры.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований были сорта салата листового *Lactuca sativa* L. Афицион и Скороход. Светло-зеленый сорт Афицион, имеющий раскидистую форму, широко используется в тепличных хозяйствах. Красностный сорт Скороход формирует полураскидистую розетку листьев, а в условиях естественного освещения приобретает красно-фиолетовую окраску.

Семена проращивали на вермикулите в 30%-ном растворе Кнопа. Рассадку в воз-

расте 11 суток высаживали по одному растению в отверстия на плиты из вспененного пластика в гидропонную систему (deep-water culture) (рис. 1) [7]. Эксперименты проводили при искусственном 16-часовом освещении. Использовали набор светильников: 1) дуговые натриевые лампы высокого давления (НЛ) (OSRAM Plantastar 250 Вт; 2) светильники с комбинацией мультиспектрных светодиодов с белым холодным спектром и монохромных с красным спектром (λ_{max} 660 нм) – СД БХК; 3) светильники СД БХК в сочетании со светодиодами с излучением в длинноволновой части УФ-спектра (УФ-А, λ_{max} 365 нм), обеспечивающими 5,1% светового потока; 4) светильники СД БХК с УФ-светодиодами, обеспечивающими 8,9% потока фотонов (табл. 1). Характеристики освещения на уровне растений определяли с помощью спектрометра марки ТКА-Спектр ФАР и трехдиапазонного УФ-радиометра ТКА-УФ («НТП ТКА», Россия). Интенсивность освещения измеряли в квантовых единицах плотности фотосинтетически активного потока фотонов (мкмоль/м²·с ФАР). В качестве контроля использовали растения, выращенные под НЛ.



Рис. 1. Выращивание салата по технологии глубоководной гидропоники на плите из вспененного пластика

Таблица 1

Соотношение плотности потока фотонов в спектрах излучения светильников, %

Вариант	Диапазон волн, нм			
	УФ 300–400	фиолетовый-синий 400–500	зеленый-желтый 500–600	оранжевый-красный 600–700
НЛ	0	8,5	54,3	37,2
СД	0	12,0	13,2	74,9
СД + УФ	5,1	11,4	12,5	71,0
СД + 2УФ	8,9	10,9	12,0	68,2

В первую неделю после пересадки в систему растения выдерживали при освещении интенсивностью $100 + 10$ мкмоль/ $\text{м}^2 \cdot \text{с}$, в дальнейшем 210 ± 10 мкмоль/ $\text{м}^2 \cdot \text{с}$. Ранее было показано, что интенсивность 200-220 мкмоль/ $\text{м}^2 \cdot \text{с}$ оптимальна для выращивания салата при используемой технологии [8]. Температура на уровне плотов под СД-светильниками составляла 23°C , под НЛ $25,5 \pm 1^\circ\text{C}$, при влажности воздуха в помещении 65–70%.

Для изучения ритмов роста измеряли в динамике сырую массу растений (г) с 7-суточным интервалом, по результатам измерений строили кривые роста. Через 28 сут. после пересадки определяли морфофизиологические параметры: сырую и сухую массу (г), высоту растений (см), суммарную площадь листьев (см^2). Площадь отдельных листьев (см^2) определяли по формуле эллипса ($S = \pi AB/4$, где A и B – длина и ширина соответственно). Содержание пигментов фотосинтеза (хлорофиллов, каротиноидов) определяли после их экстракции 100%-ным ацетоном с использованием спектрофотометра LEKIS 2107 (Финляндия) [9]. Количественный анализ антоцианов проводили спектрофотометрическим методом после экстрагирования 1%-ным водным раствором соляной кислоты HCl. Содержание антоцианов выражали в эквивалентах цианидин-3-глюкозида (мг/г сухой массы) [10]. Содержание аскорбиновой кислоты в образцах (мг/100 г сырой массы) определяли методом кислотно-основного титрования [10]. Показатели измеряли в средних пробах листьев четырех растений, в 4 повторностях. По полученным данным вычисляли средние арифметические значения, проводили однофакторный дисперсионный анализ и определяли наименьшую существенную разность (НСР_{05}).

Результаты исследования и их обсуждение

Рост растений зависит от процесса фотосинтеза, на который существенно влияют интенсивность и спектр освещения. В экспериментах были использованы СД-светильники, под которыми ранее растения сорта Афицион показали высокую продуктивность [11]. Наблюдения показали, что ритмы роста сорта Афицион под НЛ и СД-светильниками были близки в течение 21 сут. после высадки растений в гидропонную систему. Достоверное отставание в массе под СД-светильниками (12%) проявилось к концу эксперимента

(рис. 2а). Растения сорта Скороход росли медленнее, но различий в накоплении массы под НЛ и СД-светильниками не отмечено (рис. 2б). Добавление УФ-радиации привело к замедлению роста сорта Афицион. У сорта Скороход не выявлено существенных отклонений в массе при добавлении УФ (5,1% потока фотонов) к спектрам НЛ и СД-светильников. При повышении интенсивности УФ-радиации у обоих сортов отмечено достоверное отставание по массе от контроля через 14 сут. после пересадки.

Изучение морфофизиологических показателей показало, что под СД-светильниками растения обоих сортов имели более компактную форму с меньшим листовым аппаратом по сравнению с НЛ (табл. 2). Добавление УФ-радиации во всех вариантах опыта вызывало уменьшение размеров растений. Сокращение площади листьев было выражено в наибольшей степени в варианте НЛ + УФ (на 17 и 12% у сортов Афицион и Скороход соответственно). В варианте СД + УФ площадь листьев снижалась меньше (7–9%), но эффект усиливался с увеличением дозы УФ (28–35%). Сухая масса растений была ниже во всех вариантах опыта по отношению к контролю (НЛ). Однако доля сухого вещества в сырой массе растений возрастала, особенно в вариантах СД + УФ и СД + 2УФ. Это свидетельствует о том, что высокая сырая масса под НЛ связана с повышенной оводненностью растений. Полученные результаты подтверждают ранее отмеченное влияние спектров освещения и УФ-радиации на морфогенез растений [3; 12].

Визуальные наблюдения показали, что растения сорта Афицион под НЛ были светло-зелеными, а в остальных вариантах опыта зеленая окраска усиливалась. Сорт Скороход под НЛ имел преимущественно зеленую окраску, только верхние части листьев были светло-красными. Под СД-светильниками сорт Скороход приобретал красную окраску, а в вариантах с УФ – красно-фиолетовую. Биохимические исследования выявили достоверное увеличение содержания фотосинтетических пигментов в вариантах с УФ-радиацией, при этом отмечены количественные различия в реакции сортов. Суммарное содержание хлорофиллов под НЛ и СД-светильниками в присутствии УФ увеличивалось на 16–20% у обоих сортов, но при повышении УФ-потока показатели сорта Афицион снижались (табл. 3). Количество каротиноидов в листьях Афициона было выше

в варианте с СД-светильниками по сравнению с НЛ. Добавление УФ-радиации к спектрам НЛ и СД стимулировало накопление каротиноидов, особенно при усилении УФ-излучения. Растения сорта Скороход имели большее содержание пигментов фотосинтеза по сравнению с Афиционом (хлорофиллов на 46 и 52 %, каротиноидов на 54 и 63 %, под НЛ и СД-светильниками соответственно). Добав-

ление УФ-излучения к спектрам НЛ и СД приводило к дополнительному увеличению содержания хлорофиллов (на 18–24 %) и каротиноидов (на 8–10 %). При увеличении интенсивности УФ подавление синтеза пигментов в листьях сорта Скороход не отмечено. В результате воздействия УФ-радиации увеличивалось соотношение форм хлорофилла (Хл *a/b*) у двух сортов, в большей степени у сорта Скороход.

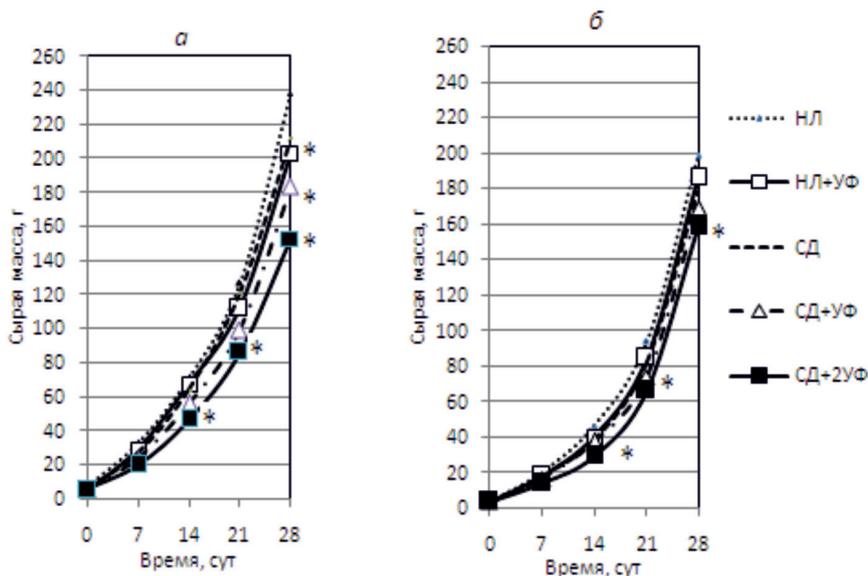


Рис. 2. Динамика роста растений салата при различных вариантах освещения: а – сорт Афицион; б – сорт Скороход. НЛ – натриевая лампа; СД – светодиодный светильник с белым холодным и красным спектром; СД + УФ – СД-светильник с добавлением УФ-радиации (5,1 % потока фотонов); СД + 2УФ – СД-светильник с усиленной УФ-радиацией (8,9 % потока фотонов); * – достоверные отличия от контроля

Таблица 2

Морфофизиологические показатели растений салата при облучении светильниками с различными спектрами освещения

Сорт	Вариант опыта	Высота растений, см	Площадь листьев		Сырая масса		Сухая масса	
			см ²	% к контролю	г	% к контролю	г	доля в сырой массе, %
Амфицион	НЛ – контроль	20,5	3202	100,0	238	100,0	16,1	6,72
	НЛ + УФ	22,1	2655	82,9	203	85,3	14,2	7,00
	СД	25,4	2422	75,6	212	89,1	14,9	7,03
	СД + УФ	22,3	2198	68,6	183	76,9	15,2	8,31
	СД + 2УФ	18,4	2089	65,2	153	64,3	13,6	8,89
НСР ₀₅	-	0,96	73	-	21,8	-	0,79	-
Скороход	НЛ – контроль	25,3	2673	100,0	198	100,0	15,3	7,73
	НЛ + УФ	23,8	2302	88,1	186	93,9	15,6	8,39
	СД	24,3	2283	85,4	178	89,9	15,5	8,71
	СД + УФ	22,5	2050	76,7	169	85,4	15,4	9,11
	СД + 2УФ	20,8	1933	72,3	158	79,8	14,8	9,37
НСР ₀₅	-	1,15	96	-	25,4	-	0,83	-

Таблица 3

Биохимические показатели салата при выращивании под светильниками с различными спектрами освещения

Сорт	Вариант опыта	Содержание веществ				
		Хл ($a + b$), мг/ г сухой массы	Хл (a/b)	каротиноиды, мг/ г сухой массы	антоцианы, мг/ г сухой массы	аскорбиновая кислота, мг/100 г сырой массы
Амфицион	НЛ – контроль	9,1	2,68	1,91	0,12	13,31
	НЛ + УФ	10,6	3,13	2,34	0,14	16,13
	СД	8,9	3,11	2,22	0,15	14,35
	СД + УФ	10,7	3,45	2,65	0,17	17,08
	СД + 2УФ	10,1	3,55	2,73	0,19	17,02
НСР ₀₅	-	0,31	-	0,23	0,05	1,23
Скорород	НЛ – контроль	13,3	3,33	2,94	0,88	15,32
	НЛ + УФ	15,8	3,61	3,25	1,31	17,21
	СД	13,8	3,39	3,11	1,21	17,09
	СД + УФ	17,1	3,56	3,64	1,96	19,93
	СД + 2УФ	17,3	3,41	3,68	2,12	21,21
НСР ₀₅	-	0,38	-	0,29	0,08	1,39

Сорт Афицион имел низкое содержание антоцианов под НЛ и СД-светильниками (0,12-0,15 мг/ г сухой массы). На фоне УФ-облучения содержание фенольных веществ увеличивалось в 1,3–1,5 раза, но все равно оставалось низким. В растениях сорта Скорород содержание антоцианов под НЛ было значительно выше, чем у Афициона (в 7,3 раза), а под СД-светильниками дополнительно увеличивалось (на 38%). Добавление УФ-радиации приводило к интенсивному повышению содержания пигментов (на 60–75% к уровню под СД-лампами).

Аскорбиновая кислота (витамин С) участвует в поддержании редокс-потенциала клеток, выполняя роль антиоксиданта. Содержание аскорбиновой кислоты было выше в тканях сорта Скорород по сравнению с Афиционом (на 15%). Под СД-светильниками ее содержание увеличивалось в листьях обоих сортов (на 7–12%). УФ-облучение стимулировало синтез аскорбиновой кислоты во всех вариантах опыта (на 12–24%). Наиболее сильно эффект был выражен у сорта Скорород при увеличении дозы УФ.

Сведения о действии УФ-радиации на рост и обмен растений салата противоречивы. На примере сорта Афицион было показано, что добавление к естественному освещению умеренной дозы УФ-радиации (λ_{\max} 315–400 и λ_{\max} 280–315 нм) не влияло на массу растений и содержание пигментов, но у сорта Скорород отмечено увеличение содержания хлорофиллов, каротиноидов (до 30%) и антоцианов (на 50%) [5]. В дру-

гом эксперименте отмечено снижение сырой массы краснелистного салата в 1,5 раза при добавлении к НЛ светодиодов УФ- и синего спектра, но выявлен стимулирующий эффект УФ-радиации на биосинтез антоцианов [13]. Продемонстрирована также разная реакция зеленых и красных сортов на УФ: у зеленых отмечено накопление хлорофиллов и каротиноидов, у красных – снижение [6].

Для возможности сравнения результатов нами были выбраны в качестве объектов сорта Афицион и Скорород, ранее изученные другими исследователями [4]. В наших экспериментах была использована технология глубоководной гидропоники, при которой растения индивидуально размещались на плотках и оптимально освещались. В результате в наших опытах растения росли быстрее и набирали товарную массу 100–120 г через 21–24 сут. после высадки в гидропонную систему. Однако те же сорта при выращивании на фоне естественного освещения в торфяных горшочках (по 3–4 растения) набирали массу около 40 г через 38 суток [4]. Нами было выявлено умеренное подавление роста растений при действии УФ-радиации, но активная стимуляция синтеза пигментов и аскорбиновой кислоты. Возможно, что различия с вышеприведенными литературными данными связаны с использованной нами технологией выращивания салата с применением глубоководной гидропоники и СД-светильников, а также предварительной адаптацией растений к УФ-излучению при низкой интенсивности освещения

(100 мкмоль/ м² · с) в течение 7 сут. после пересадки. Положительную роль мог также сыграть режим УФ-облучения, поскольку волны длиной 365 нм стимулируют синтез хлорофиллов [3].

Ранее было установлено, что растения способны гибко перестраивать фотосинтетический аппарат при изменении условий освещения. В частности, показано, что увеличение соотношения Хл *a/b* связано с усилением функционирования фотосистемы ФСII [14]. Каротиноиды могут ослаблять повреждающее действие высокоэнергетических световых волн, обеспечивая частичную защиту от ультрафиолета. Дополнительное защитное значение оказывает также аскорбиновая кислота, снижающая избыточное содержание оксидантов в клетках [2; 3]. Очевидно, выявленные нами изменения метаболизма салата связаны с адаптацией растений к условиям освещения. При этом красностный сорт Скороход проявил более активные приспособительные реакции, чем Афицион.

Заключение

Полученные результаты показали, что продуктивность сортов салата под натриевыми лампами и светодиодными светильниками (белый холодный и красный λ_{max} 660 нм спектр) была близка. Сорт Афицион при выращивании под НЛ превосходил красностный сорт Скороход по сырой массе на 20%. Сорт Скороход при выращивании под СД-светильниками имел более высокую сухую массу, а также повышенное содержание фотосинтетических пигментов, антоцианов и аскорбиновой кислоты по сравнению с Афиционом. УФ-облучение растений (λ_{max} 365 нм, 5,1% в спектре) приводило к умеренному снижению продуктивности двух сортов (на 12–15%), но к значительному возрастанию содержания хлорофиллов, каротиноидов, антоцианов и аскорбиновой кислоты. Красностный сорт отличался более активной реакцией на УФ-облучение, поэтому перспективен для получения продукции с высоким содержанием физиологически активных соединений. Выявленные закономерности действия спектров освещения на рост и метаболизм сортов могут быть использованы для получения высококачественной салатной продукции в производственных комплексах.

Список литературы / References

1. Салат – самая выгодная овощная культура // АгроXXI: агропромышленный портал. [Электронный ре-

сурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/stati/salat-samaja-vygodnaja-ovoshnaja-kultura.html> (дата обращения: 25.04.2021).

Salad is the most profitable vegetable crop // AgroXXI: агропромышленный портал. [Electronic resource]. URL: <https://www.agroxxi.ru/stati/salat-samaja-vygodnaja-ovoshnaja-kultura.html> (date of access: 25.04.2021) (in Russian).

2. Шарова Е.И. Антиоксиданты растений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2016. 140 с.

Sharova E.I. Plant antioxidants: text book. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta. 2016. 140 p. (in Russian).

3. Закурин А.О., Щенникова А.В., Каминская А.М. Светокультура растениеводства защищенного грунта: фотосинтез, фотоморфогенез и перспективы применения светодиодов // Физиология растений. 2020. Т. 67. № 3. С. 246–258. DOI: 10.31857/S0015330320030227.

Zakurin A.O., Shchennikova A.V., Kamionskaya A.V. Artificial-light culture in protected ground plant growing: Photosynthesis, photomorphogenesis, and prospects of LED application // Russian Journal of Plant Physiology. 2020. Vol. 67. No. 3. P. 246–258. DOI: 10.31857/S0015330320030227. (in Russian).

4. Захожий И.Г., Малышев Р.В., Дымова О.В., Табаленкова Г.Н., Головки Т.К. Регуляция метаболизма тепличных растений листового салата (*Lactuca sativa* L.) воздействием УФ-радиации // Известия ТСХА. 2017. Вып. 6. С. 42–55. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-6-42-55.

Zakhozhiy I.G., Malyshev R.V., Dymova O.V., Tabalenkova G.N., Golovko T.K. Regulation of greenhouse lettuce (*Lactuca sativa* L.) metabolism by treating plants with UV radiation // Izvestiya TSKHA. 2017. No. 6. P. 42–55 (in Russian).

5. Kozai T. Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: concept, estimation and application to plant factory. Proc. Jpn. Acad. Ser. B. 2013. Vol. 89. P. 447–461.

6. Caldwell C.R., Britz S.J. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. Journal of Food Composition and Analysis. 2006. Vol. 19. Is. 6-7. P. 637–644.

7. Brechner M., Both A.J. Cornell Controlled Environment Agriculture: Hydroponic Lettuce Handbook. Cornell University, 2012. 48 p.

8. Плотникова Л.Я., Самойлов В.Н., Новикова Е.С., Бережкова Г.А. Влияние интенсивности освещения на продуктивность салата листового в условиях полной светокультуры // Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири: материалы II Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-летию плодового сада Омского ГАУ имени профессора А.Д. Кизюрина. (г. Омск, 7–9 декабря 2016 г.). Омск, 2016. С. 88–91.

Plotnikova L.Ya., Samoilov V.N. The effect of light intensity on the productivity of lettuce in the conditions of full light culture // Sostoyanie i perspekti vyrazvitiya sadovodstva v Sibiri: materialy II Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 85-letiyu plodovogo sada Omskogo GAU imeni professora A.D. Kizyurina. (g. Omsk, 7–9 December 2016 g.). Omsk, 2016. P. 88–91 (in Russian).

9. Ермаков А.И., Арасимович В.Е., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

Ermakov A.I., Arasimovich V.E., Yarosh N.P., Perunsky Yu.V. Methods of biochemical research of plants. L.: Agropromizdat, 1987. 430 p.

10. Ebisawa M., Shoji K., Kato M., Shimomura K., Goto F., Yoshihara T. Supplementary ultraviolet radiation B together with blue light at night increased quercetin content and flavonol. Environmental Control Biology. 2008. Vol. 46. No. 1. P. 1–11.

11. Самойлов В.Н., Плотникова Л.Я. Результаты изучения влияния различных источников освещения на параметры фотосинтетического процесса салата листового // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник II Всероссийской (национальной) научной конференции (г. Новосибирск, 25 декабря 2017 г.). Новосибирск, 2017. С. 108–111.

Samoilov V.N., Plotnikova L. Ya. Results of studying the influence of various light sources on the parameters of the photosynthetic process of lettuce // *Rol' agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii sel'skih territorij: sbornik II Vserossijskoj (nacional'noj) nauchnoj konferencii.* (g. Novosibirsk, 25 December 2017 g.). Novosibirsk, 2017. P. 108–111 (in Russian).

12. Плотникова Л.Я., Самойлов В.Н. Влияние интенсивности и спектров излучения светодиодных светильников на рост и морфогенез салата листового // *Успехи современного естествознания.* 2021. № 4. С. 21–26. DOI: 10.17513/use.37602.

Plotnikova L. Ya., Samoilov V.N. Influence of the intensity and irradiation spectra of led lamps on the growth and morphogenesis of lettuce // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* 2021. № 4. P. 21–26. DOI: 10.17513/use.37602. (in Russian).

13. Смирнов А.А. Влияние УФ-А радиации на биосинтез антоцианов краснолистного салата // *Инновации в сельском хозяйстве.* 2017. № 1 (22). С. 6–11.

Smirnov A.A. Ultraviolet radiation influence on biosynthesis of anthocyanins of red-leaved lettuce // *Innovacii v sel'skom hozyajstve.* 2017. No. 1 (22). P. 6–11 (in Russian).

14. Аверчева О.В., Беркович Ю.А., Ерохин А.Н., Жигалова Т.В., Погосян С.И., Смолянина С.О. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками // *Физиология растений.* 2009. Т. 56. № 1. С. 17–26.

Avercheva O.V., Zhigalova T.V., Pogosyan S.I., Berkovich Yu.A., Erokhin A.N., Smolyanina S.O. Growth and photosynthesis of Chinese cabbage plants growth under Light-emitting diode-based light source // *Fiziologiya rasteniy.* 2009. Vol. 56. No. 1. P. 14–21 (in Russian).

УДК 630:614.842

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА

¹Савченкова В.А., ¹Суховой М.В., ²Провин К.Н.

¹*Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Мытищи, e-mail: v9651658826@yandex.ru;*

²*Институт лесоведения РАН, Успенское, e-mail: provin.kn@rosleshoz.ru*

Одной из выявленных проблем на первичном уровне системы охраны лесов от пожаров является вынужденная необходимость руководителей тушением лесных пожаров указывать причины возникновения лесных пожаров в статистической отчетности, подаваемой ежесуточно в течение пожароопасного сезона в региональные и федеральную диспетчерские службы лесного хозяйства. Эти действия не обеспечены соответствующими полномочиями согласно лесному законодательству. Такая необходимость возникает вследствие важности оперативного информационного обеспечения в ходе принятия рациональных управленческих решений в сложной пожарной ситуации. При этом процедура следственных действий по факту возникновения лесных пожаров не обеспечивает высокой оперативности. В результате специалисты лесной отрасли становятся заложниками ситуации – вынуждены оперативно заявить о предполагаемой причине возникновения лесного пожара, чтобы ответственные лица могли в максимально короткий срок принять решение по расстановке сил и средств пожаротушения, по оптимальности их количества и пониманию того, что необходимо предпринять для предупреждения повторного возникновения лесного пожара. Данная проблема является одной из причин отсутствия понимания и взаимодействия между заинтересованными органами. В связи с этим целью исследования стала разработка единой методики обнаружения признаков возникновения лесных пожаров на основании осмотра места возгорания как стихийного бедствия, так и в результате нарушения российского законодательства. Изучены методики осмотра места происшествия, применяемые различными ведомствами, а также зарубежная практика осмотра места возгорания пожара. Определены основные направления применения разработанной методики и предложен алгоритм действия руководителя тушения лесного пожара.

Ключевые слова: лесной пожар, методика, определение причин возгорания, осмотр места

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR PRELIMINARY DETERMINATION OF THE CAUSES OF FOREST FIRE

¹Savchenkova V.A., ¹Sukhovoy M.V., ²Provin K.N.

¹*Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, e-mail: v9651658826@yandex.ru;*

²*Institute of forest science Russian academy of sciences, Uspenskoe, e-mail: provin.kn@rosleshoz.ru*

One of the identified problems at the primary level of the forest fire protection system is the forced need for managers of forest fire extinguishing to indicate the causes of forest fires in statistical reports that are submitted daily during the fire season to the regional and federal call service of forestry. These actions are not provided with the appropriate powers under the forest legislation. This necessity arises due to the importance of operational information support in the course of making rational management decisions in a complex fire situation. At the same time, the procedure of investigative actions to eliminate the occurrence of forest fires does not provide high efficiency. As a result, the specialists of the forest industry become hostages of the situation. They are forced to promptly declare the alleged cause of the forest fire, so that the responsible persons can make a decision as soon as possible on the arrangement of forces and means of fire extinguishing, on the optimal number of them and an understanding of what needs to be done to prevent the re-occurrence of a forest fire. This problem is one of the reasons for the lack of understanding and interaction between the authorities concerned. In this regard, the purpose of the study was to develop a unified method for detecting signs of forest fires, based on the inspection of the fire site as a natural disaster, and as a result of violations of Russian legislation. The methods of inspection of the scene of the accident used by various departments, as well as foreign practice of inspection of the place of ignition of the fire were studied. The main directions of application of the developed methodology were determined and the algorithm of the action of the head of forest fire extinguishing was proposed.

Keywords: forest fire, methodology, determination of the causes of fire, site inspection

Нормативное правовое обеспечение системы охраны лесов от пожаров включает в себя совокупность законов, правил, приказов и стандартов, связанных между собой соподчиненностью и регламентирующих общественные отношения. При этом возникают принципиальные организационно-правовые вопросы разграничения полномо-

чий между заинтересованными органами государственной власти [1]. Для оценки состояния системы охраны лесов от пожаров было исследовано ее нормативное правовое обеспечение [2].

Цель исследования: разработать единую методику обнаружения признаков возникновения лесных пожаров на основании

осмотра места возгорания как стихийного бедствия, так и в результате нарушения российского законодательства.

Материалы и методы исследования

Проведен опрос специалистов в разных регионах страны в части документального оформления результатов проводимых мероприятий по охране лесов от пожаров, а также проблем, с которыми приходится сталкиваться специалистам органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченных в области лесных отношений, в ходе реализации переданных полномочий.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование указанной системы показало ее сложность и недостаточную эффективность вследствие того, что лесное хозяйство на всех уровнях власти не рассматривают как самостоятельную отрасль, так как оно переформатировано в лесные отношения. Создается впечатление, что нормативное правовое обеспечение и организация данной системы формируются по принципу: это проблема, решение которой можно отложить, или объект, на котором можно экономить, а его неразвитость наименее ущербна для страны.

В ходе исследования изучены методики осмотра места происшествия [3–5], применяемые различными ведомствами [5; 6], а также зарубежная практика осмотра места возгорания пожара [7–9]. Выявлено следующее:

1. Разрозненность в правовых отношениях организаций, связанных с лесными пожарами.

2. Отсутствие полномочий у лесничеств в части осмотра места возгорания и определения причин возникновения лесного пожара.

3. Отсутствие единых методик обнаружения признаков возникновения лесных пожаров на основании осмотра места возгорания.

Обследование лесного пожара включает в себя комплекс навыков, научных знаний, технологий. Сбор фактических данных, а также их анализ должны быть выполнены объективно и правдиво. Основная методология обследования пожара должна опираться на внимание ко всем соответствующим деталям. Использование системного подхода чаще всего дает объективную картину, что может потребовать переоценки каких-либо

предварительных выводов. Последовательность использования научного метода представлена рис. 1.

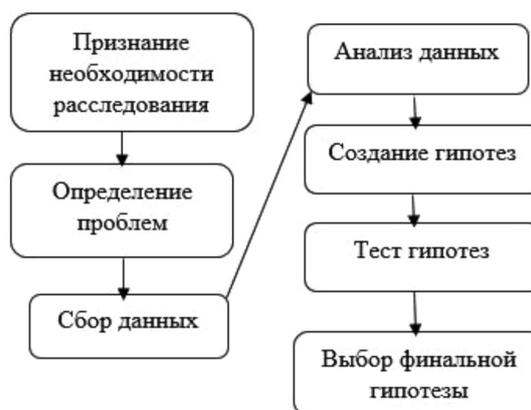


Рис. 1. Схема последовательности научного метода

Основой для обследования является использование научного метода и должно включать в себя следующие положения от начала работ до окончательного отчета:

1. Понимание и формулирование цели обследования и того, какие задачи должны быть достигнуты.

2. Предварительное планирование и выбор средств, необходимых для проведения обследования.

3. Сбор данных для комплексного анализа. Каждое обследование по-своему уникально, но необходимо придерживаться научного метода.

4. Вещественные доказательства должны быть опознаны, собраны и сохранены или задокументированы посредством фото-и/или видеофиксации.

5. Все собранные данные должны быть проанализированы с использованием научного метода. Полученная теория должна объяснить происхождение, причину, распространение и ответственность за пожар.

6. Обследование происхождения и причины завершаются составлением официального отчета.

Основная цель обследования лесного пожара – определение очага пожара, обнаружение предметов и объектов, потенциально являющихся источником воспламенения, выявление закономерности вступления огня в контакт с горючими материалами, последовательность воспламенения, установление ответственной стороны при ее наличии.

Важнейшими факторами, влияющими на пирогенную обстановку, являются ветер, относительная влажность, ландшафт местности [10].

Ветер обычно оказывает наибольшее влияние на распространение и интенсивность огня. Скорость и направление ветра важны для обследования пожара, при определении направления распространения огня и поиске потенциальных источников возгорания. Скорость и направление ветра могут значительно варьироваться на уровне крон по сравнению со скоростью движения воздушных потоков под пологом древостоя. Пламя, движущееся с ветром, распространяется значительно быстрее, чем пламя, горящее против ветра. После того как огонь достигает определенного размера, он начинает создавать собственную тягу и распространяется быстрее. Ветер редко устойчив в одном направлении, динамика его движения сильно влияет на распространение пожара.

Относительная влажность напрямую влияет на вероятность возгорания и интенсивность пожара. Мелкие виды топлива диаметром менее 0,5 см² довольно быстро реагируют на изменения относительной влажности, в то время как горючие материалы большего диаметра потребуют больше времени для потери содержащейся влаги, не реагируя на изменение относительной влажности.

При развитии пожара наибольшее значение имеет уклон местности. Пожар будет распространяться в гору быстрее вследствие предварительного нагрева горючих материалов. Пожар, идущий вниз всегда будет распространяться медленнее чем идущий вверх. Ландшафт влияет на интенсивность и на скорость распространения, особенно когда присутствуют какие-либо преграды. Барьеры, такие как грязь или камни, могут привести к замедлению распространения огня или к его потуханию, снижению интенсивности.

Указанные факторы существенно влияют на процесс распространения огня на стадии свершившегося факта возгорания, поэтому в целях определения причины и источника возникновения лесного пожара целесообразно использовать комплекс принципов:

1. Фиксация показателей во время обследования.
2. Исключение попыток преждевременного определения источника возгорания.
3. Обоснованность выводов на множестве показателей.
4. Учет зависимости формы пожара от скорости ветра.

5. Учет меньшей выраженности индикаторов распространения огня возле места возгорания.

6. Учет точности индикатора в пределах 180 °С.

7. Наличие препятствий движению огня.

8. Направление обследования от более интенсивного местогорения до места возгорания.

Изложенное позволяет сформировать алгоритм действия руководителя тушения лесного пожара в следующей последовательности.

1. Подготовительный этап.

До выезда на место возгорания: прием и учет сообщений о лесных пожарах, информационно-аналитическая обработка данных, оперативная передача информации заинтересованным службам с указанием места и время прибытия их представителя для выезда на места возгорание, а также оповещение населения и противопожарных служб о пожарной опасности в лесах и лесных пожарах.

Схема оперативного обмена информацией о возникновении лесного пожара, а также доставки представителей органов дознания МЧС России и правоохранительных органов к месту его возгорания приведена на рис. 2.

Учитывая, что пунктами 5 и 6 Правил тушения лесных пожаров, утвержденных Минприроды России от 08.07.2014 № 313, предусмотрено прибытие к месту возгорания сил и средств пожаротушения в течение 3 часов, а также принимая во внимание ограниченное финансирование мероприятий по тушению лесных пожаров и отсутствие возможности индивидуальной доставки представителей органов дознания МЧС России и/или правоохранительных органов к месту возгорания и его осмотра, все заинтересованные должностные лица обязаны явиться в назначенное (по договоренности) место в целях выезда не позднее срока, указанного в оперативном сообщении о лесном пожаре. В случае неявки представителя заинтересованных ведомств в назначенное время и место в целях выезда к месту возгорания производится соответствующая запись в журнале учета лесных пожаров. Затем данный факт фиксируется в пояснительной записке руководителя тушения лесного пожара.

В дальнейшем представитель МЧС России и/или правоохранительных органов самостоятельно решает вопрос его своевременного прибытия к месту возгорания, т.к. результаты позднего осмотра места возгорания утрачивают эффективность.

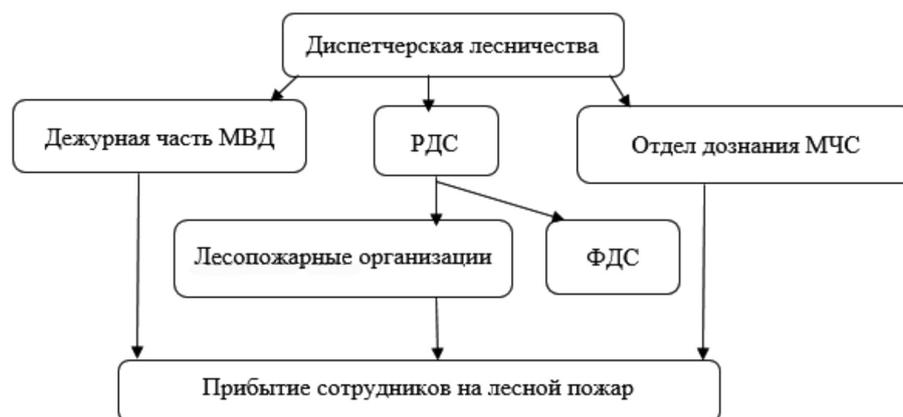


Рис. 2. Схема оперативного обмена информацией о возникновении лесного пожара

По прибытии на место возгорания: заполнение полевых записей, фото- и видеофиксация сцены лесного пожара, свидетелей, транспортной техники, следов автомобильной техники, остатки костра, признаки сельскохозяйственного пала и иные признаков, которые могут способствовать установлению причин лесного пожара.

2. Исследовательский этап: исследование распространения огня; оценка основных факторов, влияющих на лесной пожар; исследование индикаторов направления огня и потенциальных очагов возгорания лесного пожара, а именно неисправность техники и технического оборудования, аварии на ЛЭП, газопроводах, нефтепроводах, самовоспламенение химических веществ, фейерверки, окурки, небесные фонарики.

3. Заключительный этап: оформление пакета документов по факту возникновения лесного пожара.

В ходе формирования методики предварительного определения причины возникновения лесного пожара необходимо более подробно рассмотреть стадии исследовательского этапа.

По мере развития лесной пожар будет оставлять видимые следы горючих и негорючих объектов на своем пути. Следы огня являются индикаторами, и они указывают направление распространения пожара. Благодаря индикаторам можно отследить пространственное распространение огня и причины его возникновения.

Большое влияние на распространение имеет вектор развития пожара, подразделяющийся на фронт, фланг и тыл.

Для фронта пожара характерно быстрое распространение огня, высокая интенсив-

ность горения, наибольшая длина пламени, максимальное повреждение по сравнению с флангом и тылом.

Для тыла пожара характерна низкая скорость распространения пожара, направление развития огня против ветра, вниз по склону, наиболее низкая повреждаемость окружающей среды по сравнению с фронтом и флангом огня.

Для фланга пожара характерна скорость распространения и интенсивности между фронтом и тылом, фланг представляет собой поддержку по отношению к фронту пожара.

В целях поиска очага целесообразно использовать индикаторы направления огня, подразделяющиеся на различные категории, каждая из которых имеет ряд следующих особенностей:

1. V-образная форма. Этот индикатор связан с ранней стадией развития лесного пожара. Эта форма основана на принципе распространения огня, где при однонаправленности воздушных потоков пожар будет иметь V- или U-образную форму.

2. Эффект замораживания. Когда листья/хвоя и мелкие стебли нагреваются, они имеют тенденцию становиться мягкими и податливыми и легко сгибаться в направлении преобладающего ветра, создаваемого огнем. Они часто остаются остроконечными в этом направлении (замораживаются), так как охлаждаются и застывают после прохождения фронта пламени.

3. Угол обгорания. Деревья, кустарники, иные стоячие горючие материалы под действием преобладающего ветра и огня образуют угол обгорания, по которому можно отследить направление распространения пожара.

4. Скручивание. Скручивание происходит, когда зеленые листья скручиваются внутрь к источнику тепла.

5. Степень повреждения. Это количество разрушения, связанного с огнём, которое получает горючий объект. Сравните две противоположные стороны объекта для оценки этого показателя: когда тепло и пламя контактируют с объектом, сторона, подверженная воздействию огня, будет демонстрировать глубокое обугливание большей части повреждаемого материала и большое количество белого пепла по сравнению с противоположной от направления пламени стороной.

6. Сажа. Черный налет, вызванный неполным сгоранием лесных горючих материалов и естественным содержанием масел в растительности. Сажа, как правило, больше всего окрашивает предмет на стороне, обращенной к огню.

7. Окрашивание. Вызвано испарением различных веществ, конденсирующихся на более холодных поверхностях объектов. Окрашивание чаще всего происходит на негорючих предметах, например алюминиевых банках. Пятна появляются на стороне объекта, подвергающегося воздействию проходящего пламени.

8. Белый пепел. Он является побочным продуктом полного сгорания. Больше белого пепла будет появляться на сторонах объектов, подвергающихся большому количеству тепла и пламени. Пепел часто рассеивается ветром и оседает на наветренной стороне предметов. Горящий объект со стороны источника пламени будет покрыт светлым пеплом, темнеющим на стороне, противоположной от источника огня. Белый пепел как индикатор быстро теряет достоверность в течение нескольких часов из-за воздействия влаги и ветра.

В ходе обследования целесообразно площадь лесного пожара зонировать. Общая площадь пожара – это общая площадь, пройденная огнем. Во время обследования с помощью индикаторов огня она сужается до следующей зоны лесного пожара – общей площади возгорания. Эта область характеризуется низкой интенсивностью горения и распространения огня, на которое больше всего влияет направление ветра и рельеф местности.

Следующая зона – это очаг возгорания. В области возгорания находится точное место, где источник воспламенения вступил в контакт с горючими материалами, которые впервые воспламенились, и произошло развитие горения. В очаге возгорания

могут быть обнаружены любые физические доказательства о природе возникновения пожара.

Точка возгорания – это место, где источник пламени вступил в контакт с лесными горючими материалами и произошло дальнейшее развитие пожара.

Таким образом, целесообразно определить общие методы обследования площади лесного пожара:

пройти по периметру минимум два раза, один раз по часовой стрелке и один раз против часовой стрелки;

обследовать несгоревшую область, а также область, пройденную огнем, изучить и отметить индикаторы направления огня с помощью удобных вам меток;

искать соответствующие вещественные доказательства, если доказательства найдены, необходимо обозначить их и сохранить для дальнейшей обработки данных;

определить направление движения огня, часто развитие огня имеет V– или U–образную форму, где с обеих сторон имеются индикаторы распространения огня.

Последовательность действий при вхождении в общую площадь пожара:

сфотографировать общую площадь пожара до входа в нее;

после того как зона наступления огня идентифицирована, с наиболее отдаленной точки необходимо начинать обследование с помощью индикаторов распространения пожаров.

Алгоритм движений по площади лесного пожара

1. В ходе поиска направления движения огня, имеющего V– или U–образную форму, следует начинать движение с максимально отдаленной точки.

2. Двигаться необходимо относительно сужения зоны фронта огня, через каждые 3–5 метров пересекая центр, и двигаться по противоположной стороне.

3. Следует повторять вышеперечисленные действия до достижения площади возгорания.

Проведение визуального наблюдения в предполагаемом очаге возгорания является основной задачей при обследовании лесного пожара. На основании полученных данных устанавливаются причины возгорания и последовательность зажигания.

Разрешение проблем часто может быть трудным в связи с неправильным определением источника возгорания, так как он может быть плохо виден или погребен под пе-

плом и мусором, что требует значительной концентрации внимания.

Учитывая вероятность возникновения проблем в ходе обследования очага, целесообразно провести анализ типовых причин возникновения огня.

Любой лесной пожар может начаться в результате электрического разряда во время грозы. Обстоятельством, указывающим на возможное возгорание от молнии в качестве причины лесного пожара, может являться грозовая активность в течение часов/дней/неделей в районе лесного пожара. Характерной особенностью при ударах молний в дерево является расщепление ствола, отсутствие макушки, наличие в земле рядом с деревом фульгуритов. Пожар, вызванный молнией, может длиться незамеченным в течение нескольких дней или недель после удара молнии, до развития пожара. Молния может рассматриваться как гипотеза, если у вас есть подтверждение данных о грозовой активности.

Огонь, разожженный для тепла, приготовления пищи, света, является потенциальным источником лесного пожара. К ответственным сторонам данной причины возгорания могут относиться охотники, туристы, рыболовы, путешественники, бездомные. Нарушение правил пожарной безопасности часто является причиной лесного пожара. Существуют факторы развития лесного пожара от костра – это неправильное погашение, неправильная конструкция, игра с огнем, неправильное использование розжигов, неосторожное размещение. Характерным отличием лесного пожара, развившегося от костра, является наличие кострища, бутылок, банок и прочего потребительского мусора, отображающего недавнюю активность людей.

Деятельность по сжиганию мусора физическими и юридическими лицами является одной из наиболее частых причин лесных пожаров. Последовательность воспламенения схожа с костром: раздуваемые ветром угли или пламя, переходя из контролируемой зоны, чаще всего попадают на сухую траву, где постепенно развивается огонь. Основной причиной развития огня является оставление места пала. В Московской области чаще всего подобные палы производятся возле садовых товариществ, дачных участков, поэтому акцент в обследовании нужно делать на интервью с субъектами, которые могли наблюдать сжигание или были вовлечены в сжигание.

Умышленное или злонамеренное действие по созданию лесных пожаров с намерением нанести ущерб или обмануть. Дан-

ный вид причины пожара является самым сложным в обследовании в связи с тем, что человек может работать в одиночку, скрывать улики преступления, быстро скрыться с территории пожара, оставляя крайне мало очевидных доказательств, мотивы поджога могут оказаться непонятными. Поджоги обычно происходят в непосредственной близости рядом друг с другом. Большинство мест пожара доступно для передвижения к ним с помощью автотранспортных средств. Последовательное возникновение пожаров с неопределенной причиной, сильно превышающее среднегодовые показатели по лесным пожарам, могут свидетельствовать о серии поджогов. Лесные пожары, появляющиеся в результате поджогов, требуют специализированного обследования, привлекающего большой экспертный круг лиц.

Угроза от брошенного окурка, как от причины возникновения лесного пожара, во многом зависит от влажности окружающей среды. Общее время горения целой сигареты составляет около 10 минут, курильщики обычно не выбрасывают целую подожденную сигарету, а выбрасывают в основном полностью потребленную, воздействие тепла которой продолжается примерно одну–две минуты. Также для развития пожара от этой причины необходима относительная влажность окружающей среды менее 20%. Тем самым можно сделать вывод, что это не распространенная причина лесных пожаров.

Также необходимо принять во внимание другие потенциальные причины возникновения лесного пожара, а именно неисправность техники и технического оборудования, переход огня с сопредельной территории, аварии на ЛЭП, газопроводах, нефтепроводах, самовоспламенение химических веществ, возгорание от железной дороги, фейерверков, небесных фонариков.

Предварительно фиксируются предположения (гипотезы) о причинах возникновения пожара на основании логически обоснованных доказательств, собранных данных (предметы, объекты). Примером этого может служить окурочек, найденный возле очага, от которого предположительно началось возгорание сухой травянистой растительности, она не воспламеняется от сигарет при влажности больше 20%. Вывод по гипотезе проводится на основании комплекса оценки данных.

После анализа гипотез выбирают окончательную версию, подтверждающую воспламенение огня и его дальнейшее распространение.

Существует необходимость постоянного развития планирования и развития методологии. Для каждого обследования лесного пожара рекомендуется использовать минимум два должностных лица, обладающих необходимыми знаниями (представитель от МЧС России и/или правоохранительных органов, и/или органов государственной исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области лесных отношений).

Полевые записи должны включать следующие сведения о лесном пожаре:

1. Идентификационные данные: Ф.И.О., должность, название организации, направленной на обследование лесного пожара.

2. Время и дату назначения на обследование.

3. Результаты проведения идентификации лиц, сообщивших о пожаре: записать Ф.И.О., адрес, номер телефона сообщившей стороны, так как этот человек может быть единственным свидетелем.

4. Люди и транспортные средства. Необходимо зафиксировать описание людей, обнаруженных в районе лесного пожара, а также транспортные средства, припаркованные поблизости от пожара. Необходимо передвигаться возле следов от обуви или шин, не нарушая их.

5. Цвет дыма. Необходимо обратить внимание на цвет дыма.

6. Следы доказательств. Так как лесные пожары чаще всего возникают по причине влияния антропогенного фактора, необходимо искать следы деятельности людей.

Прежде чем давать показания, следует просмотреть файлы, заметки, документы и доказательства, для освежения памяти. В документации необходимо соблюдать последовательность, аналогичную с этапам обследования:

– основная информация о результатах обследования места возгорания;

– расположение (необходимо получить как можно больше справочной информации о пространственном расположении, при необходимости пользуясь специализированным оборудованием);

– дата и время происшествия (записать дату и время обнаружения пожара);

– погодные условия (необходимо задокументировать погодные условия во время пожара и текущую погоду на месте обследования. Текущая и ожидаемая погода может диктовать необходимость специальной одежды, а также определить временные рамки нахождения команды на месте обследования);

– размер и сложность пожара (сложность обследования зависит от размеров лесного пожара, чем больше и сложнее площадь, прошедшая огнем, тем больше времени требуется на обследование);

– охрана места происшествия (должны быть приняты меры для защиты и сохранения площади, пройденной огнём, пока обследование не будет завершено);

– цель обследования (выявление причины возникновения лесного пожара на основании обследования площади, пройденной огнем);

– организация обследования на месте происшествия (каждое обследование лесного пожара должно выполнять ряд функций: общая координация обследования, изучение индикаторов горения, поиск места возгорания, фотосъемка, ведение заметок, составление карты, опрос свидетелей, сбор и сохранение доказательств. Безопасность лиц, ведущих обследование, имеет первостепенное значение. Роли в обследовании распределяются заранее, один человек может выполнять несколько функций);

– специализированный персонал и технические консультанты (часто при обследовании лесных пожаров необходима помощь специализированных профессионалов из различных отраслей, которые могут дополнить или обосновать теорию происхождения или причины пожара).

Фото- и видеофиксация должна отображать сцены прибытия, обзора, сравнения, идентификации. Фотографии сцены прибытия помогут в быстром документировании присутствующих на тушении специалистов, свидетелей, техники, присутствующего оборудования. Фотографии обзорной сцены служат для документации большей части сцены лесного пожара, они предназначены для целостности и установления взаимосвязей поведения огня с местностью. Фотографии сравнительной сцены демонстрируют отношения между различными предметами, можно использовать линейку рядом с конкретным вещественным доказательством. Фотографии сцены идентификации отображают подробную информацию о конкретном вещественном доказательстве, например об отпечатках шин или обуви, источнике возгорания, индикаторах направления огня и др.

Видеокамерой можно заснять общую сцену лесного пожара, дополнив сделанные фотографии, задокументировать интервью и допросы, а также запечатлеть процесс заполнения документальной отчетности. В настоящее время отдельной специальной

техники для снятия видео не нужно, можно пользоваться телефоном или фотокамерой.

Технология и точность системы глобального позиционирования значительно улучшились за последние десять лет и могут рассматриваться для записи определенных типов данных. В настоящее время компактные туристические модели навигаторов имеют точность ± 5 метров. Благодаря GPS можно фиксировать примерное месторасположение различных участков лесного пожара, а также предварительно вычислить площадь лесного пожара без использования космоснимков.

Принимая во внимание, что пунктом 72 Правила тушения лесных пожаров предусмотрено приложение к акту о лесном пожаре в виде докладной записки руководителя тушения лесного пожара, применявшихся методов и средствах тушения лесного пожара, их эффективности (представляется только в случаях крупных лесных пожаров), в целях исключить наращивание бумажных носителей целесообразно результаты обследования места возгорания и предварительного определения причины возникновения пожара отразить в указанной докладной записке согласно приведенным позициям.

Заключение

Методика по предварительному определению причин лесных пожаров содержит практическое и рекомендательное руководство, используемое в рамках систематического обследования пожаров, в результате которого определяются область возгорания, причина возникновения и последовательность распространения огня, методы сборки полевых материалов, формулировка гипотезы и документальное оформление результатов.

Настоящая методика разработана для нормативного регулирования, предварительного определения признаков возникновения лесных пожаров, сбора доказательств и формирования обоснованных выводов в целях использования в ходе подготовки пакета документов о лесном пожаре, а также судебных разбирательств.

Определены основные направления применения разработанной методики:

1. Нормативно-правовое регулирование взаимодействия заинтересованных органов, содействия устойчивой психологической атмосферы на производстве, обеспечивающей стабильный уровень охраны труда.

2. Судебные разбирательства в соответствии с действующим законодательством.

3. Повышение эффективности выявления причин возникновения лесных пожаров в целях их предупреждения.

Список литературы / References

1. Асанова Н.А., Ляшева Т.Я. Совершенствование нормативно-правовой базы с целью дальнейшего внедрения комплекса мер по обеспечению безопасности населения и территорий в условиях чрезвычайных ситуаций природного характера // Право: история, теория, практика: материалы I Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2011 г.). СПб.: Реноме, 2011. С. 120–123.

Asanova N.A., Lyasheva T.Ya. Improving the regulatory framework for the further implementation of a set of measures to ensure the safety of the population and territories in natural emergencies // Pravo: istoriya, teoriya, praktika: materialy I Mezhdunar. nauch. konf. (Saint-Petersburg, July 2011). SPb.: Renome, 2011. P. 120–123 (in Russian).

2. Шпаковский Ю.Г. Современные проблемы правового регулирования охраны лесов от пожаров // Lex russica (Русский закон). 2018. № 1. С. 43–56.

Shpakovski Y.G. Modern problems of legal regulation of the protection of forests from fires // Lex russica (Russkiy zakon). 2018. No. 1. P. 43–56 (in Russian).

3. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования: монография. Херсон: Грин Д.С., 2011. 470 с.

Khodakov V.E., Zharikova M.V. Forest fires: research methods: monografiya. Kherson: Grin D.S., 2011. 470 p. (in Russian).

4. Методические рекомендации по определению очага пожара и изъятию вещественных доказательств с места пожара. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://35.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/sily-i-sredstva/isyatelnaya-pozharnaya-laboratoriya/metodicheskie-rekomendacii/metodicheskie-rekomendacii-po-opredeleniyu-ochaga-pozhara-i-izyatiyu-veshchestvennyh-dokazatelstv-s-mesta-pozhara> (дата обращения: 26.04.2021).

Methodological recommendations for determining the source of fire and removing material evidence from the fire site. Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters. 2021. [Electronic resource]. URL: <https://35.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/sily-i-sredstva/isyatelnaya-pozharnaya-laboratoriya/metodicheskie-rekomendacii/metodicheskie-rekomendacii-po-opredeleniyu-ochaga-pozhara-i-izyatiyu-veshchestvennyh-dokazatelstv-s-mesta-pozhara> (accessed: 26.04.2021) (in Russian).

5. Плетенкин А.В. Проблемы, возникающие при осмотре места происшествия // Вопросы современной науки и практики Университет им. В.И. Вернадского. 2015. № 1 (55). С. 174–177. DOI: 10.17277/voprosy.2015.01.

Pletenkin A.V. Problems arising during the inspection of the scene of the accident // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2015. No. 1 (55). P. 174–177. DOI: 10.17277/voprosy. 2015.01 (in Russian).

6. Скогорева Т.Ф., Чхвимиани Э.Ж. Криминалистические и тактические особенности осмотра места пожара // Право и практика. 2019. № 1. С. 113–116.

Skogoreva T.F., Chkhvimiani E.Zh. Forensic and tactical features of fire site inspection // Pravo i praktika. 2019. No. 1. P. 113–116 (in Russian).

7. Clive M. Ignition of Grass Fuels by Cigarettes. Fire Management Notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1983. Vol. 44. P. 3–7.

8. Guide to Wildland Fire Origin and Cause Determination. A publication of the national wildfire coordinating group. PMS 412. NFES 1874. 2016. P. 337.

9. Wildfire Origin and Cause Determination Handbook. A publication of the national wildfire coordinating group Fire Investigation Working Team. NWCG Handbook 1. PMS 412-1. NFES 1874. 2005. P. 111.

10. Валендик Э.Н. Борьба с крупными лесными пожарами. Новосибирск: Наука, 1990. С. 10–12.

Valendik E.N. Fight against large forest fires. Novosibirsk: Nauka, 1990. P. 10–12 (in Russian).

УДК 632.954:631.811:633.71

СНИЖЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННОГО ГЕРБИЦИДА С ПОМОЩЬЮ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ТАБАЧНОЙ РАССАДЫ

Соболева Л.М., Плотникова Т.В.

ФГБНУ «Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий»,
Краснодар, e-mail: agrotobacco@mail.ru

Целью научной работы, проведённой в условиях Краснодарского края на экспериментальной базе ФГБНУ ВНИИТТИ в 2018–2019 гг., являлась оценка эффективного использования современных удобрений Росток, Стимулайф, ОМУ, Исполин универсальное и регуляторов роста Мелафен и Эмистим С для снижения угнетающего влияния почвенного гербицида Комманд, КЭ на табачную рассаду. Гербицид в защищённый грунт вносили за две недели до посева табака в максимально эффективной дозе – 0,02 мл/м². Определено, что трехкратное внесение агрохимикатов на основе гуминовых кислот Росток и Стимулайф (перед посевом табака и через 2 и 4 недели после посева в нормах расхода 1 и 5 мл/м² соответственно) на гербицидный фон позволяет увеличить выход качественной рассады на 42–45% и табачного сырья на 27–29%. Однократное предпосевное внесение органоминеральных гранулированных агрохимикатов Исполин универсальный и ОМУ в дозе 80 и 100 г/м² соответственно (за 3–5 дней до посева табака с заделкой в почву) обеспечивает увеличение выхода качественной стандартной рассады табака к оптимальному сроку высадки в поле на 30–32%, урожайности на 19–22%. Предпосевное замачивание семян и двукратная обработка рассады в фазы «ушки» и «годная к высадке» регуляторами роста Эмистим С (0,00001%) и Мелафен (0,05%) обеспечило увеличение выхода стандартной рассады табака на 28–36%, урожайности на 19–22%. Отмечено улучшение химического состава табачного сырья, проявляемое повышением содержания воднорастворимых углеводов на фоне внесения удобрений. Испытанные препараты, обладая антистрессовыми и ростостимулирующими свойствами, повышают устойчивость табачных растений к гербициду и сохраняют экологический баланс окружающей среды.

Ключевые слова: табак, рассада, гербицид Комманд, фитотоксичность, удобрения, регуляторы роста, урожайность, качество

DECREASING PHYTOTOXICAL EFFECT OF SOIL HERBICIDE BY FERTILIZERS AND GROWTH STIMULATORS FOR TOBACCO SEEDLING GROWING

Soboleva L.M., Plotnikova T.V.

All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products,
Krasnodar, e-mail: agrotobacco@mail.ru

Aim of the researches was estimating effect of modern fertilizers Rostok, Stimulaif, OMU, Ispolin universal and growth stimulators for decreasing phytotoxic effect of soil herbicide Command CE during tobacco seedling growing. Experiments were carried in central zone of Krasnodar region in fields of FSBSI ARSRITTP in 2018–2019 years. It is discovered that applying herbicide Command CE (two weeks before sowing in quantity 0.02 ml/m²) in combination with organic fertilizers (applied before sowing and 2 and 4 weeks after sowing) Rostok and Stimulaif which contain humic acids allows increasing outcome of standard seedling by 42–45% and leaf tobacco – by 27–29%. Single applying of organic and mineral granulated fertilizers Ispolin and OMU (80 and 100 g/m² respectively, 3–5 days before sowing with their ploughing) leads to increasing outcome of standard, qualitative seedlings by the time of transplanting by 30–32% and productivity by 19–22%. Soaking seeds and double treatment of seedlings in stages of cotyledone and ready for transplanting by growth stimulator Emistin S (0.00001%) and Melafen (0.05%) leads to increasing outcome of standard tobacco seedling by 28–36% and productivity – by 19–22%. Treatment by fertilizers leads to improving chemical composition of cured tobacco due to water soluble carbohydrates increasing. Tested chemicals have antistress and growth stimulating properties, increase resistance of tobacco plants to herbicide and keep ecological balance of the environment.

Keywords: tobacco, seedling, herbicide Command, phytotoxicity, Rostok, Stimulaif, OMU, Ispolin universal, Melafen, Emistin S, productivity, quality

Формирование табачного сырья высокого качества начинается с периода выращивания рассады, который является очень важным и ответственным. Одним из основных факторов, препятствующих получению стандартной рассады табака, являются сорняки. Их вредоносность проявляется в виде конкуренции с основной культурой, прежде всего, за питательные элементы, свет и влагу, а также в виде резерваторов патогенной

инфекции, вызывающей стеблекорневые гнили рассады. Всходы сорняков в основном появляются параллельно со всходами табака, иногда и раньше. Распространенными при этом являются портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), щетинники (*Setaria* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) и др. Основной мерой борьбы с засорителями на сегодняшний день на небольших площадях возделывания рассады

табака является ручная прополка. При увеличении площади выращивания целесообразно применять почвенный гербицид Комманд, КЭ (кломазон, 480 г/л). Данный препарат успешно прошел испытания при выращивании табака, при этом отвечает современным требованиям по эффективности и экологической безопасности. Так, внесение в почву препарата Комманд, КЭ в дозе 0,01–0,02 мл/м² (в зависимости от засоренности) за 2 недели до посева способствовало высокому подавлению роста сорных растений, эффективность по снижению количества сорняков достигла 94%, по снижению их массы – 85% [1].

Однако наблюдалось ингибирующее действие препарата в начальной стадии роста рассады, при этом затягивался период выгонки растений к оптимальному сроку посадки табака, отмечалось поражение стеблекорневыми гнилями, поэтому возникла необходимость найти средства для снятия так называемого «гербицидного пресса». К таким препаратам, по данным литературных источников, относятся регуляторы роста растений (РРР) и удобрения. «Проанализировано действие РРР на фоне гербицидов в следующих аспектах: повышение устойчивости культурных растений к гербицидам (антидотный эффект), усиление гербицидной активности (по отношению к сорным растениям), улучшение характеристик роста, урожая, его составляющих и качества» [2]. «Для снижения фитотоксичности гербицидов при возделывании клевера паннонского рекомендуется применять гербицид Корсар со сниженной на 50% нормой расхода (1,5 кг/га) совместно с антидотом Альбит (40 мл/га)» [3]. «Для снижения пестицидной нагрузки на окружающую среду целесообразно использовать удобрительно-гербицидную смесь для внесения под зерновые культуры. Данный способ предполагает обработку составом гербицида Аврорекс, воды и жидких азотных удобрений КАС-32. Разработка обеспечивает сокращение нормы внесения гербицида на 25% от минимально рекомендуемой за счет повышения его биологической эффективности вследствие синергизма исходных компонентов» [4]. Показано, что применение регулятора роста растений Фитовитал в сочетании с различными приемами обработки и защиты растений позволяет не только улучшить урожайность сельскохозяйственных культур, но также уменьшить норму расхода пестицидов и снизить их фитотоксичность, что имеет важное экологическое значение [5].

Поэтому целью исследований являлась оценка влияния современных агрохимикатов (Росток, Стимулайф, ОМУ, Исполин универсальное и регуляторы роста Мелафен и Эмистим С) на снижение фитотоксичного действия почвенного гербицида Комманд, КЭ при выгонке рассады табака, проявляемое повышением биометрических показателей, получением дополнительного урожая и сохранением качества сырья.

Материалы и методы исследования

Научные исследования проводили в 2018–2019 гг. на опытно-селекционном участке института. Препараты испытывали в установленных ранее дозах, которые успешно зарекомендовали себя на табаке. Гербицид Комманд, КЭ вносили за 2 недели до посева табака в виде водного раствора в дозе 0,02 мл / м² (1 л рабочего раствора/м²) с немедленной заделкой в почву. Удобрения Росток (в дозе 1 мл/м²) и Стимулайф (5 мл/м²) применяли трехкратно: до посева семян табака (за 3–5 дней) и в период выгонки рассады (через 2 и 4 недели после посева) совместно с поливом из расчёта 1 л/м². Гранулированные органоминеральные агрохимикаты Исполин и ОМУ вносили в питательный субстрат парника за 3–5 дней до посева с заделкой в нормах расхода 80 и 100 г/м² соответственно. Стимуляторы Мелафен (в концентрации водного раствора 0,05%) и Эмистим С (0,00001%) применяли также трехкратно: предпосевное замачивание семян при экспозиции 3 часа и обработки рассады в фазы «ушки» и «готовая к высадке рассада» водным раствором той же концентрации. Контролем в опыте являлся вариант без обработки гербицидом, эталонном – гербицид Комманд, КЭ в отработанной ранее дозе 0,02 мл/м². Для объективной оценки эффективности удобрения создали фон, близкий к идеальным условиям с содержанием в парниковой смеси основных питательных элементов – N₃₅P₃₀K₃₅ (50% от оптимальной дозы основных питательных элементов), который определяли по результатам агрохимического анализа и корректировали доведением необходимого количества однокомпонентных минеральных удобрений [6]. Посев семян в парник проводили в оптимальные для зоны сроки, площадь делянки для учетов 1 м², повторность четырехкратная. Опыт проводили в соответствии с «Методическим руководством по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках» [7]. «Перед выборкой оценивали качество рассады

по следующим биометрическим показателям: длина до точки роста и до конца листьев, количество листьев, толщина стебля, сырая масса надземной и корневой частей».

«Для дальнейшего изучения влияния удобрений и регуляторов роста, вносимых на гербицидном фоне в рассадный период на продуктивность культуры, рассаду после выборки чётко по вариантам высаживали в поле. Повторность в опыте четырёхкратная, густота стояния растений 70×25 см. Площадь учётной делянки полевого опыта с табаком 14 м² (два десятиметровых ряда). В полевой период определяли высоту растений, площадь листа среднего яруса (по таблицам Губенко), урожайность (ц/га)» [8].

Оценку влияния испытываемых агрохимикатов в качестве антидота на химический состав табачного сырья (водорастворимые углеводы, белковый азот и никотин) осуществляли в сухом сырье в лаборатории химии и контроля качества по разработанным методикам [9, 10]. Достоверность полученной прибавки к урожаю в опыте рассчитывали методом статистической обработки результатов по Доспехову с применением компьютерной программы однофакторного дисперсионного анализа Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований установлено, что трехкратное внесение удобрений на ос-

нове гуминовых кислот Росток и Стимулайф на гербицидный фон увеличило длину рассадных растений до конца вытянутых листьев на 21–23 % по сравнению с контролем и на 7–9 % по сравнению с эталоном (рис. 1). Масса наземной части растений, обработанных данными удобрениями, превысила массу необработанных на 72–84 %, массу корней – на 32–62 %. В варианте опыта, где применяли только гербицид, растения уступали по массе: стеблей на 42–50 %, корней – на 13–38 %.

Предпосевное внесение в субстрат органоминеральных удобрений Исполин и ОМУ увеличило длину рассады на 8–13 % по сравнению с контрольными растениями. Масса наземной части растений, обработанных агрохимикатами для снижения фитотоксичности гербицида, превысила массу необработанных в пределах 29–34 %, массу корней – 26–59 %. Растения, выгонка которых произведена на гербицидном фоне без удобрений, увеличили массу стеблей на 13–17 %, корней системы – на 8–35 %.

Предпосевное замачивание семян и двукратная обработка стимулирующими веществами Мелафен и Эмистим С повлияло на увеличение длины рассадных растений на 20–35 %, массы наземной части – на 42–86 %, массы корневой системы – на 32 % относительно контроля. Относительно гербицида Комманд, по тем же показателям на 6–19, 25–63 и 13 % соответственно.

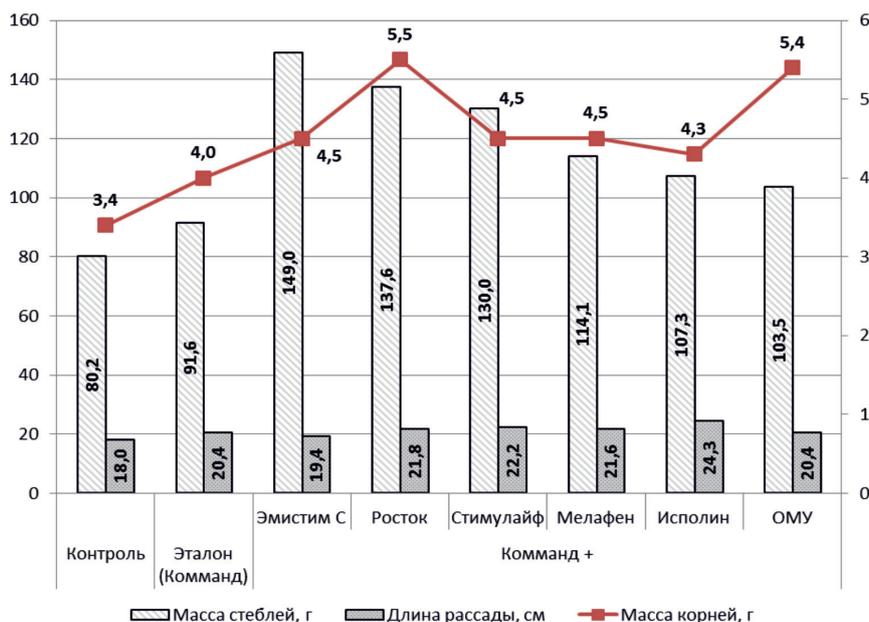


Рис. 1. Влияние применения гербицида Комманд, КЭ совместно с удобрениями и регуляторами роста на качество стандартной рассады

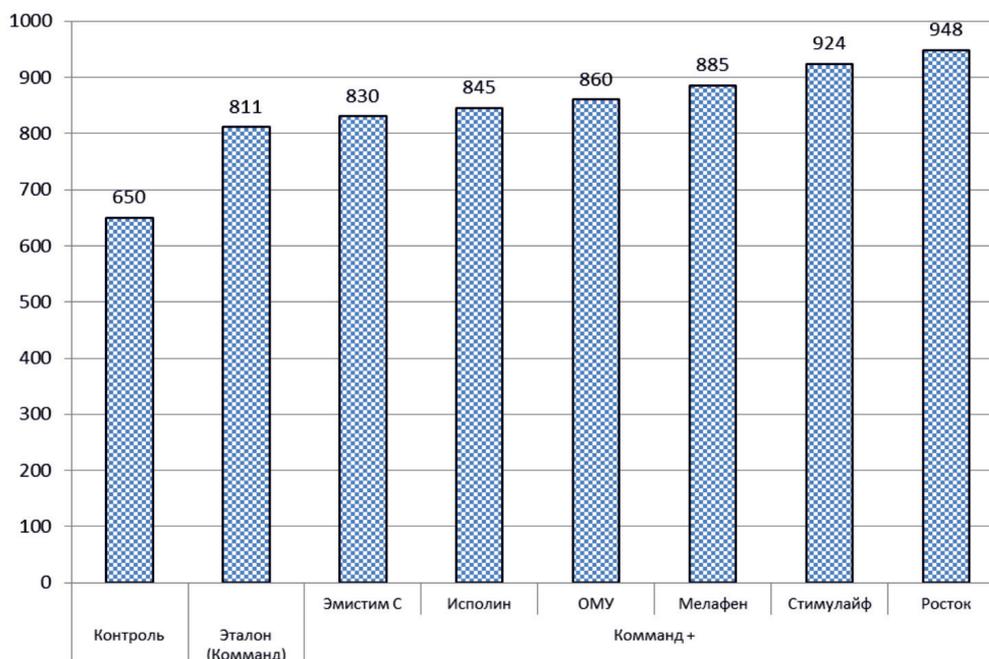


Рис. 2. Влияние удобрений и регуляторов роста, внесенных на фоне гербицида Комманд, КЭ на выход стандартной табачной рассады

Помимо получения качественной рассады, важной задачей является и её достаточное, т.е. запланированное количество. Установлено, что на момент выборки рассады её выход с делянок, где вносили агрохимикаты в качестве антидота, достиг максимального количества 830–948 шт./м², что превысило значения контроля на 28–46%. Выход стандартной рассады на эталонном варианте, т.е. на фоне применения почвенного гербицида достиг 811 шт./м², что выше контроля на 25% (рис. 2).

Пролонгированное действие препаратов наблюдалось и в полевых условиях. Высаженная в поле рассада при первом измерении высоты растений (через 30 суток после высадки) особых различий между вариантами не показала, поскольку проходила период укоренения ($HCP_{0,05} = 0,78$). Второй учет в фазу интенсивного роста выявил, что растения табака, выращенные с применением удобрений и регуляторов роста, незначительно различались по высоте между собой, но превосходили высоту растений в сравнении с контролем на 7–10 см ($HCP_{0,05} = 2,65$) и с эталоном на 2–6 см (рис. 3). К третьему учету (в фазу цветения) также явно прослеживается достоверное различие вариантов опытов с антидотами в сравнении с контролем и эталоном ($HCP_{0,05} = 8,16$). Лучшие показатели по высоте установлены у растений

в вариантах с применением удобрений Росток и Стимулайф, их высота увеличилась относительно контроля на 31 и 29%. Удобрения Исполин и ОМУ увеличили высоту растений относительно контроля на 14 и 25% соответственно. В вариантах с регуляторами роста Мелафен и Эмистим С высота растений превосходила контрольные значения на 23 и 25%. Аналогичное явление описано на примере кукурузы. На естественном фоне, при применении регулятора роста Циркон, отмечено снижение стресс-фактора от применения гербицида, проявляемое увеличением высоты растений на 9,7 см [11].

Как правило, чем выше растение, тем больше на нём листьев, а поскольку у табака именно лист является конечным продуктом, то его важно получить ещё и с большей площадью. Применяемые в качестве снижения фитотоксичного действия гербицида препараты при выращивании рассады способствовали в дальнейшем увеличению площади листовой поверхности растений табака на 8–25%. При этом стоит отметить, что на контроле средняя площадь листьев среднего яруса составила 630 см², на эталоне (Комманд, КЭ) – 811 см², на вариантах с применением препаратов для снижения фитотоксичного действия от 830 до 918 см². Лучшие значения отмечены при применении удобрения Росток.



Рис. 3. Влияние применения удобрений и регуляторов роста на высоту табачных растений, выращенных на фоне гербицида Комманд, КЭ, среднее, 2018–2019 гг.

Влияние применения гербицида совместно с удобрениями и регуляторами роста на урожайность табака

Вариант	Урожайность, ц/га			Дополнительный урожай, ц/га		
	2018 г.	2019 г.	средняя	2018 г.	2019 г.	средний
Контроль	20,1	20,0	20,5	–	–	–
Комманд (эталон)	21,8	23,3	22,6	1,7	3,3	2,5
Комманд + Росток	27,0	26,0	26,5	6,9	6,0	6,5
Комманд + Стимулайф	26,8	25,3	26,1	6,7	5,3	6,0
Комманд + Эмистим С	26,6	24,3	25,5	6,5	4,6	5,6
Комманд + ОМУ	24,9	25,2	25,1	4,8	5,2	5,0
Комманд + Мелафен	24,3	24,6	24,5	4,2	4,6	4,4
Комманд + Исполин	24,6	24,0	24,3	4,5	4,0	4,3
НСР _{0,05}	1,64	2,12	1,88	–	–	–

Все указанные выше различия в росте и развитии растений отразились на конечном результате – урожайности табачного сырья. Опытами в течение двух лет определена существенная прибавка ($НСР_{0,05} = 1,64$ и $2,12$) к урожайности на всех вариантах опыта с испытываемыми агрохимикатами в качестве антитода. При этом наибольшая дополнительная урожайность получена в вариантах с применением удобрений Росток и Стимулайф. Здесь прибавка урожая относительно контроля составила в среднем за два года 29 и 27%, относительно гербицида (эталона) – 17 и 15% соответственно. Немного уступал по пока-

зателям вариант с применением регулятора роста Эмистим С (25,5 ц/га), прибавка к урожаю относительно контроля – 24%, относительно гербицида Комманд – 13%. Остальные варианты опыта также показали хорошую прибавку к урожаю табачного сырья относительно контроля: с применением агрохимиката ОМУ (25,1 ц/га), т.е. 22%, регулятора роста Мелафен (24,5 ц/га) – 20%, Исполин (24,3 ц/га) – 19%, гербицида Комманд (22,6 ц/га) – 10% (таблица).

При применении агрохимических препаратов целесообразно следить за качеством табачного сырья, т.е. содержанием никотина, белков и углеводов, так как табак

является пищевкусом продуктом. Проведенная химическая оценка сырья с применением удобрений и стимуляторов на фоне с внесенным гербицидом показала, что используемые препараты сохранили присущее сорту качество сырья, а в некоторых вариантах улучшили его. Так, не выявлено изменений при использовании агрохимикатов в крепости сырья, т.е. в содержании никотина. Количественные показатели алкалоида находились во всех вариантах в пределах контроля опыта от 0,8–1,8%, в зависимости от ломок.

Стоит отметить, что основной параметр, по которому определяется качество сырья, это «углеводно-белковое соотношение, или число Шмука», и чем выше данный показатель, тем качественнее табачное сырье. Практически все применяемые препараты способствовали повышению в сырье углеводов. Наибольшие показатели отмечены в варианте с использованием удобрения Росток и регулятора роста Эмистим С. Здесь в сырье с данных опытов содержание углеводов находилось в пределах 8,3–14,5%, а в сырье с контрольных растений 3,2–10,1%, в зависимости от ломок. Применение агрохимикатов также не повлияло на количественные изменения белков в сырье.

Заключение

Таким образом, предпосевное внесение почвенного гербицида Комманд, КЭ совместно с современными комплексными удобрениями Росток, Стимулайф, ОМУ, Исполин универсальный и регуляторами роста Эмистим С и Мелафен не только снижает засоренность и токсичное влияние гербицида, увеличивает количество стандартной рассады на выходе, но и позволяет получить дополнительный урожай табачного сырья высокого качества в пределах 27–29%. Данные исследования защищены патентом РФ [12].

Список литературы / References

1. Соболева Л.М., Плотникова Т.В. Применение удобрений для снижения гербицидной нагрузки при выращивании рассады табака // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. № 6. С. 5–11. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-1.
2. Sobeleva L.M., Plotnikova T.V. The use of fertilizers to reduce the herbicide load when growing tobacco seedlings // Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 2020. № 6. P. 5–11. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-1 (in Russian).
3. Лукаткин А.С., Семенова А.С., Лукаткин А.А. Влияние регуляторов роста на проявление токсического действия гербицидов на растения // Агрохимия. 2016. № 1. С. 73–95.
4. Lukatkin A.S., Semenova A.S., Lukatkin A.A. The influence of growth regulators on the manifestation of the toxic effect of herbicides on plants // Agrohimiya. 2016. № 1. P. 73–95 (in Russian).
5. Кшникаткина А.Н., Кшникаткин А.С., Аленин П.Г. Приемы возделывания на семена нового сорта клевера паннонского Аник // Нива Поволжья. 2013. № 4 (20). С. 20–29.
6. Kshnikatkina A.N., Kshnikatkin A.S., Alenin P.G. Cultivation techniques for seeds of a new variety of Pannonian clover Anik // Niva Povolzhya. 2013. № 4 (20). P. 20–29 (in Russian).
7. Измайлов А.Ю., Мочкова Т.В., Башкирова Т.Н., Круглова А.И. Удобрительно-гербицидная смесь для внесения под зерновые культуры // Патент РФ № 2458507. Патентообладатель ГНУ ВИМ Россельхозакадемии. 2011. Бюл. № 23.
8. Гончарук В.М., Булавина Т.М., Булавин Л.А. Снижение пестицидной нагрузки на окружающую среду с помощью регулятора роста растений Фитовитал // Химическая безопасность. 2018. № 2 (2). С. 229–237. DOI: 10.25514/chs.2018.2.14119.
9. Goncharuk V.M., Bulavina T.M., Bulavin L.A. Reducing the pesticide load on the environment using the plant growth regulator Fitovital // Khimicheskaya bezopasnost'. 2018. № 2 (2). P. 229–237. DOI: 10.25514/chs.2018.2.14119 (in Russian).
10. Алёхин С.Н., Сидорова Н.В. Оптимальное содержание подвижных форм NPK в питательной смеси // Технические культуры. 1993. № 1. С. 20–22.
11. Alekhin S.N., Sidorova N.V. Optimal content of mobile forms of NPK in the nutrient mixture // Tekhnicheskije kul'tury. 1993. № 1. P. 20–22 (in Russian).
12. Алёхин С.Н., Плотникова Т.В., Саломатин В.А., Мурзинова И.И., Сидорова Н.В. Методическое руководство по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках. ГНУ ВНИИТТИ. Краснодар, 2013. 27 с.
13. Alekhin S.N., Plotnikova T.V., Salomatina V.A., Murzinova I.I., Sidorova N.V. Methodical guidelines for conducting agrotechnical experiments with tobacco in nurseries. GNU VNIITTI. Krasnodar, 2013. 27 p. (in Russian).
14. Алёхин С.Н., Саломатин В.А., Исаев А.П., Рудомакха В.П., Плотникова Т.В., Мурзинова И.И., Шулика Н.Г., Писклов В.П., Ларькина Н.И. Методическое руководство по проведению полевых агротехнических опытов с табаком (*Nicotiana tabacum* L.). ГНУ ВНИИТТИ. Краснодар, 2011. 42 с.
15. Alekhin S.N., Salomatina V.A., Isaev A.P., Rudomakha V.P., Plotnikova T.V., Murzinova I.I., Shulika N.G., Pisklov V.P., Larkina N.I. Methodical guidelines for conducting field agrotechnical experiments with tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). GNU VNIITTI. Krasnodar, 2011. 42 p. (in Russian).
16. Мохначев И.Г., Писклов В.П., Шерстяных Н.А. Методы анализа табака и табачного дыма. Краснодар, 1976. 83 с. Деп. в ВНИИТИ.
17. Mokhnachev I.G., Pisklov V.P., Sherstyanykh N.A. Methods for the analysis of tobacco and tobacco smoke. Krasnodar, 1976. 83 p. Dep. v VINITI (in Russian).
18. ГОСТ 30038-93. Табак и табачные изделия. Определение алкалоидов в табаке. Спектрофотометрический метод. Введ. 1995-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1995. 11 с.
19. Семина С.А., Иняхин А.Г. Влияние условий выращивания на продуктивность фотосинтеза и урожайность кукурузы // Нива Поволжья. 2013. № 1 (26). С. 35–39.
20. Semina S.A., Inyakhin A.G. Influence of growing conditions on the productivity of photosynthesis and corn productivity // Niva Povolzhya. 2013. № 1 (26). P. 35–39 (in Russian).
21. Плотникова Т.В., Саломатин В.А., Соболева Л.М., Сидорова Н.В., Егорова Е.В., Винева Н.Н. Способ снижения засоренности посевов и ингибирующего действия гербицида при выращивании рассады табака // Патент РФ № 2710725. Патентообладатель ФГБНУ ВНИИТТИ. 2020. Бюл. № 1.

СТАТЬИ

УДК 665.615

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КАВИТАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОДТОВАРНОЙ ВОДЫ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**Ананьев К.М., Алексеева Е.А., Твердохлебов В.П.***ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: inig@sfu-kras.ru*

Разработка методов очистки подтоварной воды от примесей и эмульгированной нефти для подготовки к закачке в систему поддержания пластового давления является актуальной задачей для нефтедобывающих предприятий. Кроме того, разработка эффективного метода снижения минерализации, пригодного для переработки пластовой воды, содержащей, помимо растворенных солей, нефтепромысловые реагенты, кислые газы, эмульгированные углеводороды, механические примеси, позволит вовлечь подтоварную воду в технологические процессы на промысле и снизить объемы потребляемой пресной воды, забираемой из природных источников. В данной работе рассматривается возможность применения для этих целей метода ультразвуковой кавитации. Образцы пластовой воды Тагульского, Курумбинского и Юрубчено-Тохомского месторождений подвергали обработке ультразвуком с частотой 20 кГц и амплитудой до 153 $\mu\text{m}_{\text{с}}$ в течение не менее 3 ч. Оценивали массовое содержание в пробах воды карбонат-, гидрокарбонат-, сульфат-анионов, катионов кальция, pH и общую и временную жесткость воды, а также содержание эмульгированной нефти и распределение по размерам глобул нефти в воде. В результате было установлено, что под воздействием ультразвуковой кавитации увеличивается интенсивность процессов гидролиза, в первую очередь по гидрокарбонат-аниону, что сопровождается снижением временной жесткости, при этом pH смещается в щелочную сторону в среднем на 1 ед. Содержание прочих катионов и анионов изменяется незначительно. При ультразвуковой кавитационной обработке эффективно снижается содержание углеводородов в пластовой воде, а также в 2–5 раз уменьшается средний диаметр глобул диспергированной нефти. Также было показано, что при использованной частоте эффективно применение устройств с амплитудой ультразвука не менее 90 $\mu\text{m}_{\text{с}}$ и без пульсации.

Ключевые слова: пластовая вода, ультразвуковая кавитация, нефть, минерализация, соли жесткости**USING CAVITATION FOR PURIFICATION OF PRODUCTION WATER OF OIL FIELDS****Ananayev K.M., Alekseeva E.A., Tverdokhlebov V.P.***Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: inig@sfu-kras.ru*

The development of methods for purification of produced water from impurities and emulsified oil for preparation for injection into the reservoir pressure maintenance system is an urgent task for oil producing enterprises. In addition, the development of an effective method for reducing salinity, which is suitable for processing formation water containing, in addition to dissolved salts, oilfield reagents, acid gases, emulsified hydrocarbons, mechanical impurities, will allow the produced water to be involved in production processes in the field and reduce the volume of fresh water consumed, taken from natural sources. This paper discusses the possibility of using the ultrasonic cavitation method for these purposes. Samples of formation water from the Tagulskoye, Kuyumbinskoye and Yurubcheno-Tokhomskoye fields were sonicated with a frequency of 20 kHz and an amplitude of up to 153 $\mu\text{m}_{\text{с}}$ for at least 3 hours. Evaluated the mass content in water samples, the content of carbonate, bicarbonate, sulfate anions, calcium cations, pH and total and temporary water hardness, as well as the content of emulsified and oil, the size of oil globules in water. As a result, it was found that under the influence of ultrasonic cavitation, the intensity of hydrolysis processes increases, primarily in the hydrocarbonate anion, which is accompanied by a decrease in temporary hardness, while the pH shifts to the alkaline side by an average of 1 pH point. The content of other cations and anions changes insignificantly. With ultrasonic cavitation treatment, the content of hydrocarbons in the formation water is effectively reduced, and the average diameter of dispersed oil globules decreases by 2–5 times. Также было показано, что при использованной частоте, эффективно применение устройств с амплитудой ультразвука не менее 90 $\mu\text{m}_{\text{с}}$ и без пульсации.

Keywords: formation water, ultrasonic cavitation, oil, mineralization, hardness salts

Неотъемлемым спутником добываемой нефти является пластовая вода. Отделение попутно-добываемой воды является важным этапом технологии промышленной подготовки нефти. В результате добываются остаточного содержания воды, не превышающего 0,5% мас., и установившихся требований по содержанию хлористых солей [1].

Соли растворены в пластовой воде, эмульгированной в нефти, и их удаление выполняют с использованием процесса

обессоливания. Нефть смешивают со свежей слабоминерализованной водой из природных поверхностных источников, при этом минерализованная эмульгированная вода смешивается с промысловой водой и выводится после разрушения эмульсии.

В связи с тем, что для процесса глубокого обессоливания требуется подача пресной воды, перед производством стоит задача обеспечить себя таковой в требуемых объемах. Для этого осуществляют забор воды

из ближайших водных бассейнов (озера, реки, водохранилища), но стоит отметить, что далеко не каждое месторождение располагает такими ресурсами.

По стандартной схеме пресная вода из природных источников через установку водозабора поступает на центральный пункт сбора. Пройдя полный цикл подготовки нефти, пресная вода, вместе с пластовой, утилизируется в продуктивный пласт [2; 3]. Отсюда следует, что, с ростом добываемой нефтесодержащей жидкости, увеличиваются требуемые объемы закачки и возрастают дополнительные затраты.

Нефтегазодобывающие компании несут немалые расходы на покупку и обслуживание оборудования для забора воды, а также на выплаты налогов за пользование водными ресурсами. Помимо постоянного роста платежей и налогов, из-за увеличения требуемого объема промывной воды увеличивается и объем воды, утилизируемый в скважину. Тем самым с ростом объемов добываемой продукции повышаются и эксплуатационные затраты.

Решение производственных проблем, связанных с водозабором и водопотреблением на месторождении, остаются актуальными и на сегодняшний день.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что сокращение объемов утилизируемой воды принесет положительный эффект как с экономической, так и с технологической точки зрения. Для этого нужно обеспечить высокое качество подготовки пластовой воды на месторождении, которое позволит как максимум использовать ее повторно для промывки эмульсии перед электродегидраторами (т.е. на эти цели вода из природных источников не забирается совсем или забирается в разы меньше).

Кроме того, актуальной задачей является разработка новых эффективных методов очистки подтоварной воды от механических примесей, нефтепродуктов, органики и сульфатвосстанавливающих бактерий для закачки в систему поддержания пластового давления.

Поиск более мобильного, технологически простого решения, предназначенного для очистки пластовой воды и позволяющего сделать производство более продуктивным и экологичным, а также снизить эксплуатационные затраты производства, является актуальной задачей для нефтедобывающих предприятий.

Таким решением может стать кавитация. Принцип очистки воды посредством кавитации основан на том, что внутри схлопы-

вающихся кавитационных пузырьков возникают высокие температуры (500–800 °С, по некоторым оценкам – выше) и давления до 104 кг/см². В таких условиях кавитация сопровождается разложением воды и образованием перекиси водорода, радикалов OH[•] и H[•] [4; 5]. При этом улучшаются цветность, мутность воды, pH смещается в щелочную сторону [6], увеличивается окислительно-восстановительный потенциал, удельная электропроводность, снижается концентрация растворенного кислорода [6; 7], происходит обеззараживание, в том числе уничтожаются споры грибов и бактерий [4].

Ультразвуковая кавитация может быть менее эффективной, чем гидродинамическая, однако она лишена таких недостатков, как опасность кавитационного разрушения технологического оборудования и рабочих элементов установки.

Целью работы являлась оценка возможности использования метода ультразвуковой кавитации для снижения минерализации и очистки от нефтепродуктов подтоварной воды нефтяных месторождений, для разработки способов ее использования в технологических нуждах нефтедобывающих предприятий.

Материалы и методы исследования

Влияние ультразвуковой кавитации на состав растворенных солей и содержание эмульгированной нефти оценивали с использованием образцов подтоварной воды Куюмбинского (КВ), Юрубчено-Тохомского (ЮТВ) и Тагульского (ТВ) месторождений.

Содержание хлорид, карбонат- и гидрокарбонат-анионов, катионов кальция и магния выполняли в соответствии с [8]. Концентрацию хлорид-анионов определяли меркуриметрическим титрованием раствором азотнокислой ртути (II) с концентрацией 0,025 моль/дм³ с индикатором дифенилкарбазидом в кислой среде. Определение массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов, временной жесткости проводили титрованием пробы воды 0,1 моль/дм³ раствором соляной кислоты в присутствии индикаторов фенолфталеина в начале титрования, а затем – метилового оранжевого. Массовую концентрацию ионов кальция, а также общую жесткость воды определяли титрованием раствором трилона Б с концентрацией 0,05 моль/дм³ с индикаторами мурексид и эриохром черный.

Содержание нефти в пробах воды определяли фотоколориметрическим методом. Эмульгированные нефтепродукты экстра-

гировали четыреххлористым углеродом, после чего проводили измерение оптической плотности окрашенного экстракта. Концентрацию нефтепродуктов в воде определяли по градуировочному графику.

Определение размера частиц эмульгированной нефти проводили с использованием оптического анализатора Turbiscan Lab, принцип действия которого заключается в оптическом сканировании виалы с образцом по высоте, с регистрацией профилей пропускания и обратного рассеяния инфракрасного излучения.

Результаты анализа исходных образцов подтоварной воды представлены в табл. 1.

Обработку ультразвуком проводили при помощи лабораторного диспергатора Bandelin Sonopuls HD 2200 с рабочей частотой 20 кГц, при регулировке амплитуды от 20 до 100% (максимальное значение амплитуды 153 μm_{ss}) и режима пульсации. Пробу помещали в термостатируемую ячейку, температура воды в рубашке этой ячейки контролировалась циркуляционным термостатом.

Результаты исследования и их обсуждение

Обработку образцов проводили в течение 3,5 ч, с отбором пробы каждые 0,5 ч в базовом режиме – 80% амплитуды и без пульсации. При обработке подтоварных вод не происходило выпадения осадков или хлопьев, однако наблюдалось неинтенсивное выделение пузырьков газа. В результате кавитационной обработки содержание гидрокарбонат-анионов снизилось

на 28–50% (с 854 до 610 мг/дм³ для ТВ, со 122 до 61 мг/дм³ для КВ и со 198 до 122 мг/дм³ для ЮТВ) (рис. 1, а). Содержание ионов кальция, хлорид- и сульфат-анионов изменялось несущественно (рис. 1, б–г).

В связи со снижением содержания гидрокарбонат-анионов временная жесткость воды уменьшилась в 1,7 (ЮТВ), 2,0 (КВ) и 2,8 (ТВ) раз. Общая жесткость снизилась только для образца ТВ (с 33 до 10 ммоль/л), для прочих образцов значение показателя практически не изменилось. Для всех образцов подтоварной воды значение рН в течение обработки сместилось в среднем на 1 ед. в щелочную сторону.

Направление протекающих при кавитационной обработке химических процессов объясняют в первую очередь через инициирование радикальных реакций, главным образом – в молекулах воды, продукты деструкции которых взаимодействуют с растворенными или эмульгированными веществами с образованием преимущественно продуктов окисления.

Однако в нашем случае изменения степени окисления углерода при превращении гидрокарбонат-анионов в углекислый газ не происходит. В результате можно сделать вывод о том, что кавитация способствует увеличению интенсивности процессов гидролиза по карбонат- и гидрокарбонат-аниону с выделением углекислого газа, за счет чего не происходит снижения концентрации основного катиона (кальция), при этом в растворе увеличивается концентрация гидроксид-анионов, и рН смещается в щелочную сторону.

Таблица 1

Характеристика подтоварных вод для исследования

Наименование показателя	Наименование образца		
	ТВ	КВ	ЮТВ
Плотность при 20°C, кг/м ³	1008	1152	1125
рН	7,39	5,89	5,78
Общая минерализация, мг/дм ³	21230	284319	249161
Массовая концентрация, мг/дм ³			
CO ₃ ²⁻	0	0	0
HCO ₃ ⁻	854	125	122
Cl ⁻	9552	1629067	144913
SO ₄ ²⁻	106	85	422
Ca ²⁺	661	328656	260520
нефти	52,2	124	63,8
Общая жесткость (ОЖ), ммоль/л	33	1125	975

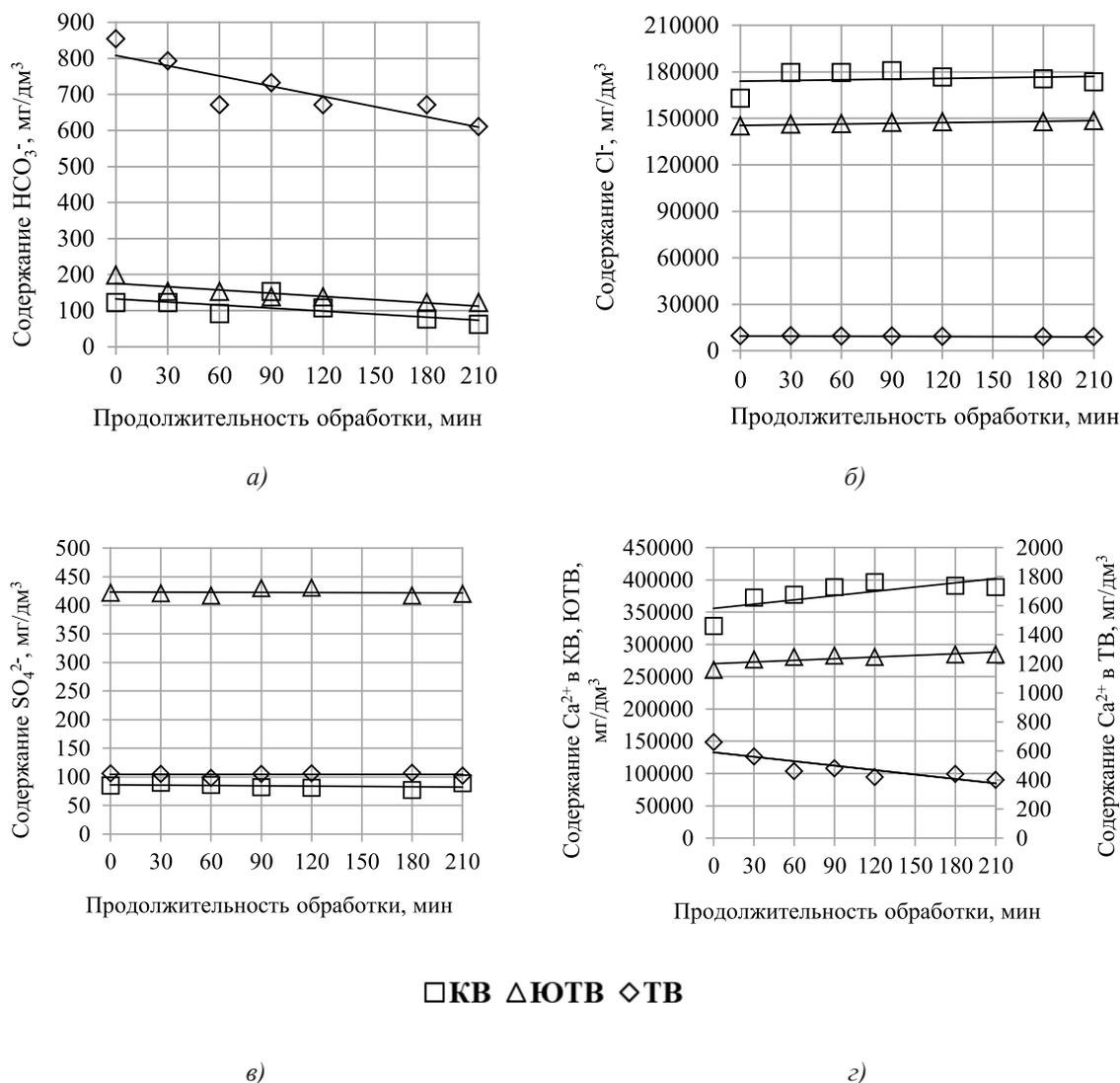


Рис. 1. Содержание ионов HCO_3^- (а), Cl^- (б), SO_4^{2-} (в), Ca^{2+} (г) в подтоварной воде при ультразвуковой кавитационной обработке

Влияние режима ультразвуковой кавитации на химический состав пластовой воды оценивали по содержанию гидрокарбонат-анионов в образцах пластовых вод. Регулировали амплитуду от 20 до 100% с шагом в 20%, а также режим пульсации (активный интервал/пассивный интервал, с: 0,1/0,9; 0,5/0,5; 0,9/0,1). Каждую пробу обрабатывали в течение 3 ч. Результаты определения содержания гидрокарбонат-аниона в образцах после ультразвуковой обработки представлены на рис. 2.

Полученные результаты показывают, что использованная интенсивность ультразвука не является достаточной для того, чтобы добиться максимального эффекта по снижению содержания гидрокарбонат-

анионов в пластовой воде. Увеличение амплитуды ультразвука в диапазоне до 60 μm_{ss} практически не влияет на эффективность ультразвуковой кавитационной обработки, т.е. она практически не оказывает влияния на содержание гидрокарбоната в пластовой воде. При этом при увеличении амплитуды от 60 до 90 μm_{ss} было показано наибольшее снижение содержания гидрокарбонат-анионов в образцах – оно составило 22,8% для ТН, 26,5% для ЮТВ и 22,8% для КВ.

Использование различного режима пульсации показало, что на эффективность снижения содержания гидрокарбонат-анионов влияет исключительно суммарная продолжительность кавитации.

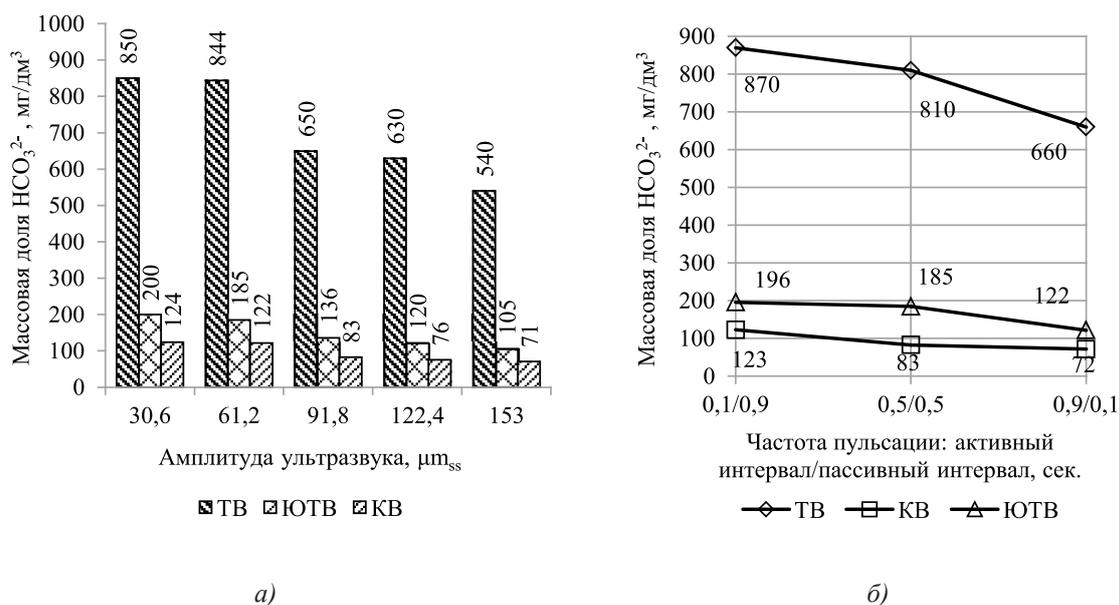


Рис. 2. Изменение содержания гидрокарбонат-анионов в пластовой воде при различных режимах ультразвуковой обработки: а – регулирование амплитуды ультразвука, б – регулирование режима пульсации

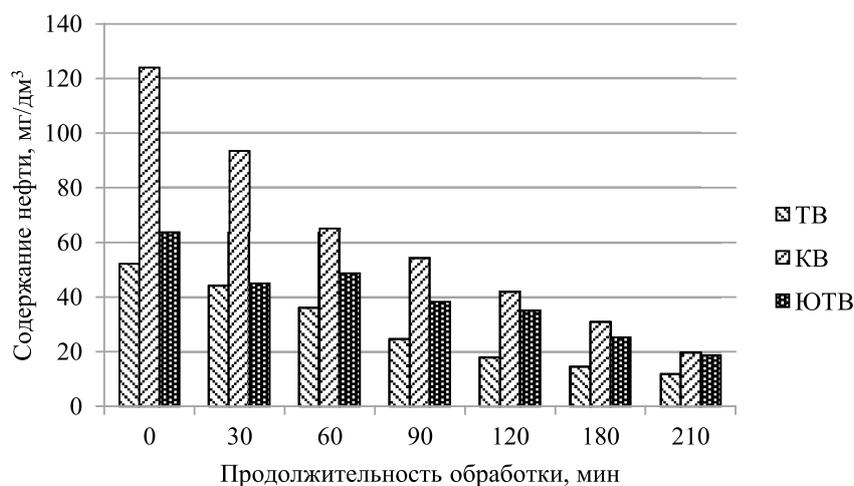


Рис. 3. Изменение содержания эмульгированной нефти в подтоварной воде при ультразвуковой кавитационной обработке

Известно, что за счет кавитационного воздействия растворенная и эмульгированная органика удаляется из водной среды за счет ее разложения до диоксида углерода и удаления в виде газа [7; 8]. В то же время сообщается, что воздействие ультразвука может приводить к эмульгированию нефтепродуктов и органики в воде. Обработку воды для оценки влияния ультразвуковой кавитации на содержание эмульгированной нефти проводили в течение 3,5 ч с отбором

проб каждые 30 мин при амплитуде 80% и без пульсации.

Для всех исследованных образцов с увеличением продолжительности кавитационной обработки содержание нефти значительно снизилось (рис. 3) – на 71,6% для ТВ, на 83,8% для КВ и на 70,6% для ЮТВ. В среднем за первые 30 мин содержание эмульгированных углеводородов снизилось на 30%, а за первые 90 мин обработки – вдвое.

Кроме того, в результате ультразвуковой обработки для всех образцов было получено значительное снижение среднего размера эмульгированных частиц нефти в воде (табл. 2).

Таблица 2
Размер частиц эмульгированной нефти в образцах подтоварной нефти до и после кавитационной обработки

Наименование образца		Размер частиц дисперсной фазы, мкм
ТВ	до обработки	5–11
	после обработки	2–6
КВ	до обработки	3–20
	после обработки	2–4
ЮТВ	до обработки	6–24
	после обработки	3–5

С учетом требований по подготовке воды для закачки в систему поддержания пластового давления [9], содержание эмульгированной нефти не должно превышать, для разной проницаемости пористой среды коллектора, 5–50 мг/дм³. При этом размер частиц дисперсной фазы не должен превышать 1–5 мкм. Следовательно, ультразвуковую кавитацию можно рассмотреть как элемент установок подготовки воды для заводнения нефтяных пластов.

Закключение

Таким образом, по совокупности проведенных измерений можно сделать вывод о том, что в процессе ультразвуковой кавитации подтоварной воды происходит в первую очередь интенсификация процессов гидролиза по гидрокарбонат-аниону с выделением углекислого газа. В результате удается добиться снижения карбонатной жесткости обрабатываемой воды. Кроме того, в подтоварной воде снижается содержание нефти и средний размер дисперсной фазы прямой эмульсии. Это в совокупности позволяет в перспективе рассмотреть ультразвуковую кавитацию для увеличения эффективности подготовки воды для закачки в систему поддержания пластового давления как достаточно технологически простой, неметаллоемкий и универсальный метод.

Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках Конкурса проектов прикладных научных исследований

и экспериментальных разработок, выполняемых магистрантами и аспирантами в целях обеспечения устойчивого развития Арктики и территорий Крайнего Севера.

Список литературы

- ГОСТ 51858-2002 Нефть. Общие технические условия. Введ.: М.: Стандартинформ, 2006. 54 с.
- Мещурова Т.А., Ходяшев М.Б. К вопросу о пластовой и подтоварной воде // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 4. С. 68–73.
- Meshchurova T.A., Khodyashev M.B. On the issue of reservoir and bottom water // Ekologiya urbanizirovannykh territoriy. 2018. № 4. P. 68–73 (in Russian).
- Султанаева А.Р. Обезвоживание нефти с последующим применением воды для закачки в пласт // Проблемы науки. 2018. № 4 (28). С. 56–59.
- Sultanaeva A.R. Oil dehydration with subsequent use of water for injection into the reservoir // Problemy nauki. 2018. № 4 (28). P. 56–59 (in Russian).
- Промтов М.А., Алешин А.В., Колесникова М.М., Карпов Д.С. Обеззараживание сточных вод кавитационной обработкой // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Т. 21. № 1. С. 105–111.
- Promptov M.A., Aleshin A.V., Kolesnikova M.M., Karpov D.S. Disinfection of waste water by cavitation treatment // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2015. Vol. 21. № 1. P. 105–111 (in Russian).
- Курников А.С., Мизгирев Д.С., Молочная Т.В., Валиулин С.Н. Способ очистки балластных вод // Патент РФ № 2591965. Патентообладатель: ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта». 2016. Бюл. № 20.
- Kurnikov A.S., Mizgirev D.S., Molochnaya T.V., Valiulin S.N. Ballast water treatment method // RF Patent № 2591965. Patentoobladatel': FGOU VPO «Volzhskaya gosudarstvennaya akademiya vodnogo transporta». 2016. Bul. № 20 (in Russian).
- Кулагин В.А., Сапожникова Е.С., Стебелева О.П., Кашкина Л.В., Чжэн Чжи-Ин, Ли Цянь, Ли Фэн-Чэн Особенности влияния эффектов кавитации на физико-химические свойства воды и стоков // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т. 7. № 5. С. 605–614.
- Kulagin V.A., Sapozhnikova E.S., Stebeleva O.P., Kashkina L.V., Zheng Zhi-Ying, Li Qian, Li Feng-Chen Features of the influence of cavitation effects on the physicochemical properties of water and effluents // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. 2014. Vol. 7. № 5. P. 605–614 (in Russian).
- Дубровская О.Г., Кулагин В.А. Безреагентная очистка промышленных сточных вод, содержащих тяжелые металлы, на основе технологии гидротермодинамической кавитации // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2019. Т. 12. № 4. С. 460–467.
- Dubrovskaya O.G., Kulagin V.A. Reagent-free treatment of industrial waste water containing heavy metals based on the technology of hydrothermodynamic cavitation // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. 2019. Vol. 12. № 4. P. 460–467 (in Russian).
- Методические указания ПАО «НК Роснефть» № П4-04 «Порядок выполнения компонентного анализа пластовых вод». Введ.: 03.06.2013.
- Rosneft Methodical Instructions № P4-04 «Procedure for Performing Component Analysis of Formation Waters». Input: 03.06.2013 (in Russian).
- ОСТ 39-225-88 Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству. М.: Министерство нефтяной промышленности, 1990. 10 с.

УДК 911.52:581.543

**ТЕНДЕНЦИИ ВЕСЕННЕГО РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
В УСЛОВИЯХ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ УРАЛА
В КОНТЕКСТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

**¹Гурьевских О.Ю., ¹Иванова Ю.Р., ¹Скок Н.В., ¹Юровских А.М.,
¹Янцер О.В., ²Куянцева Н.Б., ³Прокошева И.В., ⁴Тертица Т.К.**

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет,
Екатеринбург, e-mail: ksenia_yantser@bk.ru;

²Ильменский государственный заповедник им. В.И. Ленина, Миасс;

³ФГБУ «Заповедник Вишерский», Красновишерск;

⁴Печоро-Ильчский государственный природный биосферный заповедник, Якша

Статья посвящена результатам исследований тенденций весеннего развития растительности в ландшафтных областях и провинциях Северного, Среднего и Южного Урала с 1925 по 2019 г. По данным архивов РГО, фондовых материалов заповедников и метеостанций, а также экспедиционных исследований проведен расчет метеорологических показателей, средних многолетних дат наступления явлений и их трендов. При анализе массива апробирована методика отбора корректных данных при расчете количественных показателей весенних фенологических процессов. В качестве основного материала для анализа использованы данные по климатическим и фенологическим явлениям, характеризующим начало, середину и окончание весны: начало сокодвижения у березы (*Betula pubescens*; *Betula Pendula* Roth.), начало зеления березы и начало цветения черемухи (*Padus avium* Mill.). В работе приведены широтные, долготные и высотные градиенты и скорости продвижения явлений в пространстве, установлены границы весны во всех ландшафтных провинциях. Особый акцент в статье сделан на тенденциях изменения термического режима и весеннего развития березы и черемухи по провинциям. Установлена зависимость между сроками наступления весенних явлений, пороговыми значениями температур +5°, +10°, +12° и +14°, а также влияние сумм положительных температур на явления-феноиндикаторы. Установлены отрицательные тренды изменения среднегодовой температуры воздуха и весенних процессов у березы и черемухи, свидетельствующие о смещении сроков наступления сезонных явлений на более ранние и характеризующие динамику пространственно-временной структуры природных комплексов Урала. Однонаправленные, но различные величины изменения трендов определяются разнообразием ландшафтной структуры.

Ключевые слова: ландшафтные провинции Урала, весенние фенологические явления, динамика, температурный режим, феноиндикация, тренды сезонных явлений

**TRENDS IN THE SPRING DEVELOPMENT OF VEGETATION
IN THE CONTEXT OF THE LANDSCAPE DIVERSITY
OF THE URALS IN THE CONTEXT OF CLIMATIC CHANGES**

**¹Guryevskikh O.Yu., ¹Ivanova Yu.R., ¹Skok N.V., ¹Yurovskikh A.M.,
¹Yantser O.V., ²Kuyantseva N.B., ³Prokosheva I.V., ⁴Tertitsa T.K.**

¹Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, e-mail: ksenia_yantser@bk.ru;

²V.I. Lenin Ilmenny State Reserve, Miass;

³Vishersky Reserve, Krasnovishersk;

⁴Pechoro-Ilych State Natural Biosphere Reserve, Yaksha

The article deals with the results of research trends in the spring development of vegetation in the landscape areas and provinces of the Northern, Middle and South Urals from 1925 to 2019. According to the archives of The Russian Geographical Society, stock materials of nature reserves and meteorological stations, as well as expeditionary studies, the calculation of meteorological indicators, the average perennial dates of the occurrence of phenomena and their trends. When analyzing the array, the method of selecting corrective data is tested when calculating quantitative indicators of spring phenology processes. As the main material for the analysis, data on climatic and phenological phenomena, characterizing the beginning, middle and end of spring: beginning of birch sap flow (*Betula Pubescens*; *Betula Pendula* Roth.), beginning of the blooming leaves birch and the beginning of the blossom of the cherry (*Padus Avium* Mill.). The paper presents latitudinal, long-term and high-rise gradients and the speed of promotion of phenomena in space, the boundaries of spring are installed in all landscaped provinces. A special emphasis in the article is made on the trends in the thermal regime and spring development of birch and cherry for the provinces. The relationship is established between the timing of the onset of spring phenomena, thresholds of temperatures +5°C, +10°C, +12°C and +14°C, as well as the effect of the sums of positive temperatures on the phenoindicator phenomena. Negative trends have been established changes in the average annual air temperature and spring processes in birch and cherry, indicating the displacement of the timing of seasonal phenomena earlier and characterizing the dynamics of the spatial-temporal structure of natural complexes of the Urals. Unidirectional, but various variables of trends are determined by a variety of landscape structure.

Keywords: landscape provinces of the Urals, spring phonological phenomena, dynamics, temperature regime, fenoindication, seasonal trends

Познание функционирования ландшафтов происходит через изучение отдельных процессов перемещения вещества, энергии и информации. Физико-географические процессы характеризуются качественными и количественными показателями, отражающими состояния природных комплексов. Устойчивая смена режима функционирования ландшафта проявляется ритмически, происходит согласованно и физиономично проявляется в динамике фитокомпонента. Исследование ее внешних проявлений приводит к установлению пространственных фенологических закономерностей, что служит географической характеристикой функционирования ландшафтов разного уровня и ранга.

Изменения климата и метеорологических показателей для территории России характеризуются повышением среднегодовой температуры воздуха (СГТВ) начиная с 1976 г. В оценочных докладах об изменениях климата отмечается неравнозначное увеличение температуры приземного воздуха по регионам в разные сезоны. По данным Росгидромета, потепление по России за XX в. составило 1,29 °C [1].

В последние годы особую актуальность приобретает изучение реакции растений на изменение климатических показателей с помощью программ многолетних фитофенологических исследований. Отмечается преобладание ярко выраженных фенологических тенденций, подтверждающих современное потепление климата. Вслед за повышением температуры происходит смещение дат весенних фенологических явлений на более ранние сроки. Однако данная тенденция характерна не для всех видов и сообществ растений. Наиболее существенное влияние климатических изменений характерно для растительности горных территорий [2; 3].

Целью данной работы является анализ тенденций смещения сроков наступления весенних фенологических явлений в сопоставлении с характером многолетних изменений температурных показателей. Исследование включает анализ весенней динамики ландшафтных провинций Северного, Среднего и Южного Урала в связи с климатическими изменениями в XX и начале XXI вв.

Материалы и методы исследования

Инвариантной основой для анализа тенденций весеннего развития растительности служат результаты физико-географическо-

го районирования Урала. Существует несколько признанных схем физико-географического районирования Урала, которые разработаны выдающимися представителями региональных ландшафтных школ: Л.Д. Долгушин (1955), А.М. Оленев (1959), А.Г. Чикишев (1966), А.А. Макунина (1974), В.И. Прокаев (1983), А.А. Чибилев (2011), А.В. Шакиров (2011) и др. [4; 5]. Комплексностью и принципиальной обоснованностью отличается [6] генетическая классификация и схема физико-географического районирования Новоземельско-Уральской равнинно-горной страны В.И. Прокаева [7], на основе теоретических построений которой проанализировано ландшафтное разнообразие региона. При выявлении эмерджентных эффектов с позиции функционально-динамического подхода за основу принята концепция многорядной системы природных комплексов В.И. Прокаева, интегрированная в методологию полимаштабного анализа структуры ландшафта, разработанную А.В. Хорошевым [8].

Специфика Новоземельско-Уральской равнинно-горной страны обусловлена генетическими факторами формирования территории под действием эндогенной и экзогенной энергии. В природе Урала ярко проявляются закономерности физико-географической дифференциации разного порядка: планетарные – тектогенная, климатогенная: зональная и секторная; региональные – высотно-поясная, барьерная, солярно-экспозиционная; местные топографические, связанные со спецификой местоположения в пределах форм и элементов рельефа, а также обусловленные антропогенным фактором. Физико-географическое районирование территории основано на принципах индивидуальной классификации природных комплексов, выполненной на генетической основе. При определении иерархического ранга природных комплексов применены критерии сложности и оригинальности в пределах генетических рядов тектогенных, климатогенных и ландшафтных геосистем.

Основными единицами, отвечающими задаче анализа тенденций сезонной динамики природных комплексов для установления климатических изменений, явились ландшафтная область и ландшафтная провинция. Ландшафтная область, включающая природные комплексы одной аazonальной страны, однородные по зональным и секторным особенностям, характеризуется основными типичными характеристиками гидротерми-

ческих показателей: планетарным количеством тепла и влаги и их соотношением, т.е. энергетическими предпосылками для протекания физико-географических процессов. По странам изменяются главные черты геологического строения и рельефа и, следовательно, основные вещественные предпосылки для протекания этих процессов. Кроме того, геолого-геоморфологические факторы вносят существенные коррективы в секторно-зональный гидротермический фон, перераспределяя планетарные количества тепла и влаги по формам и элементам рельефа. Особенно велика роль геолого-геоморфологических факторов в горах, где зональность и секторность сильно осложняются высотой поясною и проявляются в зональных и секторных типах ее структуры [7]. Страны, зоны и секторы – генетические единства, поэтому, учитывая секторную и зональную однородность природных комплексов Урала внутри ландшафтных областей, возможно объяснение ряда климатических параметров при характеристике тенденций сезонной динамики вообще и весенних явлений в частности.

Обследованная территория Северного, Среднего и Южного Урала расположена в пределах пяти ландшафтных областей Новоземельско-Уральской равнинно-горной страны: таежной умеренно континентальной, таежной континентальной, лесостепной умеренно континентальной, лесостепной континентальной и степной континентальной. Ландшафтные области Урала, сочетающие в себе сопоставимую степень тектогенной и климатогенной однородности, выделяются методом «наложения» границ односторонних природных комплексов сопоставимого ранга: страны, зоны и сектора [9]. Причем секторные факторы дифференциации приводят к обособлению в пределах таежной и лесостепной зон Северного, Среднего и Южного Урала двух зонально однородных ландшафтных областей – умеренно континентальной и континентальной.

Ландшафтная область, особенно выделяемая в горах, представляет собой достаточно крупное и закономерно разнородное территориальное образование. Например, таежные области Урала включают не только горную полосу, но и предгорья, и Зауральский пенеппен, отличающиеся не только характером геолого-геоморфологической основы, но и различиями остальных природных компонентов. Поэтому в качестве основной физико-географической единицы

для анализа тенденций весеннего развития растительности выбрана единица более низкого ранга – ландшафтная провинция. Эта геосистема объединяет природные комплексы, сходные по подзональным, секторным и неотектонико-орографическим особенностям. Геолого-геоморфологическая основа провинций характеризуется преобладанием одного морфометрического типа горного или равнинного рельефа, обусловленного общностью неотектонического режима; а в горах – сходством структуры высотной поясною. Ландшафтные провинции обособляются в результате пространственного наложения факторов обособления тектогенных краев, подзон и климатических подсекторов. Таежная зона Урала характеризуется наибольшим ландшафтным разнообразием, обусловленным значительной протяженностью территории с севера на юг, меридиональным направлением геологических структур и форм рельефа в пределах Северного и Среднего Урала. Меридиональная вытянутость хребтов определяет секторную и барьерную дифференциацию территории и, как результат, деление Западных и Восточных макросклонов границей Восточно-Русского и Западно-Сибирского подсекторов, которая одновременно является границей умеренно континентального и континентального секторов Евразии. Восточно-Русский подсектор характеризуется умеренно-континентальным климатом и годовой амплитудой температуры воздуха 28–33°, а Западно-Сибирский – континентальным климатом с годовой амплитудой 34–44° [7]. В результате наложения факторов тектогенной и климатогенной дифференциации в пределах таежной умеренно континентальной ландшафтной области Урала обособляется четыре провинции: Щугоро-Вишерская западных предгорий Северного Урала, Среднегорная Щугоро-Усьвинская Северного Урала, Косью-Юрюзанская западных предгорий Среднего Урала, Низкогорная провинция Среднего Урала. Таежная континентальная область Урала включает три ландшафтные провинции: Ятрия-Лобвинскую восточных предгорий Северного Урала, Исетско-Лялинскую восточных предгорий Среднего Урала и Тагило-Пышминскую Зауральского пенеппена.

В пределах лесостепной ландшафтной области Урала сложность ландшафтного строения определяется геолого-геоморфологическим фактором, хотя обособление провинций также происходит на однородном секторно-зональном фоне. В умеренно

континентальных условиях выделяется Западная предгорно-среднегорная провинция Южного Урала. В условиях континентального сектора сформировались природные комплексы двух ландшафтных провинций: Восточной предгорно-среднегорной Южного Урала и Исетско-Уйской провинции Зауральского пенепплена.

Степная ландшафтная область обособилась в условиях засушливости и континентальности климата и занимает крайнее южное положение на обследованной территории Южного Урала. В пределах степной континентальной области отчетливо выделяются две ландшафтные единицы: провинция Южно-Уральской возвышенности и Урало-Тобольская провинция Зауральского пенепплена.

Инвентаризационное изучение материалов фенологических данных по ландшафтным провинциям Урала выполнено на основе анализа архивных документов фенологической сети РГО в 2020 г. В качестве основного материала для анализа использованы данные по климатическим и фенологическим явлениям, характеризующим начало, середину и окончание весны: начало сокодвижения у березы (*Betula pubescens*; *Betula Pendula* Roth.), начало зеленения березы (*Betula pubescens*; *Betula Pendula* Roth.) и начало цветения черемухи (*Padus avium* Mill.). Обследовано более 45 тыс. бланков фенологической сети РГО, заполненных корреспондентами-наблюдателями в период с 1891 по 2007 г. по территориям Пермского края, Свердловской, Челябинской, Курганской, Оренбургской, Тюменской областей и Республики Башкортостан. Бланки наблюдений переведены в электронный формат, составлен реестр пунктов наблюдений по ландшафтным областям и провинциям Урала и таблицы по конкретным явлениям природы. Анализ фенологических материалов выполнен по двенадцати ландшафтным провинциям Северного, Среднего и Южного Урала в пределах трех ландшафтных областей.

Максимальным напряжением и временной изменчивостью жизненных процессов в биоте характеризуется вегетационный период. К наиболее распространенным и надежно определяемым фенологическим явлениям в природе, которые интегрально характеризуют весенние гидрометеорологические условия, относятся зеленение березы бородавчатой (повислой) (*Betula pubescens*; *Betula Pendula* Roth.) и начало цветения черемухи обыкновенной (*Padus*

avium Mill.). Многолетняя динамика сроков наступления данных фенофаз дает возможность оценить в первую очередь тенденции изменения термических условий весны [10, 11].

Методами изучения сезонной динамики традиционно являются полевые наблюдения, которые позволяют отслеживать ритмические изменения природных компонентов. В работе собраны данные по программам УОЛЕ, фенологической комиссии Всесоюзного географического общества, Русского географического общества и сети ООПТ Урала.

При описании сезонной динамики наибольшую ценность представляют длинные ряды наблюдений, сопоставимые с характерным временем развития геосистем. Подобные фенологические ряды накоплены классическим или первичным методом группы регистраторов срока, суть которого состоит в фиксации даты наступления явления на определенной территории и расчета средней даты наступления явления [12]. На следующем этапе для каждой провинции материал был проанализирован на дефектность. Даты, отклонения которых составили более ± 3 суток от средних и явно аномальные, были исключены из базы данных. Для оптимизации сравнения показателей провинций произведен расчет широтного, долготного и высотного градиентов. При обработке результатов наблюдений оценены следующие параметры: средняя многолетняя дата наступления явления (X ср.), дисперсия (σ^2), стандартное отклонение (ошибка) среднего значения (σ) и крайние даты регистрации явления.

Характеристика динамики выполнена на основе расчетов линейных трендов по многолетним рядам наблюдений. Их достоверность непосредственно связана с репрезентативностью выборки, она существенно зависит от количества пропусков в изучаемых рядах. В ряде случаев не за все годы имеется достаточный массив информации. Оценка тренда проводилась методом наименьших квадратов, т.е. находилась линейная функция времени: $d^*(t) = At + B$, которая наилучшим образом аппроксимирует временной ряд $\{d(t)\}$. Здесь $d(t)$ – дата (сутки в календарном году) сезонного явления в t -й год (t – год наблюдения). Значение коэффициента A дает среднюю скорость изменения рассматриваемой характеристики (сут/год) на исследуемом отрезке времени [13].

Календарные даты переводились в непрерывные ряды путем отсчета от 1 марта [14]. Более раннее наступление явлений фиксируется отрицательным трендом, более позднее – положительным. Скорость изменения дат наступления явлений, характеризующая тренд по десятилетиям, рассчитывалась как средняя по провинции.

Результаты исследования и их обсуждение

За начало весны принимается устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0° . Средняя многолетняя дата перехода для исследуемых провинций – 8 апреля. Устойчивый переход температуры через 0° на изучаемой территории проходит всего за 14 дней, начиная с 3 апреля в Тагило-Пышминской провинции Зауральского пенепплена до 17 апреля в среднегорной Щугоро-Усьвинской провинции Северного Урала.

Скорость перемещения волны тепла с юга на север в восточных предгорьях составляет 286 км/сутки, в западных предгорьях 122 км/сутки. Медленнее всего идет перемещение тепла в горной полосе – 86 км/сутки. Положительные температуры раньше устанавливаются на восточном склоне, что чаще всего связано с приходом тепла из Средней Азии.

Градиент перемещения тепла с восточного склона на западный максимальный на Северном Урале $1,4$ суток/ 1° долготы ($2,5$ суток/ 100 км) и уменьшается на юг до $0,7$ суток/ 1° долготы ($1,2$ суток/ 100 км) на Среднем Урале и $0,4$ суток/ 1° долготы ($0,7$ суток/ 100 км) на Южном Урале.

Переход температуры через $+14^{\circ}\text{C}$ совпадает с окончанием весны и устанавливается на исследуемой территории с 19 мая в Урало-Тобольской и Исетско-Уйской провинциях Зауральского пенепплена по 21 июня в Щугоро-Усьвинской провинции среднегорий Северного Урала. Таким образом, переход от весны к лету осуществляется за 33 дня.

Средняя продолжительность весны с юга на север увеличивается на 9 суток: в таежной области она составляет 64 суток, в лесостепной – 55, в степной – 54.

Сокодвижение у березы начинается 19 апреля в Урало-Тобольской провинции и заканчивается 28 апреля в Ятрия-Лобвинской провинции восточных предгорий Северного Урала, составляя на изучаемой территории 9 дней. Разница в сроках наступления сокодвижения, которое

относится к началу весны, значительно меньше, чем у других весенних явлений. Скорость перемещения процесса с юга на север незначительная: в западных предгорьях $0,4$ сут/ 1° широты, в восточных предгорьях – $1,1$ сут/ 1° , а в горной полосе увеличивается до $1,2$ сут/ 1° . Практически с одинаковой скоростью сокодвижение у березы перемещается с восточного склона на западный: на Северном Урале 40 км/сутки, на Южном – 38 км/сут. На Среднем Урале разницы между западными предгорьями и Зауральским пенеппленом не прослеживается. Высотный градиент на Северном Урале самый низкий за сезон и составляет $1,3$ сут/ 100 м. В большинстве изучаемых провинций, за исключением Ятрия-Лобвинской провинции восточных предгорий Северного Урала, выявлена прямая корреляция между суммой положительных температур и началом сокодвижения у березы от $0,53$ до $0,91$. В среднем по изучаемым провинциям корреляция с датой перехода через $+5^{\circ}\text{C}$ составляет $0,73$.

Фронт сезонного явления – начала зеленения березы – продвигается с юго-востока на северо-запад: оно начинается в Урало-Тобольской провинции Зауральского пенепплена 5 мая и заканчивается 27 мая в Щугоро-Вишерской провинции западных предгорий Северного Урала. Таким образом, зеленение по среднемноголетним срокам проходит за 22 дня. Явление начинается на восточном, более теплом и сухом склоне Урала, лежащем в барьерной тени от горной полосы. Здесь выпадает осадков на 200 – 250 мм меньше, чем на западном склоне, и на 500 мм меньше, чем в горной полосе. Затем зеленеет береза в западных предгорьях, где высота снежного покрова больше на 30 – 50 см, чем в восточных предгорьях, чаще наблюдается циклональная погода и больше тепла расходуется на таяние снега.

При продвижении к северу наступление зеленения березы запаздывает в провинциях западных предгорий на $2,5$ сут/ 1° широты или на $2,2$ сут/ 100 км. В горной полосе эта разница составляет $2,2$ сут/ 1° ($2,0$ сут/ 100 км); в восточных предгорьях она уменьшается до $0,9$ сут/ 1° ($0,8$ сут/ 100 км).

В целом береза зеленеет раньше в провинциях восточных предгорий. Продвижение зеленения с востока на запад идет на Северном и Южном Урале со скоростью 29 км/сут и 30 км/сут соответственно, на Среднем Урале в $1,5$ раза медленнее – 47 км/сут.

Связь зеленения березы с переходом среднесуточных температур воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ и $+12^{\circ}\text{C}$ по провинциям Урала составляет от 0,89 и 0,87 соответственно. Зависимость от суммы положительных температур также прослеживается повсеместно, за исключением Восточной предгорно-среднегорной провинции Южного Урала и Исетско-Уйской провинции Зауральского пенеппена.

Лучшие результаты для анализа весенних явлений дают показатели цветения черемухи. Они представлены в максимальном объеме во всех изучаемых провинциях Урала. Разница между датами наступления зеленения березы и цветения черемухи на Среднем и Южном Урале составляет 4–8 суток, а на Северном Урале 6–14 суток. Аналогично зеленению березы, цветение черемухи начинается 7 мая в Урало-Тобольской провинции и заканчивается 8 июня в Щугоро-Усьвинской среднегорной провинции Северного Урала. Продолжительность цветения составляет 32 дня. Быстрее, за 14 суток, оно проходит в восточных предгорьях Урала. В провинциях западных предгорий и горной полосе – за 22–23 дня. Скорость наступления цветения черемухи с юга на север несколько больше, чем для процесса зеленения березы. Максимальная скорость наблюдается в западных предгорьях и на Зауральском пенеппене: $2,9 \text{ сут}/1^{\circ}$ широты ($2,6 \text{ сут}/100 \text{ км}$) и $3,4 \text{ сут}/1^{\circ}$ ($3,1 \text{ сут}/100 \text{ км}$) соответственно. В горной полосе она составляет $3,2 \text{ сут}/1^{\circ}$ ($2,8 \text{ сут}/100 \text{ км}$). Минимальная скорость в провинциях восточных предгорий – $1,8 \text{ сут}/1^{\circ}$ ($1,6 \text{ сут}/100 \text{ км}$).

Гораздо большая разница в наступлении цветения наблюдается при движении с востока на запад особенно на Северном Урале: $4,5 \text{ сут}/100 \text{ км}$, при этом разница в зацветании черемухи в Щугоро-Вишерской провинции западных предгорий и среднегорной Щугоро-Усьвинской провинции Северного Урала составляет 9 суток, а с Ятрия-Лобвинской провинцией восточных предгорий – 18 суток. На Южном Урале аналогичная разница между горной полосой и предгорьями – 5 суток, а на Среднем Урале – 4. Высотный градиент на Северном Урале увеличивается в 2 раза по сравнению с сокодвижением березы и составляет $2,7 \text{ сут}/100 \text{ м}$.

Коэффициент корреляции явления с переходными температурами $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$ и $+12^{\circ}\text{C}$ выше, чем у других весенних явлений, и составляет 0,94, 0,93 и 0,86 со-

ответственно. Сумма положительных температур определяет даты начала цветения черемухи в среднегорной Щугоро-Усьвинской провинции Северного Урала, в провинциях восточных предгорий Северного и Среднего Урала, а также в Тагило-Пышминской провинции Зауральского пенеппена.

Анализ многолетних рядов позволил рассчитать линейные тренды для метеорологических и фенологических явлений. Тренд среднегодовой температуры воздуха в ландшафтных провинциях Урала (рис. 1) имеет повсеместно отрицательную направленность, однако его значения различны – в провинциях степной области Южного Урала они составляют от $-0,31$ до $-0,41^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$, в западных предгорьях, в низкогорьях Среднего Урала, в среднегорьях Северного Урала и их восточных предгорных провинциях скорости изменения температур колеблются в пределах от $-0,11$ до $-0,21^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$.

Выявлены тенденции смещения сроков начала весенних событий у изучаемых древесных видов растений в провинциях Урала. Для дат зеленения листьев березы имеет место отрицательный тренд повсеместно, кроме восточной предгорно-среднегорной Южного Урала (до 2–6 суток за весь изучаемый период). Минимальными значениями тренда характеризуется среднегорная Щугоро-Усьвинская провинция Северного Урала, максимальными – провинции Среднего Урала и его предгорий. При этом Тагило-Пышминская и Исетско-Уйская провинции отличаются слабо выраженной скоростью тренда – до $0,7 \text{ сут}/10 \text{ лет}$ (рис. 2).

Начало цветения черемухи характеризуется отрицательными значениями тренда, за исключением среднегорной Щугоро-Усьвинской провинции Северного Урала, где устойчивый положительный тренд отмечен замедлением сроков наступления явления со скоростью $0,2 \text{ сут}/10 \text{ лет}$ (рис. 3). В отличие от ранневесеннего зеленения листьев березы, отрицательные тенденции трендов имеют незначительные показатели – от $0,2$ до $2 \text{ сут}/10 \text{ лет}$, в среднем по провинциям $0,5 \text{ сут}/10 \text{ лет}$. Максимальные отрицательные тренды выявлены в восточной предгорно-среднегорной провинции Южного Урала – до 1,9 суток за период исследования. Практически не выражены изменения в сроках цветения черемухи на территории Исетско-Уйской провинции Зауральского пенеппена.

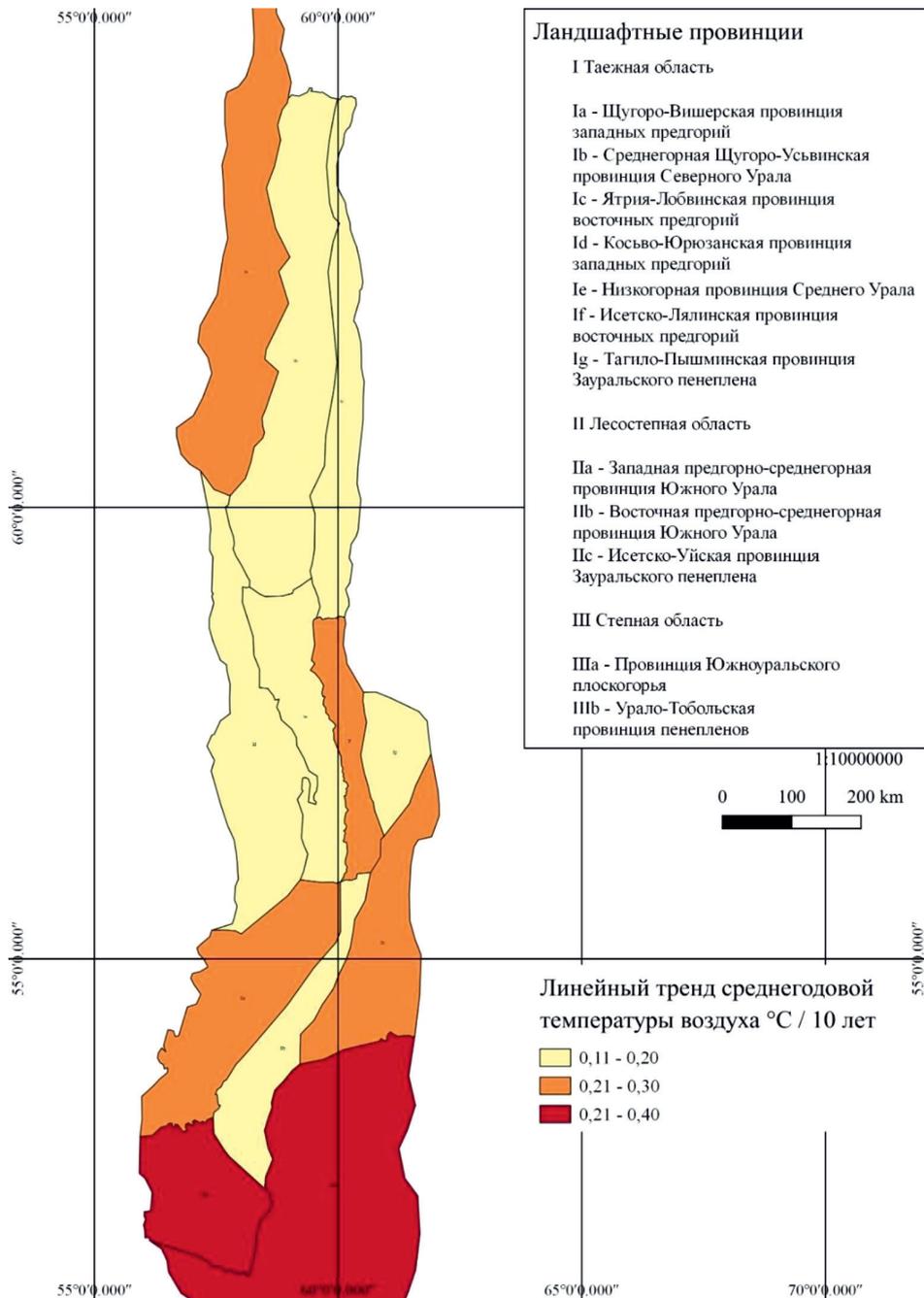


Рис. 1. Линейный тренд среднегодовой температуры воздуха в провинциях Урала

Заключение

Ландшафтная структура Урала определяется основными закономерностями физико-географической дифференциации. Зональность, секторность, тектогенная, высотно-поясная, барьерная и соллярно-экспозиционная дифференциация обуславливают неоднородность ланд-

шафтного строения и пространственную изменчивость сложности и разнообразия ландшафтной структуры внутри исследуемой территории. Из названных закономерностей определяющее влияние на сложность и разнообразие ландшафтной структуры оказывает тектогенная дифференциация, далее идет зональность, и относительно меньше выражена сектор-

ность. Наибольшее разнообразие ландшафтной структуры в пределах исследуемой территории характерно для горных таежных умеренно континентальных провинций, наименьшее – для равнинных лесостепных континентальных.

В условиях ландшафтного разнообразия Урала в период с 1925 по 2019 г. наблюдаются тенденции к более раннему наступлению

метеорологических и фитофенологических весенних событий. Наступление сезона маркирует устойчивый переход температуры через 0° , начинаясь на юго-востоке изучаемой территории, он заканчивается в среднегорьях Северного Урала в течение 14 дней. В начале весны величины широтного, долготного и высотного градиента незначительны, к середине весны они увеличиваются.

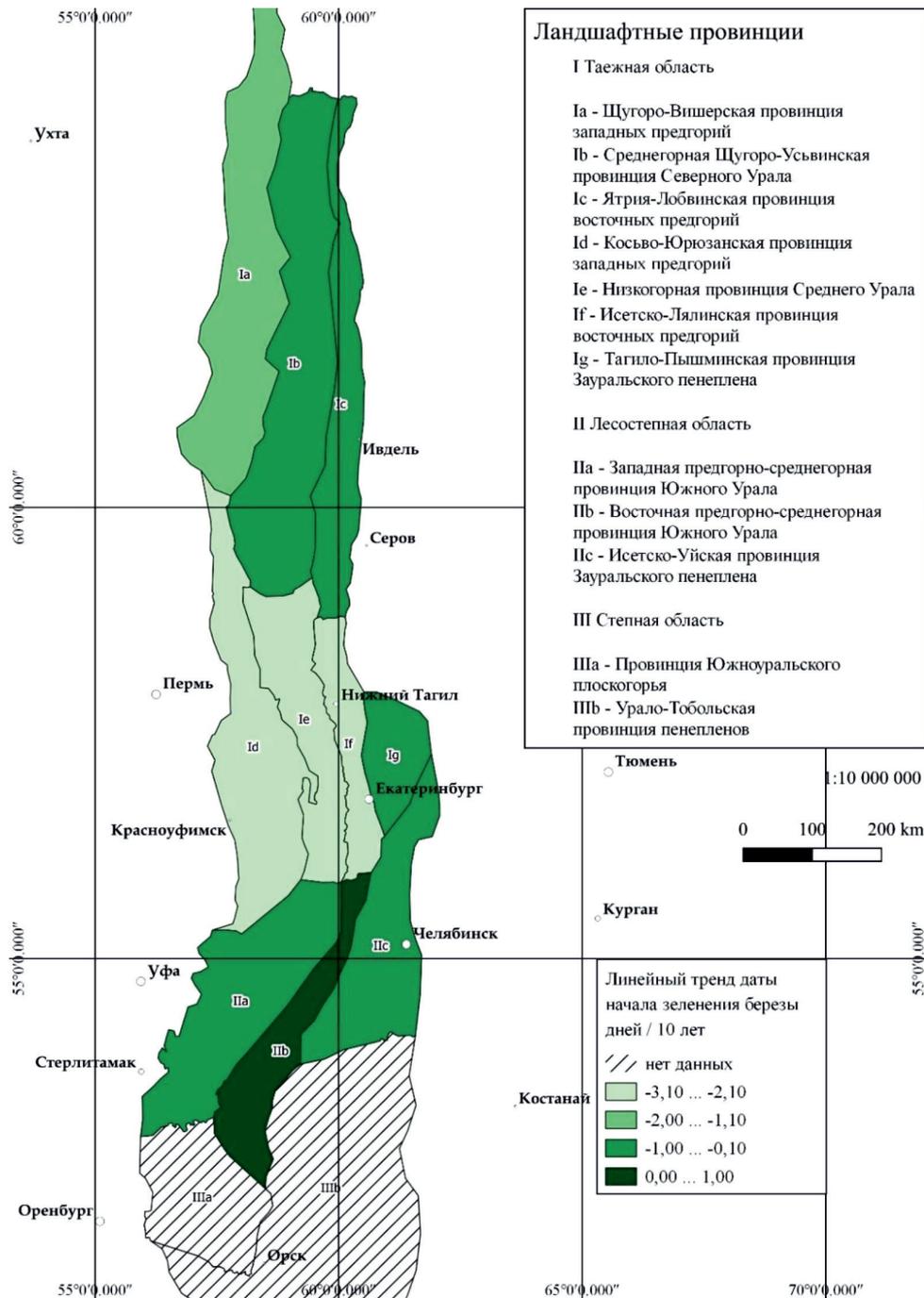


Рис. 2. Линейный тренд даты начала зеленения березы в провинциях Урала

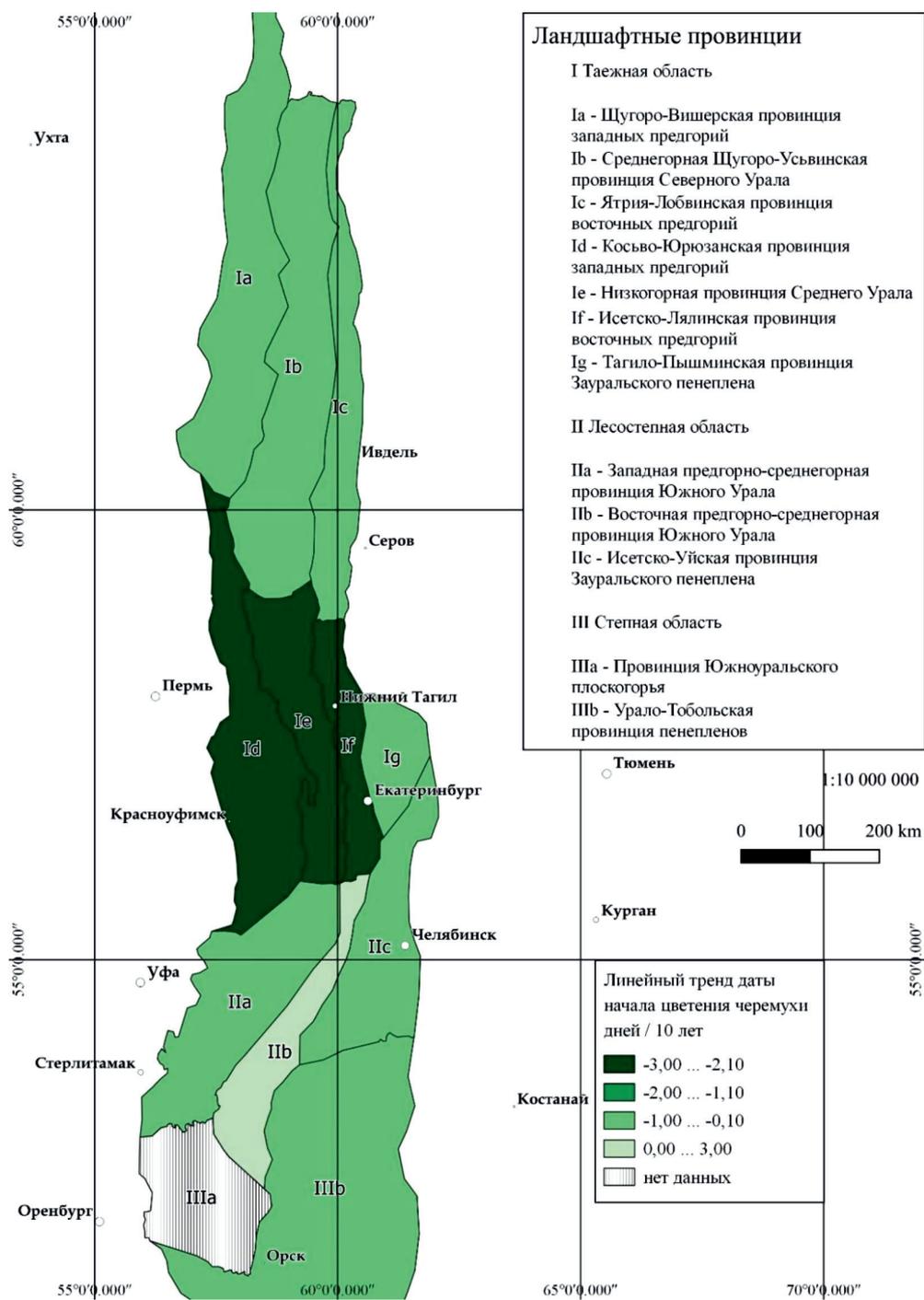


Рис. 3. Линейный тренд даты начала цветения черемухи в провинциях Урала

В большинстве провинций Урала установлена линейная взаимосвязь между датами наступления явлений-феноиндикаторов с переходом через температурные рубежи и с нарастанием сумм положительных температур. Отрицательные тренды наступления зелене- ния березы и цветения черемухи показыва- ют разные скорости изменения сроков их

наступления по провинциям, однако реак- ции данных видов в целом отражают общую тенденцию изменения термического режима на Урале. Тенденции изменения фитофе- нологических показателей в ландшафтных провинциях Северного, Среднего и Южного Урала в обобщенном виде могут служить ин- дикаторами потепления климата региона.

Средние метеорологические и фенологические показатели по провинциям Урала

Провинция (Метеостанция)	Метеостанция			Устойчивый переход через					Начало сокодвижения березы	Начало зеленения березы	Начало цветения черемухи
	Абсолютная высота (м)	Широта (с.ш.)	Долгота (в.д.)	0°C	+5°C	+10°C	+12°C	+14°C			
Шугоро-Вишерская западных предгорий Северного Урала (Якша)	131	61.83	56.87	14.04	09.05	01.06	10.06	17.06	23.04	28.05	01.06
Среднегорная Шугоро-Усьвинская Северного Урала (Мойва)	473	61.21	59.14	17.04	18.05	09.06	15.06	21.06	27.04	25.05	08.06
Ягрия-Лобвинская восточных предгорий Северного Урала (Ивдель)	94	60.68	60.45	09.04	04.05	27.05	05.06	15.06	28.04	22.05	30.05
Косово-Юрюзанская западных предгорий Среднего Урала (Красноуфимск)	206	56.65	57.78	06.04	22.04	12.05	21.05	05.06	22.04	15.05	21.05
Низкогорная Среднего Урала (Бисер)	464	58.52	58.85	15.04	05.05	31.05	09.06	15.06	23.04	18.05	24.05
Исетско-Лялинская восточных предгорий Среднего Урала (Екатеринбург)	281	56.83	60.63	05.04	20.04	11.05	21.05	04.06	20.04	12.05	20.05
Тагило-Пышминская Зауральского пенеплена (Верхнее Дуброво)	288	56.73	61.07	03.04	19.04	10.05	25.05	10.06	22.04	17.05	19.05
Западная предгорно-среднегорная Южного Урала (Злапоуст)	537	55.17	59.67	07.04	03.04	13.05	30.05	11.06	26.04	10.05	16.05
Восточная предгорно-среднегорная Южного Урала (Верхнеуральск)	403	53.88	59.20	06.04	20.04	10.05	19.05	31.05	18.04	08.05	16.05
Исетско-Уйская Зауральского пенеплена (Троицк)	192	54.08	61.62	05.04	15.04	02.05	11.05	19.05	18.04	09.05	17.05
Южно-Уральского плоскогорья (Зилаир)	521	52.22	57.40	06.04	18.04	04.05	22.05	31.05	–	–	08.05
Урало-Тобольская Зауральского пенеплена (Бреды)	310	52.43	60.35	06.04	17.04	30.04	11.05	19.05	19.04	04.05	12.05

Исследование выполнено при финансовой поддержке Русского географического общества в рамках договора № 03/2020-Р.

Список литературы / References

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации: общее резюме. М., 2014. 60 с.

The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation: general summary. M., 2014. 60 p. (in Russian).

2. Минин А.А., Воскова А.В. Гомеостатические реакции растений на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты // Онтогенез. 2014. № 3 (45). С. 162–169.

Minin A.A., Voskova A.V. Homeostatic responses of plants to modern climate changes: spatial and phenological aspects // Ontogenez. 2014. № 3 (45). P. 162–169 (in Russian).

3. Минин А.А. Некоторые аспекты взаимосвязей наземных экосистем с изменяющимся климатом // Успехи современной биологии. 2011. № 131 (4). С. 407–411.

Minin A.A. Some aspects of the relationship of terrestrial ecosystems with a changing climate // Uspekhi sovremennoy biologii. 2011. № 131 (4). P. 407–411 (in Russian).

4. Чибилёв А.А., Весёлкин Д.В., Куянцева Н.Б., Часкина О.Е., Дубинин А.Е. Динамика числа лесных пожаров и климата Ильменского заповедника в 1948–2013 гг. // Доклады Акад. Наук. Т. 468. 2016. № 5. С. 575–578.

Chibilev A.A., Veselkin D.V., Kuyantseva N.B., Chaschina O.E., Dubinin A.E. Dynamics of the number of forest fires and the climate of the Ilmen Reserve in 1948–2013 // Doklady Akad. Nauk. T. 468. 2016. № 5. P. 575–578 (in Russian).

5. Шакиров А.В. Физико-географическое районирование Урала. Екатеринбург: УРО РАН, 2011. 617 с.

Shakirov A.V. Physico-geographical regionalization of the Urals. Ekaterinburg: URO RAN, 2011. 617 p. (in Russian).

6. Гурьевских О.Ю., Капустин В.Г., Скок Н.В., Янцер О.В. Физико-географическое районирование и ландшафты Свердловской области. Екатеринбург: ФГБОУ ВО Урал. гос. пед. ун-т, 2016. 280 с.

Gur'evskikh O.Yu., Kapustin V.G., Skok N.V., Yantser O.V. Physico-geographical regionalization and landscapes of the Sverdlovsk region. Yekaterinburg: FGBOU VO Ural. gos. ped. un-t, 2016. 280 p. (in Russian).

7. Хорошев А.В. Полимасштабная организация географического ландшафта. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 416 с.

Khoroshev A.V. Multiscale organization of landscape. M.: Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2016. 416 p. (in Russian).

8. Прокаев В.И. Физико-географическое районирование: учеб. пособие для студентов пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1983. 176 с.

Prokaev V.I. Physico-geographical regionalization: ucheb. manual for students of pedagogical institutes. M.: Prosveschenie, 1983. 176 p. (in Russian).

9. Соловьев А.Н. Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология. М.: Пасьява, 2005. 288 с.

Solov'ev A.N. Biota and climate in the XX century. Regional phenology. M.: Pas'va, 2005. 288 p. (in Russian).

10. Минин А.А., Ранькова Э.Я., Буйволов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. Фенологические тренды в природе центральной части Русской равнины в условиях современного потепления // Жизнь Земли. Том 40. 2018. № 2. С. 162–174.

Minin A.A., Ran'kova E.Ya., Buivolov Yu.A., Spael'nikova I.I., Filatova T.D. Phenological trends in nature of the central part of the russian plain under the conditions of modern warming // Zhizn' Zemli. Tom 40. 2018. № 2. P. 162–174. (in Russian).

11. Янцер О.В., Скок Н.В. Фенологические методы исследований в изучении динамики ландшафтов: общий обзор // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21. № 1. С. 91–100.

Yantser O.V., Skok N.V. Phenological research methods in the study of landscape dynamics: an overview // Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2016. Vol. 21. № 1. P. 91–100 (in Russian).

12. Минин А.А., Ранькова Э.Я., Рыбина Е.Г., Буйволов Ю.А., Сапельникова И.И., Филатова Т.Д. Феноиндикация изменений климата за период 1976–2015 гг. в центральной части Европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2016. Т. 27. № 2. С. 17–28.

Minin A.A., Ran'kova E.Ya., Rybina E.G., Buivolov Yu.A., Sapel'nikova I.I., Filatova T.D. Phenoinidication of climate change for the period 1976 to 2015 in the central part of European Russia: birch (silver birch) (*Betula verrucosa* Ehrh. (*B. pendula* Roth.)) // Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem. 2016. Vol. 27. № 2. P. 17–28 (in Russian).

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

Zaitsev G.N. Mathematical statistics in experimental botany. M.: Nauka, 1984. 424 p. (in Russian).

УДК 504.06:378

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ГОРОДОВ У СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСКУРСИЯХ

Дебелая И.Д., Морозова Г.Ю.

*ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск,
e-mail: debelaya@rambler.ru*

Успех реализации модели устойчивого развития мирового сообщества зависит от уровня образованности его граждан. В связи с этим идет поиск новых подходов к обучению, отвечающих потребностям личности, общества, государства. Цель: формирование представлений об устойчивом развитии городов у студентов на экологических экскурсиях с применением проблемно-ориентированного подхода. Материалы: учебно-методические пособия, нормативно-правовые и статистические документы, научные публикации, интернет-ресурсы, учебные карты и картосхемы. Результаты: в качестве экспериментальной площадки определен парк «Северный» г. Хабаровска. Обозначены учебные экологические проблемы: «Охрана биологического разнообразия растений (видовой и ценоотического уровни) для повышения устойчивости экосистем в городских условиях», «Повышение жизнеспособности растений на урбанизированных территориях», «Роль зелёных зон и парков в формировании устойчивого развития городов». Показаны этапы организации экологических экскурсий с применением проблемно-ориентированного подхода, интегрирующего теоретические и практические методы обучения. Предлагаемая современная образовательная технология направлена на изучение взаимосвязи в системе «природа – общество – хозяйство»; анализ информации об охране городской среды; раскрытие региональных и местных аспектов проявления экологических проблем; проведение практических занятий на природе с использованием исследовательских методов; обоснованный выбор конструктивных мероприятий, приближающих устойчивое будущее городов. Выводы: усвоение теоретических знаний, приобретение навыков исследовательской деятельности на экологических экскурсиях расширяют кругозор студентов и позволяют сформировать представление о необходимости опережающих, ответственных действий специалистов, направленных на устойчивое развитие городов. Представленная образовательная технология вносит существенный вклад в разработку системы профессиональной подготовки и создает реальные предпосылки для нового содержательного наполнения образования будущих специалистов.

Ключевые слова: устойчивое развитие городов, экологические экскурсии, городской парк, проблемно-ориентированный подход, образовательная технология, экологические проблемы

FORMATION OF IDEAS ABOUT SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT DURING ECOLOGICAL EXCURSIONS AMONG HIGHER EDUCATION INSTITUTE STUDENTS

Debelaya I.D., Morozova G.Yu.

*Institute of Water and Ecological Problems of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, e-mail: debelaya@rambler.ru*

The success of the model of sustainable development (SD) in the society depends on the intelligence level of its citizens. In this regard, there is a search for new approaches to learning that meet the needs of the individual, society, and the state. Aim: to create the ideas about the SD of the cities among students during environmental excursions using a problem-based learning. Materials: textbooks and teaching aids, regulatory documents, scientific publications, statistical information, Internet resources, educational maps and maps charts. Results: the «Severnnyy» park in Khabarovsk was designated as an experimental site. Educational goals were identified: «Protection of biological diversity of plants (species and cenotic levels) in order to increase the sustainability of ecosystems in urban conditions», «Increasing the viability level of plants in urbanized areas», «The role of green areas and parks in the formation of sustainable urban development». The stages of organizing ecological excursions have been reviewed in accordance with the problem based learning that integrates theoretical and practical methods of teaching. The new educational way is focused on studying of the interactions in the «nature-society-economy» system; data analysis of the urban environment protection; revelation of regional and local aspects in regards of the environmental problems; being able to teach classes outdoors (in nature) using research methods; reasonable choice of taking constructive measures to provide sustainable future for the cities. Conclusions: gaining the theoretical information as well as research skills during environmental excursions. Obtained knowledges allow students to realize the necessity for advanced and responsible actions to support sustainability of cities development. The presented educational technology makes a significant contribution to the professional training system and creates real ways for new substantive content of education for future specialists.

Keywords: sustainable urban development, ecological excursions, city park, Problem Based Learning, educational technology, environmental problems

Успех реализации модели устойчивого развития мирового сообщества зависит от уровня образованности его граждан. В связи с этим идет поиск новых подходов к обучению, отвечающих потребностям личности, общества, государства. Учитывая особую значимость образовательного процесса, его выделяют из социума и вносят

как приоритетный четвертый компонент в системе «образование – экология – экономика – социум» [1], который будет определять вектор направленности развития.

Подготовка специалистов, способных заниматься научной и инновационной деятельностью, владеющих навыками поиска современных информационных ресурсов, знанием особенностей и перспектив развития регионов РФ – главная задача вузов. В последние годы это невозможно без учета экологической составляющей, что нашло отражение в перечне учебных дисциплин государственного образовательного стандарта для студентов Тихоокеанского государственного университета (ТОГУ). Несколькими учебными дисциплинами, в том числе «Общая экология» и «Рациональное природопользование» на кафедре, выпускающей инженеров-экологов, преподают ведущие специалисты ИВЭП ДВО РАН. Это сотрудничество обеспечило интеграцию академической науки и вузов, вовлечение студентов в профессиональную и научно-исследовательскую деятельность.

В XXI в. благосостояние человечества в значительной степени зависит от качества жизни в городах, что обусловило большой интерес к ним в России и за рубежом [2–4]. Для устойчивого развития поселений необходимо сохранение и увеличение площади общедоступных зеленых пространств. Эти островки природы имеют многофункциональное значение, служат основными структурными элементами экологического каркаса и зеленой инфраструктуры городов [5], способствуют сохранению биоразнообразия [6], оказывают экосистемные услуги [7]. При разработке экскурсий из множества индикаторов, определяющих вектор направленности городов к устойчивому развитию [2, 8], в качестве приоритетных выбраны «площадь особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и озелененных территорий на душу населения», «доля ООПТ (в % от общей площади городов)». В последние годы внимание региональных и муниципальных управленческих структур, преподавателей вузов, специалистов производственных организаций уделяется городским паркам, большая часть которых имеет статус «ООПТ регионального и (или) местного значения».

Экологическое образование в вузах пронизывает учебный процесс, направленный на формирование профессиональных знаний, умений и навыков, развитие творческого потенциала и личностных качеств.

Анализ подходов, используемых в современных образовательных технологиях [9], свидетельствует об актуальности применения проблемно-ориентированного подхода к организации экологических экскурсий для студентов. Основанный на реальном осуществлении в обучении исследовательской деятельности по решению актуальных для обучающихся социально-профессиональных проблем, в последние годы он начинает приобретать черты современной образовательной технологии [9].

Цель исследования – формирование представлений об устойчивом развитии городов у студентов вузов на экологических экскурсиях с применением проблемно-ориентированного подхода.

Материалы и методы исследования

В качестве экспериментальной площадки для организации экологических экскурсий определен парк «Северный». При разработке тематического содержания экскурсий использовались учебно-методические пособия, нормативно-правовые документы, научные публикации, статистическая информация, интернет-ресурсы, учебные карты и картосхемы. При самостоятельной подготовке студентов к экскурсии использовался геоинформационный метод, для исследовательской деятельности в парке (на местности) – геоэкологический анализ, а также геоботанический, популяционный, статистический методы, морфометрический анализ и картографический метод.

Результаты исследования и их обсуждение

Вопросы, связанные с ростом городского населения и обеспечения безопасной городской среды, вошли в число важнейших современных глобальных проблем и затронули все российские регионы. С одной стороны, для наших городов характерен большой спектр проблем; с другой стороны, городской уровень – это тот наименьший масштаб, в котором эти проблемы могут найти конструктивное решение.

По тематическому содержанию экологические экскурсии выделяются в отдельную группу и являются одной из эффективных форм современного обучения [10]. Они обеспечивают выполнение дидактического принципа связи теории с практикой, позволяют осуществлять живое общение с городской средой и ее исследование. При организации экологических экскурсий соблюдается триединство целей: образова-

тельной – оценка взаимосвязи природных и антропогенных факторов в формировании городской среды, системный анализ условий функционирования парков; воспитательной – профессионально-личностное развитие студентов; развивающей – приобретение информационно-коммуникативных, исследовательских и творческих навыков.

Проблема отбора и внедрения новых образовательных технологий – одна из самых актуальных для вузов. Это обусловлено переходом от парадигмы знания к парадигме компетенций, то есть профессионально-деятельностной, а также желанием современного общества видеть образование будущих специалистов соответствующим уровню развития научно-технического прогресса [11, 12]. В условиях новых стандартов высшего образования экологические экскурсии с применением проблемно-ориентированного подхода [9, 13, 14], или Problem Based Learning (PBL) [15], обеспечивая интеграцию методов теоретического и практического обучения на природе, рассматриваются как пример апробирования современной образовательной технологии.

В методическом отношении разработка экологических экскурсий с применением проблемно-ориентированного подхода, является трудоёмкой и сложной технологией обучения: от преподавателя, выступающего в роли партнера-консультанта, требуется высокий уровень профессиональной подготовки; от студентов – увеличение времени на самостоятельную работу при подготовке к экскурсии, а также умение, опираясь на приобретенные теоретические и «добытые» в ходе информационного поиска знания, осмыслить учебную проблему и предложить обоснованные варианты ее решения.

Организация экологических экскурсий в городских парках включает три этапа: 1) разработка экскурсии (постановка учебной проблемы; подготовка заданий для самостоятельного углубленного изучения обозначенной проблемы студентами при подготовке к экскурсии, а также для проведения исследований на местности; разработка маршрута с выделением точек наблюдения, объектов и площадок для проведения полевых исследований; 2) практическое занятие в парке (обсуждение обозначенной проблемы; выполнение исследовательских заданий, насыщенных региональными и местными деталями; обсуждение вариантов и обоснованный выбор решения учебной проблемы; 3) подготовка

и защита отчета (презентация результатов исследовательской деятельности, формирование информационно-коммуникативной компетенции студентов, приобретение опыта публичных выступлений).

Необходимость соблюдения принципа устойчивого развития «думай глобально, действуй локально» рассмотрена в работе на примере организации экологических экскурсий в парке «Северный», вблизи ТОГУ. Зелёный массив отличается сохранностью естественных экосистем разной степени трансформации на значительной площади. В 2003 г. начались работы по благоустройству: был заложен храм Преподобного Серафима Саровского. Позднее, совместно с Институтом архитектуры ТОГУ и НИИ лесного хозяйства, разработан и реализован проект, учитывающий современные ландшафтно-архитектурные тенденции паркового строительства. В настоящее время работы по благоустройству парка продолжают.

Экологические экскурсии по учебной дисциплине «Общая экология» с применением проблемно-ориентированного подхода. Городские парки являются уникальной моделью экосистемы, состоящей из сохранившихся естественных фитоценозов и искусственных насаждений. В зеленых массивах возможно изучение формы связей в биоценозе, экологических закономерностей и изменений сообщества лесного типа, а также устойчивости сообществ. Растительность служит индикатором качества среды, опосредованно – и здоровья человека, анализ ее состояния, управление процессами озеленения направлены на стабилизацию и улучшение экологической ситуации в городах.

Выполнение экологических функций определяется не только количеством зелёных насаждений, но и качественным подбором растений, их жизненностью в условиях агрессивной городской среды, уровнем экологической пластичности, выбором ассортимента пород и эстетичностью. Со студентами обсуждаются проблемы изменения жизнеспособности и устойчивости растений разных жизненных форм на видовом, популяционном, ценооточеском уровнях биологической организации. Во время экскурсии прослеживается пространственная неоднородность фитоценозов, горизонтальная и вертикальная структура растительных сообществ; оценивается эффективность воздействия агротехнических приемов на растительность. Богатая видовая структура древесно-кустарниковых насаждений дает возможность преподавателю сформировать

ровать у студентов представления о богатстве дальневосточной дендрофлоры. Выполняя описания растительности, студенты знакомятся с ассортиментом пород, используемых для замены тополельников парка, и современными приемами городского озеленения. Часть маршрута проходит по уникальному участку сохранившихся естественных старовозрастных дубняков из дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. Ex Ledeb.), березы даурской (*Betula dahurica* Pall.) с кустарниковыми и травянистыми компонентами подпологовых лесных синузий. Наблюдения иллюстрируют эволюцию растительных сообществ на основе сукцессионных смен растительности. Эти участки с сохранившимися природными лесными сообществами позволяют сравнивать уровень устойчивости в развитии естественных экосистем и искусственных посадок зеленых насаждений, представляют ценность для экологического образования.

Значительная трансформация природных экосистем парка обусловлена ускоренной ликвидацией естественных древес-

но-кустарниковых и травяных сообществ парка, в которых отмечены разрушение ярусности и мозаичности растительного покрова, инвазии чужеродных древесных и травянистых видов растений. Как следствие, отмечается сокращение биоразнообразия растений. Восстановительная сукцессия в парке находится на ранней стадии, она идет через возобновление паркообразующих пород (*Q. mongolica*, *B. dahurica*), либо через разрастание лесного подлеска. Регулярные сбор и вывоз опавшей листвы обедняют почвы парка, нарушают биохимические циклы основных макро- и микроэлементов.

В ходе экологической экскурсии студенты обсуждают, сравнивают, анализируют учебную проблему, осваивают научные методы исследования и применяют их на практике. На основе собранных материалов предлагают основанные варианты конструктивных решений, направленные на устранение причин и поддержание устойчивости парковых комплексов (табл. 1, 2).

Таблица 1

Экологическая экскурсия с применением проблемно-ориентированного подхода по учебной дисциплине «Общая экология» для формирования мировоззрения в целях устойчивого развития городов

Экологическая экскурсия (практическое занятие)	Методы исследований	Приобретение профессиональных и исследовательских навыков	Варианты конструктивных решений экологических проблем
<p><u>Учебная проблема:</u> Охрана биологического разнообразия растений (видовой и ценогический уровни организации) для повышения устойчивости экосистем в городских условиях</p> <p><u>Основные понятия и термины:</u> вид, биоценоз, фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз, биологическое разнообразие, внутриценозные группировки, сукцессия, устойчивость</p>	геоинформационный	Самостоятельное изучение учебной проблемы: анализ литературы и интернет-ресурсов для получения сведений о роли городских парков в охране биоразнообразия растений; сбор и систематизация материалов о биоразнообразии растений в парке «Северный»	<p>Охрана участков с высоким уровнем биоразнообразия растений.</p> <p>Выделение наиболее интересных объектов для организации экологической тропы с целью знакомства с региональной флорой и растительностью парка, рекомендаций по их охране.</p> <p>Обоснование включения парка «Северный» в список ООПТ г. Хабаровска.</p> <p>Предложения по регулированию рекреационных потоков для сохранения участков парка с высоким разнообразием растений</p>
	геоботанический	Геоботанические описания на пробных и учётных площадках. Определение видовой, пространственной структуры фитоценоза. Выделение внутриценозных группировок. Дендрологическое обследование парка. Знакомство с аборигенными, эндемичными, редкими и инвазионными видами растений. Определение типа сукцессий в зависимости от степени трансформации фитоценоза. Зарисовка и фотографирование	

Таблица 2

Связь лекции и экологической экскурсии с применением проблемно-ориентированного подхода по учебной дисциплине «Общая экология» для формирования у студентов мировоззрения в целях устойчивого развития городов

Экологическая экскурсия (практическое занятие)	Методы исследований	Приобретение профессиональных и исследовательских навыков	Варианты конструктивных решений экологических проблем
<p><u>Учебная проблема:</u> Повышение жизнеспособности растений на урбанизированных территориях</p> <p><u>Основные понятия и термины:</u> экосистема, популяция, численность, плотность, возрастная структура, размерная структура, экологическая устойчивость, морфометрические показатели, жизнеспособность</p>	популяционный, статистический, морфометрический анализ	Выделение градиента урбанизации. Понятие счётной единицы. Определение классов жизнеспособности растений с помощью балльных шкал на основе качественных (без признаков ослабления, ослабленные, угнетённые, сухостой) и количественных признаков (измерение длины прироста годичного побега, диаметра побегов, оценка степени облиственности и др.) для лиственных и хвойных пород. Онтогенез. Определение классов возрастности растений (измерение диаметра ствола, высоты растения, описание состояния кроны). Выделение типов устойчивости насаждений в городской среде	Определение характера пластичности и изменчивости растений по градиенту экологических условий в урбанизированной среде. Разработка ассортимента растений устойчивых к агрессивным условиям городской среды. Анализ качества проведения агротехнических мероприятий для устойчивого функционирования паркового ценоза

Экологическая экскурсия по учебной дисциплине «Рациональное природопользование» с применением проблемно-ориентированного подхода. Практическое занятие начинается с визуальной оценки и описания парковых ландшафтов. Внимание студентов акцентируется на своеобразии природного пейзажа и отдельных природных объектов, ландшафтно-планировочные приемы, определившие вписывание социально-культурных объектов в общую канву парка. Гео-экологический анализ территории позволяет рассмотреть пространственно-временные особенности взаимодействия элементов в системе «природа – общество – хозяйство» муниципального уровня управления, предложить выбор оперативных и стратегических решений, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия. По существу речь идет о создании устойчивой территориальной рекреационной системы, социально ориентированной и эстетически привлекательной. Проблемы экологической нестабильности освоения зеленого массива могут быть сняты через организацию его территории: научно обоснованное размещение площадей с различным функциональным назначением. В пределах парка выделено несколько зон: культурно-историческая; прогулочная, включающая каскад из трех прудов;

спортивно-оздоровительная; событийная (дворец Торжеств с прилегающей территорией); семейного отдыха с детским городком; проведения массовых мероприятий (Пушкинский бал, проводы зимы и др.).

Анализ большого массива данных при самостоятельном углубленном изучении учебной проблемы позволил студентам определить тенденции изменения в структуре рекреационных потребностей хабаровчан: увеличение оздоровительных, спортивных и познавательных занятий; возникновение новых, ранее не практиковавшихся рекреационных занятий. В целом это обусловило популярность определенных видов рекреационных занятий, связанных с использованием условно природных и слабо трансформированных ландшафтов. В настоящий момент парк «Северный» вошёл в число наиболее привлекательных объектов, активно посещаемых жителями и гостями Хабаровска.

Высокая рекреационная нагрузка оказывает существенное воздействие на экологическое состояние территории: отмечается активизация эрозионных процессов на склонах, трансформация почвенно-растительного покрова, повреждение подроста во время отдыха населения и выгула животных. О необходимости формирования экологической

культуры у отдыхающих свидетельствуют наличие мусорных свалок, следы от костров, поврежденные деревья, стихийно формируемая тропиночная сеть. В результате работ по благоустройству парка (строительство спортивно-оздоровительной, развлекательной, транспортной инфраструктуры и социально-культурных объектов) территория сильно фрагментирована и превращается в «лоскутное одеяло». Многолетний опыт проведения экологических экскурсий со студентами ТОГУ в парке «Северный» позволил в качестве рекомендации указать

на необходимость включения этого зеленого массива в список особо охраняемых природных территорий города Хабаровска, имеющих местное значение.

В ходе экологической экскурсии студенты обсуждают, сравнивают, анализируют учебную проблему, осваивают научные методы исследования и применяют их на практике. На основе собранных материалов аргументированно предлагают обоснованные варианты конструктивных решений, направленные на устойчивое функционирование территории городского парка (табл. 3).

Таблица 3

Связь лекции и экологической экскурсии с применением проблемно-ориентированного подхода по учебной дисциплине «Рациональное природопользование» для формирования у студентов мировоззрения в целях устойчивого развития городов

Экологическая экскурсия (практическое занятие)	Методы исследований	Приобретение профессиональных и исследовательских навыков	Варианты конструктивных решений экологических проблем
<p><u>Учебная проблема:</u> Роль зелёных зон и парков в формировании устойчивого развития городов</p> <p><u>Основные понятия и термины:</u> особенности организации городских парков; виды элементарных рекреационных занятий; рекреационная нагрузка; зонирование территории парка по функциональному назначению с учетом экологического фактора; природные ландшафты, имеющие высокое значение для экологического образования; адресные оптимизационные мероприятия; экологическая тропа</p>	геоинформационный	Самостоятельное изучение учебной проблемы: использование литературы и интернет-ресурсов для сбора и анализа материалов об организации и функционировании парков в городах РФ, ДФО, за рубежом	<p>Предложения архитектурно-ландшафтного обустройства парка. Рекомендации по инновационному плану организации территории парка с учётом развития элементарных рекреационных занятий. Обоснование проведения адресных оптимизационных мероприятий, направленных на минимизацию негативного антропогенного воздействия.</p> <p>Составление авторского варианта схемы экологической тропы. Обоснование включения парка «Северный» в список ООПТ г. Хабаровска</p>
	геоэкологический анализ территории, картографический	Описание местоположения парка с учетом топографических особенностей местности, транспортной доступности, расположения относительно жилых, промышленных и инфраструктурных объектов. Нанесение на картосхему парка рекреационной инфраструктуры. Определение видов негативного антропогенного воздействия на отдельные участки и территорию парка в целом (условно природные и трансформированные ландшафты; участки с деградацией почвенно-растительного покрова и активизацией эрозионных процессов; свалки мусора, участки наездов автотранспорта и др.) Составление картосхемы зонирования территории парка по функциональному назначению с указанием видов элементарных рекреационных занятий. Выделение природных ландшафтов, имеющих большое значение для экологического образования Фотографирование	

Заключение

Образование в целях устойчивого развития формирует мировоззрение граждан, которые используют экологически ориентированные методы управления в градостроительстве, охране городской среды и руководствуются ими в профессиональной деятельности и повседневной жизни. Опыт организации экологических экскурсий по учебным дисциплинам «Общая экология» и «Рациональное природопользование» с применением проблемно-ориентированного подхода в городском парке позволил рекомендовать их проведение как эффективное средство для повышения уровня подготовки студентов. Представленная новая образовательная технология вносит существенный вклад в разработку системы профессиональной подготовки и создает реальные предпосылки для нового содержательного наполнения образования будущих специалистов.

Практическая значимость: материалы статьи могут быть использованы при проведении исследований проблем разработки и применения современных образовательных технологий для формирования мировоззрения устойчивого развития у студентов высшей школы.

Список литературы / References

1. Урсул А.Д., Урсул Т.А. Ключевая роль образования в достижении целей устойчивого развития // Социодинамика. 2016. № 4. С. 1–18. DOI: 10.7256/2409-7144.2016.418218.
2. Бобылёв С.Н., Кудрявцева О.В., Соловьева С.В. Индикаторы устойчивого развития для городов // Экономика региона. 2014. № 3. С. 101–110.
3. Bobilev S.N., Kudryavtseva O.V., Soloveva S.V. Sustainable development indicators for cities // *Ekonomika regiona*. 2014. № 3. P. 101–110 (in Russian).
4. Trzyna T. Urban Protected Areas: Profiles and best practice guidelines. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 22. Gland, Switzerland: IUCN, 2014. 110 p.
5. Wanga H., Hea Q., Liub X., Zhuanga Y., Honga S. Global Urbanization Research from 1991 to 2009: A Systematic Research Review. *Landscape and Urban Planning*. 2012. Vol. 104. P. 299–309.
6. Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. Зелёная инфраструктура как фактор обеспечения устойчивого развития Хабаровска // *Экономика региона*. 2018. Т. 14 (2). С. 562–574. DOI: 10.17059/2018-2-18.
7. Morozova G.Yu., Debelaya I.D. Green Infrastructure as a factor for Sustainable Development of Khabarovsk // *Ekonomika regiona*. 2018. V. 14 (2). P. 562–574 (in Russian). DOI: 10.17059/2018-2-18.
8. Gunnarsson B., Knez I., Hedblom M., Ode Sang A. Effects of biodiversity and environment-related attitude on perception of urban green space. *Urban Ecosystems*. 2017. № 20 (1). P. 37–49.
9. Румянцева Д.Е., Фролова В.А. Методологические подходы к изучению разнообразия экосистемных услуг зелёных насаждений в мегаполисах // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 10–2 (88). С. 28–34. DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.028.
10. Rumyantseva D.E., Frolova V.A. Methodological approaches to studying diversity of ecosystem services of greeneries in metropolitan city // *International research Journal*. 2019. № 10–2 (88). P. 28–34 (in Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.028.
11. Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. Тематическая структура базы ГИС «Особо охраняемые природные территории города Хабаровска» // *Геодезия и картография*. 2020. Т. 81. № 7. С. 56–64. DOI: 10.22389/0016-7126-2020-961-7-56-64.
12. Morozova G.Yu., Debelaya I.D. Thematic structure of the GIS database «Protectide areas of the Khabarovsk city» // *Geodeziya i kartografiya*. 2020. Vol. 81. № 7. P. 56–64 (in Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2020-961-7-56-64.
13. Чернявская А.Г. *Андрогогика*. М.: Издательство Юрайт, 2019. 174 с.
14. Chernyavskaya A.G. *Androgogika*. M.: Izdatel'stvo Yurayt, 2019. 174 p. (in Russian).
15. Дерябо С.Д., Ясвин В.А. Экологическая педагогика и психология. Ростов н/Д.: «Феникс», 1996. 320 с.
16. Deryabo S.D., Yasvin V.A. Environmental education and psychology. Rostov n/D.: «Feniks», 1996, 320 p. (in Russian).
17. Бордовская Н.В., Кошкина Е.А., Бочкина Н.А. Образовательные технологии в современной высшей школе (анализ отечественных и зарубежных исследований и практик) // *Образование и наука*. 2020. Т. 22. № 6. С. 137–175. DOI: 10/17853/1994-5639-2020-6-137-175.
18. Bordovskaia N.V., Koshkina E.A., Bochkina N.A. Educational technologies in modern higher education institutions (analysis of Russian and Foreign research and practice) // *Obrazovaniye i nauka*. 2020. Vol. 22. № 6. P. 137–175 (in Russian). DOI: 10.17853/1994-5639-2020-6-137-175.
19. Ngambi D., Brown Ch., Bozalek V., Daniela Gachago D., Wood D. Technology enhanced teaching and learning in South African higher education – A reaview of a 20 year journey. *British Journal of Educational Technology*. 2016. № 5 (47). P. 843–858.
20. Вишневский П.Н. Метод моделирования проблемных ситуаций // *Высшее образование в России*. 2017. № 12. С. 71–77.
21. Vishnevskiy P.N. Method of case modeling // *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*. 2017. № 12. P. 71–77 (in Russian).
22. Батяева Е.Х., Ким Т.В., Барышников И.А., Салихова Е.Ю., Рогова Н.Р., Пржанова А.А., Николаева Т.Л. Проблемно-ориентированное обучение: сущность, недостатки, преимущества // *Медицина и экология*. 2016. № 1. С. 115–122.
23. Batyaeva E.Kh., Kim T.V., Baryshnikova I.A., Salikhova E.Yu., Rogova N.R., Przhanova A.A., Nikolaeva T.L. Problem-based learning: essence, disadvantages, advantages // *Meditsina i ekologiya*. 2016. № 1. P. 115–122 (in Russian).
24. Bedard D., Lison C., Cote Dalle D. Problem-Based and Project based Learning in Engineering and Medicine: Determinants of Students' Engagement and Persistence. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. 2012. Vol. 6 (2). P. 71–77.

УДК 553.041

НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ КАК ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ РОССЫПЕЙ

Кунгурова В.Е., Газзаева Е.М.

Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: kunwe@yandex.ru, e_gassaeva@mail.ru

Целью исследований является выяснение золотоносности неоген-четвертичных береговых образований Юго-Западной Камчатки (от мыса Левашова до устья реки Митога), являющихся промежуточным коллектором для формирования золотоносных прибрежно-морских отложений на пляже и мелководном шельфе. Обобщены результаты предыдущих работ, дополненные проведенными исследованиями в 2015 и 2019 гг. Полученные данные по литолого-гранулометрическому составу свидетельствуют о хороших коллекторских свойствах отложений береговых уступов, легко поддающихся волновой переработке. Это песчано-гравийно-галечные четвертичные флювиогляциальные образования с содержаниями благородного металла до 300–355 мг/м³, песчано-галечные аллювиальные отложения – до 417 мг/м³, отложения береговых уступов и погребенных террас – до 112 г/м³; верхненеогеновые галечники – до 120 мг/м³. Их размыв обуславливает возникновение повышенных концентраций золота в ореолах естественного шлиха, что позволяет рассматривать последние в качестве индикатора на обнаружение скоплений благородного металла на пляже и шельфе. На современном этапе развития побережья за счет абразии золотоносных неоген-четвертичных пород формируются пляжевые титаномагнетитовые золотоносные образования, а на подводном береговом склоне – за счет абразии отложений в ходе позднеплейстоценовой трансгрессии. Помимо отложений береговых обрывов, в которых присутствует золото, возможно обнаружение источников сноса, находящихся в непосредственной близости к береговой зоне и в настоящее время перекрытых торфяниками прибрежной тундры или перекрытых осадками на подводном береговом склоне. Исследования опосредованно указывают на перспективность обнаружения россыпей, связанных с деятельностью водно-ледниковых потоков, а также палеоаллювиальных россыпей на путях транзита обломочного материала.

Ключевые слова: Юго-Западная Камчатка, золотоносность, абразионный берег, промежуточные коллекторы, прибрежно-морские россыпи

NEOGENE-QUATERNARY DEPOSITS OF THE COASTAL ZONE OF SOUTH-WESTERN KAMCHATKA AS AN INTERMEDIATE RESERVOIR TO FORM COASTAL-MARINE PLACERS

Kungurova V.Ye., Gazzaeva E.M.

Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: kunwe@yandex.ru, e_gassaeva@mail.ru

The goal of the research is to determine Neogene-Quaternary coastal formations gold mineralization of South-Western Kamchatka (from Levashov Cape to the Mitoga River mouth), which are an intermediate reservoir for the gold-bearing coastal-marine deposits formation on the beach and shallow shelf. The results of previous studies were summarized and supplemented by the studies conducted in 2015 and 2019. The obtained data on the lithological and granulometric composition indicate cliffs deposits good reservoir properties, which are easily processed by waves. These are sand-gravel-pebble Quaternary fluvio-glacial formations with noble metal contents up to 300-355 mg/m³, sand-pebble alluvial ones – up to 417 mg/m³, cliffs and buried terraces – up to 112 g/m³; Upper Neogene pebbles – up to 120 mg/m³. Their erosion causes the occurrence of abnormal local concentrations of gold in the halos of the natural concentrate, which allows us to consider the latter as an indicator for the detection of accumulations of noble metal on the beach and shelf. In modern times of coastal development, beach titanomagnetite gold-bearing formations form due to the Neogene-Quaternary gold-bearing rocks abrasion, and on the submarine nearshore slope they form due to the deposits abrasion during the Late Pleistocene transgression. Beside the coastal cliffs deposits containing gold, it is possible to detect provenance area near the coastal zone, blocked by peatlands of the coastal tundra or sediments on the underwater coastal slope. The studies indirectly point to the prospects of detecting placers associated with the activity of water-glacial flows, paleoalluvial placers on the fragmental material moving routes.

Keywords: South-Western Kamchatka, gold mineralization, abrasive coast, intermediate reservoirs, coastal-marine placers

На берегах Мирового океана расположены месторождения полезных ископаемых, представляющих потенциальный экономический интерес: рутил, циркон, ильменит, платина, золото и другие тяжелые металлы с аналогичной плотностью [1–3]. Эти месторождения были и остаются мировым ис-

точником важных промышленных минералов и разрабатываются во многих странах, включая Австралию, Китай, Индию, Канаду, Мадагаскар, Южную Африку, США [4–6]. Изучению условий их формирования посвящены работы многих российских и зарубежных исследователей [7–9].

Одним из перспективных районов, где обнаружены на пляже и мелководном шельфе золотосодержащие титаномагнетитовые образования, является Юго-Западное побережье Камчатки [10; 11]. Эта территория отнесена к Западно-Камчатскому россыпному району, в который входит большая часть приморской равнины, современный пляж и шельф. Восточнее, в 60–70 км от побережья, расположен Камчатский срединный массив, в пределах которого встречаются многочисленные коренные проявления и пункты минерализации золота. В долинах рек, прорезающих склоны массива, встречены россыпепроявления и промышленные аллювиальные россыпи золота. Шлиховые ореолы золота прослеживаются по большому водотоку, впадающему в Охотское море. Золотоносность установлена также в верхнеплиоценовых, четвертичных ледниковых и водно-ледниковых отложениях (промежуточных коллекторах) [10]. За счет дальнейшего перемива этого материала и формируются современные прибрежно-морские титаномагнетитовые золотосодержащие образования на пляже и мелководном шельфе восточной окраины Охотского моря.

Золотоносные участки ориентированы параллельно берегу. Напротив участков с повышенными содержаниями золота на пляже расположены, как правило, золотосодержащие отложения на мелководном шельфе, где они нередко приурочены к древним береговым линиям, к палеодолинам рек [10; 12].

Генезис осадочных пород, выступающих в качестве промежуточных коллекторов на абрадируемых участках суши, различен. В районе исследования – от м. Левашова до устья р. Митога – наиболее распространены ледниковые и водно-ледниковые средне-верхнечетвертичные, «мореноподобные» отложения, абрадируемые в береговом уступе [10]. Широкое развитие здесь получили процессы береговой и донной абразии. Волновой переработке подвергаются рыхлые отложения берегового уступа и, в меньшей степени, подводного берегового склона.

Важными событиями в общем процессе россыпеобразования Западной Камчатки явились: в миоцене – трансгрессия, в плиоцене – пенепленизация рельефа, формирование линейных и площадных кор выветривания, в позднем неогене – образование энемтенской свиты с горизонтами золотосодержащих конгломератов, в четвертичном периоде – разнонаправленные тектонические движения, неоднократные оледенения, эв-

статические колебания моря [10; 13]. Формирование прибрежно-морских россыпей (пляжных и шельфовых) определяется многими факторами, одним из основных при этом является наличие полезного компонента в размываемых образованиях.

В 80-годах XX века в пределах Западного побережья Камчатки был проведен комплекс поисковых работ [10; 12], направленный на изучение прибрежно-морских россыпей. Они включали проходку канав, шурфов, бурение. Обработка отобранных проб (шлиховых, бороздовых, керновых) осуществлялась на обогатительной установке ПОУ-4М, был проведен минералогический анализ, отобранные и проанализированные образцы на диатомовый и спорово-пыльцевой анализы с целью выяснения условий и времени формирования отложений. Повышенные содержания золота были выявлены в водно-ледниковых образованиях и аллювиальных отложениях погребенных террас.

С целью дальнейшего изучения литологического состава и золотосодержимости абразионных уступов в 2015 и 2019 гг. на побережье от м. Левашова до устья р. Митога были проведены исследования на участках, обнажающихся в районах повышенных концентраций золота, обнаруженных в отложениях пляжа и подводного берегового склона. Выполнены поисковые маршруты с геоморфологическими наблюдениями, шлиховое опробование. Непосредственно из обнажений отобраны пробы объемом ~0.02 м³ (рис. 1). Проведены гранулометрический, полный минералогический анализы.

Результаты исследования и их обсуждение

Участок прибрежной полосы Западно-Камчатской равнины представляет собой пологонаклонную низменность с абсолютными отметками водоразделов от 20 до 60 м. Увалы и гряды обрываются к морю полуактивным клифом высотой до 20 м, и он подвергается периодической абразии. Крутизна клифа 30–80°. Состав отложений береговых обрывов способствует развитию обвальнороссыпных и солифлюкционных процессов, в результате чего они часто перекрывают тыловую зону пляжа. Район исследований – побережье от м. Левашова на юге (р. Большая) до устьев р. Митога на севере (рис. 1). Современный облик рельефа сформирован, главным образом, при воздействии флювиальных процессов, что находит отражение в распространении комплекса аккумулятив-

ных и эрозионно-аккумулятивных речных террас, выработанных в аллювиальных, водно-ледниковых, а также в отложениях, представленных перемытыми морскими, так называемыми мореноподобными толщами. Во время межледниковий водотоки при таянии ледников имели бурный характер, значительные уклоны русла, высокую эродирующую транспортную способность, что привело к выносу в прибрежную зону значительной массы золотоносных отложений, являющихся в настоящее время промежуточным коллектором при формировании прибрежно-морских россыпей. Вынос аллювия в береговую зону в настоящее время незначителен, что способствует развитию на побережье абразионных процессов. Эффективности абразии благоприятствует наличие большого количества валунно-гравийно-галечного материала, слагающего побережье и высвобождаемого в ходе трансгрессии.

Россыпная золотоносность охватывает большую часть равнины, современный пляж и шельф. В геологическом строении района участвуют отложения неоген-четвертичного комплекса. В верхнем плиоцене равнина подверглась общим колебательным движениям различного знака [10; 13]. В образовавшихся в это время структурах происходило накопление континентальных и местами морских отложений. В пределах участка исследований в четвертичное время широкое развитие получили лежащие на галечниках энемтенской свиты верхнего неогена аллювиально-озерные и водно-ледниковые образования. Перекрывающие их отложения представлены озерными осадками, покровными суглинками и супесями, торфяниками и пляжевыми образованиями (рис. 2). Некоторые вопросы, касающиеся геологического строения и генезиса отложений юга Западно-Камчатской низменности, до сих пор остаются спорными [10; 12].

Берег является абразионно-аккумулятивным образованием (рис. 1). На абразионных участках, которые преобладают в районе исследований, к основанию берегового обрыва причленен песчано-галечный пляж неполного профиля шириной от 20 до 70 м. Аккумулятивный берег приурочен к понижениям низменности и отсутствию клифа и характеризуется наличием пляжей полного профиля с песчано-галечными береговыми барами, приустьевыми косами. Береговая линия в целом представляет собой пологовыпуклую к западу дугу, с выступа-

ми (мысами) клифа, в основании которых залегают конгломераты, более устойчивые к воздействию абразии, по сравнению с другими отложениями. Береговой обрыв здесь подвергается периодической абразии как во время штормов различной силы, так и сизигийных приливов, в результате чего нарушается устойчивость склона, и масса рыхлых отложений обрушивается на пляж.

При воздействии волнового потока происходит их грануломинералогическая дифференциация, что приводит к образованию на пляже концентратов тяжелых минералов – естественных шлихов. К местам дефицита наносов приурочены их наибольшие концентрации. Это ярко выраженные на поверхности пляжа синева-черные ореолы. Они протягиваются вдоль основания клифа полосой шириной 1–7 м, длиной в сотни метров, мощностью от 1 до 10 см, с содержаниями золота от знаков до десятков (единично – сотен) г/м³ [14]. Отложения размываемых береговых обрывов на этих участках зачастую являются в разной степени золотоносными, являясь промежуточными коллекторами благородного металла.

Характеристика отложений береговых обрывов. Наиболее древними золотосодержащими образованиями в районе побережья являются верхнеплиоценовые конгломераты *энемтенской свиты* (N₂, en). Они не выходят на дневную поверхность в районе исследования, нами непосредственно не опробованы, но ранее были вскрыты при бурении скважин (бур. линия III-74, рис. 3) [12] на правом берегу р. Митога, недалеко от впадения ее в Охотское море. Отметки кровли не превышают 1–2 м выше уровня моря, подошва не вскрыта, поскольку находится ниже уровня моря. Отложения представлены слабосцементированными галечниками с песчано-гравийным заполнителем. Галька с хорошей и средней степенью окатанности, размером 2–10 см, встречаются валуны до 40 см в поперечнике. По петрографическому составу это осадочные (песчаники, алевриты, аргиллиты), метаморфические (различные сланцы) породы, реже эффузивные и их туфы, гранитоиды, кварц. Цемент – песчано-гравийный, с примесью алеврита и глины, интенсивно лимонитизированный. Содержания золота по 9 скважинам колеблются от знаков до 37 мг/м³, средние содержания магнитной и электромагнитной фракций 210 и 157 мг/м³ соответственно [10]. Пробы, отобранные из обнажений севернее устья р. Митога, показали содержания золота 41, 65, 120 мг/м³ [12].

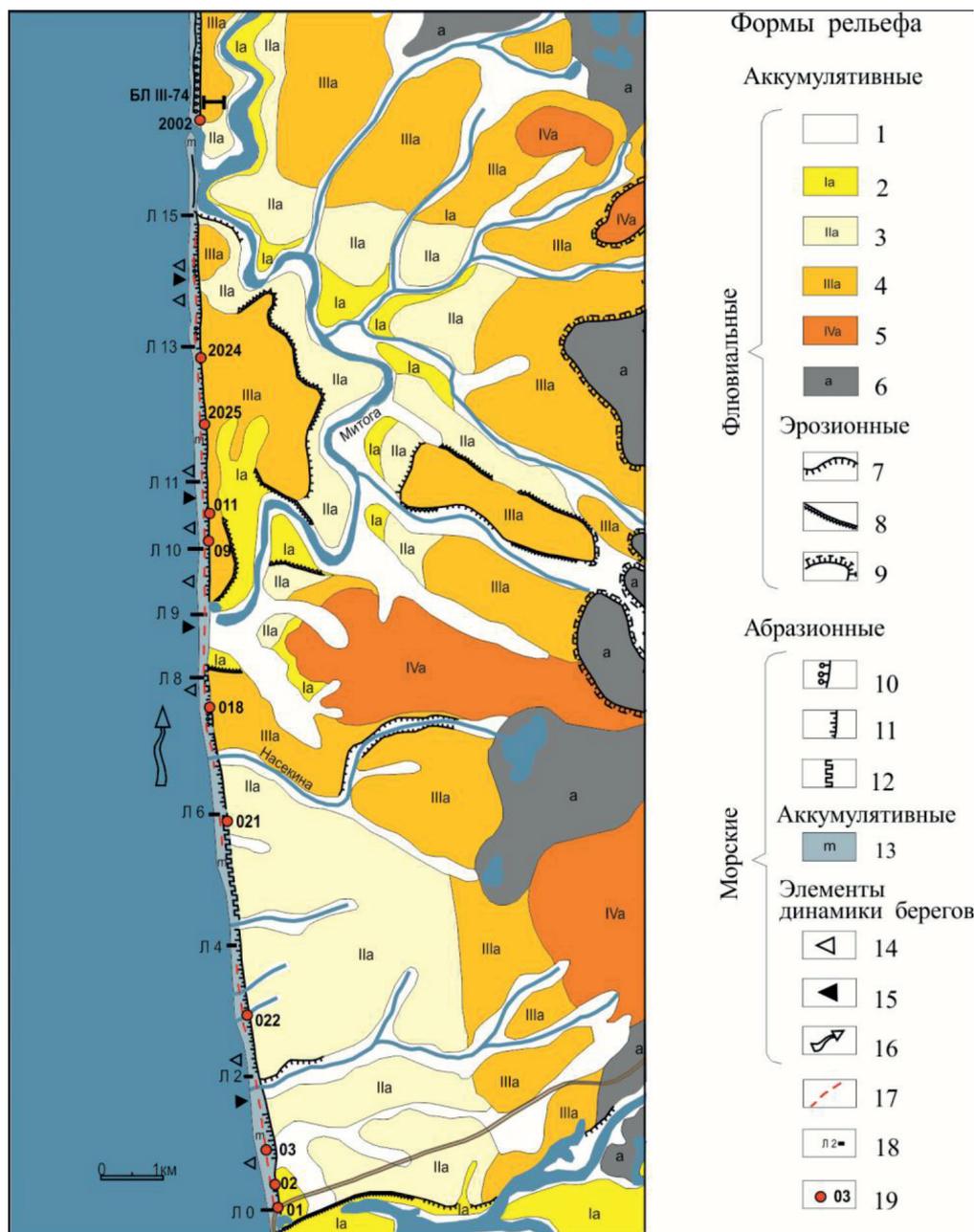


Рис. 1. Схематическая геолого-геоморфологическая схема района исследований (с использованием в качестве основы материалов [12])

Условные обозначения: 1 – уровень высокой поймы; 2 – уровень 1-й надпойменной террасы высотой 3–6 м; эрозионно-аккумулятивные уровни: 3 – 2-й надпойменной террасы высотой 12–14 м, 4 – 3-й надпойменной террасы высотой 20–25 м, 5 – 4-й надпойменной террасы высотой 30–36 м; 6 – нерасчлененный комплекс древнечетвертичных аллювиальных террас высотой до 60 м; 7 – деятельный эрозионный уступ, 8 – отмерший, 9 – эрозионные останцы речных террас; 10 – полуактивный клиф, подвергающийся абразии во время сигизийных приливов, 11 – полуактивный клиф, подвергающийся абразии только во время штормов, 12 – полуактивный клиф, имеющий узкую полосу марша и подвергающийся абразии только во время очень сильных штормов; 13 – аккумулятивные формы современной береговой зоны; 14 – поступление обломочного материала на береговую подводный склон за счет абразии; 15 – поступление обломочного материала с подводного склона на верхнюю зону пляжа; 16 – предполагаемое направление движения вдоль берегового потока наносов; 17 – участки повышенной концентрации естественного шлиха; 18 – линии опробования отложений пляжа; 19 – точки отбора проб в 2019 г. из береговых обрывов.

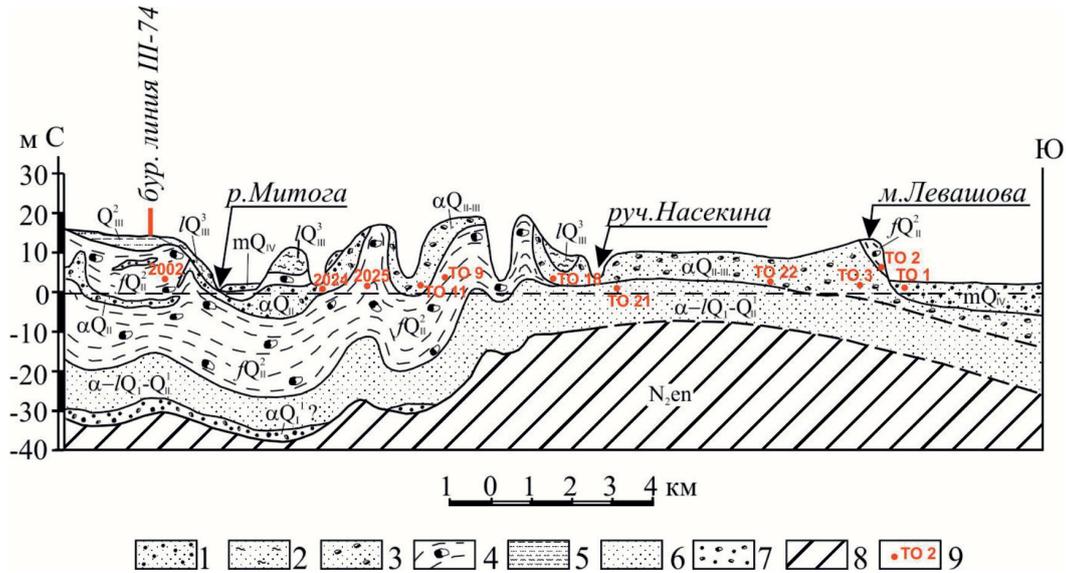


Рис. 2. Схематический геологический разрез абразионного уступа (побережье от устья р. Митога до м. Левашова, на основе [10])

Условные обозначения: 1 – отложения современного пляжа, 2 – суглинки, 3 – аллювиальные нерасчлененные галечники и пески, 4 – «мореноподобные» супеси, 5 – алевриты, 6 – пески, 7 – гравийно-галечные отложения, 8 – отложения неогена, 9 – точки отбора проб.

Нижнечетвертичные палеоаллювиальные отложения ($a Q_1^1$) в береговом обрыве не встречены, но вскрыты в скважинах по буровой линии III-74 в р-не р. Митога, а также севернее района исследований, в долине р. Утка [10]. В районах современных речных долин слой палеоаллювиальных отложений понижается к основанию клифа, иногда он слагает собственно бенч. Кровля толщи несет следы размыва. Мощность отложений – 0,5–2,5 м. Они представлены рыжевато-охристыми песками, алеврито-песками, гравелитами, с песчано-гравийным цементом, с примесью глины. Обломочный материал, как правило, плохо сортирован и имеет среднюю степень окатанности. В составе обломков преобладают осадочные и метаморфические породы, реже встречаются эффузивы среднего-основного состава, их туфы, гранитоиды, кварц. В скважинах по буровой линии III-74 (рис. 3) в р-не долины р. Митога встречено золото – от знаков до 5 мг/м³. средние содержания магнитной и электромагнитной фракций 360 и 128 мг/м³ соответственно. Ранее была установлена обогащенность отложений золотом в долине р. Утка – от 41 до 417 мг/м³ [12]. Это дало возможность рассматривать палеоаллювиальные образования как источник золота, поступающего в прибрежно-морские россыпи.

Нижне-среднечетвертичные аллювиально-лагунные отложения ($a-l Q_1-Q_{II}^1$) обнажаются на отдельных участках клифа от м. Левашова до р. Насекина, опробованы в Т021, а ранее были вскрыты скважинами по буровой линии III-74 на абсолютной отметке –13 м. Они представлены песками с линзами илов, торфов, галечников мощностью до 1,5 м. Залегают с размывом на отложениях энемтенской свиты, мощность составляет 13–18 м. По результатам диатомового анализа, в нижней части отложений преобладают пресноводные виды, меняясь к верху разреза солоноватоводными [10]. Характерно повышенное, по сравнению с другими отложениями, содержание магнитной фракции (252–670 мг/м³). Максимальное содержание золота в скважинах по буровой линии III-74 – 80 мг/м³, в Т021 – 95 мг/м³.

Среднеплейстоценовые водно-ледниковые отложения (fQ_{II}^2) более широко распространены в береговых обнажениях (Т02, Т09, 2025). Это «мореноподобные» голубовато-серые, коричневатожелтые суглинки и супеси с гравием, галькой и валунами (рис. 4). Крупнообломочный материал крайне беспорядочно распределен по разрезу, составляет 30%, присутствуют единичные огромные глыбы размером до 2 м. Сортировка средняя, окатанность хорошая.

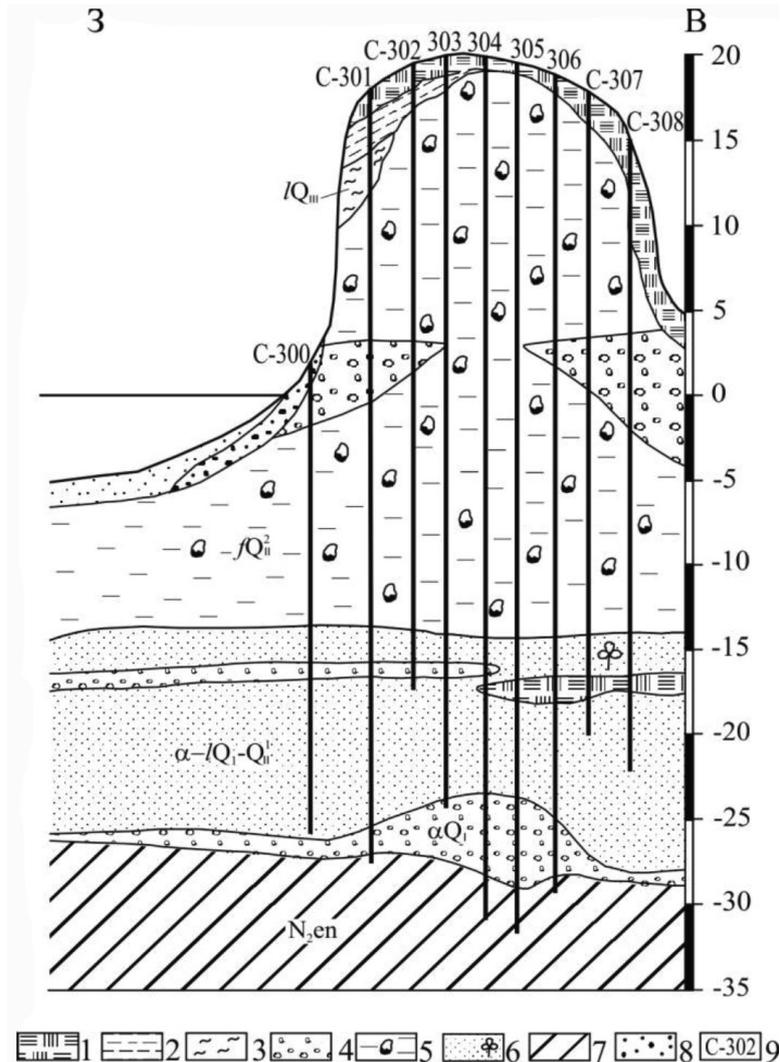


Рис. 3. Схематический разрез неоген-четвертичных отложений по линии III-74 (с использованием материалов [10])

Условные обозначения: 1 – торф, 2 – алевриты, 3 – глины, 4 – морские пески с ракушечником, 5 – «мореноподобные» супеси и суглинки с галькой, 6 – гумусированные аллювиально-лагунные пески, 7 – галечники неогена, 8 – морские гравийники с редкой галькой, 9 – скважина и ее номер.

Петрографический состав галек: андезиты, андезито-базальты, базальты, кварц, песчаники, туфопесчаники, алевриты, аргиллиты. В абразионном уступе толща мореноподобных отложений выглядит монотонной. По данным бурения [10; 12], содержит в себе многочисленные линзы хорошо сортированных мелко-, среднезернистых песков, суглинков, торфов, гравийно-галечного материала с песчаным заполнителем. Результаты диатомового анализа подтверждают суровые условия, существовавшие при образовании комплекса отложений. Бедный количественный и каче-

ственный состав, большая часть диатомей переотложена из неогена. Единого мнения у исследователей о генезисе отложений нет. Прослеживание мореноподобных образований в береговых уступах, горных выработках показывает, что на фоне депрессии выделяются пологие прогибы и поднятия 2-го порядка, осложненные мелкой складчатостью. Мощность по скважинам составляет 34 м [10], подошва залегает ниже уровня моря. Содержание золота в скважинах по буровой линии III-74 незначительное, от знаков до 57 мг/м³, среднее – 8 мг/м³. В береговом обрыве опробуемые нами от-

ложения повсеместно золотоносны, максимальные концентрации в них золота составляют 90 мг/м^3 (T09), 75 мг/м^3 (2025). Максимальные концентрации по борту р. Митога, недалеко от впадения ее в Охотское море, по данным [12], составляют 355 мг/м^3 .

Верхняя граница толщи размыта, в ней наблюдаются врезы, выполненные галечниками различной ориентировки, преимущественно средней степени окатанности. По своему генезису отнесены к *аллювию низкопорядковых водотоков* (*a Q_{II}*), впадавших ранее в древнюю р. Митога. Они золотоносны, содержание золота от знаков до 25 мг/м^3 [12].



Рис. 4. Выходы водно-ледниковых мореноподобных образований в береговом обрыве (T09) с линзами и прослоями хорошо сортированных песков, суглинков, гравийно-галечного материала с песчаным заполнителем. Вверху – 2-метровый карниз из торфа

Средне-верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения погребенных террас (*a Q_{II}-Q_{III}*) имеют площадное распространение и опробованы нами в T03, T011, T018, T022 (рис. 5). Они накапливаются в конседиментационных прогибах, обусловленных неотектоническими деформациями и представлены преимущественно хорошо сортированными мелко-, среднезернистыми песками с редким гравием и галькой, и галечниками с валунами (до 30 см). В песках наблюдаются маломощные изогнутые слойки (2–3 мм) естественного магнетитового шлиха. Содержание золота в отложениях: T03 – 60 мг/м^3 , T011 – 105 мг/м^3 , а по данным предшественников [10], колеблется от знаков до 112 мг/м^3 .

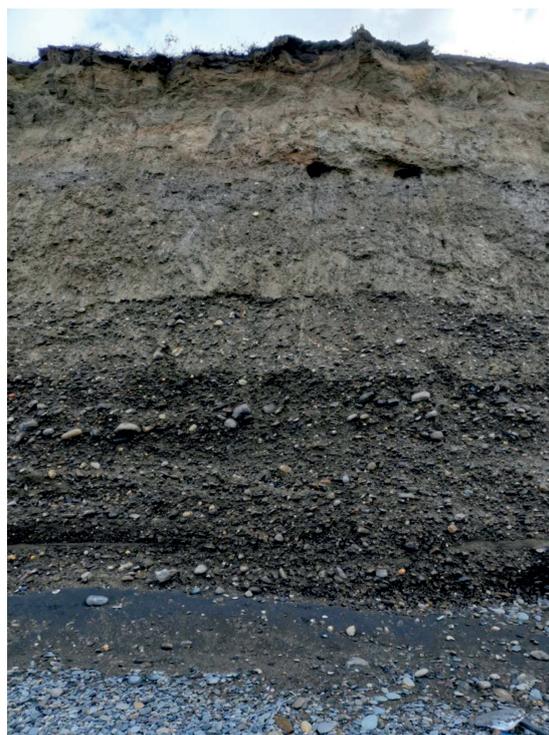


Рис. 5. Выходы средне-верхнечетвертичных образований в береговом обрыве (T03). В нижней части снимка – золотоносный титано-магнетитовый естественный шлик на поверхности пляжа. Вверху разрез венчает слой торфа мощностью до 1.5 м

Верхнеплейстоценовые покровные отложения (*1 Q_{III}*) представлены зеленовато-серыми суглинками, супесями невыдержанной мощности от 0.3 до 3 м. В суглинках встречены прослойки вулканических пеплов, линзы торфов, указывающие на условия озерно-болотной аккумуляции. Золото в них не превышает знаковых значений. Венчают верхнюю часть разреза *голоценовые торфяники* мощностью от 0.5 до 2.5 м.

Аллювиальные отложения. Современный облик рельефа прибрежной территории сложился под воздействием флювиальных процессов, что отражается в распространении комплекса эрозионно-аккумулятивных речных террас. Из-за низменного характера рельефа, повышения базиса эрозии вследствие инверсии моря русла рек сильно мандрируют, а величина падения русел крайне мала – 36 см на 1 км русла у р. Митога, а у Митога-2 – 18 см на 1 км [12]. Истоки р. Митога-2 расположены недалеко от моря. Абрязия речных террас морем, выход широкого днища реки к морю могут свидетельствовать о наличии здесь в прошлом много-

водной реки. Длина истоков рек, а также площадь водосбора, вероятно, уменьшалась в результате абразии суши за счет наступления моря и проникновения вод в понижения рельефа прибрежной суши. Об этом же говорит и надвинутый на днище долины береговой бар, сложенный морскими отложениями, ранее находящимися в области современного шельфа, сейчас распространенными до современных истоков. Реки Митога и Насекина в настоящее время поставляют незначительные количества аллювия в береговую зону, особенно грубообломочного материала, вынос которого осуществляется только из приустьевой части, когда во время значительных волнений русло прижимается к эрозионному уступу, который подвергается эрозии. Приливно-отливные течения способствуют усиленному выносу обломочного материала из устья. Во время отливов выносятся не только песчаная, но и гравийная фракция. Определенная часть высвобожденного золота, находящегося в отложениях уже размытых береговых уступов, могла выноситься на подводный склон, а другая скапливаться в русле. В месте прорыва р. Насекина террасо-увала, его русловые отложения золотоносны и составляют 55 мг/м^3 (T020). Русловые отложения представлены песчано-галечным материалом, степень окатанности обломков средняя-хорошая.

Выделены 4 надпойменные террасы (рис. 1): I (высотой 3–6 м над уровнем русла), II (высотой 12–14 м), III (высотой 20–25 м), IV (высотой 30–36 м) и нерасчлененный комплекс древнечетвертичных террас (высотой до 60 м). Бровки и тыловые швы террас выражены плохо, поскольку сами террасы сложены исключительно рыхлыми породами, широко развиты процессы солифлюкции и торфонакопления. На фоне нисходящего развития рельефа эти эрозионно-аккумулятивные формы не получили повсеместного четкого выражения. Золотоносность террас в целом изучена плохо, в данной статье не освещена, необходим комплекс дальнейших исследований.

У основания береговых обрывов распространены *современные морские отложения пляжа* ($m Q_{IV}$), прослеживающиеся полосой 30–150 м. Отложения характеризуются хорошей сортировкой, окатанностью, отмытостью. Мощность их непостоянна: от нескольких см на участках абразионных берегов и до 13 м в районах аккумулятивных участков берега. Поперечный профиль пляжа асимметричен. В вертикальном разрезе

отложения представлены часто чередующимися прослоями хорошо сортированных песков, песков с гравием и галькой, гравийников, галечников и гравийно-галечных отложений с линзами и маломощными прерывистыми слойками (мощностью 2–10 см) естественного гранат-магнетитового шлиха, к которым приурочены повышенные (десятки-сотни мг/м^3) содержания золота. Количество слойков варьирует от 1 до 7. Золото распределено крайне неравномерно.

В отложениях пляжей неполного профиля на абразионных участках берега максимальные содержания золота выявлены в междуречье р. Насекина-Митога (по данным [10], до 25995 мг/м^3), где в береговом уступе обнажаются золотоносные водно-ледниковые отложения и в районе м. Левашова (до 300 мг/м^3). В результате активной абразии этих образований происходит концентрация золота в шлихе.

Аккумулятивные береговые формы (отложения приустьевых кос р. Большая, р. Митога, баров) в целом характеризуются бедным содержанием золота в поверхностном слое (знаки – первые мг/м^3). Максимальное содержание золота в пробах, отобранных с приустьевой косы р. Митога, составили 185 мг/м^3 , а в отложениях косы р. Большая встречены [10] единичные высокие содержания золота (до 6 г/м^3).

Как отмечено выше, из разнообразного генетического комплекса береговых отложений наиболее распространены *флювиальные (аллювиальные и водно-ледниковые)*, свидетельствующие о массовом выносе золотоносного материала водными потоками из предгорьев, где расположены коренные источники и *морские пляжевые* отложения, частично являющиеся продуктами переотложения первых.

Эпизоды оледенения обычно возникают после длительных периодов тропического и субтропического выветривания, когда активны гипергенные процессы и ледники могли удалять и концентрировать золото. Распространено мнение, что оледенение приводит к рассеянию минерализованной коренной породы и что осадочные концентрации полезных ископаемых редко встречаются в ледниковых бассейнах. Но известны промышленные россыпи золота Горнорудного района Карибу в центральной Британской Колумбии (Канада) в ледниковых и связанных с ними речных отложениях плейстоцена. Район был определен как «гигантская» россыпь золота. Общий объем добычи с 1858 года здесь составляет

более 93 000 кг [14]. Условия формирования золотоносных отложений современного пляжа и мелководной зоны шельфа Юго-Западной Камчатки и россыпей залива Аляска имеют много общих черт. На побережье последнего золото встречено в ледниковых и ледниково-морских отложениях формации Якатага и других кайнозойских отложениях, которые также обнажаются на побережье и разрушаются в результате абразии [15]. Район прибрежной части Западной Камчатки со сложной историей геологического развития, многократностью процессов переотложения неоген-четвертичных образований является перспективным на обнаружение россыпей, связанных с деятельностью как водно-ледниковых потоков, так и палеоаллювиальных россыпей.

Минералогический состав неоген-четвертичных отложений береговых уступов.

Средние содержания магнитной и электромагнитной фракций показаны на рис. 6.

Проведено изучение минералов тяжелой фракции из этих отложений, находящихся в тесной взаимосвязи с золотыми россыпями в прибрежно-морской зоне. Минералогический комплекс изучаемых отложений разнообразен. Установлены следующие минералы в тяжелой фракции: магнетит, пироксен, гранат, ильменит, золото, амфиболы, гематит, мартит, лимонит, лейкоксен, брукит, эпидот, дистен, барит, пирит, андалузит, корунд, силлиманит, ставролит, рутил, анатаз, сфен, циркон, апатит,

единично – хромит, торит, флюорит, топаз, шеелит. Присутствие минералов с большой твердостью и абразионной устойчивостью, с содержаниями некоторых из них в тяжелой фракции 20–75%, свидетельствует о высокой транспортирующей способности древней гидросети и многократном переотложении обломочного материала, слагающего промежуточные коллекторы.

Результаты полного полуколичественного анализа приведены в таблице. Наиболее широко распространенным минералом тяжелой фракции является магнетит. Содержания ильменита, граната, пироксена находятся, как правило, в обратно пропорциональной зависимости от магнетита.

Сравнение минерального состава тяжелой фракции шлиховых проб из неоген-четвертичных образований берегового уступа и отложений современного пляжа показало резкое увеличение пироксена и некоторое уменьшение эпидота, цоизита, ставролита и других минералов в последних. Это указывает на высвобождение пироксенов из гравийно-галечного материала и интенсивное истирание минералов меньшей твердости, входящих в состав заполнителя размываемых континентальных отложений.

Распределение магнетита в отложениях береговых обрывов и рыхлом материале пляжа объясняется тем, что материал на исследуемом участке поступает преимущественно за счет абразии слагающих его отложений.

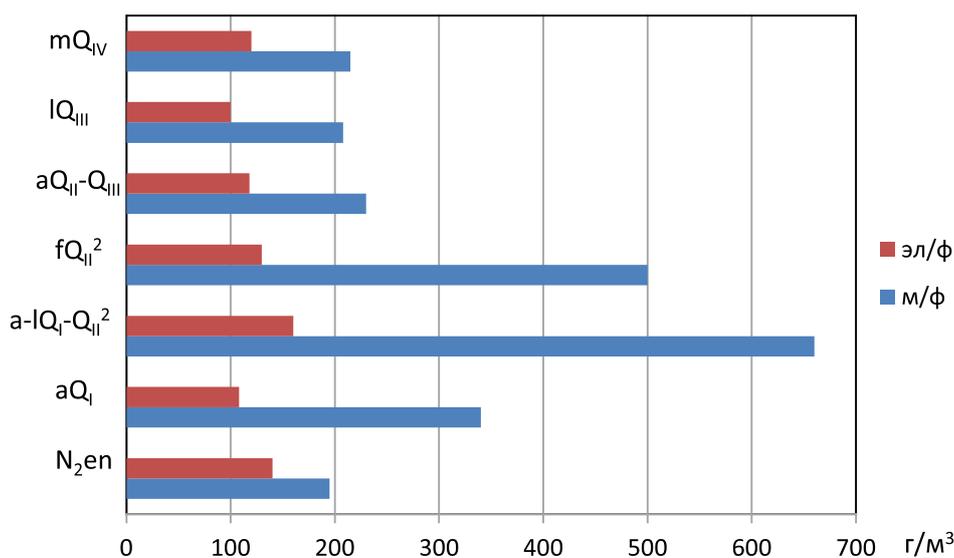


Рис. 6. График распределения средних содержаний магнитной и электромагнитной фракций в неоген-четвертичных отложениях

Содержания основных минералов тяжелой фракции

Тип отложений	К-во проб	Средние содержания минералов (вес. %)								
		магнетит	ильменит	пироксен	гранат	ставролит	амфибол	эпидот, цоизит	гематит	прочие минералы и обломки пород
Средне-верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения (а Q _{II} -Q _{III})	4	51.5	13.2	8.0	7.1	2.0	2.3	0.5	6.9	8.5
Мореноподобные супеси – fQ _{II} ²	7	56.0	12.4	8.5	3.7	0.7	0.9	0.7	7.2	9.9
Аллювиально-озерные пески с галькой – а-I Q _I -Q _{II} ¹	5	47.9	14.6	9.3	7.2	2.9	1.3	1.2	7.9	7.7
Энемтенские галечники – N ₂ en	2	61.0	8.7	3.5	11.6	2.7	5.6	3.3	3.0	0.6
<i>Среднее в береговых уступах</i>	<i>18</i>	<i>54.1</i>	<i>12.2</i>	<i>7.3</i>	<i>7.4</i>	<i>2.1</i>	<i>2.5</i>	<i>1.4</i>	<i>6.3</i>	<i>6.7</i>
<i>Среднее по пляжу – m Q_{IV}</i>	<i>20</i>	<i>48.2</i>	<i>10.5</i>	<i>21.7</i>	<i>10.6</i>	<i>1.9</i>	<i>0.8</i>	<i>0.5</i>	<i>3.0</i>	<i>2.8</i>

Величина зерен золота колеблется от < 0.1 до 2.0 мм, более крупные (до 2.0 мм) встречаются в водно-ледниковых отложениях. Наибольшее количество содержится во фракциях 0.1–0.5 мм (35%), 0.71–1.0 мм (30%) в мореноподобных отложениях. Золото плохо сортировано по крупности, степень окатанности различная: от слабой до хорошей, наблюдается золото в сростках с нерудными минералами, в т.ч. с кварцем, иногда покрыто лимонитовой рубашкой. Форма пластинчатая, толстотаблитчатая, лепешковидная, комковидная, проволочкообразная, как с гладкой, так и с мелкоямчатой, слегка шероховатой поверхностью (рис. 7). Стружковидную, чешуйчатую форму с неровными загнутыми краями имеют мелкие зерна плохой окатанности. Проба изменяется в пределах 730–901‰ [13; 14]. В отложениях пляжа она несколько выше – 800–950‰.

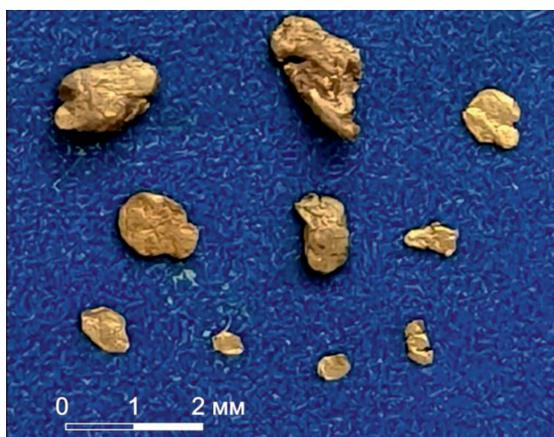


Рис. 7. Золото из отложений береговых обрывов

Золотоносность пляжей напрямую зависит от золотоносности промежуточного коллектора и величины его абразионного среза, хоть и осложняется неравномерностью распределения золота в абрадируемой толще. В местах выхода террас с абсолютной отметкой более 10 м берег обычно абразионный. Чем выше формы рельефа, тем больше обломочного материала поступает на пляж, где происходит его последующая концентрация в меньшем объеме пляжа. Абразионные участки берега, сопряженные с толщей коллектора, питают расположенный рядом пляж, откуда и начинается формирование прибрежно-морских россыпей как пляжа, так и подводного берегового склона. Именно здесь, напротив этих участков берега или вблизи них, встречены повышенные содержания золота в отложениях пляжа. На современном этапе исследуемый берег подвергается трансгрессии, в переработку вовлекаются новые золотоносные отложения и процесс образования прибрежно-морских россыпей еще не завершен, он происходит в настоящее время.

Выводы

Промежуточные коллекторы золота сформированы под влиянием многих факторов в условиях многократного переотложения золотосодержащего материала, при участии различных источников поступления золота и наложения процессов глубокого химического выветривания.

Исследуемый участок побережья сложен рыхлыми отложениями, которые несут почти повсеместную золотоносность

и являются промежуточными коллекторами золота на пути формирования прибрежно-морских россыпей охотоморского побережья Камчатки. Это четвертичные: флювиогляциальные образования (с содержаниями благородного металла до 300–355 мг/м³), аллювиальные (до 417 мг/м³), береговых уступов и погребенных террас (до 112 г/м³); верхнеэоценовые галечники (до 120 мг/м³). Полученные данные свидетельствуют о хороших коллекторских свойствах этих пород, легко поддающихся волновой переработке. Их размыв обуславливает возникновение аномальных локальных концентраций золота в ореолах естественного шлиха, что позволяет рассматривать последние в качестве индикатора на обнаружение скопления благородного металла на пляже и шельфе. Учитывая то, что еще в позднечетвертичное время уровень моря был значительно ниже, чем в настоящее время, можно сделать вывод о том, что тогда могла быть абрадируемая затопленная толща отложений. Скорость относительного погружения побережья Западной Камчатки -1.8 мм/год [10] является весьма высокой. При современной трансгрессии отступление береговой линии в сторону суши происходит тоже весьма быстро – 0.5–1 м/год. При этом в переработку волновыми процессами вовлекалась большая масса обломочного материала, при естественном шлиховании которого создаются возможности для значительной концентрации тяжелых минералов на пляже и подводном береговом склоне. Значительная масса золотоносных рыхлых отложений, пройдя через гидродинамически активную зону, создала условия и для формирования россыпей на подводном береговом склоне.

Необходимо отметить, что, несмотря на некоторую изученность этой территории предшественниками и проведенный небольшой объем наших исследований, которые изложены в статье, имеется недостаточно данных по золотоносности континентальных отложений прибрежной суши на глубину. Помимо отложений береговых обрывов, в которых присутствует золото, возможно обнаружение источников сноса, находящихся в непосредственной близости к береговой зоне и в настоящее время перекрытых торфяниками прибрежной тундры или перекрытых осадками на подводном береговом склоне. Мало изучены морфодинамические особенности процессов береговой зоны, характеризующиеся большой сложностью, количественные характеристики динами-

ческих процессов, их изменчивость в годовых и многолетних циклах (абразия клифа и бенча, ее скорость на различных участках), взаимосвязь аккумуляции с абразией. Необходимо их доизучение, поскольку имеются прямые признаки, предпосылки, а в связи с этим перспективы, указывающие на возможное наличие на юго-западном побережье Камчатки не только пляжевых россыпей золота, формирующихся на современном этапе развития побережья за счет абразии вышеописанных неоген-четвертичных отложений и россыпей подводного берегового склона, но и древних континентальных россыпей, ныне находящихся в захороненном и переотложенном состоянии.

Список литературы / References

1. Dill H.G., Goldmann S., Cravero F. Zr-Ti-Fe placers along the coast of NE Argentina: Provenance analysis and ore guide for the metallogenesis in the South Atlantic Ocean. *Ore Geology Reviews*. 2018. no. 4. vol. 95. P. 131–160. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.02.025.
2. Athey J.E., Harbo L.A., Lasley P.S., Freeman L.K. Alaska's Mineral Industry. Special Report 68. 2012. 75 p.
3. Moufti A.M. Opaque mineralogy and resource potential of placer gold in the stream sediments between Duba and Al Wajh, Red Sea coast, northwestern Saudi Arabia. *Journal of African Earth Sciences*. 2014. No. 11. Vol. 99. Part 1. P. 188–201.
4. Hou B., Keeling J., Van Gosen B.S. Geological and Exploration Models of Beach Placer Deposits, Integrated from Case-Studies of Southern Australia. *Ore Geology Reviews*. 2017. Vol. 80. P. 437–459. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.07.016.
5. Kirkpatrick L.H., Jacob J., Green A.N. Beaches and bedrock: How geological framework controls coastal morphology and the relative grade of a Southern Namibian diamond placer deposit. *Ore Geology Reviews*. 2019. Vol. 107. P. 853–862. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2019.03.029.
6. Van Gosen B.S., Fey D.L., Shah A.K., Verplanck P.L., Hoefen T.M. Deposit model for heavy-mineral sands in coastal environments: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070-L. 2014. 51 p. DOI: 10.3133/sir20105070L.
7. Флеров И.Б., Дундо О.П., Гусев Е.А., Сухорослов В.Л. Геологические предпосылки богатых россыпей золота на шельфе Чукотского моря // Руды и металлы. 2011. № 3–4. С. 165–166.
8. Флеров И.Б., Дундо О.П., Гусев Е.А., Сухорослов В.Л. Geological features of high-grade shelf placers in the Chukchi sea // Руды и металлы. 2014. № 3–4. С. 165–166 (in Russian).
9. Лаломов А.В. Россыпи Российской Арктики и перспективы их отработки // Минералогия. 2017. № 2. С. 30–42.
10. Lalomov A.V. Placers of the Russian Arctic and the prospects of their mining // *Mineralogiya*. 2017. № 2. P. 30–42 (in Russian).
11. Garnett R.H.T. Marine placer gold, with particular reference to Nome, Alaska. In: Cronan D.S. (Ed.). *Handbook of Marine Mineral Deposits*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2000. P. 67–101.
12. Бондаренко И.В., Хитров В.В. Отчет Камчатской партии о результатах общепроисловых работ на россыпи шельфа южной части западного побережья Камчатки за 1976–1978 гг. Петропавловск-Камчатский: Фонды ВГФ, ТГФ, 1979, в 2-х кн.: 140+256 с.
13. Bondarenko I.V., Khitrov V.V. Report of the Kamchatka party on the results of general prospecting works on the placer deposits of the southern part of the western coast of Kamchatka for 1976-1978. *Petropavlovsk-Kamchatskiy: Fondy VGF, TGF*, 1979, v 2-kh kn.: 140+256 p. (in Russian).
14. Наумов Ю.А. Условия формирования прибрежно-морских россыпей Юго-Западной Камчатки. Находка: НОУ ВПО Институт технологии и бизнеса, 2012. 116 с.

Naumov Yu.A. Conditions for the formation of coastal-marine placers in South-Western Kamchatka. Nakhodka: NOU VPO Institut tekhnologii i biznesa, 2012. 116 p. (in Russian).

12. Федюкович О.А., Черепанов Г.Ю. Отчет о поисково-рекогносцировочных работах на россыпное золото на участке междуручья Митога-Уччала в пределах Западного побережья полуострова Камчатка в 1972–1973 гг. Петропавловск-Камчатский: Фонды ВГФ, ТГФ, ТГУ, 1974. 150 с.

Fedyukovich O.A., Cherepanov G.Yu. Report on prospecting and reconnaissance work for alluvial gold in the Mitoga-Uchkhala rivers interfluvial area within the western coast of the Kamchatka Peninsula in 1972–1973. Petropavlovsk-Kamchatskiy: Fondy VGF, TGF, TGU, 1974. 150 p. (in Russian).

13. Кунгурова В.Е. К вопросу о россыпной золотоносности прибрежно-морской зоны Юго-Западной Камчатки // Руды и металлы. 2014. № 5. С. 19–31.

Kungurova V.Ye. On the question of alluvial gold mineralization of the coastal-marine zone of South-Western Kamchatka // Rudy i metally. 2014. № 5. P. 19–31 (in Russian).

14. Кунгурова В.Е. Золотоносные прибрежно-морские россыпи побережий Юго-Западной Камчатки и полуострова Аляска // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 12 (специальный выпуск 46). С. 5–25. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-46-5-25.

Kungurova V.Ye. Gold-bearing coastal marine placers the of coasts of South-Western Kamchatka and Alaska peninsula // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2020. № 12 (spetsial'nyy vypusk 46). P. 5–25. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-46-5-25 (in Russian).

15. Eyles N. Glacially derived, shallow-marine gold placers of the Cape Yakataga district, Gulf of Alaska. Sedimentary Geology. 1990. Vol. 68. iss. 3. P. 171–185. DOI: 10.1016/0037-0738(90)90110-F.

УДК 502:504.54:911.2:911.52:519.876

ДИНАМИКА ЗА 50 ЛЕТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДОЛИ КАТЕГОРИЙ ЗЕМЕЛЬ**¹Мазуркин П.М., ²Ефимова Е.А.**¹*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, e-mail: kaf_po@mail.ru;*²*Управление Росреестра по Республике Марий Эл, Волжск, e-mail: efimovakalinina@mail.ru*

Основное преимущество относительных долей, в отличие от абсолютной площади, заключается в том, что по долям можно сопоставлять и сравнивать между собой любые территориальные образования (материки, регионы мира, страны, федеральные округа, субъекты Федерации, муниципальные образования, землепользователи). Вторым преимуществом является то, что по долям площади можно провести любую консолидацию угодий, например экологическую. Третьим преимуществом применения долей является чуткость процесса моделирования. Например, по площади из 7 категорий земли сельскохозяйственного назначения (14,3%) получили волновые уравнения (18 членов), остальные только тренды. По долям для семи категорий получено 92 уравнения, а по площади только 25 (27,2%). Все категории из первых трех членов по долям относятся к связям с корреляцией выше 0,95. Четвертым преимуществом является возможность расширения системы относительных параметров отношениями демографических, социально-экономических, миграционных и других показателей к площади территориального образования. Кроме плотности населения, расширенная система параметров должна включать в себя плотность домашних и диких животных, а также плотность растений, в их биологическом разнообразии. Доля площади категорий земельного кадастра дает более качественную по составу волновых закономерностей по сравнению с абсолютной площадью. Критерий относительной доли позволяет совместно рассматривать матрицы земельных категорий и их видов угодий. Кроме того, появляются возможность расширения изучаемой системы параметров за счет дополнения долей кадастров и угодий другими относительными параметрами. Важным дополнением станет группа абсолютных показателей климатической геоморфологии.

Ключевые слова: муниципалитет, земли, категории, доля площади, динамика за 50 лет, закономерности

DYNAMICS OVER 50 YEARS OF THE RELATIVE SHARE OF LAND CATEGORIES**¹Mazurkin P.M., ²Efimova E.A.**¹*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia, e-mail: kaf_po@mail.ru;*²*Department of state land supervision of the Rosreestr Administration for the Republic of Mari El, Volzhsk, e-mail: efimovakalinina@mail.ru*

The main advantage of relative shares, in contrast to the absolute area, is that any territorial formations (continents, regions of the world, countries, federal districts, federal subjects, municipalities, land users) can be compared and compared with each other. The second advantage is that any land consolidation, for example, ecological, can be carried out in terms of area shares. The third advantage of using relative land shares is the sensitivity of the modeling process. For example, in terms of area, out of 7 categories of agricultural land (14.3%), wave equations (18 members) were obtained, the rest are only trends. For the relative shares for seven categories, 92 equations were obtained, and for the area only 25 (27.2%). All categories of the first three members in terms of shares refer to factorial relationships with a correlation above 0.95. The fourth advantage is the possibility of expanding the system of relative parameters by the relations of demographic, socio-economic, migration and other indicators to the area of the territorial entity. In addition to population density, the expanded system of parameters should include the density of domestic and wild animals, as well as the density of plants in their biological diversity. The share of the area of the categories of the land cadastre gives a higher quality in terms of the composition of wave patterns in comparison with the absolute area. The criterion of the relative share allows us to jointly consider the matrices of land categories and their types of land. In addition, it becomes possible to expand the system of parameters under study by supplementing the shares of cadastres and lands with other relative parameters. An important addition will be the group of indicators of climatic geomorphology.

Keywords: municipality, land, categories, area share, dynamics over 50 years, patterns

В первой части определения земли по ГОСТ 26640-85 перечислены основные геоморфологические и климатические признаки природной среды: пространство, рельеф, климат, почвенный покров, растительность, недра, воды. Но нет здесь перечислений царств живого вещества по В.И. Вернадскому, поэтому во второй части всё отдается человеку, хотя понятно, что он является только одним из значимых видов царства животных.

Причем в [1] распределение категорий земель выполнено только по федеральным округам и субъектам Федерации. Здесь нет

параметров пространства, рельефа, климата, недр. Частично категории земельного кадастра рассматривают почвенный покров и растительность (земли сельскохозяйственного назначения), растительность (леса, луга, пастбища, многолетние насаждения, болота) и водный фонд. В документе [1] вообще нет данных по муниципальным образованиям.

На сайте Росстата мы нашли структуру данных по муниципалитетам, но эта форма так и не заполнена, даже по категориям земель [2]. Для экологической консолидации лучше было бы по всем муниципальным образованиям сформировать матрицы данных

по 13 видам угодий и 7 категориям не менее чем за 50 лет. Из [3] видно, что в России всего числится 20 846 муниципальных образований, из которых: 1673 – муниципальные районы; 33 – муниципальные округа; 632 – городские округа; 1398 – городские поселения; 16 821 – сельские поселения.

За рубежом экспериментально исследуются процессы динамики земель во взаимосвязи с параметрами других видов деятельности человека. Например, в [4] представлен подход к моделированию динамики земельного покрова в зависимости от изменений в технологии землепользования. Выявлены связи между социально-экономическими изменениями и динамикой в лесном покрове. Причем динамика землепользования и почвенного покрова должна быть представлена как отдельные процессы. Этот подход может быть использован для прогнозирования лесного покрова в динамике социально-экономических преобразований территории.

Цель исследования – методом идентификации [5] выявить закономерности динамики за период 1970–2020 гг. в 50 лет процентной доли распределения земель по категориям кадастра на примере Волжского района Республики Марий Эл (РМЭ).

Материалы и методы исследования

Из ежегодных отчетов о распределении земельного фонда Волжского района были выписаны данные по доле площади по семи категориям кадастра.

Таблица 1

Динамика доли земель Волжского района, %

Год	Время, г лет	Доля площади земель по категориям						
		1	2	3	4	5	6	7
1970	0	51.55	3.11	1.19	-	41.29	-	2.86
1971	1	53.05	3.11	1.31	-	41.26	-	2.86
...
2018	48	45.45	3.72	1.21	19.15	27.25	2.82	0.39
2019	49	45.45	3.72	1.21	19.15	27.25	2.82	0.39
2020	50	45.45	3.72	1.21	19.15	27.25	2.82	0.39

$j = 1$ – сельхозназначения; 2 – населенных пунктов; 3 – промышленности ...; 4 – особо охраняемых территорий ...; 5 – лесного фонда; 6 – водного фонда; 7 – запаса. С 1992 года были выделены категории земельного кадастра 4 и 5.

Доли даны (табл. 1) по формуле:

$$\alpha_j = 100S_j / S, \quad (1)$$

где α – доля площади земель по категориям земельного кадастра, %, j – код категории,

S_j – площадь земель по j -й категории, S – общая площадь территории муниципалитета.

На многих примерах статистического моделирования было доказано, что вейвлет-сигналы колебательной адаптации в природе записываются волновой формулой [5] вида

$$y = \sum_{i=1}^m y_i \quad y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}),$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}),$$

$$p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, \quad (1)$$

где y – показатель, i – номер члена (1), m – количество членов в (1), x – переменная, $a_1 \dots a_8$ – параметры (1), A_i – половина амплитуды (ось y), p_i – полупериод вейвлета (ось x).

Закономерности динамики долей категорий. Фрагментарно показаны в табл. 2.

Всего четыре члена получило распределение водного фонда. Первые два члена образуют закон Вейбулла, дающий максимальный предел 2,82% и повышение на 0,445% в сравнении с 1970 г. Восемь членов имеет категория особо охраняемых территорий (ООПТ). На третьем месте с 10-ю членами находится доля земель населенных пунктов. Далее при 14 членах располагается доля лесного фонда. По 16 членов имеют доли промышленности и запаса. Наиболее сложной моделью (1) является доля земель сельскохозяйственного назначения.

Основное преимущество относительных долей, в отличие от абсолютной площади, заключается в том, что по долям можно сопоставлять и сравнивать между собой любые территориальные образования (материки, страны, федеральные округа, субъекты Федерации, муниципальные образования, землепользователи). Вторым преимуществом является то, что по долям площади можно провести любую консолидацию угодий. Третьим преимуществом применения долей является чуткость процесса моделирования. Например, по площади из 7 категорий только земли СХН (14,3%) получили волновые уравнения (18 членов), остальные только тренды. По долям для семи категорий получено 92 уравнения, а по площади 25 (27,2%). Все категории из первых трех членов по долям относятся к связям с корреляцией выше 0,95.

Динамика доли земель сельскохозяйственного назначения (СХН). Первая категория кадастра среди других оказалась с наибольшим количеством членов (рис. 4, табл. 3).

Таблица 2

Параметры (1) динамики доли категорий Волжского района за 1970–2019 гг.

Но- мер <i>i</i>	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Кэф. корт. <i>r</i>
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
Земли сельскохозяйственного назначения по доле от общей площади района									
1	51.47461	0	-0.020877	0.99347	0	0	0	0	0.9752
2	-0.26535	1.50923	0	0	0	0	0	0	
3	2.47092e-10	10.08641	0.32062	1.03027	0.95394	0.075022	1.02507	3.80926	0.6302
4	2.02962	7.09781	0.052008	1.28928	5.33885	0	0	-2.25578	
...
24	3.84882e-8	5.38044	0.16818	1.00233	1.11272	-0.0011267	1.00138	0.48725	0.5456
Земли населенных пунктов по долям от общей площади района									
1	3.09801	0	9.44361e-7	1.28251	0	0	0	0	0.9969
2	0.0056004	1.58783	0.073213	0.76742	0	0	0	0	
3	0.00032229	5.72942	0.86290	0.94206	2.50277	0.028299	1.60123	1.98950	...
...	
10	0.00024504	1.56125	0.082361	0.99723	5.14390	0.023999	1.00369	-2.29525	0.4015
Земли промышленности, транспорта ...									
1	1.25608	0	0.00068458	1.03693	0	0	0	0	0.9526
2	3.14622e-6	7.57285	0.39548	1.10285	0	0	0	0	
3	0.081386	1.03323	0.11531	1	7.21352	-0.043957	1	1.70384	...
...	
16	1.80260e-9	5.36422	0.035788	1.29478	2.15970	0.045922	1.09286	5.44560	0.6039
Земли особо охраняемых природных территорий									
1	18.21640	0	0.00060473	0.99902	0	0	0	0	0.9638
2	0.017415	1.53126	0.031250	1.00024	0	0	0	0	
3	8.68672e-10	8.08066	0.23723	1.08028	2.15204	0.038027	1.09814	1.29603	...
...	
8	-4.57924e-7	3.01296	0.050528	1	3.90881	3.92676e-5	1	6.09215	0.6591
Земли лесного фонда по относительной доле от площади района									
1	41.03154	0	4.66099e-6	2.85262	0	0	0	0	0.9946
2	-5.32745e-13	12.92748	0.45870	1.00769	0	0	0	0	
3	5.28096e-22	24.46746	1.20465	0.98374	5.55019	8.46598e-5	2.52445	-3.03103	...
...	
14	3.56718e3-19	16.18787	1	8.99503	0.096805	0.096805	1	3.71406	0.5055
Земли водного фонда по относительной доле от площади района									
1	2.82228	0	0	0	0	0	0	0	0.9738
2	-0.44523	0	0.00049062	2.52720	0	0	0	0	
3	4.90617e-36	31.54768	0.52962	1.17573	1.11559	0.035096	1.06938	2.32239	0.7177
4	-1.11263e-13	9.78609	0.032895	1.59729	0.98625	0.00060404	1.68698	1.99329	
Земли запаса по относительной доле от площади района									
1	2.80431	0	2.33297e-5	2.89474	0	0	0	0	0.9967
2	-7.80552e-12	9.56916	0.029627	1.58504	0	0	0	0	
3	-3.27737e-63	70.35513	2.93287	1.03750	-2.37344	1.49096	0.46942	5.96526	...
...	
16	-1.48474e-5	3.42884	0.19501	1.01582	16.47621	0.048052	1.17054	-1.94922	0.2919

Всего по доле площади СХН было выявлено 24 составляющие, а по площади всего 18. Первый член тренда показывает стремление человека, как и любого живого существа, по закону экспоненциального роста увеличивать площадь своего обитания. Рост зависит от численности населения. А второй член тренда с отрицательным знаком показывает кризисное

снижение по степенной функции доли СХН. Наибольшее количество членов указывает, что люди внимательно за 50 лет проводят землеустройство, но как всегда не осознают сложную динамику. В итоге двухчленный тренд (рис. 1) дает неосознанные до сих пор сильные скачки.

Динамика доли земель населенных пунктов. Графики даны на рис. 2.

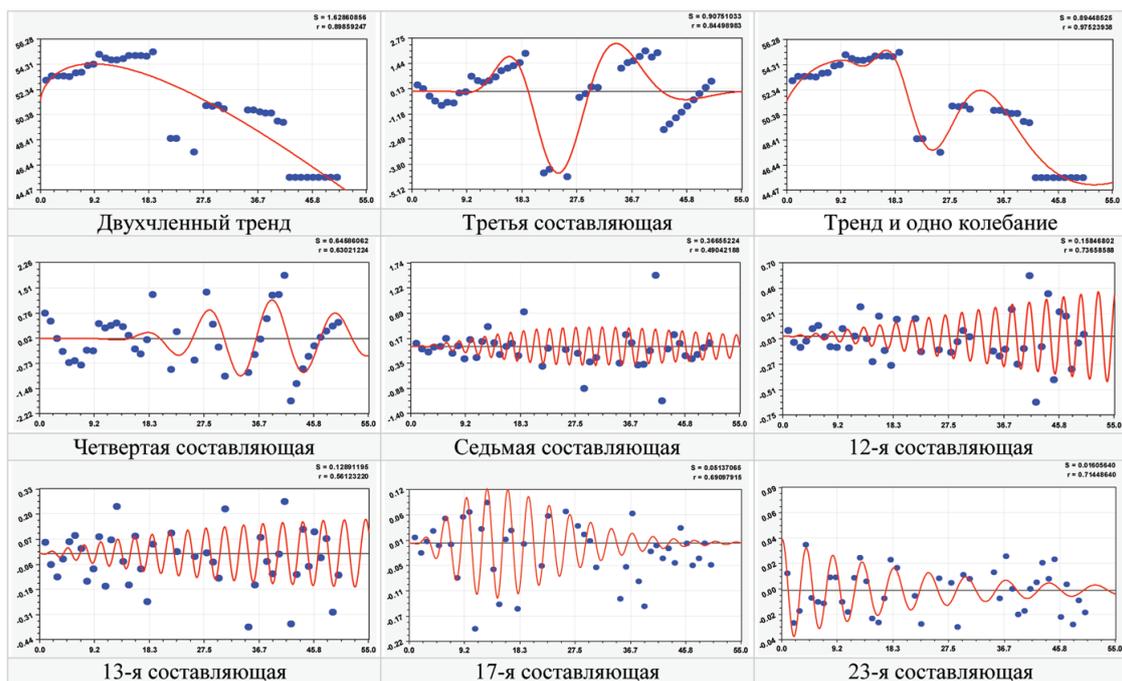


Рис. 1. Динамика распределения доли СХН Волжского района РМЭ
(в правом верхнем углу: S – стандартное отклонение; r – коэффициент корреляции)

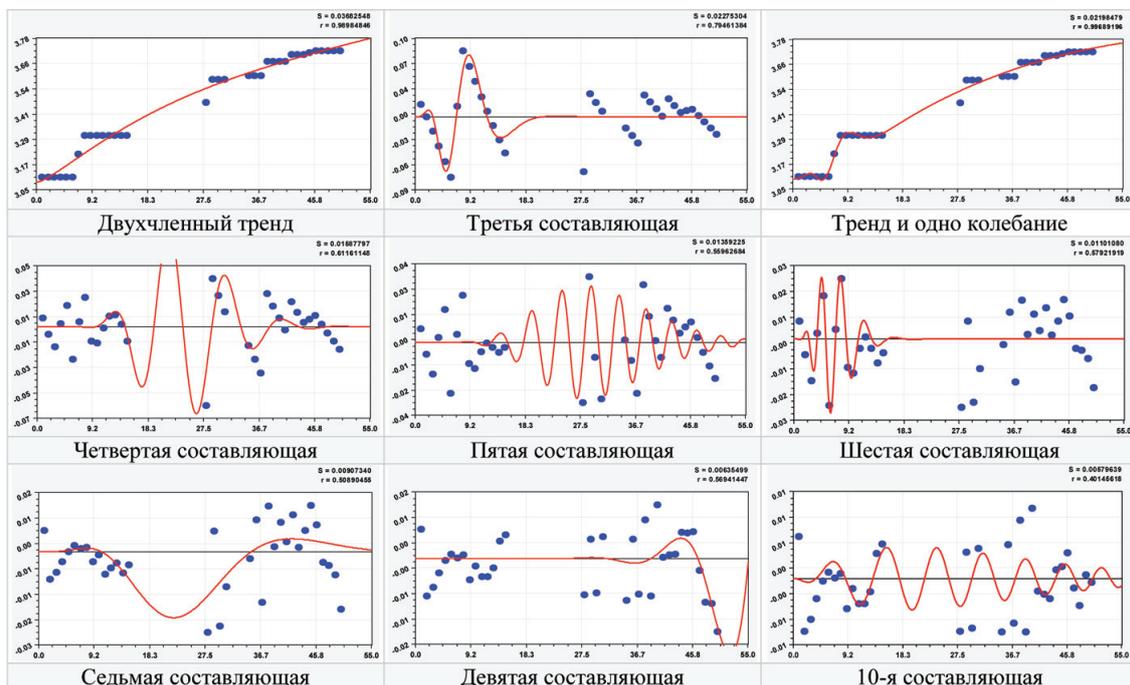


Рис. 2. Динамика доли земель населенных пунктов Волжского района РМЭ

Особенно опасен девятый член, который указывает на разлад в пространственном развитии населенных пунктов с 2010 г., а ведь в 2004 г. приняли доктрину градостроительства.

Динамика доли земель промышленно-сти... Некоторые графики даны на рис. 3.

Из графиков видно, что графики 3 и 12 дают угасание активности советских инициатив по развитию промышлен-

ности, транспорта, энергетики и другой инфраструктуры.

Динамика доли земель ООПТ и водного фонда. Здесь примерно одинаково (рис. 4).

Отличие заключается в том, что предел доли водного фонда и в будущем сохранится даже с небольшим увеличением, а доля ООПТ в Волжском районе будет сокращаться.

Динамика доли земель лесного фонда. Из графиков на рис. 5 видно, что оба члена тренда дают снижение доли лесов по отношению к общей площади муниципалитета.

Деревья не привыкли за 400 млн лет эволюции к поведению человека, особенно за последние 300 лет. Поэтому под антропогенным давлением они снижают свою долю, по модифицированному зако-

ну Мандельброта. Кризисное поведение по второму члену тренда уменьшается, так как в лесной фонд передаются залежи, на которых начинают расти деревья березы и осины с диаметром ствола не менее 12 см. По толщине с 1890 г. деревья уменьшились более двух раз. Больных деревьев стало больше. В итоге лесная политика России не соответствует экологическим требованиям. Может, запрет экспорта кругляка с начала 2022 г. и переход на экспорт пиломатериалов, бумаги и картона позволит спасти российские леса?

Динамика доли земель запаса. Эта категория, по нашему мнению, показывает некомпетентность землеустроителей отнести земельные участки к другим категориям (рис. 6).

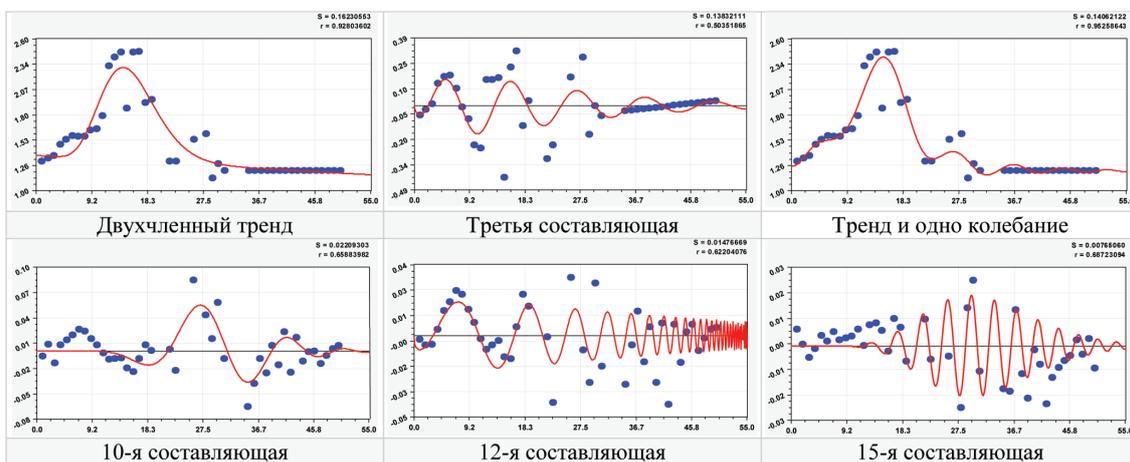


Рис. 3. Динамика распределения доли земель промышленности Волжского района РМЭ

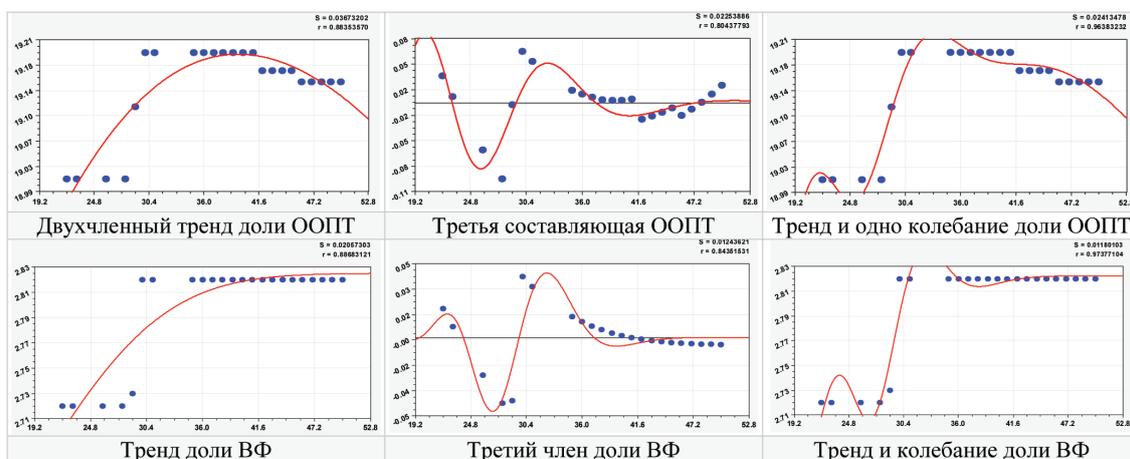


Рис. 4. Динамика доли земель ООПТ и водного фонда (ВФ) Волжского района РМЭ

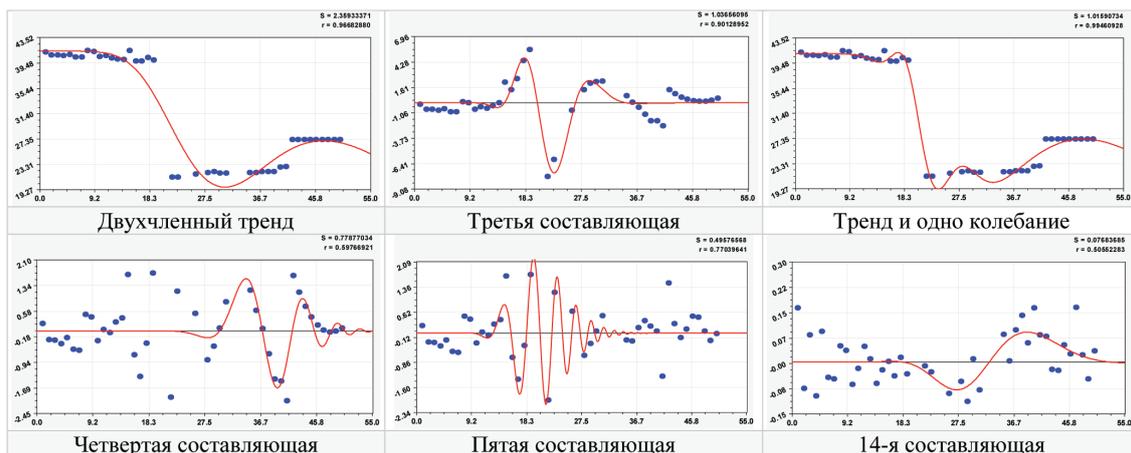


Рис. 5. Динамика доли земель лесного фонда Волжского района РМЭ

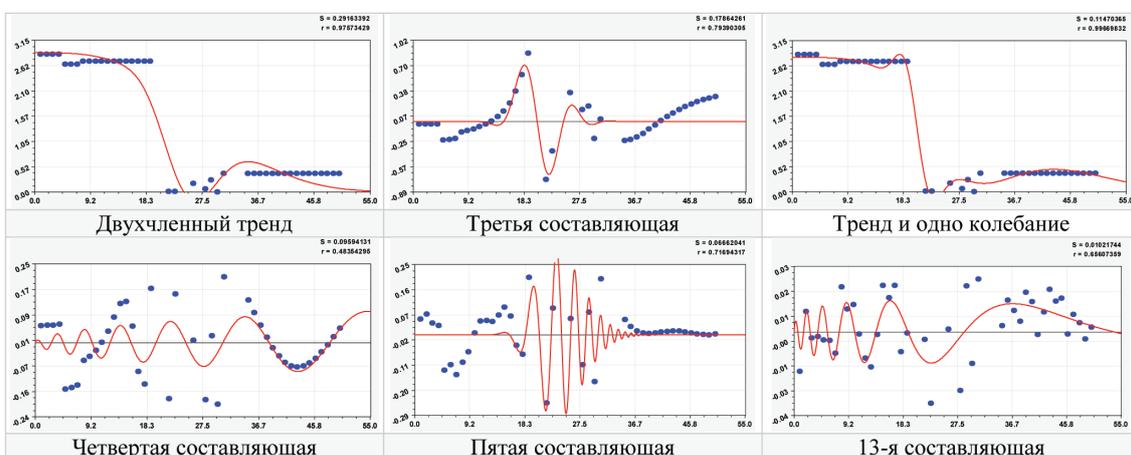


Рис. 6. Динамика доли земель запаса Волжского района РМЭ

Однако в целом доля земель запаса со временем снижается. Двухчленный тренд по конструкции повторяет закономерность динамики доли лесного фонда. Однако колебания, например по составляющим 4 и 13, показывают рост амплитуды. А увеличение периода колебания указывает на успокоенность лиц, принимающих решения о распределении земель.

Таким образом, вне зависимости от динамики общей площади, относительная доля площади категорий земельного кадастра дает более качественную по составу волновых закономерностей по сравнению с абсолютной площадью. Критерий относительной доли позволяет совместно рассматривать матрицы категорий и их угодий. Кроме того, появляются возможности расширения изучаемой системы параметров

за счет дополнения долей кадастров и угодий относительными параметрами, например плотность населения и другие демографические и социально-экономические показатели как отношения к общей площади территории.

Заключение

Для анализа динамики, а затем уточнения экологических критериев для последующего территориального планирования и прогнозирования в Российской Федерации срочно необходимы массивы официальных табличных данных по всем муниципалитетам страны, причем не менее чем за 50 лет, с 1970 года. Затем эти абсолютные значения должны быть преобразованы в относительные доли категорий кадастра и видов угодий.

На примере Волжского района Республики Марий Эл видно, что переход на доли категорий земельного кадастра позволяет получить значительные преимущества.

Основное преимущество относительных долей, в отличие от абсолютной площади, заключается в том, что по долям можно сопоставлять и сравнивать между собой любые территориальные образования (материки, регионы мира, страны, федеральные округа, субъекты Федерации, муниципальные образования, землепользователи). Вторым преимуществом является то, что по долям площади можно провести любую консолидацию угодий, например экологическую консолидацию по трем первым классам почвенного покрова по классификации ООН.

Третьим преимуществом применения долей является чуткость процесса моделирования. Например, по площади из 7 категорий только земли СХН (14,3%) получили волновые уравнения (18 членов), остальные только тренды. По долям для семи категорий получено 92 уравнения, а по площади только 25 (27,2%). Все категории из первых трех членов по долям относятся к связям с корреляцией выше 0,95.

Четвертым преимуществом является возможность расширения системы относительных параметров отношениями демографических, социально-экономических, миграционных и других показателей к общей площади рассматриваемого территориального образования. Кроме плотности населения, расширенная система параметров должна включать в себя плотность домашних и диких животных, а также плотность растений, в их биологическом разнообразии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 19-45-240004p_a «Прогноз эколого-экономического потенциала возможных «климатических» миграций в Ангаро-Енисейском макрорегионе в меняющемся климате 21 века».

Список литературы / References

1. Распределение земель Российской Федерации по категориям в разрезе субъектов Российской Федерации (на 1 января 2019 года, тыс. га). Приложение 1 // Ф. 22 за 2019 год (по субъектам РФ). М.: Минсельхоз РФ, 2019. 17 с.

Distribution of land of the Russian Federation into categories by regions of the Russian Federation (as of January 1, 2019, thousand hectares). Appendix 1 // F. 22 for 2019 (for the constituent entities of the Russian Federation). M.: Minsel'khoz RF, 2019. 17 p. (in Russian).

2. База данных показателей муниципальных образований Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/munst.htm> (дата обращения: 03.05.2021).

Database of indicators of municipalities of the Russian Federation. [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/munst.htm> (date of access: 03.05.2021). (in Russian).

3. Число муниципальных образований по субъектам Российской Федерации на 1 января 2020 года. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/bd_munst/1-adm_2020.xlsx (дата обращения: 05.05.2021).

The number of municipalities by constituent entities of the Russian Federation as of January 1, 2020. [Electronic resource]. URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/bd_munst/1-adm_2020.xlsx (date of access: 05.05.2021) (in Russian).

4. Brown D.G., Pijanowski B.C., Duh J.D. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*. 2000. № 59. DOI: 10.1006/jema.2000.0369.

5. Mazurkin P.M. Factor analysis of the parameters of samples of the steppe soil and grass of Mongolia and Inland Mongolia of China on the eastern transect of the Eurasian steppe. *Journal of Geological Research*. 2021. Vol. 3. Is. 1. P. 1–10. DOI: 10.30564/jgr.v3i1.2520.

УДК 504.422/423

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАЙОНЕ ОСТРОВА ВАРАНДЕЙ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ В ПЕЧОРСКОМ МОРЕ

¹Мискевич И.В., ²Деменков О.В.

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: subarct@gmail.com;*

²*Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
Архангельск, e-mail: oleg.demenckov@yandex.ru*

Выполнен расчет статистических характеристик содержания тяжелых металлов (железа, кадмия, меди, свинца и цинка) нефтяных углеводородов и бенз(а)пирена в водах и донных отложениях прибрежного района Печорского моря в районе Варандейского нефтеналивного терминала за период с 2011 по 2014 год. Медианные и трехсредние концентрации этих загрязняющих веществ в морской воде, как оценки статистического центра распределения исследуемых величин, не превышают нормативный уровень. Наибольшая повторяемость сверхнормативных концентраций металла отмечается для растворенной формы железа (45–48%), но это, вероятнее всего, вызвано природными факторами. Для растворенного цинка такая повторяемость достигает 7–18%, что, возможно, обусловлено влиянием сочетания природных и техногенных факторов. Для остальных исследуемых показателей сверхнормативные концентрации в морской воде не характерны. Содержание металлов в донных отложениях не выходит за рамки диапазона их природной изменчивости. Содержание углеводородов в донных отложениях можно считать низким. При этом повторяемость сверхнормативных концентраций нефтяных углеводородов не превышает 1%. Сравнение рассчитанных концентраций углеводородов в донных отложениях с величинами, вычисленными ранее для периода с 1997 по 2008 г., указывает на наличие тенденции к снижению уровня их загрязнения. Так, медианное содержание нефтяных углеводородов в данный период составило 9,5 мг/кг, бенз(а)пирена – 0,16 мг/кг. Эти значения на порядок выше медианных концентраций для периода 2011–2014 г. Следует предположить, что геоэкологическую ситуацию, наблюдаемую в рассматриваемом районе Печорского моря во втором десятилетии XXI века, можно в целом признать удовлетворительной.

Ключевые слова: Печорское море, Варандей, мониторинг, металлы, углеводороды, вода, донные отложения, статистики

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITIES IN THE AREA OF THE VARANDEI ISLAND ON THE GEOECOLOGICAL SITUATION IN THE PECHORSKY SEA

¹Miskevich I.V., ²Demenkov O.V.

¹*Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, e-mail: subarct@gmail.com;*

²*Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,
Arkhangelsk, e-mail: oleg.demenckov@yandex.ru*

The calculation of the statistical characteristics of the content of heavy metals (iron, cadmium, copper, lead and zinc) of petroleum hydrocarbons and benzo (a) pyrene in the waters and bottom sediments of the coastal region of the Pechora Sea near the Varandey oil terminal for the period 2011-2014 has been performed. The median and three-average concentrations of these pollutants in seawater, as estimates of the statistical center for the distribution of the studied quantities, do not exceed the standard level. The highest frequency of excess metal concentrations is observed for the dissolved form of iron (45-48%), but this is most likely caused by natural factors. For dissolved zinc, this repeatability reaches 7-18%, which is possibly due to the influence of a combination of natural and man-made factors. For the rest of the investigated indicators, excess concentrations in seawater are not typical. The content of metals in bottom sediments does not go beyond the range of their natural variability. The content of hydrocarbons in bottom sediments can be considered low. At the same time, the repeatability of excess concentrations of petroleum hydrocarbons does not exceed 1%. Comparison of the calculated concentrations of hydrocarbons in bottom sediments with the values calculated earlier for the period 1997-2008 indicates a tendency towards a decrease in the level of their pollution. So the median content of petroleum hydrocarbons in this period was 9.5 mg / kg, benzo (a) pyrene – 0.16 mg / kg. These values are an order of magnitude higher than the median concentrations for the period 2011-2014. It should be assumed that the geoecological situation observed in the considered.

Keywords: Pechora Sea, Varandey, monitoring, metals, hydrocarbons, water, bottom sediments, statistics

Печорским морем, согласно Постановлению ЦИК СССР «О единых географических наименованиях частей Северного Ледовитого океана, прилегающих к территории СССР» (1935 г.), называется часть юго-востока Баренцева моря. Его западная

граница проходит по линии от мыса Святой Нос (Тиманский) до западной оконечности Плоских Кошек на юго-восточном побережье о. Колгуев и далее от северной оконечности Колгуева до мыса Черный у входа в пролив Костин Шар на Новой Земле. Юж-

ные районы моря располагаются на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, где хозяйственная деятельность по поиску, добыче и транспортировке (перевалке) углеводородного сырья в последние десятилетия получила интенсивное развитие. С другой стороны, для данных районов характерно высокое биоразнообразие водной флоры и фауны, включая охраняемые виды.

В настоящее время наибольшее техногенное воздействие в Печорском море фиксируется на акватории около острова Варандей. Здесь с 2000 г. производятся танкерные перевалки нефти и располагается поселок Варандей с инфраструктурой для проведения операций по транспортировке и хранению нефти, ГСМ и других грузов. Кроме этого, сюда поступают воды ряда малых рек, на водосборах которых ведется разведка и добыча углеводородного сырья. Приток загрязняющих веществ в Печорское море в последние десятилетия также мог возрасти за счет разрушения многолетнемерзлых тундровых грунтов на фоне наблюдаемого потепления климата. При этом загрязняющие вещества, накопленные в почвенном покрове и надмерзлотных таликовых водах в зонах хозяйственной деятельности, за счет увеличения их дренирования начинают поступать в поверхностные водотоки и в конечном счете попадают в прибрежные районы Печорского моря.

Целью проведенных исследований являлась оценка уровня современного загрязнения воды и донных отложений Печорского моря в районе Варандейского терминала на основе статистического анализа результатов мониторинговых наблюдений.

Материалы и методы исследования

Для решения рассматриваемой проблемы был проведен анализ статистических характеристик загрязнения экосистемы Печорского моря в районе стационарного морского ледостойкого причала и подводного нефтепровода Варандейского терминала в 2011–2014 гг. Данные по загрязнению морской среды были получены при выполнении мониторинговых наблюдений за содержанием тяжелых металлов, нефтяных углеводородов и бенз(а)пирена в воде и донных отложениях на 14 станциях, координаты которых указаны в таблице 1 [1]. Учитывая сохраняющиеся в рассматриваемом районе в последние 10 лет объемы добычи нефти и технологии её транспортировки, эти данные можно использовать и для ориенти-

ровочной оценки современного состояния его загрязнения.

В качестве статистических характеристик загрязнения морской среды использовались общепринятые параметры – среднее значение и среднеквадратичное (стандартное) отклонение, а также робастные (помехоустойчивые) статистики. При наличии ярко выраженного техногенного воздействия в законе статистического распределения появляется «хвост», формируемый высокими концентрациями редкой повторяемости, и наблюдается потеря симметричности в распределении исследуемых величин. При этом среднее значение и среднеквадратичное отклонение резко теряют свою эффективность, т.к. начинают сильно зависеть от количества значений в исследуемой выборке данных. Для решения данной проблемы применяются так называемые робастные (помехоустойчивые) статистики, которые не зависят от закона статистического распределения исследуемых данных.

Таблица 1

Координаты станций отбора проб воды и донных отложений Печорского моря в районе поселка Варандей

Номер станции	Северная широта	Восточная долгота
1т	69°10'	58°04'
2т	69°06'	58°05'
3т	69°01'	58°07'
4т	68°56'	58°08'
5т	68°53'	58°12'
6т	68°57'	58°11'
7т	69°01'	58°10'
8т	69°06'	58°08'
9т	69°09'	58°07'
10т	69°13'	58°05'
11т	69°11'	58°09'
12т	69°06'	58°11'
13т	69°02'	58°12'
14т	68°57'	58°14'

Наиболее детально использование относительно простых, но вместе с тем высокоэффективных робастных статистик рассмотрено в работах [2; 3]. В них в качестве оценки центра распределения обычно рекомендуется использовать медиану и трехсреднее значение Тьюки (центральное среднее), а в качестве оценки масштаба распределения – интерквартильный размах. Для нормального распределения среднее значение, медиана и трехсреднее значение совпадают друг с другом.

Трехсреднее значение находится по выражению

$$C_T = 0,25 (C_{0,25} + 2 C_M + C_{0,75}), \quad (1)$$

где $C_{0,25}$ и $C_{0,75}$ – квартили или, другими словами, медианы для половинок выборки. Интерквартильный размах определяется по формуле $H = C_{0,75} - C_{0,25}$. Квартили, как границы ядра статистического распределения концентраций взвеси в исследуемой выборке данных, позволяют межквартильный интервал значений, заключенный между верхним квартилем (75 % точкой) и нижним квартилем (25 % точкой), в первом приближении считать характерным диапазоном их изменчивости. Если медиана оказывается заметно меньше среднего значения, то можно предположить наличие определенного техногенного влияния. И при попадании концентраций поллютанта в межквартильный интервал можно утверждать о наличии систематического загрязнения исследуемого элемента морской экосистемы.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассматриваемая акватория находится под влиянием самой крупной реки Баренцево-морского региона – реки Печоры, и для неё типично значительное распреснение морских вод в весенний период [4]. Согласно модели маргинального фильтра, разработанной академиком А.П. Лисициным [5], в устье р. Печоры геохимические процессы по мере возрастания солености формируют

три последовательные зоны: мутьевую, химическую и биологическую «пробки» [6]. В рассматриваемом районе Печорского моря располагается биологическая «пробка», в которой наблюдается повышенная биопродуктивность морских вод. В нем, в частности, отмечаются большие нагульные скопления наваги и высокая биомасса промысловых двусторчатых моллюсков. Через него проходят массовые миграции сёмги и омуля. В данной ситуации оценка возможного влияния хозяйственной деятельности по поиску, добыче и транспортировке углеводородного сырья на экосистему района приобретает особую актуальность.

В статье [7], использующей данные наблюдений в районе п. Варандей в период с 1999 по 2006 г., показано наличие негативного влияния загрязнения морской среды нефтяными углеводородами на сообщества зообентоса. Этот вид загрязняющих веществ, учитывая специфику хозяйственной деятельности на территории Ненецкого автономного округа (НАО), по всей вероятности, ранее давал наибольший вклад в загрязнение прибрежных экосистем Печорского моря [8]. Ситуация с негативным влиянием тяжелых металлов на морскую среду рассматриваемого района изучена сравнительно слабо. Их негативное воздействие на морскую среду не так очевидно, учитывая широкий диапазон их природной изменчивости. Результаты соответствующих расчетов показаны в табл. 1–2. Их анализ показал следующее.

Таблица 2

Статистическая характеристика содержания тяжелых металлов и углеводородов (мг/л) в водах Печорского моря в районе поселка Варандей в 2011–2014 гг.

Статистики	Fe	Cd	Cu	Zn	Pb	НУ	БП
Поверхностный горизонт							
$C_{cp.}$	0,114	0	0,001	0,008	0,002	0,0049	$\leq 0,005$
\bar{C}	0,099	0	0,004	0,027	0,005	0,0038	$\leq 0,005$
C_M	0,094	0	0,001	0,001	0,001	0,0025	$\leq 0,005$
C_T	0,089	0	0,001	0,001	0,001	0,0044	$\leq 0,005$
$C_{0,25}$	0,030	0	0	0,001	0	0,0025	$\leq 0,005$
$C_{0,75}$	0,141	0	0,002	0,003	0,003	0,0100	$\leq 0,005$
H	0,111	0	0,001	0,002	0,002	0,0075	$\leq 0,005$
$C_{max.}$	0,390	0,001	0,027	0,183	0,030	0,0170	$\leq 0,005$
$C_{min.}$	0,012	0	0	0	0	0,0025	$\leq 0,005$
N	42	56	56	56	56	56	56
ПДК	0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,05	-
$P, \%$	45,2	0	1,8	17,8	0	0	-

Окончание табл. 2							
Статистики	Fe	Cd	Cu	Zn	Pb	НУ	БП
Придонный горизонт							
$C_{\text{ср.}}$	0,157	0	0,002	0,013	0,003	0,0200	$\leq 0,005$
σ	0,180	0	0,004	0,042	0,007	0,0348	$\leq 0,005$
$C_{\text{м}}$	0,090	0	0	0,002	0	0,0025	$\leq 0,005$
$C_{\text{т}}$	0,098	0	0,001	0,002	0,001	0,0069	$\leq 0,005$
$C_{0,25}$	0,040	0	0	0	0	0,0025	$\leq 0,005$
$C_{0,75}$	0,171	0	0,002	0,002	0,003	0,0200	$\leq 0,005$
H	0,131	0	0,002	0,002	0,003	0,0175	$\leq 0,005$
$C_{\text{макс.}}$	0,680	0,001	0,027	0,280	0,0400	0,1500	$\leq 0,005$
$C_{\text{мин.}}$	0,010	0	0	0	0	0,0025	$\leq 0,005$
N	42	56	56	56	56	56	56
ПДК	0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,05	-
$P, \%$	47,6	0	1,8	7,1	0	7,1	-

Примечания: НУ – нефтяные углеводороды, БП – бенз(а)пирен, $C_{\text{ср.}}$ – среднее значение, σ – среднеквадратичное (стандартное) отклонение, $C_{\text{м}}$ – медиана, $C_{\text{т}}$ – трехсреднее значение, H – индеквартильный размах, $C_{\text{т}}$ – нижний квартиль, $C_{\text{м}}$ – верхний квартиль, $C_{\text{макс.}}$ – максимальное значение, $C_{\text{мин.}}$ – минимальное значение, N – количество наблюдений, P – повторяемость концентраций больше ПДК.

Наиболее высокий уровень загрязнения морских вод отмечается для растворенных форм железа. Однако наблюдаемая ситуация с этим металлом, вероятнее всего, обусловлена доминирующим влиянием природных факторов, учитывая высокое фоновое содержание железа в реках североазиатской и тундровой зон с обилием болот. Можно ожидать, что гидробионты Печорского моря эволюционно адаптированы к подобному повышенному содержанию железа в его распресняемых водах.

Для кадмия и свинца превышение уровня ПДК в морских водах не отмечалось. Содержание меди в рассматриваемом районе Печорского моря следует также считать низким. Зафиксированную при этом для нее повторяемость сверхнормативных концентраций (1,8%) можно не принимать во внимание, т.к. она не входит в интервал концентраций 95% обеспеченности. Единственным из исследуемых металлов, для которого можно говорить о наличии техногенного воздействия, является цинк.

Трехсредняя концентрация цинка не превышает нормативный уровень, но повторяемость его величин выше ПДК колеблется в диапазоне 7,1–17,8%. При этом наблюдаются резкие различия между средними концентрациями цинка и его робастными аналогами (медианой и трехсредним значением). Вероятность появления его

сверхнормативных величин в поверхностных более распресненных водах заметно превышает аналогичный параметр в придонных слоях моря, что указывает на речные воды как на источник появления подобных концентраций.

Содержание нефтяных углеводородов в морской воде рассматриваемого района было сравнительно незначительным, и их средние и трехсредние концентрации не превышали уровень ПДК. Сверхнормативные концентрации нефтяных углеводородов (до 3 ПДК) наблюдались в придонных слоях моря, но их повторяемость была незначительной (7,1%). Необходимо отметить, что в 80-х годах прошлого века подобная повторяемость здесь достигала 10–15%. Концентрации бенз(а)пирена были низкими и не превышали чувствительность применяемого метода анализа проб воды.

Содержание тяжелых металлов и углеводородов в морских донных отложениях на территории РФ в настоящее время не нормируется. Для оценки техногенного влияния на накопление металлов в донных отложениях воспользуемся анализом статистической структуры их распределения. Для них характерно присутствие заметных отличий средних значений от трехсредних значений и медианы, что позволяет предположить техногенное происхождение зафиксированных их максимальных концентраций.

Таблица 3

Статистическая характеристика содержания тяжелых металлов и углеводородов (мг/кг) в донных отложениях Печорского моря в районе поселка Варандей в 2011–2014 гг.

Статистики	Fe	Cd	Cu	Zn	Pb	HУ	БП
$C_{\text{ср.}}$	3016,7	0,076	2,314	5,38	1,616	21,83	$\leq 0,0025$
\bar{C}	3149,5	0,199	3,431	6,85	2,601	49,73	$\leq 0,0025$
$C_{\text{м}}$	2147,0	0,018	0,830	3,16	0,910	0,35	$\leq 0,0025$
$C_{\text{т}}$	2521,1	0,021	1,190	3,62	0,955	1,76	$\leq 0,0025$
$C_{0,25}$	0,45	0,010	0,250	0,89	0,200	0,02	$\leq 0,0025$
$C_{0,75}$	5790,0	0,040	2,850	7,28	1,800	6,30	$\leq 0,0025$
H	5789,6	0,030	2,600	6,39	1,600	6,28	$\leq 0,0025$
$C_{\text{макс.}}$	7790,0	1,400	22,20	36,00	18,00	207,00	$\leq 0,0025$
$C_{\text{мин.}}$	0,012	0	0	0	0	0	0
N	28	112	111	124	110	98	28
ЭТП	-	-	-	-	-	161	0,021
$P, \%$	-	-	-	-	-	1,0	0

Вместе с тем диапазон колебаний концентраций рассматриваемых металлов не выходит за рамки их природной изменчивости в донных отложениях прибрежных районов Печорского моря.

Для содержания нефтяных углеводородов и бенз(а)пирена в морских донных отложениях в качестве норматива можно использовать экологически толерантный порог (ЭТП) [9]. По данным исследований, проведенных в СевПИНРО [10], на Баренцевом море ЭТП для нефтяных углеводородов равен 161 мг/кг, для бенз(а)пирена – 0,021 мг/кг.

Если ориентироваться на этот параметр, то сверхнормативное загрязнение донных отложений рассматриваемого района углеводородами практически отсутствует. Лишь 1 концентрация нефтяных углеводородов в 68 пробах грунта превысила ЭТП.

Сравнение рассчитанных концентраций углеводородов в донных отложениях с величинами, вычисленными ранее для периода с 1997–2008 г. [3], указывает на наличие тенденции к снижению уровня их загрязнения. Так, медианное содержание нефтяных углеводородов в данный период составило 9,5 мг/кг, бенз(а)пирена – 0,16 мг/кг. Эти значения на порядок выше медианных концентраций, указанных в табл. 3 для 2011–2014 гг.

По другим поллютантам ситуации со значительным загрязнением экосистемы Печорского моря в рассматриваемый период не наблюдались [11].

Выводы

Таким образом, следует предположить, что техногенные факторы, связанные с хозяйственной деятельностью в районе Варандейского терминала, в 2011–2014 гг. очень слабо влияли на механизм функционирования биологической ступени маргинального фильтра устья р. Печоры. Геоэкологическую ситуацию, наблюдаемую в рассматриваемом районе Печорского моря во втором десятилетии XXI века, можно в целом признать удовлетворительной.

Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания по теме «Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана – геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов – литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек» № 0128-2021-0006.

Список литературы / References

1. Технический отчет «Экологический мониторинг морских экосистем в районе стационарного морского ледостойкого причала и подводного нефтепровода в 2014 году» Книга 1. [Электронный ресурс] URL: <https://studylib.ru/doc/2052265/e-kologicheskij-monitoring-morskih-e-kosistem> (дата обращения: 05.05.2021).

Technical Report «Environmental Monitoring of Marine Ecosystems in the Area of a Stationary Offshore Ice-Resistant Berth and Underwater Oil Pipeline in 2014» Book 1. [Electronic resource]. URL: <https://studylib.ru/doc/2052265/e-kologicheskij-monitoring-morskih-e-kosistem> (date of access: 05.05.2021) (in Russian).

2. Шуленин В.П. Математическая статистика. Ч. 3: Робастная статистика. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. 520 с.
- Shulenin V.P. Mathematical Statistics. Part 3: Robust statistics. Tomsk: Izd-vo NTL, 2012. 520 p. (in Russian).
3. Мискевич И.В. Гидрохимия приливных устьев рек: методы расчетов и прогнозирования: автореф. дис. ... докт. географ. наук. Санкт-Петербург, 2005. 50 с.
- Miskevich I.V. Hydrochemistry of tidal estuaries of rivers: methods of calculations and forecasting: avtoref. dis. ... dokt. geograf. nauk. Sankt-Peterburg, 2005. 50 p. (in Russian).
4. Мискевич И.В., Таптыгин М.Ю. Характеристика режима температуры и солености вод Печорского моря в районе о. Варандей // Труды Архангельского центра Русского географического общества. Вып. 3. 2015. С. 256–259.
- Miskevich I.V., Tapygin M.Yu. Characteristic of the temperature and salinity regime of the Pechora Sea waters in the area of Varandey Island // Trudy Arkhangel'skogo tsentra Russkogo geograficheskogo obshchestva. Вып. 3. 2015. P. 256–259 (in Russian).
5. Демина Л.Л. К оценке роли глобальных биологических фильтров в геохимической миграции микроэлементов в океане: маргинальный фильтр океана // Доклады академии наук. 2011. Т. 439. № 1. С. 114–117.
- Demina L.L. Evaluation of the role of global biological filters in the geochemical migration of trace elements in the ocean: the marginal filter of the ocean // Doklady akademii nauk. 2011. Vol. 439. No. 1. P. 114–117 (in Russian).
6. Гордеев В.В. Геохимия системы река-море. М.: ИП Матушкина И.И., 2012. 452 с.
- Gordeev V.V. Geochemistry of the river-sea system. М.: IP Matushkina I.I., 2012. 452 p. (in Russian).
7. Мискевич И.В., Коробов В.Б., Губайдуллин М.Г. Оценка воздействия хозяйственной деятельности по освоению месторождений углеводородного сырья на бентосные сообщества Печорского моря при работе в штатном режиме // Проблемы региональной экологии. 2014. № 2. С. 120–126.
- Miskevich I.V., Korobov V.B., Gubaidullin M.G. Assessment of the impact of economic activities on the development of hydrocarbon deposits on the benthic communities of the Pechora Sea during normal operation // Problemy regional'noy ekologii. 2014. No. 2. P. 120–126 (in Russian).
8. Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Геоэкологическое состояние среды морей российского сектора Арктики в условиях современных техногенных нагрузок // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. № 2 (21). С. 82–92.
- Ilyin G.V., Usyagina I.S., Kasatkina N.E. The geoecological state of the environment of the seas of the Russian sector of the Arctic under the conditions of modern technogenic loads // Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2015. No. 2 (21). P. 82–92 (in Russian).
9. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа: в 2-х т. 2-е изд. М.: 2017. 326 с.
- Patin S.A. Oil and ecology of the continental shelf: in 2 vols. 2-nd ed. М.: 2017. 326 p. (in Russian).
10. Самохина Л.А. Воздействие нефтяных углеводородов и бенз(а)пирена на количественные характеристики макрозообентоса Белого и юго-восточной части Баренцева морей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 2010. 171 с.
- Samokhina L.A. The impact of petroleum hydrocarbons and benzo (a) pyrene on the quantitative characteristics of the macrozoobenthos of the White and southeastern Barents Seas: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Murmansk, 2010. 171 p. (in Russian).
11. Котова Е.И., Коробов В.Б., Павленко В.И. Экстремальные загрязнения на территории Арктической зоны Российской Федерации: случаи и анализ // Проблемы региональной экологии. 2018. № 1. С. 67–72.
- Kotova E.I., Korobov V.B., Pavlenko V.I. Extreme pollution on the territory of the Arctic zone of the Russian Federation: cases and analysis // Problemy regional'noy ekologii. 2018. No. 1. P. 67–72 (in Russian).

УДК 553.98

ОРДОВИКСКИЙ ВАЛ – ЮЖНОЕ ОБРАМЛЕНИЕ ОРЕНБУРГСКОГО ВАЛА (ОРЕНБУРГСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)^{1,2}Политыкина М.А., ^{1,2}Багманова С.В., ²Панкратьев П.В., ²Степанов А.С.,^{1,2}Коломоец А.В., ^{2,3}Петрищев В.П., ^{4,5}Демурия Г.Д.¹ООО «ВолгоУралНИПИГаз», Оренбург;²ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург;³ФГБУН «Институт степи» УрО РАН, Оренбург, e-mail: wadpetr@mail.ru;⁴ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара;⁵АО «Преображенскнефть», Оренбург

Ордовикские отложения, вскрытые скважинами 1 Красный Яр, 1, 2 Ордовикские на Соль-Илецком своде в Оренбуржье, являются нефтегазоносными во многих регионах мира. По данным бурения в терригенных отложениях ордовика выделены пласты-коллекторы (пористость песчаников 0,4–5,2%, часть образцов имеет пористость выше 7%) и пласты-покрышки, однако залежей нефти и газа в них пока не выявлено. При крайне слабой изученности глубоким бурением додевонского комплекса Соль-Илецкого свода геологическое строение его изучено по данным сейсморазведки. Морфология ордовикских отложений южной части Оренбургского вала наиболее отчетливо отражена на региональных сейсмических профилях. Южнее Оренбургского вала на региональных профилях 7а0997-98, 70997-98, 031793-95 ШП, 252501-02, 062599-02, 082599-02 субмеридионального направления по горизонтам от ордовика до нижней перми фиксируются временные перегибы, соответствующие выделенной обширной Димитровско-Черниговской зоне. Специалистами ОАО «ОГЭ» в 2002 г. сделано предположение о существовании к югу от Оренбургского вала в зоне крупной ордовикской структуры и на запад от неё Южно-Оренбургского вала. По мнению специалистов ОАО НПО «Нафтаком», Южно-Оренбургский вал картируется только по отражающим горизонтам в ордовикских отложениях. Южно-Оренбургский вал по отложениям ордовика и контролируемые им локальные перспективные объекты в девонско-нижнепермских отложениях следует рассматривать как потенциально перспективное направление ГРП, в ходе которых возможно увеличение минерально-сырьевой базы УВ в зоне деятельности ООО «Газпром добыча Оренбург» не менее чем на 600 млн т. т.

Ключевые слова: Соль-Илецкий свод, Предуральский прогиб, геологическое строение, нефтегазоносность, запасы и ресурсы УВ, методика и технологии ГРП

ORDOVIK SHAFT – SOUTHERN FRAME OF THE ORENBURG SHAFT (ORENBURG OIL AND GAS-CONDENSATE DEPOSIT)^{1,2}Politykina M.A., ^{1,2}Bagmanova S.V., ²Pankratev P.V., ²Stepanov A.S.,^{1,2}Kolomoets A.V., ^{2,3}Petrishchev V.P., ^{4,5}Demuria G.D.¹ООО «VolgoUralNIPIGaz», Orenburg;²Orenburg State University, Orenburg;³Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, e-mail: wadpetr@mail.ru;⁴Samara State Technical University, Samara;⁵JSC «Preobrazhenskneft», Orenburg

Ordovician deposits, discovered by wells 1 Krasny Yar, 1, 2 Ordovician on the Sol-Iletsy arch in Orenburg are oil and gas in many regions of the world. According to the drilling data, strata in the Ordovician terrigenous deposits have been separated (the porosity of sandstones is 0.4–5.2%, some of the samples have a porosity of more than 7%), and the seams, but no deposits of oil and gas have been identified in them yet. With extremely poor knowledge of the deep drilling of the pre-Devonian complex of the Sol-Iletsy arch, its geological structure was studied according to seismic data. The morphology of the Ordovician deposits in the southern part of the Orenburg shaft is most clearly reflected in regional seismic profiles. South of the Orenburg shaft on the regional profiles 7a0997-98, 70997-98, 031793-95 ShP, 252501-02, 062599-02, 082599-02 of the submeridional direction horizontally from Ordovician to the Lower Permian, temporary inflections corresponding to the isolated extensive Dimitrovo-Chernigov zone. Specialists of JSC OGE in 2002 made an assumption about the existence to the south of the Orenburg shaft in the zone of a large Ordovician structure and to the west of it from the South Orenburg shaft. According to the specialists of NPO Naftakom, the South Orenburg shaft is mapped only by reflecting horizons in the Ordovician deposits. The South Orenburg shaft over the Ordovician deposits and the local perspective objects controlled by it in the Devonian-Lower Permian sediments should be considered as potentially promising direction of geological exploration, during which it is possible to increase the mineral-raw-material base of hydrocarbons in the zone of activity of Gazprom dobycha Orenburg by at least 600 million tons. t.

Keywords: Sol-Iletsy arch, Preduralal trough, geological structure, oil and gas potential, hydrocarbon reserves and resources, methodology and technology of geological exploration

Отложения ордовикской системы являются нефтегазоносными во многих регионах мира [1–3]. На Северо-Американской платформе в отложениях ордовика извест-

но более 60 месторождений. Здесь доминируют газовые, среди которых имеются крупные. В Пермском нефтегазоносном бассейне Северной Америки более полови-

ны начальных доказанных запасов свободного газа, достигавших 2,3 трлн м³, заключено в отложениях ордовика, начальные извлекаемые запасы конденсата равнялись 0,5 млрд т. Основные зоны газонакопления приурочены к впадине Делавер и прогибам Вал-Верде и Форт-Уэрт. Покрышки – плотные карбонатные и галогенные породы. Три крупных газовых месторождения установлены в доломитах ордовика: Гомес глубины 5790–6800, начальные запасы 283 млрд м³; Паккет (3048–4572 м), 184 млрд; Локридж (5600–6000 м), 103 млрд.

Ордовикские отложения на юго-востоке Русской платформы установлены по находкам акритарх в керне скважин, пробуренных на территории Оренбургского вала и прилегающих к нему площадей (рис. 1) скважинами – 1 Красный Яр, 1, 2 Ордовикские, вскрывшими их на глубину 2026, 2166, 2364 м соответственно. По данным бурения отложения ордовика представляют собой достаточно однородную толщу песчаников, переслаивающихся с алевrolитами и реже – аргиллитами и глинами. В терригенных отложениях ордовика выделены пласты-коллекторы и пласты-покрышки, однако залежей нефти и газа в них пока не выявлено [4, 5]. По петрофизическим исследованиям установлено, что преобладающая пористость песчаников 0,4–5,2%, часть образцов имеет пористость выше 7%, в одном образце пористость составила 13,9%. В разрезе имеются пачки глинистых пород, которые могли бы служить покрышками. Наличие коллекторов в ордовикских песчаниках подтверждено при испытании скважины 2 Ордовикская, где получен приток минерализованной воды дебитом более 600 м³/сут. Нефтегазопроявления в керне ордовикских отложений отмечены в скважине 1 Красный Яр [6–9]. По данным сейсморазведки МОГТ в отложениях ордовика выделяются разломы и поверхности несогласия.

Цель исследования заключается в уточнении геологической модели и перспектив газоносности ордовикской структуры, расположенной южнее Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Поиск залежей углеводородов в отложениях ордовика на юге восточного участка ОНГКМ является новым направлением геологоразведочных работ.

Материалы и методы исследования

Основой для изучения геологического строения ордовикской структуры являются результаты интерпретации и переинтер-

претации сейсморазведочных работ МОГТ. Сейсморазведочные работы выполнены по методу общей глубинной точки (МОГТ) в модификации 2Д (площадные) и ШП (региональные профили). Сейсмические профили отработаны по центральной системе наблюдения с кратностью 48, 60 (в модификации 2Д), и 105 (в модификации ШП). В качестве источников возбуждения упругих волн использовались группы из 4–5 виброустановок СВ-5-150, СВ-5-150М2. Регистрация сигналов осуществлялась сейсмическими станциями Прогресс-96, I/O SYSTEM TWO, WF-1006 с шагом дискретизации 4 мс (в модификации 2Д) и 2 мс (в модификации ШП). Максимальное удаление ПВ-ПП – 2400 м, 3000 м.

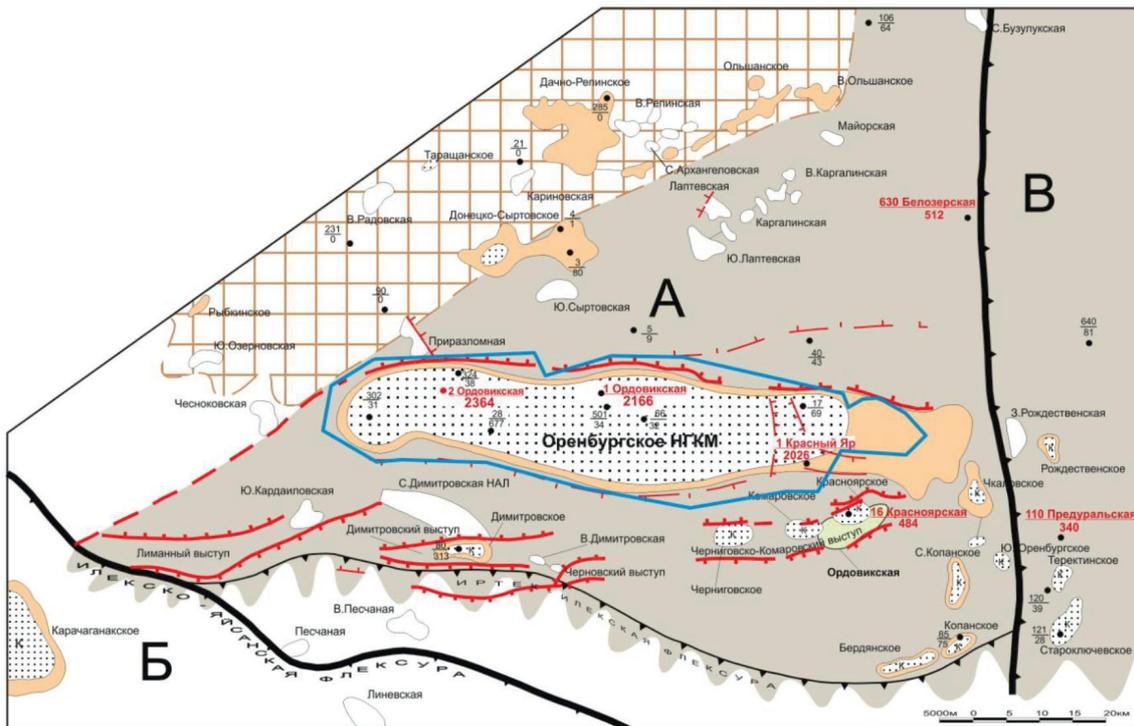
Результаты исследования и их обсуждение

Поисковая скважина 1 Красный Яр расположена на южном крыле Оренбургского вала. Мощность вскрытых отложений ордовикской системы – 2026 м. С отбором керна пройдено 181,1 м, т.е. 7,8% от вскрытой мощности. В керне скважины 1 Красный Яр с глубины 4123,5–4131,0 м подняты аргиллиты, в которых палеонтолог Е.С. Левицкий определил трилобит *Pseudobasilicunae*, характерный для среднего отдела ордовика Восточно-Европейской платформы. Поэтому вскрытая толща ордовика отнесена условно к среднему отделу. Палеонтологических данных для стратиграфического расчленения ордовикских отложений нет.

По данным всех скважин в районе Оренбургского вала ордовикские отложения представляют довольно однородную терригенную толщу преимущественно песчаников, переслаивающихся с алевrolитами и аргиллитами. Вскрытый скважинами разрез делится на три толщи: нижнюю, среднюю и верхнюю.

Нижняя и средняя толщи вскрыты только скважиной 1 Ордовикской, заложенной в гипсометрически наиболее высокой части вала, за счет высокого положения ордовикских отложений скважина вскрыла 1600 м ранее неизученных более древних слоев, с учетом этого суммарная вскрытая мощность ордовика составляет не менее 3447 м.

Нижняя толща (4070–4804 м) сложена тонкозернистыми сахаровидными кварцевыми песчаниками. Отмечены пласты кварцитов гидротермально-метасоматического генезиса. От песчаников к кварцитам прослеживаются постепенные переходы через кварцитовидные песчаники, сохранившие реликты первичной псаммитовой структуры.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

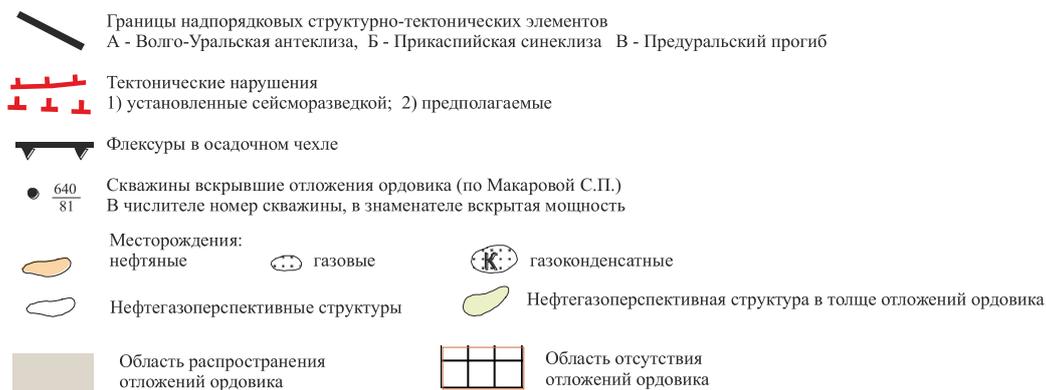


Рис. 1. Схема развития ордовикских отложений

Средняя толща (3461–4070 м) представлена переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов и единичными прослоями известняков и доломитов. Преобладают песчаники серые, мелко- и тонкозернистые, полевошпатовые, слаботрещинчатые. Аргиллиты темно-серые, каолинит-гидрослюдистые, с тонкоплитчатой текстурой.

Верхняя толща (2640–3461 м) в скважине 1 Ордовикской имеет мощность 821 м, сложена переслаивающимися полевошпатово-кварцевыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами, мощностью до десятков метров. Суммарная мощность верхней толщи, с учетом данных по другим скважинам,

составляет не менее 1500 м, при этом нужно учесть, что верхняя толща, вероятно, сильно размыта. Нижняя часть верхней толщи вскрыта только скважиной 1 Ордовикской. Здесь преобладают полевошпатово-кварцевые, кварцевые тонкозернистые песчаники, однако выше по разрезу превалируют алевролиты и аргиллиты.

В северной части профиля 252501-02 видно, что толщи пород, от подсолевых отложений нижней перми до верхней части ордовикского комплекса включительно, воздымаются на север, образуя южное крыло Оренбургского вала; а нижележащие толщи ордовикских и, возможно, более древних

отложений, напротив, резко погружаются в северном направлении (рис. 2). Это погружение в северном направлении на фоне общего погружения подсолевых отложений в южном направлении в сторону Прикаспийской впадины предопределило в составе древних толщ гигантский перегиб, амплитуда которого достигает 1200 м, глубина залегания сводовой части 5100 м [4].

Крупная ордовикская структура выявлена в толще ордовикских отложений по данным сейсморазведки МОГТ 2 D в пределах южной периклинали Оренбургского вала (рис. 3). Структура, закартированная по реперу O_1 (?), имеет субширотное простирание, на крыльях осложнена тектоническими нарушениями. Размеры её по замкнутой изогипсе минус 4650 м составляют 8,5x14,5 км, амплитуда – 270 м [4].

Аналогов для определения параметров для подсчёта ресурсов углеводородов (УВ) ордовикских отложений в Оренбургской области пока нет. Наиболее полно в пределах Оренбургского вала литологический состав и перспективы нефтегазоносности оценены тремя скважинами: 1 Красноярская, 1 и 2 Ордовикские [10].

Впервые предположение о существовании к югу от Оренбургского вала в зоне

Ордовикской структуры и на запад от неё Южно-Оренбургского вала сделано специалистами ОАО «ОГЭ» [4].

К югу от Оренбургского вала на профилях 6 (пк 660-816), 8 (пк 664-800) по горизонтам от ордовика до нижней перми ими выделены временные перегибы с амплитудой погружения на север до 100 мс – возможно, восточная периклинали предполагаемого Южно-Оренбургского вала. Подобные антиклинальные перегибы отмечены и на региональном профиле 7^а0997-98, а по внутриордовикским отложениям выделена обширная Димитровско-Черниговская зона, соответствующая на востоке ордовикской структуре (рис. 4). Учитывая протяженность и амплитуды антиклинальных перегибов, можно предположить существование Южно-Оренбургского вала субширотного простирания по отложениям от ордовика до нижнепермских подсолевых включительно [5, 9].

По мнению специалистов ОАО НПО «Нафтаком», Южно-Оренбургский вал картируется только по отражающим горизонтам в ордовикских отложениях [8]. Вал назван Южно-Ордовикским, определены его границы. Прогнозируемые ресурсы УВ в отложениях ордовика оценены в 116/114 млн т у. т (геол/извлеч.).

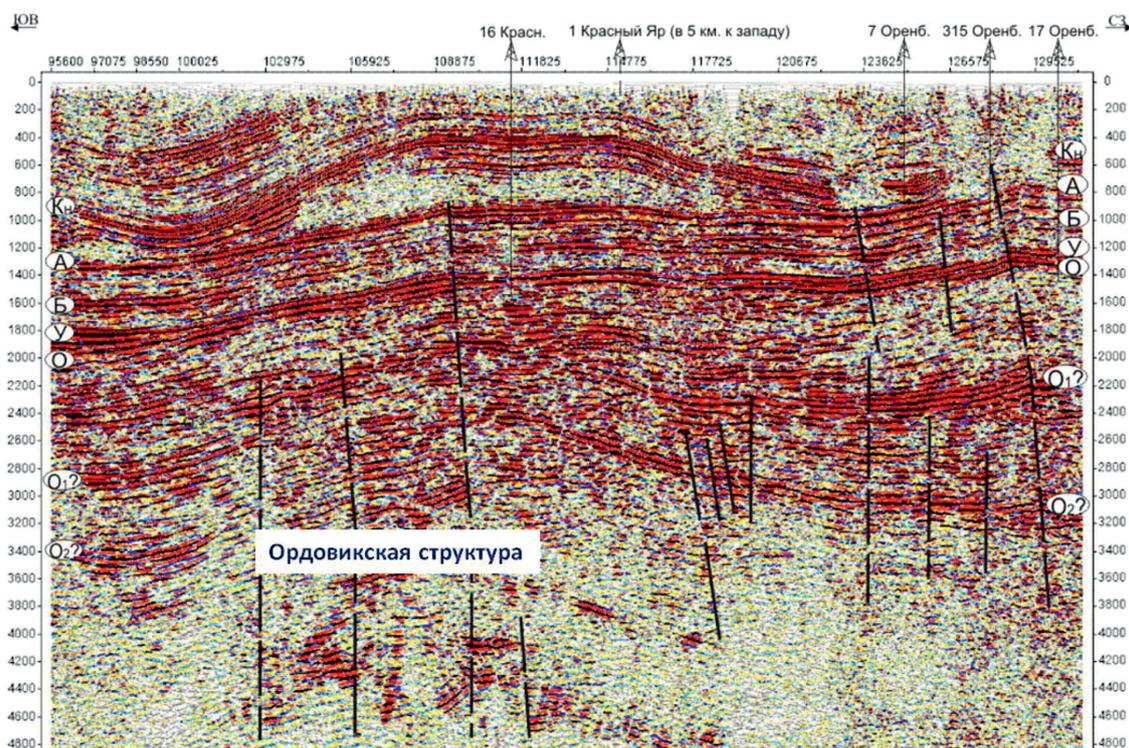
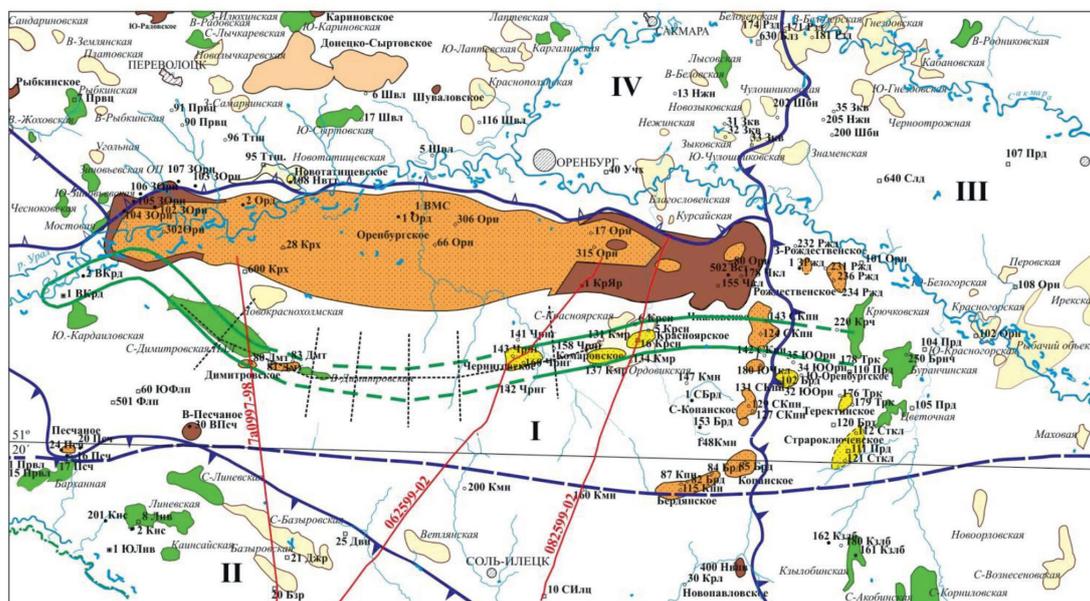


Рис. 2. Ордовикская структура. Фрагмент временного разреза по профилю 252501-02 [10]



Рис. 3. Ордовикская структура. Фрагмент структурной карты по сейсмическому реперу O_1 (?) [10]



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ		
Регионы	Месторождения:	Скважины
I Соль-Илецкий свод	газовые	Рядом со скважиной ее номер и сокращенное название:
II Прикаспийская синеклиза	газоконденсатные	а) пробуренные ОАО "Газпром";
III Предуральский прогиб	газонетфтяные	б) пробуренные сторонними организациями.
IV Юг Восточно-Оренбургского свода	нефтегазоконденсатные	○ поискные и разведочные;
Границы структурно-тектонических элементов	нефтяные	○ параметрические.
Границы надордовиков структур	Структуры:	○ Южно-Ордовикский вал (Офман И.П., 2012 г.)
Границы структур 1-го порядка.	подготовленные	×+++× рекомендуемые региональные профили
Иртек-Илецкая флексура	выявленные	

Рис. 4. Картирование Южно-Ордовикского вала по результатам региональных сейсморазведочных работ

По результатам подсчёта ООО «Волго-УралНИПИГаз» в 2016 г. ресурсы УВ Ордовикской структуры составили (геол./извлек.) 199/195 млн т у. т.

Учитывая протяженность и амплитуды антиклинальных перегибов, можно предположить существование Южно-Оренбургского вала субширотного простирания по отложениям от ордовика до нижнепермских подсоловых включительно. Высказано предположение о возможности выявления здесь дополнительно не менее двух локальных объектов с характеристиками, аналогичными ордовикской структуре. В таком случае, по экспертной оценке ресурсы Южно-Ордовикского вала только по отложениям ордовика составят не менее 585 млн т у. т. [5, 6, 10].

Заключение

Согласно полученным результатам комплексного анализа геолого-геофизических материалов территории южнее Оренбургского НГКМ:

– в настоящее время имеются спорные точки зрения относительно геологического строения Южно-Оренбургского вала и, соответственно, оценки ресурсного потенциала этой территории [11];

– Южно-Оренбургский вал по отложениям ордовика и контролируемые им локальные перспективные объекты в девонско-нижнепермских отложениях следует рассматривать как потенциально перспективное направление ГРП, в ходе которых возможно увеличение минерально-сырьевой базы УВ в зоне деятельности ООО «Газпром добыча Оренбург» не менее чем на 600 млн т у. т.;

– рекомендуется выполнить переинтерпретацию региональных и площадных сейсмических материалов для локализации Южно-Оренбургского вала и выделения перспективных для поисков нефти и газа объектов;

– для детализации морфологии Южно-Оренбургского вала специалисты ООО «ВолгоУралНИПИГаз» рекомендуют отработать шесть субмеридиональных сейсмических профилей в модификации ШП (широкий профиль) и один связующий субширотный профиль. Новые сейсмические данные, в комплексе с имеющимися, позволят уточнить морфологические особенности Южно-Оренбургского вала в широтном направлении и выявить новые локальные перспективные объекты, аналогичные ордовикской структуре.

Список литературы / References

1. Якупов Р.Р., Кондратенко В.Ф. О первых находках хитиновых в платформенных отложениях ордовика юго-востока Русской платформы // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: материалы 9-й Межрегиональной научно-практической конференции (г. Уфа, 19–22 ноября 2012). Уфа: Дизайн Пресс, 2012. 288 с.

Yakupov R.R., Kondratenko V.F. About the first finds of chitinous in the platform sediments of the Ordovician south-east of the Russian platform // *Geologiya, poleznye iskopayemyye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i Sopredel'nykh territoriy: materialy 9-y Mezhr regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (g. Ufa, 19–22 noyabrya 2012). Ufa: Dizayn Press, 2012. 288 p. (in Russian).

2. Ростовцев В.Н., Ростовцев В.В. От дискуссий к поиску палеозойской нефти // Вестник науки Сибири. 2012. № 5 (6). С. 12–15.

Rostovtsev V.N., Rostovtsev V.V. From discussions to the search for Paleozoic oil // *Vestnik nauki Sibiri*. 2012. № 5 (6). P. 12–15 (in Russian).

3. Степанова Н.И., Бялый В.И., Каныгин А.В. Биофациальное районирование ордовикских отложений юга Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 4. С. 782–804.

Stepanova N.I., Byaly V.I., Kanygin A.V. Biofacial zoning of Ordovician deposits in the south of the Siberian platform // *Geologiya i geofizika*. 2015. Vol. 56. No. 4. P. 782–804 (in Russian).

4. Альберт А.К., Брусьянин Л.А. Отчёт о результатах региональных сейсморазведочных работ МОГТ по профилям 6, 8, 22 в комплексе с электроразведкой ДНМЭ и ЭП по профилю 6 и 130996-99 в 1999–2003 годах (Региональная с/п № 25/1999-2002). Оренбург: ООО «ВолгоУралНИПИГаз», ФГБУ «Росгеолфонд», 2002. 171 с.

Albert A.K., Brusyanin L.A. Report on the results of regional seismic surveys of CDP by profiles 6, 8, 22 in conjunction with electrical prospecting of DNME and EP on profile 6 and 130996-99 in 1999-2003 (Regional report No. 25 / 1999-2002). Orenburg: ООО «VolgoUralNIPiGaz», FGBU «Rosgeolfond», 2002. 171 p. (in Russian).

5. Демидова А.А., Тюрин А.М., Багманова С.В. Геолого-экономическая оценка перспектив освоения запасов и ресурсов девонских отложений на Западном участке Оренбургского НГКМ. Оренбург: ООО «ВолгоУралНИПИГаз», ФГБУ «Росгеолфонд», 2013. 126 с.

Demidova A.A., Tyurin A.M., Bagmanova S.V. Geological and economic assessment of the prospects for the development of reserves and resources of Devonian deposits in the Western section of the Orenburg NGCM. Orenburg: ООО «VolgoUralNIPiGaz», FGBU «Rosgeolfond», 2013. 126 p. (in Russian).

6. Политыкина М.А., Соколова Т.Н., Тюрин А.М. Литология и физико-коллекторские свойства отложений ордовика в скважине 2 // Критерии оценки нефтегазоносности ниже промышленно освоенных глубин и определение приоритетных направлений геологоразведочных работ. Пермь, 2000. С. 172–174.

Politykina M.A., Sokolova T.N., Tyurin A.M. Lithology and physical reservoir properties of Ordovician deposits in borehole 2 // *Kriterii otsenki neftegazonosnosti nizhe promyshlennno osvoyennykh glubin i opredeleniye prioritetnykh napravleniy geologorazvedochnykh rabot*. Perm, 2000. P. 172–174 (in Russian).

7. Никитин Ю.И., Остапенко С.В., Валева Г.З., Днистрянский В.И., Черваков В.М. Влияние тектоники додевона на нефтегазоносность юга Волго-Уральской провинции. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2011. № 8. С. 23–28.

Nikitin Yu.I., Ostapenko S.V., Valeev G.Z., Dnistriansky V.I., Chervyakov V.M. Influence of pre-Devonian tectonics on the oil and gas potential of the southern Volga-Ural province // *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*. 2011. № 8. P. 23–28 (in Russian).

8. Politykina M.A., Bagmanova S.V., Synkova I.V., Pankratev P.V., Kolomoyets A.V., Petrishev V.P., Stepanov A.S. South-orenburg bar – new exploration target of Sol-Iletsk dome. *Revista Turismo Estudos & Práticas*. 2020. № S2. P. 19.

9. Кондрашова Н.В., Благосмылова Л.А., Вотинцева Н.С. Проведение детальных сейсморазведочных работ в комплексе с гравиметрией в пределах Оренбургской части восточного борта Предуральского прогиба и зоны передовых складок Урала. Отчет о результатах выполненных работ по объекту № 2.12/07. ОАО «Оренбургская геофизическая экспедиция», Оренбург. ФГБУ «Росгеофонд», 2008. 576 с.

Kondrashova N.V., Blagmyslova L.A., Votintseva N.S. Detailed seismic exploration in conjunction with gravimetry within the Orenburg part of the eastern side of the Pre-Ural downwarp and the advanced fold zones of the Urals. *Otchet o rezul'tatakh vypolnennykh rabot po ob'yektu № 2.12/07. ОАО «Orenburgskaya geofizicheskaya ekspeditsiya», Orenburg. FGBU «Rosgeolfond», 2008. 576 p.* (in Russian).

10. Карнаухов С.М., Политыкина М.А., Тюрин А.М. Перспективы нефтегазоносности ордовика в зоне сочленения Волго-Уральской антеклизы, Прикаспийской синеклизы и Предуральского прогиба // Защита окружающей среды в нефтегазоносном комплексе. 2010. № 12. С. 54–57.

Karnaikhov S.M., Politykina M.A., Tyurin A.M. Prospects of Ordovician oil and gas potential in the junction zone of the Volga-Ural antecline, the Caspian syncline and the Pre-Ural trough // *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazonosnom komplekse*. 2010. № 12. P. 54–57 (in Russian).

11. Горожанина Е.Н., Горожанин В.М., Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В. Особенности состава и строения терригенных отложений ордовика в разрезах юго-востока Русской платформы и Южного Урала // Геологический сборник. 2014. № 11. С. 97–117.

Gorozhanina E.N., Gorozhanin V.M., Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V. Features of the composition and structure of Ordovician terrigenous deposits in the sections of the South-east of the Russian Platform and the Southern Urals // *Geologicheskiy sbornik*. 2014. № 11. P. 97–117 (in Russian).

УДК 551.502.4

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ИНДЕКСА ОСАДКОВ (SPI)**Салмин А.С., Асауляк И.Ф., Белолубцев А.И.***ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, e-mail: adotsalmin@gmail.com, irasaulak@mail.ru, belolyubcev@mail.ru*

Стандартизированный индекс осадков (SPI) – это простой и в то же время гибкий инструмент для идентификации засушливых и переувлажненных периодов. Данный индекс не зависит от географического положения и может применяться в различных временных масштабах. Цель настоящей работы заключается в проведении статистического анализа временных рядов показателя одномесячного SPI для Ростовской области за период 1990–2020 гг. Для достижения поставленной цели были решены задачи по реализации программы для расчета SPI, формированию базы данных осадков и оценке описательной статистики временных рядов индекса для исследуемого региона. Обнаружены статистически значимые отрицательные тренды, динамики межгодовой изменчивости стандартизированного индекса осадков, с помощью непараметрического метода теста Манна – Кендалла. Учитывая современные тенденции глобального изменения климата, исследуемый период был разбит на три десятилетия, и по результатам сравнительного анализа описательной статистики период с 2010 по 2020 г. оказался самым засушливым, а в 2020 г. сформировалась катастрофическая засуха, вызванная антициклональным режимом погоды. Наибольшая увлажненность наблюдалась в период с 2000 по 2010 г., также на этом временном отрезке зафиксировано наибольшее число экстремальных ситуаций, связанных как с засухой, так и с избыточным увлажнением. При анализе трендов изменчивости SPI по месяцам было выявлено, что большая часть полученных тенденций не проходят критерий достоверности ($p\text{-value} \leq 0,05$), за исключением августа, где отмечены наибольший темп отрицательных изменений индекса с каждым годом.

Ключевые слова: стандартизированный индекс осадков, SPI, Ростовская область, засуха, тест Манна–Кендалла, Python

ANALYSING TIME SERIES OF STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI)**Salmin A.S., Asaulyak I.F., Belolyubtsev A.I.***Russian State Agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, e-mail: adotsalmin@gmail.com, irasaulak@mail.ru, belolyubcev@mail.ru*

The Standardized Precipitation Index (SPI) is a simple and flexible tool for identifying dry and wet periods. This index does not depend on the geographical location, and can be applied at different time scales. The purpose of this work is to provide a statistical analysis of the time series of the one-month SPI indicator for the Rostov region for the period 1990–2020. To achieve this goal, the tasks of implementing a program for calculating SPI, forming a precipitation database, and evaluating the descriptive statistics of the time series of the index for the studied region were solved. This research contains statistical analysis of time series of the one-month SPI values for Rostov region over a period of 1990–2020. With the help of nonparametric method Mann-Kendall test statistically significant trends in dynamics of interannual standardized precipitation index volatility were identified. Taking into account the current trends of global climate change, the researched period was split into 3 terms, and, based on the results of descriptive statistics comparative analysis, the period of 2010–2020 appeared to be the droughtiest, but in 2020, the extreme drought was formed, caused by an anticyclonic weather regime. According to the volatility trends analysis, monthly SPI showed that the majority of tendencies identified do not pass the validation criterion ($p\text{-value} \leq 0.05$), apart from August, when the fastest pace of the negative index changes from year to year was registered.

Keywords: standardized precipitation index, SPI, Rostov region, meteorological drought, test Mann-Kendall, Python

Стандартизированный индекс осадков (SPI – Standardized Precipitation Index) представляет собой количественную оценку влагообеспеченности исследуемой территории. С помощью данной оценки возможно проводить мониторинг и прогнозирование продолжительности, интенсивности атмосферной засухи, в том числе дождливых периодов. Индекс был разработан в 1993 г. американскими учеными Макки, Доускен, Клайст для количественной меры воздействия дефицита осадков на различные водные ресурсы [1]. В 2011 г. ВМО принял Линкольнскую декларацию по индексам засухи, рекомендуемую всем метеорологиче-

ским и гидрологическим службам использовать показатель SPI. Индекс приобрел большую популярность и активно используется в оперативной и исследовательской гидрометеорологической практике в более чем 70 странах мира [2]. Стоит отметить, что показатель SPI активно применяется в отечественных агрометеорологических исследованиях для прогноза урожайности и оценки метеорологических условий вегетационного периода сельскохозяйственных культур [3, 4].

SPI является простым и гибким инструментом для идентификации засухи или избыточной влагообеспеченности. Индекс

не зависит от географического положения, что придает ему свойство пространственной инвариантности и распределенности, а лаг временного ряда сумм осадков, на основе которых рассчитывается стандартизированный индекс, может принимать значения от месяца и более. По мере увеличения временного лага SPI слабее реагирует на краткосрочные изменения количества осадков, и циклы положительных (влажных условий) и отрицательных (засушливых условий) значений становятся более заметными [5]. Важно отметить, что для получения адекватных значений индекса временной ряд должен охватывать минимум 30 лет наблюдений. В рамках исследования используется одномесячный SPI, поскольку он отражает краткосрочные условия увлажнения, которые являются ключевыми во время вегетационного периода сельскохозяйственных культур, и сильнее коррелирует с атмосферными и почвенными типами засух [2].

Целью настоящей работы является анализ временных рядов одномесячного SPI в Ростовской области за период с 1990 по 2020 г. В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

- 1) сформировать базу данных месячных сумм осадков для Ростовской области за исследуемый период;
- 2) реализовать программу для автоматического расчета SPI по значениям осадков;
- 3) провести оценку трендов динамики межгодовой изменчивости SPI и в разрезе каждого месяца.

Материалы и методы исследования

Основным методом исследования является вариационный анализ, а для оценки статистической значимости трендов использовался непараметрический метод теста трендов Манна – Кендала. В дополнение к этому для сглаживания временных рядов использовался биномиальный фильтр.

В качестве района исследования выступает Ростовская область. Она расположена в южной части Восточно-Европейской равнины, между 50-й и 46-й параллелями северной широты, занимая площадь 100,8 тыс. км², что составляет около 0,6% территории России. Регион вытянут в меридиональном направлении на 470 км и в широтном на 455 км. Климат области умеренно континентальный, и при этом континуальность возрастает с запада на восток. Подстилающая поверхность представлена преимущественно равнинами. При средней высоте

над уровнем моря 125 м отсутствуют существенные различия в уровнях высот, тем самым не оказывая особого влияния на движение воздушных масс. Атмосферная циркуляция обусловлена влиянием в теплое время отрогами азорского и в холодное азиатского барического максимума, а также время от времени происходящими в широтном направлении циклоническими возмущениями. Среднее годовое количество осадков – 423 мм, оно уменьшается с юго-запада на восток и юго-восток от 550 до 300 мм [6].

Для проведения статистического анализа использовались данные за период с 1990 по 2020 г. с шести наземных гидрометеорологических станций (ГМС), имеющих следующие синоптические индексы: 34432, 34646, 34730, 34720, 34740, 34759. Данная метеорологическая информация была получена из архива гидрометеорологического банка данных АЙСОРИ [7], и также были предоставлены дополнительные сведения по осадкам от сотрудников ВНИИСХМ. С целью автоматизированного расчета параметра SPI для Ростовской области, в рамках данного исследования, авторами была написана программа на языке Python версии 3.6.8, с использованием библиотек для научных вычислений: Numpy, Matplotlib, Geopandas. Верификация расчета индекса SPI проводилась путем сравнения результатов, полученных по программе, созданной Научным центром по смягчению последствий засухи (NDMC) [8], и получаемых по программе, написанной авторами. Сравнительный анализ показал отсутствие расхождений, и в дальнейшем использовалась программа, реализованная авторами настоящей работы. Исходный код программы выложен в открытый доступ [9].

Расчет и интерпретация показателя SPI

При расчете индекса единственным исходным параметром является сумма осадков. С одной стороны, такой подход упрощает процедуру расчета индекса и делает его универсальным с точки зрения анализа сухих и влажных периодов. С другой стороны, в отсутствие учета таких параметров, как температура и дефицит влажности воздуха, значения индекса могут быть неверно интерпретированы при оценке атмосферной засухи для определенных климатических сценариев, поскольку данное явление по своей сути является результатом комбинации термического и влажностного режима [10].

В основе SPI лежит положение, согласно которому влагообеспеченность террито-

рии рассматривается с позиции нормализованных (стандартизированных) данных об осадках. Однако в большинстве случаев распределение сумм осадков, накопленных за период от 12 месяцев и менее, не соответствует нормальному, и для решения данной проблемы, которая возникает для расчета SPI, используется аппроксимация частотного распределения осадков через функцию плотности вероятности гамма-распределения [11]. Стоит отметить, что эмпирическое распределение данных об осадках не ограничивается приближением гамма-функции. Существует ряд других статистических распределений, которые в зависимости от района исследования или временного масштаба превосходят аппроксимацию гамма-распределением, и среди них выделяют распределение Пуассона, логнормальное, и в некоторых случаях распределение Гаусса без дополнительных преобразований [12]. В настоящей работе используется двухпараметрическое гамма-распределение.

Таким образом, SPI вычисляется путем подгонки функции плотности вероятности к частотному распределению месячных сумм осадков, при этом вероятности значений индекса нормально распределены, следовательно, среднее значение SPI для исследуемой территории в рассматриваемый период равно нулю, а среднеквадратическое отклонение – единице. При таком подходе значения индекса представляют собой число стандартных отклонений от средней суммы осадков, соответственно, появляется возможность одинаковым образом оценивать сухие и влажные периоды: положительные значения указывают на объем осадков выше среднего, а отрицательные – на дефицит осадков.

В настоящей работе реализация алгоритма расчета одномесячного SPI сведена к нескольким этапам. На первом этапе строится частотное распределение сумм осадков и вычисляется функция плотности вероятности (ФПВ) гамма-распределения, которая наилучшим образом аппроксимирует распределение фактических значений. Такая процедура проводится итерационно для каждой ГМС с выбранным временным лагом:

$$g_{\alpha,\beta}(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}},$$

$$\alpha > 0, \beta > 0, x \geq 0, \quad (1)$$

где α – параметр, отвечающий за асимметричность (форму) ФПВ гамма-распреде-

ния, β – параметр масштаба, определяющий горизонтальное растяжение-сжатие кривой распределения, x – сумма месячных осадков, $\Gamma(\alpha)$ – гамма-функция Эйлера:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx. \quad (2)$$

Для подгонки функции гамма-распределения требуется провести оценку α , β . В работе [13] был предложен оптимальный способ нахождения оценок этих параметров с помощью аппроксимации на основе метода максимального правдоподобия:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right), \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha}, \quad (4)$$

где для n наблюдений

$$A = \ln(\bar{X}) - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (5)$$

Пример построения частотного распределения сумм осадков за июнь для Ростовской области продемонстрирован на рис. 1.

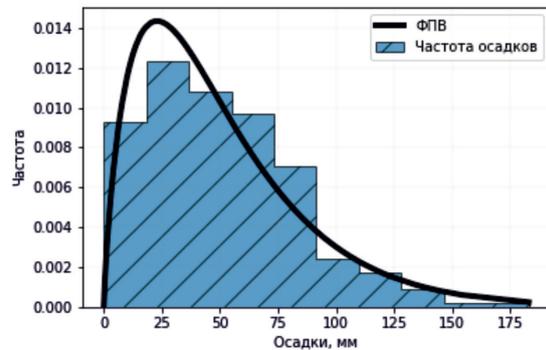


Рис. 1. Аппроксимация гамма-функцией частотного распределения осадков за июнь для Ростовской области полученных с ГМС за 1990–2020 гг.

На следующем этапе ФПВ гамма-распределения трансформируется в кумулятивную функцию распределения:

$$G_{\alpha,\beta}(x) = \int_0^x g_{\alpha,\beta}(x) dx. \quad (6)$$

Поскольку гамма-распределение не определено для $x = 0$ и $q = P(x = 0) > 0$, где $P(x = 0) =$

вероятность нулевых осадков, то следует произвести поправку для кумулятивной функции распределения на вероятность нулевых осадков:

$$H(x) = q + (1 - q)G_{\alpha, \beta}(x). \quad (7)$$

Последним шагом в алгоритме расчета индекса является процедура по приведению месячных сумм осадков к значениям SPI, за счет трансформации кумулятивной функции в распределение Гаусса. Процесс оценки индекса через накопленную вероятность и преобразование эмпирической функции в нормальную функцию распределения вероятности проиллюстрированы на рис. 2.

Используя рассчитанные значения индекса SPI, можно дать функциональное и качественное определение засухи или переувлажненности для различных временных масштабов. Авторы, разработавшие индекс,

выделили критерии для определения типа увлажнения, представленные в табл. 1.

Статистический анализ временных рядов SPI

Анализ временных рядов стандартизованного индекса осадков базировался на определении следующих статистических характеристик: медиана, перцентили, эксцесс, асимметрия, СКО и размах. На фоне современных тенденций глобального изменения климата было принято решение разделить исследуемый период на три десятилетия: I – период 1990–2000 гг., II – отрезок с 2000 по 2010 г. и III – временной период, охватывающий 2010–2020 гг. Для каждого временного отрезка рассчитывались перечисленные выше характеристики. Результаты расчетных статистических параметров представлены в табл. 2.

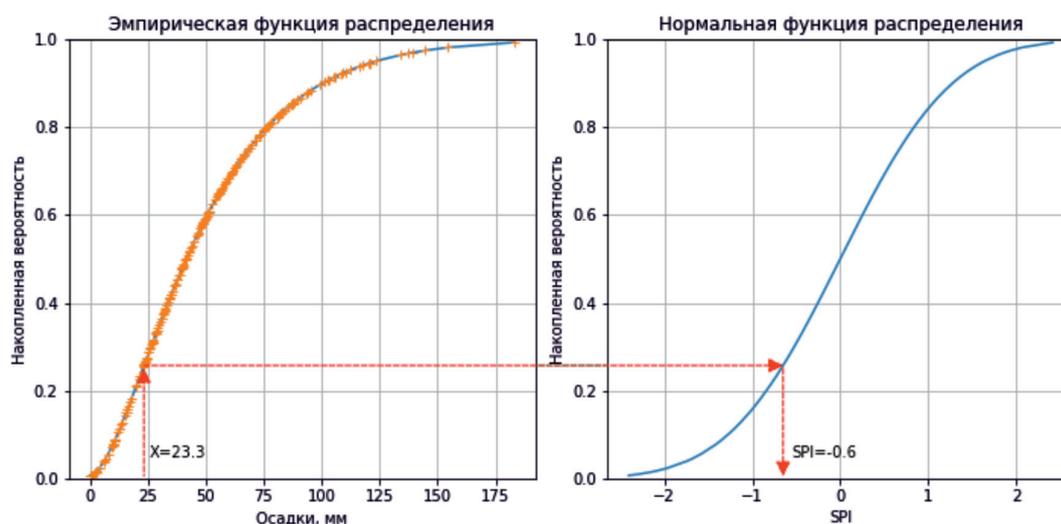


Рис. 2. Трансформация сумм осадков за июнь в значения одномесячного SPI для Ростовской области

Таблица 1

Критерии увлажненности по SPI и соответствующие им вероятности

Значение SPI	Категория	Вероятность, %
2,00 и более	Экстремальное увлажнение	2,3
от 1,5 до 1,99	Сильное увлажнение	4,4
от 1,00 до 1,49	Умеренное увлажнение	9,2
от 0,0 до 0,99	Мягкое увлажнение	34,1
от 0,0 до -0,99	Слабая засушливость	34,1
от -1,00 до -1,49	Умеренная засушливость	9,2
от -1,5 до -1,99	Серьезная засуха	4,4
-2,00 и менее	Экстремальная засуха	2,3

Таблица 2

Результаты расчетов статистических характеристик

Период	25-й процентиль	Медиана	75-й процентиль	СКО	Макс		Мин		Асимметрия	Экссесс
					год	год				
1	2	3	4	5	6		7		8	9
I	-0,58	0,06	0,75	0,95	2,9	1997	-3,58	1993	-0,17	-0,03
II	-0,67	0,19	0,83	1,13	2,65	2000	-3,51	2003	-0,33	0,1
III	-0,73	-0,09	0,63	1,01	2,8	2013	-3,67	2020	-0,31	0,21

В рамках рассматриваемых десятилетий в Ростовской области происходит смещение значений одномесячного SPI в сторону отрицательной области, т.е. к градации слабой засухи. На это указывает наличие тенденций уменьшения 25-го перцентиля в течение 30 лет. Однако коэффициент асимметрии во всех отрезках времени остается левосторонним, а эксцесс незначительно повышается, что говорит о преобладании месяцев с мягким увлажнением над слабо засушливыми по критериям увлажнённости SPI.

В первое десятилетие наблюдается абсолютный максимум SPI, что в терминах индекса интерпретируется как экстремальное увлажнение, которое отмечено в 1997 г., и наряду с этим была также отмечена экстремальная засуха в 1993 г. Асимметрия, эксцесс и медиана ближе всего находятся к нулю, следовательно, для этого отрезка времени характерна сбалансированность засушливых и увлажненных ситуаций. Во втором десятилетии обнаруживается наибольшая встречаемость месяцев с достаточной влагообеспеченностью, это подтверждается отрицательным значением асимметрии, положительным эксцессом и медианой выше нуля. Для этого периода также характерно наибольшее число экстремальных ситуаций, связанных и с засухой, и с увлажнением, об этом свидетельствует максимальное значение СКО среди рассматриваемых периодов, а также большой межквартильный размах. В третьем десятилетии по медиане, т.е. в 50% месяцев, наблюдаются значения ниже нуля, следовательно, влагообеспеченность месяцев несколько ниже относительно двух других десятилетий. Несмотря на то, что медиана отрицательная, ситуации мягкой и умеренной увлажненности преобладают над засушливыми условиями, поскольку величина эксцесса выше нуля, а асимметрия левосторонняя. Тем не менее в этом десятилетии, 25-й процентиль находится близко к градации умеренной засушливости, что говорит об усиленной интенсивности экстремальных ситуаций, связанных с засухой,

при сравнении с периодами I и II. Следует отметить, что в III периоде отмечается наибольший размах индекса, который обусловлен наличием абсолютного минимума за исследуемый период с 1990 по 2020 г. Значение индекса составило -3,67, что в его терминах указывает на экстремальную засуху. Данный минимум был получен в марте 2020 г. из-за антициклонального режима погоды, отчасти связанного с влиянием сменяющихся отрогов восточного гребня азорского и западного гребня сибирского максимума [14]. 2020 год стал самым сухим за всю историю метеонаблюдений в Ростовской области, в большей степени катастрофическая засуха образовалась за счёт блокирующих антициклонов, зафиксированных на юге Восточно-Европейской равнины. В качестве примера на рис. 3 продемонстрировано пространственное распределение стандартизованного индекса осадков в марте за 2020 г., совместно со среднемесячной температурой воздуха за аналогичный период. Следует отметить, что распределения SPI и среднемесячной температуры воздуха имеют выраженный меридиональный пространственный тренд. Таким образом, очаги экстремальной засушливости вполне могут совпадать с очагами барических образований, однако для проверки такой гипотезы следует проводить дополнительные исследования синоптических ситуаций, что не предусмотрено в рамках настоящего исследования.

Для анализа тенденций изменения одномесячного SPI в Ростовской области, в разрезе каждого месяца были проанализированы временные ряды значений и проведена оценка их трендов. Оценка тенденции проводилась с помощью непараметрического способа теста трендов Манна – Кендалла. Достаточным порогом статистической значимости тренда считался уровень $p\text{-value} = 0,05$ (величина ошибки 5%). Временные ряды характеристик SPI анализировались с помощью диаграммы («ящик с усами») и гистограммы параметров трендов, изображенных на рис. 4.

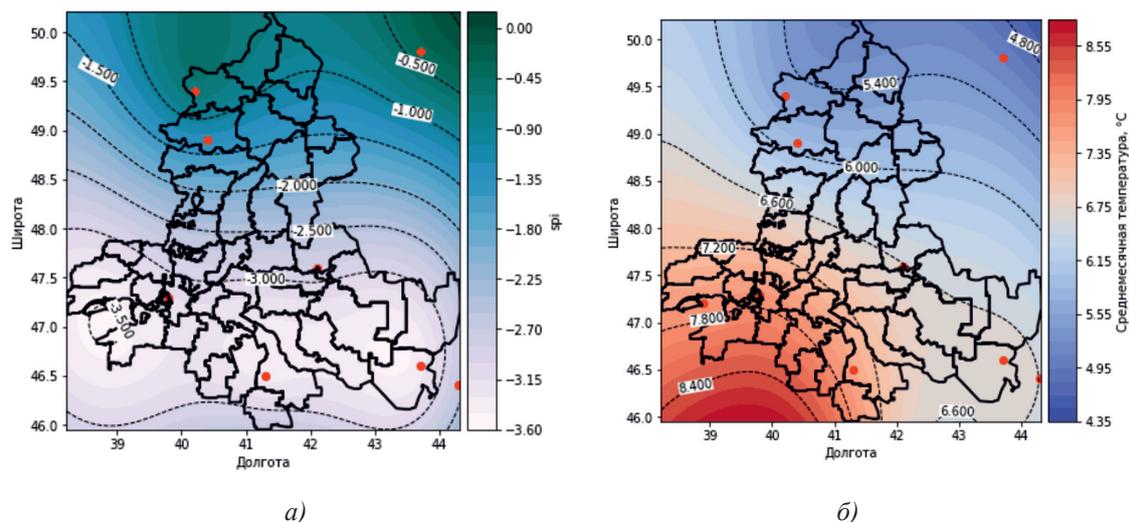


Рис. 3. Пространственное распределение индекса SPI (а) и среднемесячной температуры воздуха (б) в марте 2020 г.

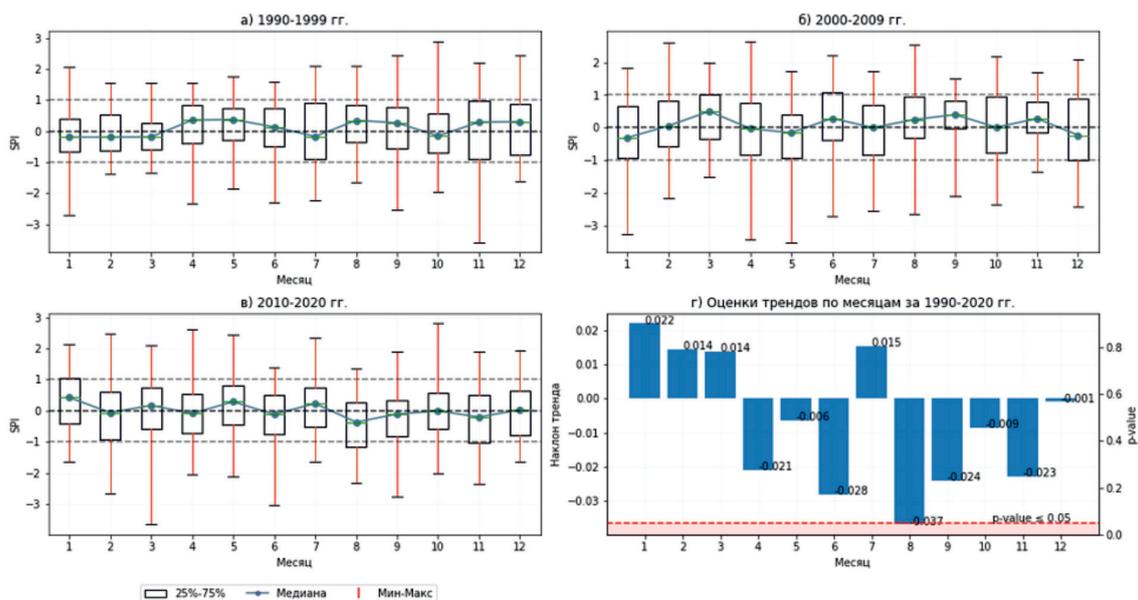


Рис. 4. Диаграммы характеристик временных рядов SPI и их оценки трендов. На гистограмме (г) красной областью заштрихованы значения p-value ниже или равное 0,05

На диаграммах типа «ящики с усами» представлены: медиана, 25-й и 75-й проценти, абсолютные максимумы и минимумы. Как видно из рис. 4, каждая из трех диаграмм (а, б, в) характеризуется своей уникальной кривой, которая аппроксимирует медианные значения индекса SPI и проходящую несколько раз через нулевую горизонталь, что говорит о неустойчивом уровне увлажнения в Ростовской области.

В период 1990–2000 гг. наиболее сильная засуха отмечена в январе и ноябре.

Значения индекса в этих месяцах опускались ниже -2.5 , что соответствует градации «экстремальная засуха», а в более чем 50% лет возникала слабая засушливость. Абсолютный максимум значения SPI наблюдался в октябре, и, согласно классификации индекса, условия в этот период были «экстремально влажными». Отмечены месяцы, в которые были зафиксированы экстремальные ситуации в виде засухи и избыточного увлажнения, среди таких месяцев выделяются январь, июль, сентябрь и ноябрь.

В большинстве случаев в данном десятилетии доминируют ситуации со слабым увлажнением и слабой засухой. Во II периоде наблюдается большая интенсивность как засушливых условий, так и дождливых периодов, это выражается в виде больших амплитуд значений SPI, зафиксированных в январе, апреле, мае, и августе. Январь в этом десятилетии снова опустился ниже -2,5, и наряду с ним отметились апрель и май. Значения индекса в эти месяцы находились ниже отметки -3. Экстремальное увлажнение отмечалось в августе и также в апреле. В целом ситуация с увлажненностью более динамична в сравнении с I и III периодами – здесь в семи месяцах максимумы и минимумы находятся выше 2 и ниже -2 соответственно. Во временном отрезке с 2010 по 2020 г. отмечается наиболее сильная засуха, зафиксированная в марте. Август в рамках десятилетия оказался наиболее насыщен отрицательными значениями индекса, а 25-й перцентиль опустился ниже -1, что в терминах индекса интерпретируется «слабая засуха». Фактически август в 25% лет является недостаточно обеспеченным влагой. Аналогичная ситуация наблюдается в сентябре и ноябре. Особенностью третьего десятилетия является то, что в большинстве месяцев наблюдался дефицит атмосферных осадков.

Особый интерес вызывает график на рис. 4, г, параметров трендов, полученных в разрезе каждого месяца для SPI в Ростовской области, за период с 1990 по 2020 г.

В первые три месяца года по графику трендов отмечены положительные тенденции индекса SPI, но вероятность значимости роста значений составила от 20 до 40%. Большинство месяцев имеет отрицательный коэффициент наклона, и наибольший из них зафиксирован в августе в Ростовской области. Здесь статистическая значимость тренда составила 98,3% ($p\text{-value} = 0,017$), индекс с каждым годом в период с 1990 по 2020 г. уменьшается на 0,037 единицы, и за 30 лет значение SPI в августе снизилось на 0,92 значения. Стоит отметить отрицательный тренд в июне и сентябре, значимость которых не превышает 70%. С агрономической точки зрения данные месяцы являются наиболее ценными, поскольку в Ростовской области в эти периоды происходят уборка и сев соответственно. Следовательно, данные темпы отрицательных изменений индекса могут повлиять на сроки проведения уборочной и посевной кампаний. Анализ трендов месячных значений индекса позволяет сделать вывод, что большая часть выявленных тенденций не проходят критерий достоверности по $p\text{-value} \leq 0,05$.

Для оценки временного профиля распределения одномесячного SPI в Ростовской области проводилось осреднение значений индекса, рассчитанных в каждом пункте наблюдения. В качестве средней распределительной характеристики использовалась медиана, поскольку данный статистический показатель менее чувствителен к сдвигам в наборе числовых данных.

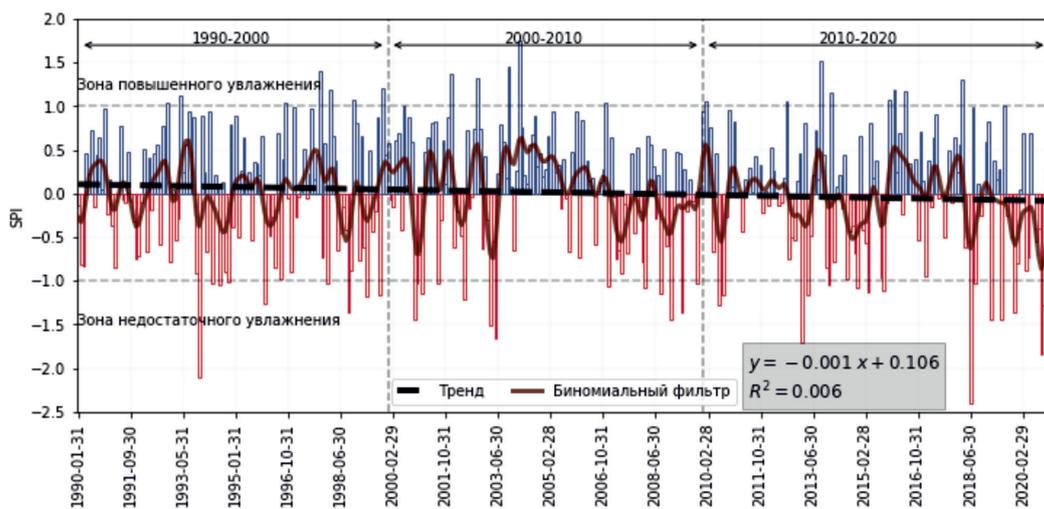


Рис. 5. Динамика межгодовой изменчивости медианы 1-м SPI в Ростовской области за период 1990–2020 гг. Синие столбики обозначают $SPI > 0$, красные столбики – $SPI < 0$. Горизонтальные пунктирные линии указывают на пределы, выше или ниже которых наступают аномальные условия. Вертикальные пунктирные линии – границы десятилетий

Сдвиги могут возникать, прежде всего, из-за того, что метеостанции имеют неравномерное распределение по области и наибольшее их количество сосредоточено на юго-западе региона. Исследуя временные ряды, в первую очередь рассматривалась динамика межгодовой изменчивости SPI по Ростовской области. График межгодовой изменчивости представлен на рис. 5.

Для устранения шума и иллюстрации тенденций изменчивости, на график наложена кривая, построенная с помощью биномиального девятиточечного фильтра. Фильтр позволяет проводить сглаживание и усреднение временного ряда [15].

У динамики изменчивости SPI в рамках исследуемого периода присутствует трендовая компонента, указывающая на снижение значений индекса в сторону отрицательной области, при этом скорость снижения индекса незначительная и составляет $-0,001$ единицы в месяц за период с 1990 по 2020 г. Оценка, с помощью непараметрического теста трендов Манна – Кендалла, говорит о наличии слабой значимости найденного тренда, так как p -value находится на уровне 0,08, что немного выше заданного предела в 0,05.

Заключение

Таким образом, в результате проделанной работы была достигнута поставленная цель и выполнены соответствующие для ее достижения задачи. Обнаружены отрицательные тренды межгодовой изменчивости показателя SPI в Ростовской области за период с 1990 по 2020 г. Третье десятилетие в рамках сравнительного анализа описательной статистики оказалось наиболее засушливым. Наибольшие тенденции отрицательных изменений зафиксированы в июне, августе и сентябре со статистической значимостью более 80%. Положительные тренды выявлены с января по март и в июле, но их статистическая значимость составляет менее 20% по методу тестов Манна – Кендалла.

В рамках исследования реализована кроссплатформенная компьютерная программа для расчета стандартизованного индекса осадков и опубликована в свободном доступе. Следующим этапом исследования является оценка закономерностей распределения показателя SPI по Ростовской области, за аналогичный период, написание и интегрирование модуля для решения задачи картирования в программу по расчету SPI.

Список литературы / References

1. McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology. 1993. Boston. P. 179–184.
2. Свобода М., Хейс М., Вуд Д. Руководство для пользователей стандартизованного индекса осадков // ВМО, Женева. 2012. № 1090. 36 с.
Svoboda M., Hayes M., Wood D. Standardized Precipitation Index User Guide // VMO, Zheneva. 2012. № 1090. 36 p. (in Russian).
3. Страшная А.И., Тищенко В.А., Береза О.В., Богомолова Н.А. О возможности использования стандартизованного индекса осадков для выявления засух и в прогнозах количественной оценки урожайности зерновых и зернобобовых культур // Тр. Гидрометцентра. 2015. № 357. С. 81–97.
Strashnaya A.I., Tishchenko V.A., Bereza O.V., Bogomolova N.A. On the possibility of using a standardized precipitation index to detect droughts and in forecasts for the quantitative assessment of grain and leguminous crop yields // Tr. Gidromettsentra. 2015. № 357. P. 81–97 (in Russian).
4. Клещенко А.Д., Савицкая О.В., Коскин С.А. Оценка средней районной урожайности озимой пшеницы по спутниковой и наземной метеорологической информации // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 3 (377). С. 103–121.
Kleschenko A.D., Savitskaya O.V., Kosyakin S.A. Evaluation of the average regional yield of winter wheat according to satellite and ground-based meteorological information // Gidrometeorologicheskiye issledovaniya i prognozy. 2020. № 3 (377). P. 103–121 (in Russian).
5. Abebe A.M., Arega B.B. Spatial and temporal drought incidence analysis in the northeastern highlands of Ethiopia. *Geoenvironmental Disasters*. 2020. No. 10. P. 1–17. DOI: 10.1186/s40677-020-0146-4.
6. Хрусталеv Ю.П., Василенко В.Н., Свисюк И.В., Панов В.Д., Ларинова Ю.А. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области. Ростов-н/Д., 2002. 183 с.
Khrustalev Yu.P., Vasilenko V.N., Svisyuk I.V., Panov V.D., Larionova Yu.A. Climate and agro-climatic resources of the Rostov region. Rostov-n/D., 2002. 183 p. (in Russian).
7. Специализированные массивы для климатических исследований. АИСОРИ. [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения: 01.04.2021).
Specialized arrays for climate research. AISORI. [Electronic resource]. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (date of the application: 01.04.2021) (in Russian).
8. Научный центр по смягчению последствий засухи (NDMC). Пример программы для расчета SPI. [Электронный ресурс]. URL: <https://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx> (дата обращения: 01.04.2021).
National Drought Mitigation Center (NDMC). Sample program for calculating SPI. [Electronic resource]. URL: <https://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx> (date of the application: 01.04.2021) (in Russian).
9. Авторская программа для расчета SPI [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/asalmin/py_spi (дата обращения: 05.04.2021).
Author's program for calculating SPI. [Electronic resource]. URL: https://github.com/asalmin/py_spi (date of the application: 05.04.2021) (in Russian).
10. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 1. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. 808 с.
Gringof I.G., Kleschenko A.D. Fundamentals of agricultural meteorology. Volume 1: The need for agricultural crops in agro-meteorological conditions and dangerous weather conditions for agricultural production. Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MCD», 2011. 808 p. (in Russian).

11. Benjamin L.H. A drought climatology for Europe. *International journal of Climatology*. 2002. No. 22. P. 1571–1592. DOI: 10.1002/joc.846.

12. Abdul Rauf. Copula based analysis of rainfall severity and case stud. *Theoretical and Applied Climatology*. 2014. No. 115. P. 153–166. DOI: 10.1007/s00704-013-0877-1.

13. Edwards D.C. Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales. *Climatology Report No. 97–2*. Department of Atmospheric Science. 1997. No. 634.

14. Основные особенности атмосферной циркуляции и погоды в северном полушарии в марте 2020 года. Гидрометцентр России. [Электронный ресурс]. URL: https://meteoinfo.ru/?option=com_content&view=article&id=17034 (дата обращения: 10.04.2021).

The main features of atmospheric circulation and weather in the northern hemisphere in March 2020. Hydrometeorological Center of Russia. [Electronic resource]. URL: https://meteoinfo.ru/?option=com_content&view=article&id=17034 (date of the application: 10.04.2021) (in Russian).

15. Лукша В.В. Пространственно-временные изменения годовых расходов воды рек бассейна Припяти // *Вестник Брестского государственного технического университета*. 2007. № 2. С. 24–29.

Luksha V.V. Spatiotemporal changes in annual water consumption of rivers in the Pripjat basin // *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2007. No. 2. P. 24–29 (in Russian).

УДК 504.05:582.866

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ НА СОСТОЯНИЕ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (*HIPPORHAE RHAMNOIDES*)

Тотубаева Н.Э., Эсиркепова М., Кожобаев К.А.

Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: nurzat.totubaeva@manas.edu.kg

Оценка состояния урбанизированных экосистем и поиск путей их сохранения является основной задачей экологов современности. Озеро Иссык-Куль является жемчужиной Кыргызской Республики, оно привлекает внимание туристов со всех уголков планеты, что, несомненно, имеет свой экологический след. Наиболее информативным биоиндикатором состояния среды является облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides*). Дикорастущие заросли облепихи, произрастающая на побережье озера Иссык-Куль, выполняют важную экологическую роль не только, как биологический фильтр озера, но и служит пристанищем для разных животных, тем самым поддерживая естественное биологическое разнообразие аборигенных экосистем. Были изучены морфологические, таксационные параметры кустарников. Пробные площади закладывались на участках наиболее плотного прилегания облепишников к озеру и дифференцировались по уровню антропогенной нагрузки: от наиболее высоких до наименее нагруженных, которые в данном случае определялись количеством потока туристов. Результаты наших исследований показали, что по изменению морфометрических показателей кустарников облепихи и по некоторым таксационным показателям популяции можно определить степень воздействия антропогенного фактора на рост и развитие естественных зарослей облепихи крушиновидной, произрастающих на побережье озера Иссык-Куль. Наиболее информативным показателем высокого антропогенного воздействия на популяции кустарниковых зарослей облепихи крушиновидной является соотношение мужских и женских особей в популяции. Высокая нагрузка на естественные заросли облепишников приводит к снижению количества женских особей кустарников. Учитывая, что облепиховые заросли выполняют большую природоохранную функцию, необходимо принять меры по сохранению естественных мест произрастания облепихи крушиновидной и привести в соответствие развитие пляжного туризма с сохранением естественного ареала кустарниковых зарослей побережья озера Иссык-Куль.

Ключевые слова: облепиха, Иссык-Куль, антропогенные факторы, биоэкологические показатели, морфометрические параметры

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SEA BUCKTHORN (*HIPPORHAE RHAMNOIDES*) ON THE COAST OF LAKE ISSYK-KUL

Totubaeva N.E., Esirkepova M., Kozhobaev K.A.

Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, e-mail: nurzat.totubaeva@manas.edu.kg

Assessing the state of urbanized ecosystems and finding ways to preserve them is the main task of modern ecologists. Lake Issyk-Kul is the pearl of the Kyrgyz Republic, which attracts the attention of tourists from all over the world, which undoubtedly has its own ecological footprint. The most informative bioindicators of the state of the environment is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*). Wild thickets of sea buckthorn, growing on the shores of Lake Issyk-Kul, play an important ecological role not only as a biological filter of the lake, but also serve as a haven for various animals, thereby supporting the natural biological diversity of aboriginal ecosystems. Morphological and taxation parameters of shrubs were studied. The test plots were laid in the areas of the closest adhesion of sea-buckthorns to the lake and were differentiated by the level of anthropogenic load: from the highest to the least loaded, which in this case was determined by the number of tourists flowing. The results of our research showed that by changing the morphometric parameters of sea buckthorn shrubs and some taxation indicators of the population, it is possible to determine the degree of influence of the anthropogenic factor on the growth and development of natural thickets of sea buckthorn growing on the shores of Lake Issyk-Kul. The most informative indicator of the high anthropogenic impact on the populations of sea buckthorn shrub thickets is the ratio of males to females in the population. The high load on the natural thickets of sea-buckthorns leads to a decrease in the number of female shrubs. Considering that sea buckthorn thickets perform a great nature conservation function, it is necessary to take measures to preserve the natural habitats of sea buckthorn buckthorn and to bring the development of beach tourism in line with the preservation of the natural area of shrub thickets on the shores of Lake Issyk-Kul.

Keywords: sea buckthorn, Issyk-Kul, anthropogenic factors, bioecological indicators, morphometric parameters

Интенсивное освоение прибрежных территорий озера Иссык-Куль привело к изменению уникальной экосистемы озера. Эти изменения коснулись не только видового преобразования экосистем, но и приводят к морфологическим изменениям видов. Одним из наиболее неприхотливых к условиям внешней среды является облепиха

(*Hipporhae*) – род растений семейства Лоховые (*Elaeagnaceae*). В Кыргызской Республике (далее КР) распространен один дикорастущий вид – облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides*), произрастающая в поймах крупных и малых рек и саев, на галечниковых и песчаных почвах [1]. Наиболее крупные естественные заросли

облепихи сосредоточены на берегах озера Иссык-Куль, они занимают около 3000 га. Дикорастущие заросли облепихи на побережье озера Иссык-Куль не только выполняют важную экологическую роль как биологический фильтр озера, но и служат пристанищем для разных животных, тем самым поддерживая естественное биологическое разнообразие аборигенных экосистем. Корни облепихи сдерживают разрушительную силу горных потоков, закрепляют рыхлые и неустойчивые речные наносы, выполняя роль зеленых естественных гидротехнических сооружений [2].

Интенсивное развитие туристической индустрии в регионе со второй половины XX в. и до настоящего времени, привело к резкому возрастанию антропогенной нагрузки на прибрежные экосистемы. Несоблюдение экологических норм и требований допустимой антропогенной нагрузки на экосистемы может привести к ускоренной деградации экосистем Иссык-Куля [3]. Увеличение антропогенной нагрузки на прибрежные экосистемы привело к снижению площадей, покрытых древесно-кустарниковыми породами, и к снижению естественного возобновления дикорастущих кустарников, которые превращаются в низко- и среднеплотные насаждения [4, 5], что, несомненно, сказалось на общей морфологии кустарниковых пород.

В связи с этим целью наших исследований было изучение состояния дикорастущих зарослей облепихи крушиновидной на побережье озера Иссык-Куль, подверженных различной степени антропогенной нагрузки.

Материалы и методы исследования

Объектом наших исследований были дикорастущие заросли облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*), произрастающие на побережье озера Иссык-Куль и находящиеся под разной степенью антропогенной нагрузки. С целью определения таксационных и морфологических параметров кустарников, на побережье озера Иссык-Куль были выделены пять пробных площадей дикорастущих зарослей облепихи крушиновидной, на которых были проведены полевые и лабораторные обследования. Пробные площади закладывались на участках наиболее плотно прилегания облепишников к озеру и дифференцировались по уровню антропогенной нагрузки: от наиболее высоких до наименее нагруженных, которые в данном случае определялись количеством потока туристов. В качестве контрольного был взят пункт Оттук, где в районе произрастания облепишников пансионаты и дома отдыха отсутствуют. Отбор проб был произведен в пяти точках (1 – Оттук, 2 – Тамчи, 3 – Чон-Сары-Ой, 4 – Чолпон-Ата, 5 – Бостери) (рис. 1).

На пробных площадках измерялись такие морфометрические параметры кустарников, как длина плодоножки, длина и ширина листьев, степень околюченности. На каждой пробной площади исследовалось 100 особей. Высота отобранных кустарников измерялась мерной вилкой с точностью измерения в пределах $\pm 5\%$, на уровне корневой шейки определяли диаметр ствола штангенциркулем с точностью до 0,1 см, длина и ширина листьев определялись линейкой с точностью до 0,1 см.

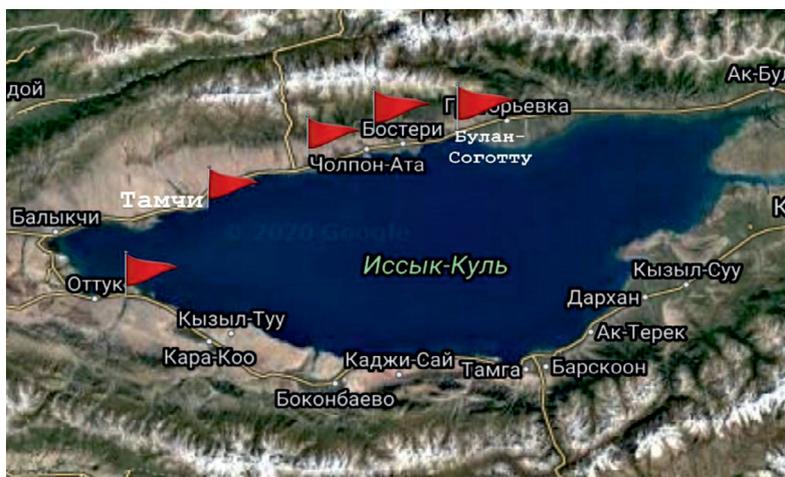


Рис. 1. Пункты отбора образцов

Таблица 1

Биоэкологические показатели естественных зарослей облепихи
побережья озера Иссык-Куль

№ п/п	Места сбора	Количество колючек на побегах		Количество особей		Соотношение полов
		Среднее значение $M \pm m$, шт/дм	Коэффициент вариации C_v , %	Женские%	Мужские%	
1	Отгук	$2,8 \pm 0,03$	12,8	46	42	1,09
2	Тамчы	$2,3 \pm 0,03$	15,6	20	80	0,25
3	Чон-Сары-Ой	$3,6 \pm 0,06$	10,0	30	70	0,43
4	Чолпон-Ата	$2,6 \pm 0,02$	13,8	30	70	0,43
5	Бостери	$2,4 \pm 0,03$	15,0	40	60	0,66

У листьев также определяли коэффициенты формы и площади. Коэффициент формы листа (к.ф.) определяли по формуле $K.ф. = L/H/10$, а показатель площади листа – $K.п. = L*H/100$ по А.С. Кулиеву, 2017 [6]. Диаметр и длина плодов, длина плодоножки измерены штангенциркулем с точностью до 0,1 мм, масса плодов измерялась на электрических аналитических весах с точностью до 0,005 г. Для определения массы плодов отбирали 100 типичных плодов с 10 початков средней длины. Определение степени околюченности отобранных кустарников производили путем подсчета колючек из 20 годичных побегов, с каждой особи, согласно методике изучения прироста древесных растений [7]. Околюченность растений облепихи оценивали по пятибалльной шкале, разработанной во ВНИИСС им. М.А. Лисавенко [8]. Соотношение мужских и женских особей (МиЖО) в изучаемых пробных площадях определяли по шкале В.П. Бессчетнова [9], согласно которому при соотношении МиЖО = 1,0 – степень негативного воздействия отсутствует; при 0,9–0,8 – слабое; при 0,7–0,6 – среднее; при соотношении МиЖО 0,5 и ниже – сильное.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ изменения морфологических признаков облепихи крушиновидной на побережье озера Иссык-Куль, подвергающихся различной антропогенной нагрузке, показал, что несмотря на то, что облепиха крушиновидная является достаточно пластичным видом и устойчива к различным неблагоприятным факторам среды, все же она реагирует на негативные воздействия, что выражается в виде изменений листовой пластины, степени околюченности, соотношения полов и др. показателей.

Часть результатов изучения возможного влияния антропогенного фактора на биоэко-

логические показатели облепиховых зарослей приведена в табл. 1. Одним из важных критериев, характеризующих степень антропогенного воздействия на экосистему облепиховых зарослей, является соотношение популяции женских и мужских особей [10]. Как видно из табл. 1, во всех исследованных пунктах соотношение мужских и женских особей в зарослях облепихи крушиновидной варьирует в пределах 0,2–0,6, что согласно шкале оценки степени антропогенного воздействия соответствует средним и сильным антропогенным воздействиям. Только в пункте Отгук их соотношение составило 1,14, что указывает на отсутствие антропогенного воздействия, что вполне достоверно, так как этот пункт относится к заповедной зоне Иссык-Кульского государственного заповедника. В пункте Бостери степень воздействия оказалась средней (0,66), а в остальных вариантах: Тамчы, Чон-Сары-Ой, Чолпон-Ата (0,25; 0,43; 0,43) – мужские особи преобладали, что указывает на сильное воздействие антропогенного фактора. Это как раз те районы, где наблюдается повышенный поток туристов и интенсивно развивается пляжный туризм из-за благоприятных для этого условий. Ведь за последние 8 лет (2012–2019) число посетивших туристов возросло от 1199,4 до 1778,9 тыс. чел. [11]. В таких условиях кустарники также подвергаются механическим повреждениям, что приводит к угнетению естественных зарослей, в особенности женских особей облепихи крушиновидной [12]. Изучение околюченности кустарников облепихи крушиновидной в исследуемых пунктах показало, что во всех исследуемых пунктах степень околюченности относится к сильнооколюченной, количество колючек на одном дециметре побегов равно в среднем 2,7 шт/дм, со средней степенью коэффициента вариабельности. Наиболее околюченными, из всех изучае-

мых пуктов, являлись заросли пункта Чоң-Сары-Ой, где околюченность достигла максимального из всех и составила 3,6 дм/шт. Каких либо признаков негативного влияния количества туристов на кустарники облепихи крушиновидной по степени околюченности нами не было обнаружено, возможно, это приспособительный признак естественных зарослей облепихи к водоудержанию и водосохранению [13]. Биометрические показатели плодов облепихи Приисыккуля показали, что они имеют различия по разным параметрам. Так, например, в пункте Оттук средние значения длины плодоножки были одними из самых длинных и составляли 3,8 мм, что больше в 1,3 раза по сравнению с показателями пункта Бостери, где средняя длина плодоножки составила 2,5 мм и имели наиболее низкие показатели из изученных образцов. В пунктах Тамчы средняя длина плодоножки составила 3,0 мм, в пункте Чоң-Сары-Ой – 2,8, а в пункте Чолпон-Ата – 3,2. Диапазон изменчивости составила – 1,2 мм.

Между средними показателями длины плода и длин плодоножек связей не выявлено. По средним показателям длины плода площади изучения расположились в следующем порядке: самыми длинными плодами обладали кустарники в пунктах Бостери и Чолпон-Ата, имеющие 7,8 мм, самый маленький показатель имелся в пункте Чоң-Сары-Ой – 7,2 мм, а в контрольном варианте – 7,3 мм. Диапазон изменчивости составил 0,6 мм.

Диаметр плода является одним из важных критериев с экономической точки зрения. Наши исследования показали, что образцы пункта Чолпон-Ата обладали наибольшими диаметрами плода, среднее значение кото-

рого составило 6,7 мм. Показатели из всех остальных пунктов оказались в диапазоне 5,1–5,9 мм, при этом диапазон изменчивости составил 1,6 мм.

Следующим показателем, вызывающим интерес, является масса плода. Во всех исследованных образцах масса плода варьировала в пределах 0,6–0,2 г, и они характеризовались как мелкоплодные. Несмотря на то, что средний диаметр плода в пункте Чолпон-Ата был больше, чем в остальных пунктах, оказалось, что это не влияет на массу плода, среднее значение которых составило 0,2 г, кроме этого визуальные наблюдения зрелых плодов показали, что часто они предрасположены к потере сочности и нередко портятся, будучи еще на кустах [14] (рис. 2).

Так как листовые пластинки облепихи крушиновидной являются наиболее информативными и чувствительными к влиянию антропогенных факторов, что было отмечено многими исследователями, было проведено их изучение [15]. Так, ими было замечено, что под давлением стрессовых факторов происходит ослабление гомеостатических механизмов, что на морфологическом уровне выражается в изменении параметров листового аппарата. В наших исследованиях средняя длина листа в контрольном пункте (Балыкчи) составила 48,0 мм, а самый короткий показатель был на площади Чолпон-Ата (34,5 мм), что на 13,5 мм или почти на 40% меньше, чем в контроле. Остальные пункты расположились в диапазоне 40,3 мм (Бостери) – 43,6 мм (Чоң-Сары-Ой). Диапазон изменчивости составил 13,5 мм, что, согласно шкале изменчивости, оценивается как низкая степень изменчивости и свидетельствует о стабильности изучаемого признака.

Таблица 2

Биометрические показатели плодов облепихи Приисыккуля

№ п/п	Места сбора	Средние величины параметров							
		Длина плодоножки		Длина плода		Диаметр плода		Масса плода	
		Средние значения M ± m, мм	Cv, %	Средние значения M ± m, мм	Cv, %	Средние значения M ± m, мм	Cv, %	Средние значения M ± m, гр	Cv, %
1	Оттук	3,8 ± 0,2	2,1	7,3 ± 0,6	0,7	5,1 ± 0,4	1,0	0,2 ± 0,1	10,0
2	Тамчы	3,0 ± 0,3	2,6	7,6 ± 0,5	0,6	5,4 ± 0,5	0,9	0,6 ± 0,4	3,3
3	Чоң-Сары-Ой	2,8 ± 0,2	0,5	7,2 ± 0,7	0,7	5,9 ± 0,4	0,8	0,4 ± 0,3	5,0
4	Чолпон-Ата	3,2 ± 0,3	1,9	7,8 ± 0,7	0,6	6,7 ± 0,6	0,7	0,2 ± 0,3	10,0
5	Бостери	2,5 ± 0,3	3,2	7,8 ± 0,6	0,6	5,9 ± 0,5	0,8	0,2 ± 0,2	10,0
Средневзвешенные величины		3,1		7,5		5,8		0,4	



Рис. 2. Поврежденные виды облепихи крушиновидной, фото Н. Тотубаевой, 2020 г.

Таблица 3

Биометрические значения листовых пластинок облепихи побережья озера Иссык-Куль

№ п/п	Места сбора	Длина		Ширина		Коэффициент формы листа	Коэффициент площади листа
		Средние значения $M \pm m$, мм	$Cv, \%$	Средние значения $M \pm m$, мм	$Cv, \%$		
1	Оттук	$48,0 \pm 0,7$	1,0	$4,8 \pm 0,8$	0,8	1,00	2,30
2	Тамчы	$42,2 \pm 0,8$	1,2	$4,1 \pm 0,9$	1,0	1,02	1,73
3	Чон-Сары-Ой	$43,6 \pm 0,7$	1,2	$4,6 \pm 0,7$	1,1	0,96	2,01
4	Чолпон-Ата	$34,5 \pm 0,6$	1,5	$3,6 \pm 0,5$	1,1	0,96	1,24
5	Бостери	$40,3 \pm 0,9$	1,2	$4,1 \pm 0,8$	1,0	0,98	1,65

Показатели ширины листовых пластинок также варьировали в зависимости от степени антропогенной нагрузки на экосистемы. Так, в контрольном варианте (Балыкчи) ширина листовой пластины составила 4,8 мм, что в 1,2 раза больше, чем в пункте Чолпон-Ата (3,6 мм), где всегда наблюдается повышенный поток туристов. Остальные варианты расположились в диапазоне 4,6 мм – 4,1 мм. Диапазон изменчивости составил 1,2 мм.

Согласно коэффициенту площади листовых пластинок, наиболее крупные листовые пластинки у облепихников Оттукской – 2,30 и Чон-Сары-Ойской популяций, а мелкие размеры принадлежат облепихникам Чолпон-Аты (1,24), Бостери (1,65) и Тамчы (1,73).

Для осуществления комплексной оценки биоэкологического состояния облепихников также были изучены их таксационные показатели. Полученные результаты приведены в табл. 4. Естественные заросли облепихи крушиновидной, произрастающие

на побережье озера Иссык-Куль, представлены кустарниковыми формами и имеют высоту, средневзвешенная величина которых равна 1,7 м. Наибольшей высотой среди изучаемых образцов обладали кустарники популяции контрольного пункта Балыкчи, средняя высота которых составила 2,5 м, а наименьшие показатели были у кустарников Чолпон-Аты – 1,3 м, то есть в 1,2 раза меньше. Остальные пункты по показателям лежали близко к варианту Чолпон-Ата и варьировали в диапазоне 1,7–1,5 м.

Другим немаловажным таксационным показателем являются диаметры ствола и кроны, по состоянию которых можно оценивать общий вид кустарников [16, 17]. Варианты Балыкчинской популяции также обладали наибольшим диаметром ствола (5,7 см) и диаметром кроны (3,8 м), а наименьшим – популяции Чолпон-Аты с диаметром ствола 2,3 см и диаметром кроны 2,6 м соответственно. Диапазон варьирования диаметра ствола в изучаемых образцах составил 3,3 см, а диаметра кроны – 2,9 м.

Таблица 4

Таксационные показатели зарослей облепихи крушиновидной побережья озера Иссык-Куль

№ п/п	Места сбора	Высота		Диаметр ствола		Диаметр кроны		Прирост по высоте	
		Средние значения M ± m, м	Cv, %	Средние значения M ± m, см	Cv, %	Средние значения M ± m, м	Cv, %	Средние значения M ± m, см	Cv, %
1	Оттук	2,5 ± 0,4	1,6	5,7 ± 0,7	2,9	3,8 ± 0,5	1,0	4,8 ± 0,7	2,5
2	Тамчы	1,6 ± 0,2	2,5	2,4 ± 0,8	5,4	2,6 ± 0,7	1,5	8,1 ± 0,8	2,5
3	Чон-Сары-Ой	1,5 ± 0,4	2,6	2,6 ± 0,6	5,0	2,8 ± 0,8	0,2	7,5 ± 0,9	2,0
4	Чолпон-Ата	1,3 ± 0,5	3,1	2,3 ± 0,4	5,6	2,6 ± 0,7	1,5	8,1 ± 0,5	4,0
5	Бостери	1,7 ± 0,7	2,4	3,5 ± 0,5	3,7	2,9 ± 0,6	1,4	6,4 ± 0,7	3,1

Результаты исследования прироста по высоте, определяемой длиной годичных побегов кустарников, показали, что средний прирост по высоте в исследуемом районе составил 7,0 см. Наибольшим приростом годичных побегов по высоте обладали популяции облепихи Чолпон-Ата и Тамчы и составили 8,1 см, а наименьшим показатели были у популяции Балыкчи – 4,8 см. По данным исследователей кустарники раскидывают ветви по ширине широко под влиянием неблагоприятных условий, так как рост в высоту передается побегу, находящемуся на внешней стороне согнувшегося стволика [18].

Таким образом, результаты наших исследований показали, что по изменению морфометрических показателей кустарников облепихи и по некоторым таксационным показателям популяции, можно определить степень воздействия антропогенного фактора на рост и развитие естественных зарослей облепихи крушиновидной, произрастающих на побережье озера Иссык-Куль. Наиболее информативным показателем высокого антропогенного воздействия на популяции кустарниковых зарослей облепихи крушиновидной является соотношение мужских и женских особей в популяции. Высокая нагрузка на естественные заросли облепихников приводит к снижению количества женских особей кустарников. В пунктах исследований, где поток туристов был высоким, была мельче листовая пластина и, соответственно, коэффициент площади и формы листа характеризовался как мелкий. Также было обнаружено, что усиление антропогенных факторов приводит к снижению высоты кустарников и утончению диаметра ствола зарослей кустарников облепихи. И, наоборот, показатели прироста годичных побегов были высокими в местах

повышенной антропогенной нагрузки, что характеризует влияние неблагоприятных условий среды.

Учитывая, что облепиховые заросли выполняют большую природоохранную функцию, необходимо принять меры по сохранению естественных мест произрастания облепихи крушиновидной и привести в соответствие развитие пляжного туризма с сохранением естественного ареала кустарниковых зарослей побережья озера Иссык-Куль.

Список литературы / References

1. Состояние лесных генетических ресурсов в регионе Центральной Азии, Национальный доклад Кыргызской Республики. Анкара, 2013. 144 с.
The states of forest genetic resources in the SEC region, National report of the Kyrgyz Republic. Ankara, 2013. 144 p. (in Russian).
2. Daniela STRAT. Human induced alterations in plant biodiversity of sărăturile strand plain – delta dunării. Annals of the University of Oradea, Geography Series. Analele Universitatii din Oradea, Seria Geografie. 2013. Vol. 23. Is. 2. P. 348–354.
3. Закон КР. Постановление от 13 августа 2004 года № 115. Об устойчивом развитии эколого-экономической системы «Иссык-Куль». [Электронный ресурс]. URL: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/1514> (дата обращения: 15.04.2021).
4. Law of the Kyrgyz Republic. Resolution of August 13, 2004 No. 115. On sustainable development of the ecological and economic system «Issyk-Kul». [Electronic resource]. URL: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/1514> (date of access: 15.04.2021) (in Russian).
4. Кудайбергенова А.К. Роль кустарниковых растений в сохранении горной экосистемы Иссык-Кульской котловины // Известия вузов Кыргызстана. 2017. № 11. С. 39–41.
5. Kudaibergenova A.K. The role of shrubby plants in the preservation of the mountain ecosystem of the Issyk-Kul depression // Izvestiye VUZov Kyrgyzstana. 2017. No. 11. P. 39–41 (in Russian).
5. Aronson M.F., La Sorte F.A., Nilon C.H., Katti M., Goddard M.A., Lepczyk C.A., Warren P.S., Williams N.S., Cilliers S., Clarkon B., Dobbs C., Dolan R., Hedblom M., Klotz S., Koopmans J.L., Kühn I., Macgregor-Fors I., McDonnell M., Mörtberg U., Pysek P., Siebert S., Sushinsky J., Werner P., Winter M. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. Proc Biol Sci. 2014. Vol. 281 (1780). P. 20133330. DOI: 10.1098/rspb.2013.3330.

6. Кулиев А.С. Значение листовых пластинок и таксационные показатели облепихи в естественных популяциях Кыргызстана // *Universum: химия и биология*. 2017. No. 2 (32). P. 14–19.
- Kuliev A.S. The value of leaf blades and taxation indicators of sea buckthorn in natural populations of Kyrgyzstan // *Universum: khimiya i biologiya*. 2017. No. 2 (32). P. 14–19. (in Russian).
7. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 96 с.
- Molchanov A.A., Smirnov V.V. Methods for studying the growth of woody plants. M.: Nauka, 1967. 96 p. (in Russian).
8. Седов Е.Н., Огольцова Т.П. (ред.) Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: Изд-во Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур, 1999. 608 с.
- Sedov E.N., Ogol'tsova T.P. (ed.) Program and methodology for the variety study of fruit, berry and nut crops // Орел: Изд-во Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур, 1999. 608 p. (in Russian).
9. Бессчетнов В.П. Полиморфизм казахстанских популяций облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) по хозяйственным и адаптивным признакам: дис. ... докт. биол. наук. Алматы, 1994. 543 с.
- Besschetnov V.P. Polymorphism of Kazakhstani populations of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) by economic and adaptive characteristics: dis. ... dokt. biol. nauk. Almaty, 1994. 543 p. (in Russian).
10. Yan Z., Teng M., He W., Liu A., Li Y., Wang P. Impervious surface area is a key predictor for urban plant diversity in a city undergone rapid urbanization. *The Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 650 (1). P. 335–342. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.025.
11. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. Туризм. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stat.kg/ru/statistics/turizm/> (дата обращения: 15.04.2021).
- National Statistical Committee of the Kyrgyz Republic. Tourism. [Electronic resource]. URL: <http://www.stat.kg/ru/statistics/turizm/> (date of application: 15.04.2021) (in Russian).
12. Deepak Dhyani, Shalini Dhyani, R.K. Maikhuri. Assessing anthropogenic pressure and its impact on *Hippophae salicifolia* pockets in Central Himalaya, Uttarakhand. *Journal of Mountain Science*. 2013. Vol. 10. P. 464–471.
13. Gianluigi Mazza, Claudia Becagli, Roberta Proietti, Piermaria Corona. Climatic and anthropogenic influence on tree-ring growth in riparian lake forest ecosystems under contrasting disturbance regimes. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. Vol. 291. P. 108036.
14. Paweł Górnaś. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves as valuable source of lipophilic antioxidants: The effect of harvest time, sex, drying and extraction methods. *Industrial Crops and Products*. 2014. Vol. 60. P. 1–7.
15. Victor Lery Caetano-Andrade, Charles Roland Clement, Detlef Weigel, Susan Trumbore, Nicole Boivin, Jochen Schöngart, Patrick Roberts. Tropical Trees as Time Capsules of Anthropogenic Activity. *Trends in Plant Science*. 2020. Vol. 25. Is. 4. P. 369–380.
16. Li Huang, Cheng Jina, Mingming Zhen, Lihua Zhou, Shenhua Qiana, C.Y.Jimc, Dunmei Lina, Liang Zhaoa, Jesse Minord, Chris Cogginse, Bo Chenf, Yongchuan Yangab. Biogeographic and anthropogenic factors shaping the distribution and species assemblage of heritage trees in China. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2020. Vol. 50. P. 126652.
17. Trudy Paap, Treena I. Burgessa, Victor Rolo, Emma Steela, Giles E. St. J. Hardy. Anthropogenic disturbance impacts stand structure and susceptibility of an iconic tree species to an endemic canker pathogen. *Forest Ecology and Management (FOREST ECOL MANAG)*. 2018. 425 p.
18. Rosa C. Goodman, Oliver L. Phillips, Timothy R. Baker. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecological Applications*. 2014. Vol. 21. Is. 4. P. 680–698.

УДК 504.53:332.368

**ВЛИЯНИЕ СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО ГАЗА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ
В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ****¹Яковенко А.А., ^{1,2}Котова Е.И.**¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: yakovenko.a.a@edu.narfu.ru;²ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», Москва, e-mail: ecopp@yandex.ru

В арктических условиях при эксплуатации объектов инфраструктуры нефтяных месторождений используются факельные установки различных типов для сжигания попутных газов. При использовании данной технологии в наибольшей степени техногенному воздействию подвергается верхняя часть геологической среды, особенно почвы. При сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках выделяются вредные для окружающей среды газы и вещества, в том числе тяжелые металлы, которые осаждаются на подстилающую поверхность, нарушая экологический баланс. В данной статье отражены результаты исследования распространения нефтяных углеводородов, свинца, алюминия, никеля и цинка, выделяющихся при сжигании попутного газа, и их влияния на почвы территории Ардалинского нефтяного месторождения Ненецкого автономного округа, а также выявленные закономерности в процессах загрязнения. Исследования проводились путем статистической обработки данных лабораторных анализов проб почвы, полученных в рамках комплексного экологического мониторинга. В работе представлены выявленные зависимости накопления в почве по времени нефтяных углеводородов и тяжелых металлов, а также концентрации загрязняющих веществ в зависимости от расстояния от факельной установки. Проведена оценка влияния ветра на распространение загрязнителей с составлением розы ветров и построены интерполяционные схемы для анализа пространственной ситуации. В результате исследования установлено, что в непосредственной близости от факельной установки концентрация нефтяных углеводородов наиболее максимальна, а распространение тяжелых металлов имеет обратную зависимость. Также доказано отсутствие влияния ветра как ключевого фактора на ореол распространения веществ загрязнителей.

Ключевые слова: попутный газ, факельная установка, почвы, мониторинг, нефтяные углеводороды, тяжелые металлы

**EFFECT OF ASSOCIATED GAS COMBUSTION ON SOIL POLLUTION
IN THE ARCTIC OIL FIELD****¹Yakovenko A.A., ^{1,2}Kotova E.I.**¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Arkhangelsk, e-mail: yakovenko.a.a@edu.narfu.ru;²Institute of Oceanology RAS named after P.P. Shirshov, Moscow, e-mail: ecopp@yandex.ru

Flare units of various types are used to burn associated gases in arctic conditions during the operation of infrastructure facilities of oil fields. The upper part of the geological environment, especially the soil, is exposed to the greatest anthropogenic impact when using this technology. When associated petroleum gas is flared in flares, gases and harmful to the environment substances are emitted, including heavy metals, which are deposited on the ground, disrupting the ecological balance. This article reflects the results of the study of the distribution of petroleum hydrocarbons, lead, aluminum, nickel and zinc, released during the combustion of associated gas, and their impact on the soils of the adjacent territories of the Ardalinsky oil field in the Nenets Autonomous Okrug, as well as identifying patterns in pollution processes. The study was carried out by statistical processing of laboratory data by analyzing soil samples of complex environmental monitoring. The paper presents the revealed dependences of the accumulation of oil hydrocarbons and heavy metals in the soil over time, as well as the concentration of pollutants depending on the distance from the flare unit. An assessment of wind effect on the spread of pollutants was carried out with the compilation of a wind rose and interpolation schemes were built to analyze the spatial situation. As a result of the study, it was found that in the immediate vicinity of the flare unit, the concentration of petroleum hydrocarbons is the highest, and the spread of heavy metals has an inverse relationship. The absence of the influence of wind as a key factor on the halo of the spread of pollutants has also been proven.

Keywords: associated gas, flare installation, soils, monitoring, petroleum hydrocarbons, heavy metals

Запасы углеводородов в Арктике колоссальны и составляют 412,2 млрд баррелей нефтяного эквивалента, или 22% мировых технически извлекаемых ресурсов нефти и газа [1].

Попутный газ представляет собой смесь различных газообразных углеводородов, растворенных в нефти. При добыче нефть поднимают на поверхность, где давление ниже пластового, и газ выделяется из неф-

ти – происходит процесс дегазации. Этот процесс могут также создавать искусственно при первичной переработке нефти путем сепарирования прямо на месторождении. Данная процедура применяется для повышения качества и транспортных свойств нефти. Часть извлекаемого попутного нефтяного газа (ПНГ) обычно используется для нужд энергетического обеспечения нефтепромысла, остальная часть сжигается

на факелах высокого давления (ФВД), факелах низкого давления (ФНД) и горизонтальной факельной установке (ГФУ).

Суточный объем добываемого флюида на Ардалинском месторождении составляет около 15,0 тыс. м³. Объем попутного нефтяного газа, извлекаемого за сутки, составляет около 150,0 тыс. м³. Часть попутного газа, в объеме 87,0 тыс. м³, тратится при выработке электроэнергии на нужды месторождения и подогрев нефти в печах, при первичной очистке. Оставшиеся 63,0 тыс. м³ утилизируют на факельной установке закрытого типа [2].

Попутный газ состоит из смеси метана, этана, пропана, бутана, изобутана и других углеводородов, а также содержит Ar, H₂, He, N₂, H₂S, CO, CO₂, различные серосодержащие соединения, инертные газы, а также водяные пары [3]. При сжигании попутного нефтяного газа на факельных установках выделяются вредные для окружающей среды газы и вещества, в том числе и тяжелые металлы, которые осаждаются на поверхность прилегающей территории, оказывая негативное воздействие на экосистемы и здоровье персонала [4].

Изучение экологического состояния почв является одной из наиболее актуальных проблем геоэкологии. Загрязнение почв может быть вызвано как природными (атмосферными осадками [5; 6]), так и техногенными воздействиями. Техногенное загрязнение, в свою очередь, может быть механическим и химическим. Химическое воздействие связано с поступлением тяжелых металлов [7; 8], кислот, пестицидов, нефти и нефтепродуктов, щелочей и канцерогенных углеводородов, деятельностью металлообрабатывающих заводов. Такое загрязнение характерно для территорий под складами горюче-смазочных материалов, трубопроводных зон, придомовых территорий, полигонов, а также околофакельных зон. Загрязнение почвы влияет на показатели продуктивности сельского хозяйства и общую устойчивость экосистем [9].

Основными источниками, влияющими на содержание тяжелых металлов в почвах, являются два наиболее значимых природных фактора (поступление металлов в атмосферу при извержении вулканов, природных пожарах, выветривании горных пород и т.п.; поступление металлов из минеральных пород при почвообразовательном процессе) и как минимум пять антропогенных (отходы металлообработки, промышленные выбросы продуктов сгорания ископаемо-

го топлива, выбросы автомобильных отработанных газов и жидкостей, средства химизации сельского хозяйства и др.) [10]. Для заданной территории наиболее характерным источником загрязнения тяжелыми металлами является сжигание ископаемого топлива (попутного нефтяного газа), получаемого в процессе добычи нефти.

Рассмотренная литература свидетельствует о том, что на химический состав почв оказывает влияние почти любая деятельность человека, связанная с природными ресурсами. Отсутствие литературы, связанной непосредственно с загрязнением почв сжиганием попутного нефтяного газа на факельных установках, указывает на необходимость проведения исследований по этой теме.

Целью исследования является оценка распространения загрязняющих веществ, выделяющихся при сжигании попутного газа, и их влияния на почвы прилегающих территорий в условиях Арктики.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных используются материалы комплексного экологического мониторинга Ардалинского нефтяного месторождения, расположенного в Ненецком автономном округе в 60 километрах к северо-западу от поселка Хорей-Вер.

Материалы мониторинга включают данные лабораторных исследований проб почв с 22 точек замеров. Пробы отбирались с 1999 по 2005 г., раз в год в летний период.

Интервал отбора почв составлял от 0,1 до 0,3 м от поверхности. Схема расположения точек отбора проб, сопоставленная с построенной розой ветров, представлена на рис. 1.

Для проведения комплексного экологического мониторинга в указанных точках использовалось специальное оборудование и соответствующие методики. Для определения тяжелых металлов в почвах и почвенных компонентах применялся атомно-абсорбционный метод анализа почв и вытяжек с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915М». Обработка показаний производилась в соответствии с «Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» (издание 2-е, переработанное и дополненное) и ГОСТ Р 56157-2014 «Почва. Методики (методы) анализа состава и свойств проб почв. Общие требования к разработке».

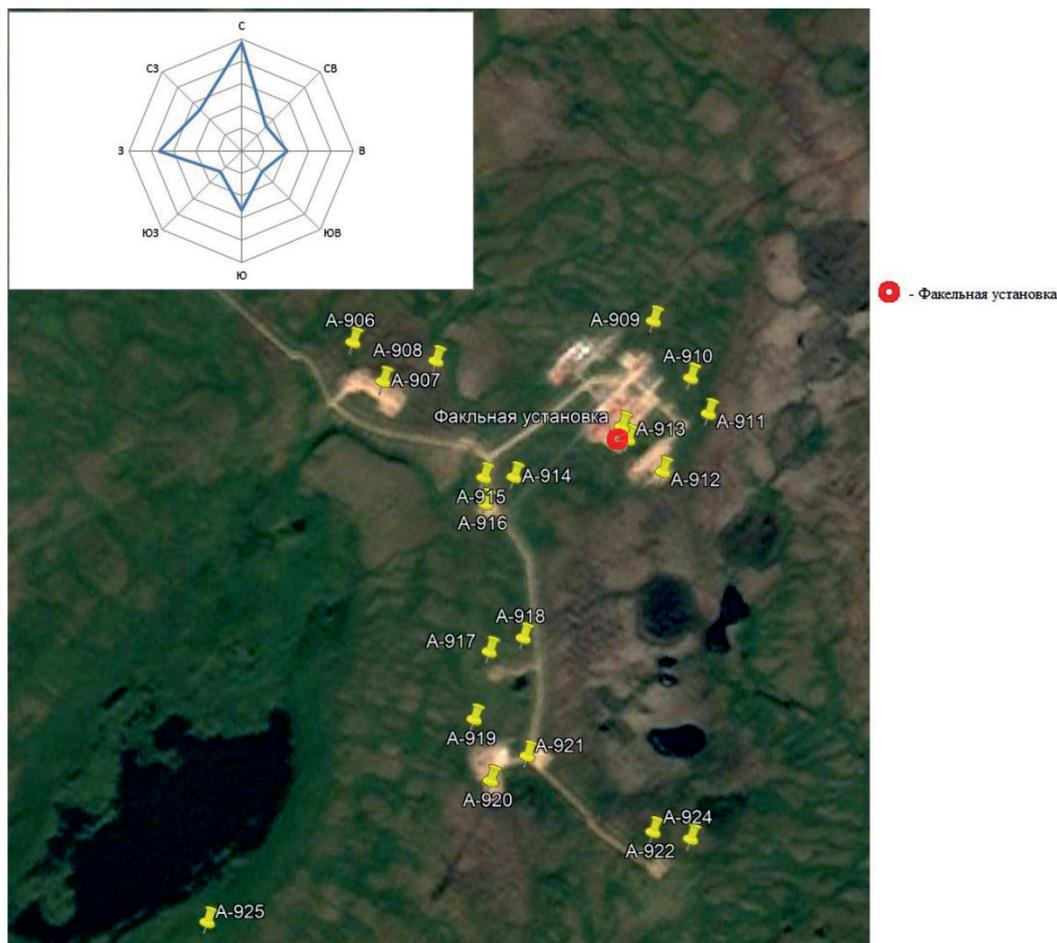


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб

Для анализа почв на содержание углеводородов был использован анализатор содержания нефтепродуктов АН-2. Испытания проводились в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии». Статистическая обработка данных проводилась в программном комплексе Microsoft Office Excel 2016.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках исследования проведена оценка концентраций веществ в почвах в зависимости от расстояния и оценка воздействия ветра на распространение веществ загрязнителей.

Проведена статистическая обработка данных лабораторных исследований содержания в почвах нефтяных углеводородов

и тяжелых металлов: свинца, алюминия, никеля, цинка, с учетом расстояния от факела. Полученные результаты представлены в таблице.

Согласно полученным данным, отмечается снижение средних значений содержания нефтяных углеводородов с 1619 до 78 мг/кг с увеличением расстояния от факельной установки. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов в почве отмечена на расстоянии до 500 метров – 4133 мг/кг, наименьшая – 13 мг/кг на расстоянии более 3000 метров. Значения медианы вблизи факельной установки примерно соответствуют среднему значению ряда. На расстоянии более 3000 м уровень медианы значительно ниже среднего значения, что наряду с высокими цифрами стандартного отклонения может свидетельствовать о большом разбросе данных.

Для тяжелых металлов (Pb, Al, Ni, Zn) средняя величина содержания в почвах увеличивается с увеличением расстояния.

Содержание нефтяных углеводородов (НУ) и тяжелых металлов в пробах почв, мг/кг

Расстояние от факела, м	НУ	Pb	Al	Ni	Zn
до 500	$\frac{150-4133}{1619 \pm 1328 (1022)}$	$\frac{6-28}{11 \pm 8 (8)}$	$\frac{4954-20858}{10955 \pm 5258 (10578)}$	$\frac{9-22}{13 \pm 5 (13)}$	$\frac{11-27}{21 \pm 6 (21)}$
500–1000	$\frac{188-1453}{835 \pm 390 (808)}$	$\frac{5-6}{6 \pm 0 (6)}$	$\frac{1850-6544}{4110 \pm 1552 (4044)}$	$\frac{8-11}{9 \pm 1 (9)}$	$\frac{11-18}{15 \pm 3 (15)}$
1000–1500	$\frac{377-1251}{794 \pm 324 (797)}$	$\frac{6-12}{9 \pm 2 (9)}$	$\frac{16115-28152}{20575 \pm 3767 (19432)}$	$\frac{18-25}{21 \pm 3 (22)}$	$\frac{22-82}{37 \pm 21 (30)}$
1500–3000	$\frac{157-1345}{806 \pm 406 (728)}$	$\frac{6-9}{8 \pm 1 (8)}$	$\frac{14111-24766}{18765 \pm 4004 (17712)}$	$\frac{15-32}{21 \pm 6 (19)}$	$\frac{16-35}{23 \pm 6 (22)}$
3000–7000	$\frac{13-720}{182 \pm 275 (29)}$	$\frac{10-20}{14 \pm 3 (13)}$	$\frac{33480-63180}{53906 \pm 10362 (56120)}$	$\frac{28-52}{43 \pm 8 (43)}$	$\frac{38-70}{57 \pm 12 (60)}$
7000 и более	$\frac{13-212}{78 \pm 77 (43)}$	$\frac{9-16}{13 \pm 3 (13)}$	$\frac{44540-71280}{59203 \pm 9113 (59120)}$	$\frac{35-50}{42 \pm 6 (41)}$	$\frac{65-109}{81 \pm 15 (80)}$

В числителе: минимальное – максимальное значение, в знаменателе: среднее арифметическое значение \pm стандартное отклонение (медиана)

Таким образом, наблюдается рассеивание металлов на расстояния от 3 км и более. Минимальные значения для металлов определены на расстоянии 500–1000 м. Максимальные значения для Al и Zn получены на расстоянии 7000 м и более, для Ni – в интервале 3000–7000 м. Стандартное отклонение выборки свидетельствует о незначительном разбросе значений. Размер медианы примерно соответствует среднему значению ряда. Среднее значение содержания свинца в почве увеличивается с 11 до 13 мг/кг, алюминия – с 10955 до 59023 мг/кг, никеля – с 13 до 42 мг/кг, цинка – с 21 до 81 мг/кг. При этом отмечены пониженные концентрации металлов в почве в радиусе 500–1000 м.

Получившиеся результаты можно объяснить особенностями процессов переноса и осаждения частиц, переносящих данные вещества. Тяжелые металлы чаще всего переносятся на частицах субмикронного размера, что способствует их переносу на большие расстояния.

Следующим этапом работы была оценка влияния ветра на распространение загрязнения.

Для построения наиболее соответствующей Ардалинскому месторождению розы ветров были взяты метеорологические данные по направлению ветра в теплый период

года по ближайшей метеостанции Хоседа-Хард за 1999–2005 гг.

В результате построения розы ветров можно наблюдать преобладание ветров северной составляющей (рис. 2).

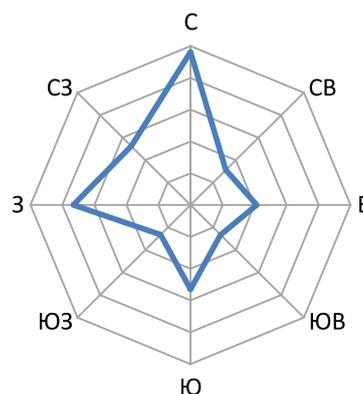


Рис. 2. Роза ветров для теплого периода года на метеостанции Хоседа-Хард

Для анализа пространственной ситуации были построены интерполяционные цветовые схемы с усредненными за весь рассматриваемый промежуток времени концентрациями.

Схема распространения нефтяных углеводородов представлена на рис. 3.

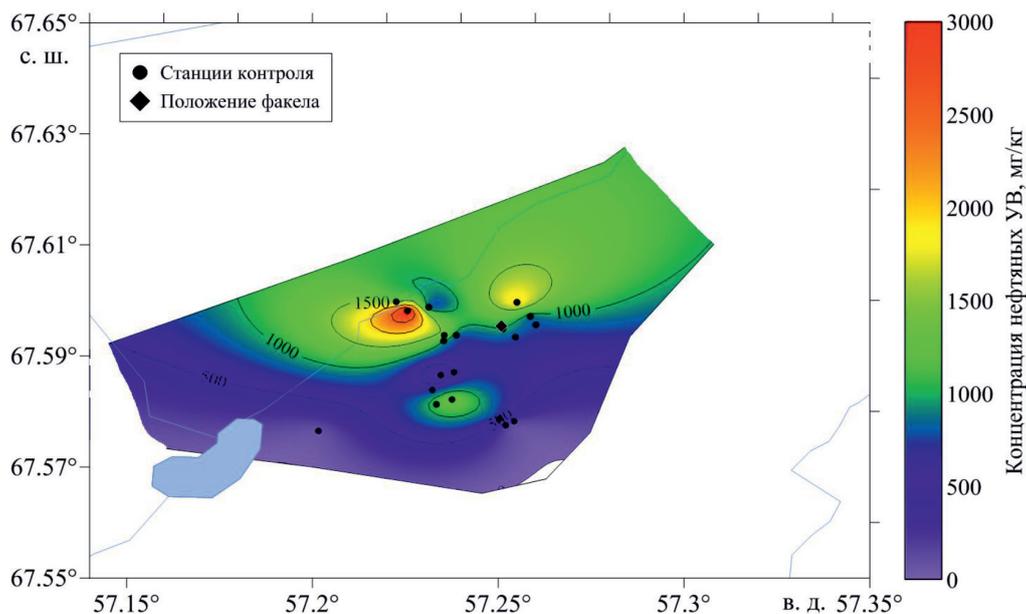


Рис. 3. Схема распространения нефтяных углеводородов

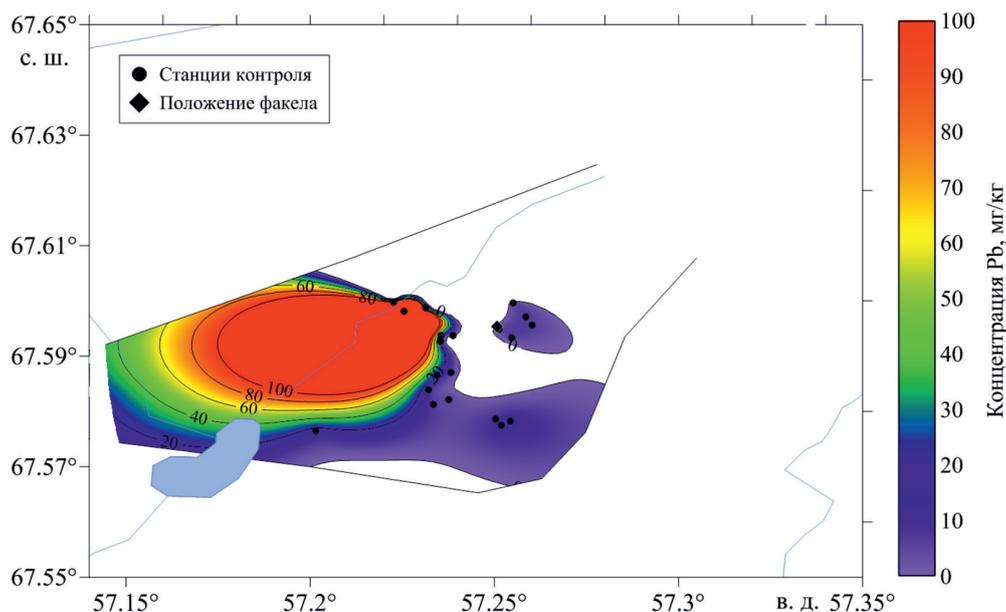


Рис. 4. Схема распространения Pb

Исходя из анализа схемы распространения нефтяных углеводородов, можно отметить повышенные концентрации к северу от установки. Выделяется загрязненный участок к западу от факела, вероятно, связанный с локальным источником загрязнения (стоянка автотранспорта). Влияние ветра проследить сложно. Схема распространения свинца представлена на рис. 4.

На интерполяционной картине распространения Pb видно смещение ореола распространения загрязнителя в западном направлении. Данный факт показывает, что ветер не оказывает влияния на разнос Pb от факельной установки. Возможно, это связано с локальными циркуляциями воздуха. Схема распространения цинка представлена на рис. 5.

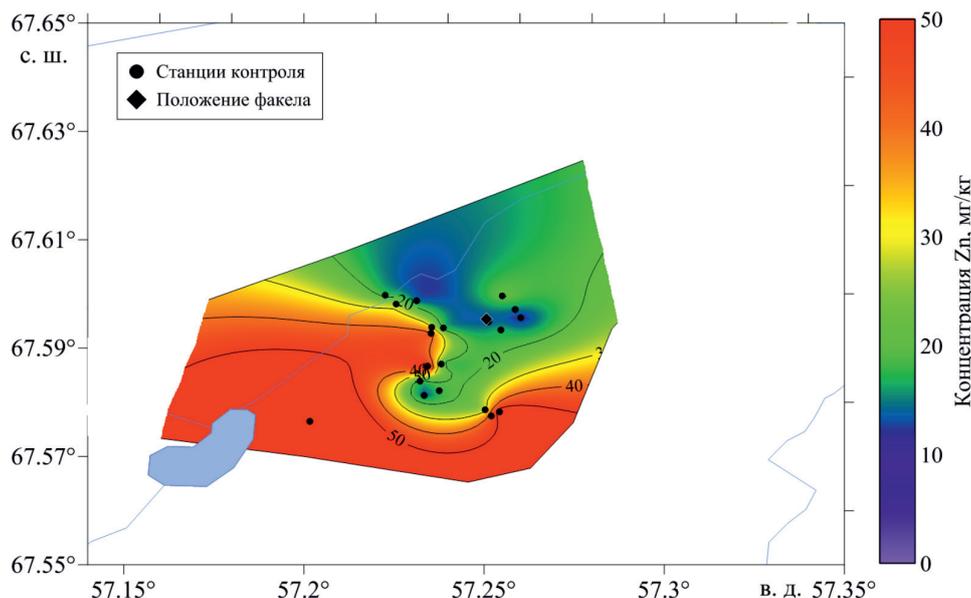


Рис. 5. Схема распространения Zn

Как видно на рис. 5, концентрации цинка в почве увеличиваются при удалении от факела, при этом перенос осуществляется в южном и юго-западном направлении. Этот факт согласуется с преобладанием южного направления ветра.

Заключение

Исходя из проведенных исследований были получены следующие зависимости: в непосредственной близости от факельной установки концентрация нефтяных углеводородов максимальна. Распространение тяжелых металлов осуществляется на расстоянии от 3000 м. Было показано отсутствие влияния ветра как ключевого фактора на ореол распространения загрязнителей. Предполагается влияние локального ветрового потока на данной территории.

В дальнейшем планируется детальное изучение причин возникновения данных зависимостей и выявление факторов распространения загрязнителей. Полученные материалы будут использованы для обоснования необходимости модернизации оголовков факельных установок.

Список литературы / References

1. Медведев Н.В. Нефтедобыча в Арктике // *Neftegaz*. RU. 2015. № 7–8. С. 52–55.
2. Medvedev N.V. Oil production in the Arctic. The *Neftegaz*. RU. 2015. №7–8. P. 52–55 (in Russian).
3. Макаровский Н.А. Обоснование методов защиты верхней части геологической среды на основе локального мониторинга при эксплуатации нефтяных месторождений на крайнем севере (на примере Ардалинского нефтегазодобывающего комплекса): автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. Архангельск, 2010. 25 с.

Makarsky N.A. Substantiation of methods for protecting the upper part of the geological environment based on local monitoring during the operation of oil fields in the far north (on the example of the Ardalinsky oil and gas production complex): avtoref. dis. ... kand. g.-m. nauk. Arkhangel'sk, 2010. 25 p. (in Russian).

3. Ботнева Т.А., Панкина Р.Г., Соколов В.А. Геохимия нефтяных попутных газов (по материалам Волго-Уральской области, Кавказа и Южно-Украинской области). М.: Недра, 1966. 202 с.

Botneva T.A., Pankina R.G., Sokolov V. A. Geochemistry of petroleum associated gases (based on the materials of the Volga-Ural region, the Caucasus and the South Ukrainian region). M.: Nedra, 1966. 202 p. (in Russian).

4. Губайдуллин М.Г., Коробов В.Б. Экологический мониторинг нефтегазодобывающих объектов Европейского Севера России: учебное пособие. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. 234 с.

Gubaidullin M.G., Korobov V.B. Environmental monitoring of oil and gas production facilities in the European North of Russia: training manual. Arkhangel'sk: IPTS SAFU, 2012. 234 p. (in Russian).

5. Eludoyin A. Precipitation–soil water chemistry relationship: case study of an intensively managed grassland ecosystem in southwest England. *Applied Water Science*. 2020. Vol. 10. No. 125.

6. Kotova E.I., Kuznetsova I.A., Kryauchynas V.V., Iglovsky S.A., Larionov N.S. (2019) Contribution of the atmospheric channel to lead contamination of soils in the Arctic territories. *Arctic Environmental Research*. 2019. No. 19 (2). P. 56–64. DOI: 10.3897/issn2541-8416.2019.19.2.56.

7. Petrovic J.V., Alagic S.C., Milic S.M., Tosic S.B., Bugarin, M.M. Chemometric characterization of heavy metals in soils and shoots of the two pioneer species sampled near the polluted water bodies in the close vicinity of the copper mining and metallurgical complex in Bor (Serbia): Phytoextraction and biomonitoring contexts. *Chemosphere*. 2021. Vol. 262. No. P. 127808.

8. Vithanage M., Rajapaksha A.U., Oze Ch., Rajakaruna N., Dissanayake C.B. Metal release from serpentine soils in Sri Lanka. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2019. Vol. 186. No. 6. P. 3415–3429.

9. Kicinska A., Wikar J. Ecological risk associated with agricultural production in soils contaminated by the activities of the metal ore mining and processing industry – example from southern Poland. *Soil & Tillage research*. 2021. Vol. 205. No. P. 104817.

10. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. Тяжелые металлы в экосистемах (монография). Саратов: Ракурс, 2017. 178 с.

Medvedev I.F., Derevyagin S.S. Heavy metals in ecosystems (monograph). Saratov: Rakurs, 2017. 178 p. (in Russian).

СТАТЬИ

УДК 551.594.2

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ТОКОВ МОЛНИЙ
РАЗЛИЧНОЙ ПОЛЯРНОСТИ ПО СУБЪЕКТАМ ЮГА РОССИИ**

Аджиев А.Х., Керефова З.М., Кузьмин В.А.

*ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик,
e-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru*

В предлагаемой работе особое внимание было уделено определению среднестатистических значений токов наземных молний типа «облако-земля» на юге России. Получены значения токов молнии «облако-земля» и распределение их значений по субъектам федерации юга европейской части России. Для исследования использовались данные с грозорегистратора LS 8000 Высокогорного геофизического института за 2009–2015 гг. Показано, что в целом на территории исследования в общем количестве разрядов молний «облако-земля» за многолетний период времени доля наземных молний отрицательной полярности в среднем в 6 раз больше, чем доля молний положительной полярности. Полученные данные показали значительную неоднородность по территории Северного Кавказа распределений средних значений токов молний «облако-земля», которые обусловлены неоднородностью орографии и особенностями увлажнения земли (количеством осадков). Получены среднестатистические значения токов молний «облако-земля» по каждому субъекту РФ на Северном Кавказе. Эти данные являются важной информацией для проведения молниезащитных мероприятий и при оценке климатических особенностей территорий. Показано, что на рассматриваемой территории средние значения токов в канале молнии по данным за семилетний промежуток времени варьируются от 14 кА до 34 кА. Наименьшее значение 14,4 кА определено для территории КБР, наибольшее значение 34 кА – на территории Республики Дагестан. Оперативная и точная информация о характеристиках грозовой активности и параметрах молний конкретных территорий способствует решению многих проблем метеорологии, физики атмосферы, авиации, молниезащиты электричества земли и околоземного пространства.

Ключевые слова: молния, токи молний, грозопеленгация, молниезащита, атмосферное электричество, грозовая активность

**DISTRIBUTION OF THE AVERAGE VALUES OF LIGHTNING CURRENTS
OF DIFFERENT POLARITY IN THE SUBJECTS OF THE SOUTH OF RUSSIA**

Adzhiev A.Kh., Kerefova Z.M., Kuzmin V.A.

*Federal State Budgetary Institution «High Mountain Geophysical Institute»,
Nalchik, e-mail: zknyaz-kbsu@mail.ru*

The values of the «cloud-to-ground» lightning currents and the distribution of their values over the constituent entities of the Federation in the south of the European part of Russia have been obtained. For the study, we used data from the LS8000 lightning detector of the High-Mountain Geophysical Institute for 2009-2015. It is shown that, in general, in the study area, in the total number of cloud-to-ground lightning discharges over a long period of time, the share of ground lightning of negative polarity is on average 6 times higher than the fraction of lightning of positive polarity. The data obtained showed a significant heterogeneity over the territory of the North Caucasus in the distributions of the average values of the «cloud-to-ground» lightning currents, which are caused by the heterogeneity of the orography and the peculiarities of the earth's moisture (amount of precipitation). The average statistical values of the «cloud-to-ground» lightning currents were obtained for each constituent entity of the Russian Federation in the North Caucasus. These data are important information for carrying out lightning protection measures and when assessing the climatic features of territories. It is shown that on the territory under consideration, the average values of currents in the lightning channel, according to data for a seven-year period of time, vary from 14 kA to 34 kA. The smallest value of 14.4 kA is determined for the territory of the KBR, the highest value is 34 kA in the territory of the Republic of Dagestan.

Keywords: lightning, lightning currents, lightning direction finding, lightning protection, atmospheric electricity, thunderstorm activity

Исследования грозовых процессов представляют особый интерес, поскольку грозы наносят существенный ущерб многим отраслям экономики, сельскому хозяйству, авиации и объектам энергетики. Часто вследствие удара молнии возникают лесные пожары, отключение высоковольтных линий электропередач. Поэтому определение характеристик молнии, таких как координаты

разрядов молнии, сила тока, время нарастания тока молнии до пикового значения, количество поражений земли молниями, являются необходимыми при организации молниезащитных мероприятий [1]. Также важным при проведении таких мероприятий является учет влияния особенностей орографии местности на развитие грозовых явлений. В данной работе показана

но, что на Северном Кавказе по субъектам федерации наблюдается существенное различие в значениях тока в канале молниевых разряда «облако-земля».

Быстрые и достоверные сообщения о характеристиках гроз и параметрах молний для определенных территорий дадут возможность решить многие вопросы метеорологии, физики приземного слоя атмосферы, авиации и др.

Целью работы являлось определение среднестатистических значений токов молний «облако-земля» на различных территориях юга европейской части России.

Задачами исследований были:

- оценка соотношений количества молний «облако-земля» положительной и отрицательной полярности на территориях субъектов федерации юга европейской части России;

- определение территориальных особенностей распределения токов молний «облако-земля» различной полярности на юге европейской части России.

Материалы и методы исследования

Молнии разделяют на несколько типов [2]:

- облачные, иногда называют внутриоблачные – это разряды, встречающиеся в конвективном облаке между зонами, заряженными разноименно;

- межоблачные – это разряды, происходящие между двумя облаками с разноименно заряженными областями;

- наземные – разряды между облаком и землей. Наземные молнии также разделяют на положительные и отрицательные, в зависимости от нейтрализуемого заряда. То есть при нейтрализации отрицательного заряда получаем отрицательную молнию и при нейтрализации положительного заряда – положительную.

Характеристики и частота молниевых разрядов имеют связь и с рельефом местности, составом подстилающей поверхности. Токи молний могут изменяться в зависимости от высоты над уровнем моря.

В настоящее время существует ряд источников информации о грозах: визуально-слуховые наблюдения на метеостанциях, счетчики разрядов молний, активные радиотехнические методы локации грозных очагов, пассивные радиотехнические системы грозопеленгации и спутниковые наблюдения. Из перечисленных наиболее распространенными для мониторинга гроз являются визуально-слуховой метод и использование радиолокаторов [3]. Обо-

им методам присущи некоторые недостатки: это ограниченность территории обзора (визуально-слуховой метод может охватывать от 13 до 20 км, а радиолокационный – около 200 км), отсутствие в поступаемых материалах данных об электрических процессах в токах молний, отсутствие возможности прогнозирования опасных явлений погоды [4].

Для определения параметров молний «облако-земля» в данной работе использовалась грозопеленгационная сеть (ГПС) LS8000 фирмы Vaisala. Эта система была впервые в России развернута в 2008 г. на Северном Кавказе, ФГБУ «ВГИ». Она состояла из четырех грозопеленгаторов и центрального пункта приема и обработки информации от грозопеленгаторов [5]. Грозопеленгаторы LS8000 находятся недалеко от населенных пунктов: Кызбурун (КБР), Черкесск (КЧР), Ставрополь и Зеленокумск (Ставропольский край). В 2020 г. ГПС дополнена двумя грозопеленгаторами той же фирмы, которые установлены в Краснодарском крае вблизи населенных пунктов Туапсе и Кореновск. Такое расположение способствует высокой эффективности работы системы. Данные принимаются со всей территории Северного Кавказа и Черноморского побережья России.

Для задач, поставленных в данной работе, были отобраны значения токов молний «облако-земля» за период наблюдения с 2009 по 2015 г. Полученные среднестатистические значения токов наземных молний по субъектам федерации приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Средние абсолютные значения токов молний определялись по данным ГПС с использованием выражения

$$|I_{cp}| = \frac{I_{cp}^- * N^- + I_{cp}^+ * N^+}{N^- + N^+},$$

I_{cp}^+ – среднее значение тока положительной полярности, I_{cp}^- – это среднее значение тока отрицательной полярности, $I_{мед}^+$ – медиана положительных токов, $I_{мед}^-$ – медиана отрицательных токов, $|I_{cp}|$ – средние значения тока по модулю, N^- – количество зарегистрированных молний «облако-земля» отрицательной полярности, N^+ – количество зарегистрированных молний «облако-земля» положительной полярности.

Построена гистограмма распределений средних абсолютных значений тока в канале молнии по субъектам юга России (рис. 1).

Таблица 1

Сводная таблица значений токов молний различной полярности по субъектам юга России

Субъекты	Токи в канале молнии				
	I_{cp}^+ , кА	I_{cp}^- , кА	$I_{\text{мед}}^+$, кА	$I_{\text{мед}}^-$, кА	$ I_{\text{cp}} $, кА
Кр. край и Адыгея	32,72	-24,04	30,21	-22,67	25,23
КЧР	28,47	-16,1	15,96	-11,67	17,31
КБР	31,88	-12,45	15,46	-6,75	14,04
Северная Осетия	31,89	-16,54	14,25	-11,38	18,44
Ставропольский край	30,61	-12,79	21,17	-11,33	14,45
Ростовская область	33,72	-17,11	17,75	-13,08	18,11
Калмыкия	31,07	-22,63	24,17	-23,25	23,5
Чечня и Ингушетия	45,13	-23,61	15,5	-12,08	27,23
Дагестан	47	-29,5	24,04	-23,63	33,82

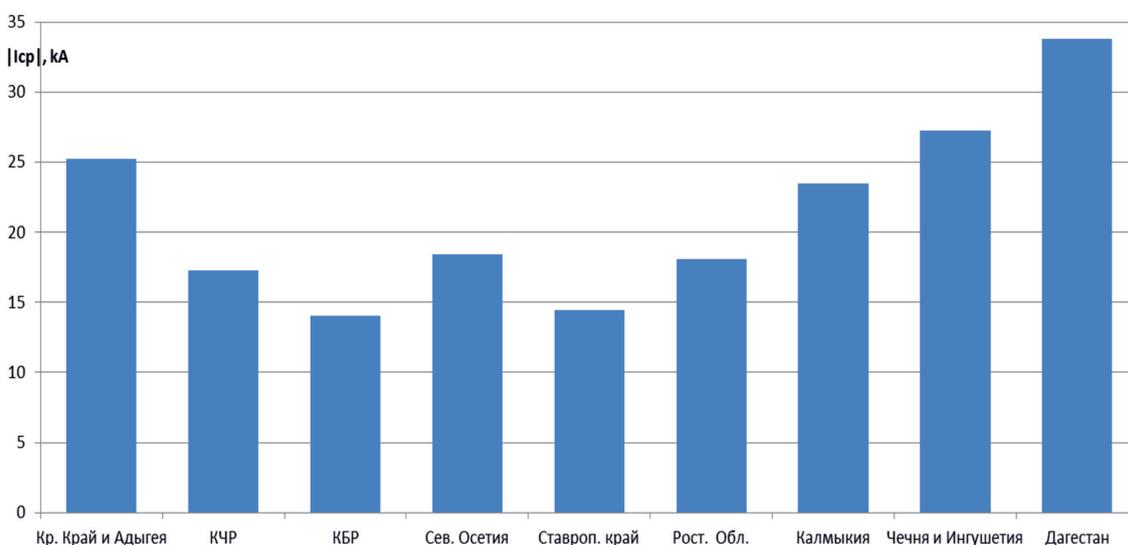


Рис. 1. Гистограмма распределения средних значений тока в канале молнии по субъектам юга России

Из рис. 1 видно, что средние значения токов в канале молнии за семилетний промежуток времени варьируются от 14 кА до 34 кА. Наименьшее значение 14,4 кА определено для территории КБР, наибольшее значение 34 кА на территории Республики Дагестан. Исследования разных авторов [6] показали, что пространственная неоднородность характеристик грозовой активности имеет место как для территорий со сложным рельефом, так и для равнинных территорий.

По нашему мнению, значительная неоднородность по территории Северного Кавказа распределений средних значений токов молний «облако-земля» обусловлены неоднородностью орографии и особенностями увлажнения земли (количеством осадков).

Орографию местности можно отнести к основным факторам, оказывающим существенное влияние на метеорологический режим в пограничном слое атмосферы. В ряде работ отмечалась зависимость гроз от высоты местности над уровнем моря. Было выявлено, что высокие горы оказывают существенное влияние, под их действием имеют место динамическая турбулентность и восходящие потоки по склону. Отсюда и создаются импульсы мощных конвективных токов, содействующих усилению грозовых процессов [7]. Авторы показывают, что роль рельефа является одним из основных факторов образования гроз.

Для субъектов юга России были найдены минимальные (H_{min}), максимальные (H_{max})

и средние значения (H_{cp}) высоты местности над уровнем моря (табл. 2) и построена диаграмма (рис. 2).

Сравнения рис. 1 и 2 показывают:

– с увеличением средней высоты местности над уровнем моря среднее значение токов молний «облако-земля» на территории субъекта уменьшается. Так, например, средняя высота территории Краснодарского края с Адыгеей составляет 304 м над уровнем моря, а среднее значение тока молнии – 25,23 кА. Территория КБР характеризуется средней высотой 1198 м и токами 14,04 кА. Аналогично и по другим субъектам федерации на рассматриваемой территории;

– при рассмотрении значений токов молнии в целом по территории Северного Кавказа наименьшие их значения (14,04 кА) наблюдаются на территориях Центрального Кавказа (КЧР, КБР, Северная Осетия). Наибольшие значения (25,23 кА и 33,82 кА) имеют место на территориях Западного Кавказа (Краснодарский край) и Восточного Кавказа (Республика Дагестан). При этом доля отрицательных молний в общем количестве молний «облако-земля» на территории Центрального Кавказа больше, чем на территориях Западного и Восточного Кавказа. Это соотношение Центрального Кавказа составляет 8,9 для Западного и Восточного Кавказа соответственно 3,5 и 3,8 (рис. 3).

Таблица 2

Высота местности над уровнем моря для субъектов юга России

Субъекты	Высота над уровнем моря		
	H_{min} , м	H_{max} , м	H_{cp} , м
Кр. край и Адыгея	-2	3591	304
КЧР	0	5593	1154
КБР	82	5581	1198
Северная Осетия	59	5091	1127
Ставропольский край	17	1400	429
Ростовская область	2	253	112
Калмыкия	-30	211	193
Чечня и Ингушетия	-29	4451	704
Дагестан	-30	4466	494

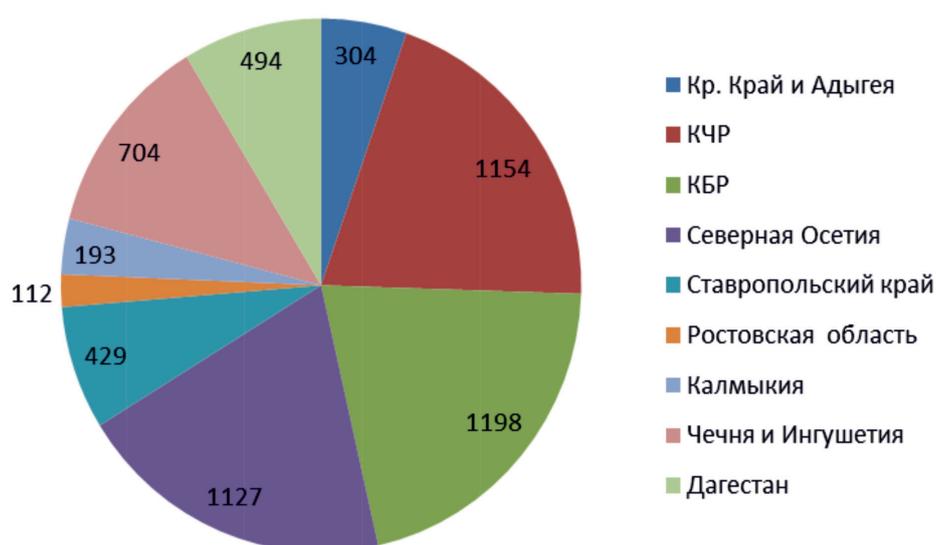


Рис. 2. Диаграмма распределения средней высоты над уровнем моря

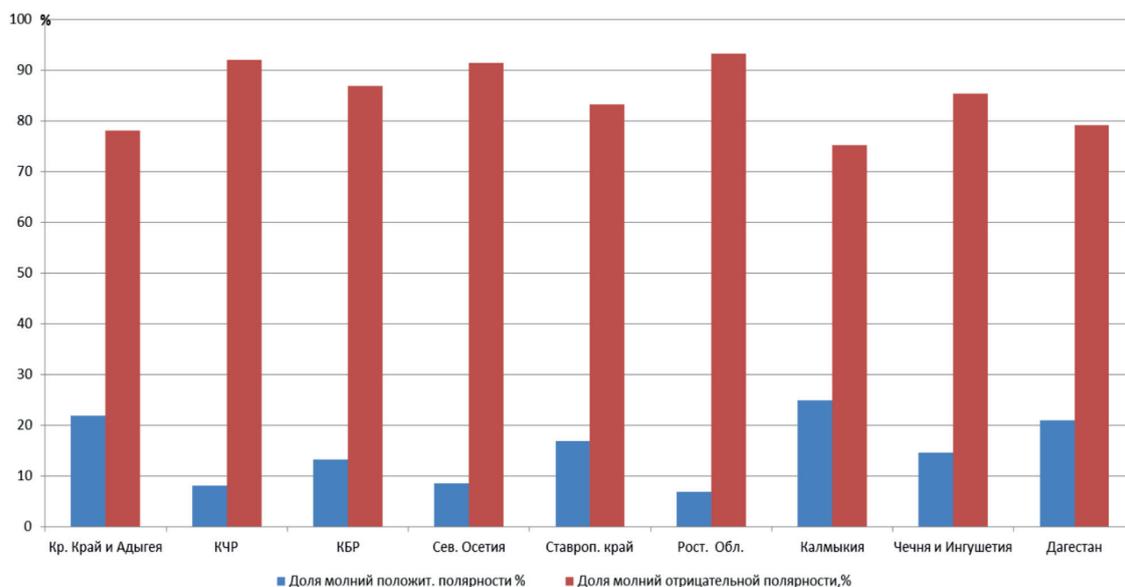


Рис. 3. Гистограмма распределения долей молний разной полярности по субъектам юга России. Цвета обозначают: красный – доля молний отрицательной полярности, % синий – доля молний положительной полярности, %

Закключение

Определены среднестатистические значения токов молний «облако-земля» на территориях субъектов федерации юга европейской части России. Показано, что на рассматриваемой территории средние значения токов в канале молнии по данным за семилетний промежуток времени варьируются от 14,4 кА до 34 кА. Наименьшее значение 14,4 кА определено для территории КБР, наибольшее значение 34 кА – на территории Республики Дагестан.

Выполнен анализ соотношений количества молний «облако-земля» положительной и отрицательной полярности на территориях субъектов федерации юга европейской части России. Показано, что доля наземных молний отрицательной полярности в среднем в 6 раз больше, чем доля молний положительной полярности.

Список литературы / References

1. РД34.21.122-87. Инструкция по устройству молние-защиты зданий и сооружений. Утверждена Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.87. М., 1987. 10 с.
2. Имянитов И.М., Чубарина Е.В., Шварц Я.М. Электричество облаков. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 456 с.
3. Imyanitov I.M., Chubarina E.V., Shvarts Ya.M. Electricity of the clouds. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 456 p. (in Russian).
4. Аджиев А.Х., Кулиев Д.Д. Характеристики грозовой активности и параметры молниевых разрядов на территории юга европейской части России // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54. № 4. С. 437–445.

Adzhiev A.Kh., Kuliev D.D. Characteristics of thunderstorm activity and parameters of lightning discharges in the south of the European part of Russia // Izvestia RAN. Fizika atmosfery i okeana. 2018. Vol. 54. No. 4. P. 437–445 (in Russian).

4. Болдырев А.С., Болдырева К.А., Куповых Г.В., Пестов Д.А., Пестова О.В., Редин А.А. К вопросу о мониторинге электрического поля атмосферы по данным наземных наблюдений // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10978> (дата обращения: 10.05.2021).

Boldyrev A.S., Boldyreva K.A., Kupovykh G.V., Pestov D.A., Pestova O.V., Redin A.A. On the issue of monitoring the electric field of the atmosphere according to ground-based observations // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. No. 6. [Electronic resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10978> (date of access: 10.05.2021) (in Russian).

5. Lopez J. Thunderstorm warning alarms methodology using electric field mills and lightning location networks in mountainous regions. International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria, 2012. P. 1–6.

6. Аджиев А.Х., Тапасханов В.О., Стасенко В.Н. Система грозопеленгации на Северном Кавказе // Метеорология и гидрология. 2013. № 1. С. 5–11.

Adzhiev A.Kh., Tapaskhanov V.O., Stasenko V.N. The system of lightning direction finding in the North Caucasus // Meteorologiya i gidrologiya. 2013. No. 1. P. 5–11 (in Russian).

7. Редин А.А., Куповых Г.В. К вопросу о происхождении глобальных и локальных вариаций электрического поля вблизи поверхности земли // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2011. № 1 (161). С. 87–90.

Redin A.A., Kupovykh G.V. On the question of the origin of global and local variations in the electric field near the earth's surface // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2011. No. 1 (161). P. 87–90 (in Russian).